



SOCIETAT CATALANA D'HISTÒRIA  
DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA

**ACTES DE LA  
II JORNADA  
SOBRE LA HISTÒRIA  
DE LA CIÈNCIA  
I L'ENSENYAMENT  
ANTONI QUINTANA MARÍ**

Barcelona, 2007



**ACTES DE LA II JORNADA  
SOBRE LA HISTÒRIA  
DE LA CIÈNCIA  
I L'ENSENYAMENT  
ANTONI QUINTANA MARÍ**

**Barcelona, 19 de novembre de 2005**

Coordinació:

*Pere Grapí Vilumara  
M. Rosa Massa Esteve*



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

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

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

(2a : 2005 : Barcelona)

Actes de la II Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí :  
Barcelona, 19 de novembre de 2005

Textos en català i castellà. — Bibliografia

ISBN 978-84-7283-918-2

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

1. Ciència — Història — Ensenyament — Congressos

5:37(091)(061.3)

Dibuix de la coberta: dibuix de fra Luca Pacioli, pintat per Jacopo de Barbari. 1495. Oli sobre fusta.  
Museo Nazionale di Capodimonte, Nàpols, Itàlia.

© 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: juny de 2007

Tiratge: 500 exemplars

Text revisat lingüísticament per l'Oficina de Correcció i Assessorament Lingüístics de l'IEC

Compost per Anglofort, SA  
Carrer del Rosselló, 33. 08029 Barcelona

Imprès a Limpergraf, SL  
Polígon industrial Can Salvatella. Carrer de Mogoda, 29-31. 08210 Barberà del Vallès

ISBN: 978-84-7283-918-2

Dipòsit Legal: B. 31214-2007

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

Pere GRAPÍ VILUMARA i M. Rosa MASSA ESTEVE: Presentació .....	7
Dolors ALBÓS TORMO i Regina CIVIL SIRERA: Petjades de científics catalans a la ciutat de Barcelona. Una experiència interdisciplinària a l'ESO .....	9
Francesc X. BARCA SALOM: Sobre la utilitat de les matemàtiques .....	15
Trini CADEFAU SURROCA i M. A. CATALÀ POCH: Activitat astronòmica en el regne de la Corona d'Aragó: Jacob Ben David Bonjorn .....	29
Eduard Josep CHIFRÉ i PETIT: El cinema com a eina didàctica per a l'ensenyament de la Primera Guerra Mundial i els drets humans .....	35
M. Neus GARCÍA FERRER: La didàctica de les ciències al col·legi de segona ensenyança d'Eivissa al segle XIX .....	43
M. Teresa GODAYOL PUIG: Didàctica de la ciència i educació eclesial a Vic durant el segle XIX .....	55
Pere GRAPÍ VILUMARA: La replicació d'experiments i instruments en el seu context. Una manera de situar la història en l'ensenyament de les ciències .....	61
Vicente IBÁÑEZ ORTS: ¿Hay un pitagórico detrás de las tablas de Menorca? (monumentos de la cultura talayótica, siglos V-IV aC) .....	73
Rosa M. MELIÀ AVIÀ: Els exercicis de física del doctor Antoni Quintana Marí, un gran educador. Tot recuperant la feina dels nostres predecessors .....	85
Juan NAVARRO LOIDI: El compás de proporción, compás geométrico y militar o pantómetra .....	89
Josep M. NÚÑEZ ESPALLARGAS i Jordi SERVAT SUSAGNE: El <i>Llibre de geometria</i> d'Abraham Bar Hiyya en l'ensenyament de la matemàtica .....	97
Carles PUIG-PLA: Ciència i tècnica a l'antiga Xina: eines per al coneixement i l'aproximació cultural .....	105
M. Fàtima ROMERO VALLHONESTA, Iolanda GUEVARA CASANOVA i M. Rosa MASSA ESTEVE: Els <i>Elements</i> d'Euclides. Idees trigonomètriques a l'aula .....	113
Horacio SOLAR BEZMALINOVIC i Mario QUINTANILLA GATICA: Algunas reflexiones para considerar la historia de la matemática en la formación inicial y continua del profesorado .....	121

Núria SOLSONA I PAIRÓ i Mario QUINTANILLA GATICA: Reflexions i propostes per al debat educativodidàctic entorn de la història de la ciència .....	129
Borja VILALLONGA: El patrimoni científic de l'Institut Jaume Vicens Vives de Girona: una aproximació històrica .....	137
Carme ZARAGOZA DOMÈNECH i Josep M. FERNÁNDEZ-NOVELL: La història de la ciència millora l'interès per les qüestions científiques .....	145
Alfons ZARZOSO ORELLANA, José Ramón BERTOMEU SÁNCHEZ, Antonio GARCÍA BELMAR, Josep SIMÓN CASTEL i Josep BATLLÓ ORTIZ: La cultura material de la ciència: la Comissió d'Instruments Científics .....	151
Entitats col·laboradores .....	155
Llista d'inscrits .....	157

## PRESENTACIÓ

És gratificant poder presentar-vos aquestes actes de la II Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament, celebrada el 19 de novembre de 2005 i organitzada per la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica (SCHCT). Si bé va ser força important fer el primer pas el novembre del 2003, allò que més ens interessava en concloure aquella primera jornada era poder donar-li continuïtat. Per tant, estem fent un camí que cal consolidar i eixamplar per tal de convertir-lo en un fòrum de referència en el món de les relacions entre la història de la ciència i l'ensenyament.

En aquesta segona jornada ens vam proposar, sobretot, debatre la problemàtica entorn de les interaccions entre història de la ciència i ensenyament, afavorir la comunicació i la col·laboració entre professors i historiadors de la ciència, i conèixer les contribucions i experiències sobre l'aplicació de la història de la ciència en l'ensenyament. En concret, les comunicacions presentades van incidir en els temes següents: la immersió de la història de la ciència a l'aula, l'acoblament de la història de la ciència en el currículum educatiu, els treballs de recerca de batxillerat en l'àmbit de la història de la ciència, les reflexions històriques i educatives entorn del paper de la història de la ciència en el procés educatiu i la cultura material de la ciència en l'ensenyament.

En el decurs de la Jornada es va lliurar el III Premi Antoni Quintana i Marí al treball de recerca de batxillerat titulat «L'evolució històrica del test de Marsh. Orfila, arsènic i criminologia», elaborat per Míriam Fernández, Lúdia Nicolás, Carlos Randino i Melani Roca, alumnes de l'IES Joan Oliver de Sabadell, i als qui fem arribar de nou les nostres felicitacions. La Jornada la va concloure el professor Fabio Bevilacqua (Universitat de Pavia) amb la conferència «L'*Annus Mirabilis* di Einstein e la ricerca dell'unità: la celebrazione di un centenario» en homenatge a Albert Einstein en l'Any Mundial de la Física. En la seva conferència ens recordava que celebràvem el centenari (1905) de l'*annus mirabilis* d'Albert Einstein (1879-1955), un dels personatges principals del segle XX. El professor Bevilacqua assenyala com Einstein tenia un profund anhel d'unitat en tots els aspectes de la seva vida: volia acoblar la física a les relacions internacionals (contra els nacionalismes), a les relacions socials (contra el racisme i la divisió de classes), a la religió (contra l'Església però a favor d'una «religiositat còsmica»), a l'educació (antiautoritarista), a la filosofia de la ciència (contra una rígida separació entre inducció i deducció). La seva vida ens va deixar una imensa herència cultural i científica.

A l'hora d'editar aquestes actes ens hem permès fer un petit homenatge a la figura d'Antoni Quintana i Marí (1907-1998) tot recordant la seva defensa dels valors pedagògics de la història de la ciència. En aquest sentit hem inclòs un article de Rosa M. Melià sobre la recuperació d'uns exercicis de física del doctor Quintana.

Pere Grapí Vilumara  
M. Rosa Massa Esteve





# PETJADES DE CIENTÍFICS CATALANS A LA CIUTAT DE BARCELONA. UNA EXPERIÈNCIA INTERDISCIPLINÀRIA A L'ESO

**Dolors Albós Tormo i Regina Civil Sirera**

Escola Sadako, Barcelona

Paraules clau: *científics, història de la ciència, ciutat de Barcelona, educació secundària obligatòria, interdisciplinarietat, recerca.*

The track of Catalan scientists in the city of Barcelona. An interdisciplinary experience in high school

Summary: *To motivate students and to help them to discover the history of science of their own country, we asked them to carry out a project. This proposal was created by the staff of Catalan Language and Science departments. The students were asked to investigate those Catalan scientists who have received some sort of recognition in the city of Barcelona. This project also aimed to equip the students of fourth course of ESO 4 with the necessary skills to begin a research project.*

Key words: *scientists, history of science, city of Barcelona, high school, interdisciplinarity, research.*

## Introducció

Els ciutadans i les ciutadanes de Barcelona coneixem l'espai que trepitgem? Què en saben els nois i les noies que tenim a les aules de secundària? Saben quina petjada ha deixat i va deixant la ciència al nostre entorn? L'experiència descrita en aquest article ha estat presentada per les professores de Llengua catalana i de Física i química a l'alumnat de quart d'ESO d'una escola concertada de Barcelona durant el curs 2004-2005. Volíem sumar-nos al fet que 2005 hagi estat declarat l'Any de la Lectura, per una banda, i l'Any de la Física, per una altra, en un intent de presentar la cultura com un tot, sense parcel·lar. A més de motivar els alumnes per saber més sobre la història de la ciència a Catalunya d'una manera extracurricular i amena, hem volgut proposar-los un nou repte, que és cohesionar les habilitats, les tècniques i els coneixements adquirits, per aconseguir un nou objectiu global: una recerca.

## Definició d'objectius

Els objectius que vam proposar foren els següents:

- Celebrar l'Any de la Física i l'Any de la Lectura
- Conèixer alguns científics catalans amb reconeixement a Barcelona i el seu treball i projecció dins i fora del país
- Identificar les diverses disciplines en què van destacar
- Prendre consciència de les dificultats i les condicions amb les quals van haver de treballar molts dels personatges explorats (condicions econòmiques, guerres, epidèmies, etc.)
- Aprendre a documentar-se, a comparar informació, a destriar-la
- Aprendre a fer el treball de camp i distingir-lo del treball de documentació.

## Concreció del procés metodològic

1. *Presentació.* Les professores vam presentar la proposta de treball als alumnes durant el mes d'octubre de 2004. Es tractava d'un treball individual que acabaria formant un llibre recull de totes les aportacions. El tema comú era estudiar la vida i obra d'un científic català amb reconeixement a la ciutat de Barcelona, amb la limitació que el científic havia d'haver mort. Amb el terme *científic* abastàvem totes les disciplines excepte les humanitats, les arts i la filosofia.

2. *Primera tasca.* Cada alumne va buscar i presentar una llista de científics que complissin els requisits indicats (vegeu l'annex). De la llista, cadascú podia indicar les seves preferències per al treball.

3. *Primer lliurament.* A mitjan novembre els alumnes van lliurar-nos el treball de documentació consistent en la biografia del científic objecte d'estudi, així com la bibliografia consultada i còpia dels documents base del seu escrit. La biografia havia d'incloure els apartats següents: data i lloc de naixement i mort, situació familiar, context històric de l'època que va viure, estudis i professió o professions i aportacions a la ciència. També es va demanar que inserissin una fotografia o retrat del científic.

4. *Segon lliurament.* Un mes més tard, abans de les vacances de Nadal, se'ls va demanar la informació sobre la petjada del científic trobada a la ciutat de Barcelona. Aquesta part del treball, o treball de camp, ha estat la més nova i difícil per als alumnes. Havien d'incloure un plànol del carrer, el jardí, la plaça..., fotografies agafades *in situ*, explicar el tipus de reconeixement i la seva història (inauguració, canvis d'emplaçament, restauracions), detallar el procés seguit per trobar la informació i opinar sobre el manteniment i l'actualitat de l'element investigat.

Aquesta part del treball va representar un augment d'autonomia i responsabilitat, ja que era la primera vegada que havien de fer una recerca fora de l'escola, fora de l'horari escolar i individualment. Sovint l'element que s'havia d'investigar es trobava allunyat dels barris que els alumnes trepitgen habitualment.

Per a la realització del treball de camp els va ser molt útil consultar el lloc web del nomenclàtor de Barcelona per a la informació sobre els carrers, les places i els jardins. El problema és que l'última actualització és de l'any 2000.

Els alumnes han après que tothom pot fer una proposta de nom, però és la Ponència qui, un cop estudiades les propostes, les porta a l'alcalde i aquest és qui en signa l'aprovació definitiva. Per poder atorgar un nom a un carrer cal que la persona hagi mort almenys cinc anys abans, o bé que hagi rebut la Medalla d'Or de la Ciutat. Aquest lloc web explica també l'origen dels noms dels carrers.

Però de totes les fonts consultades volem destacar el Museu d'Història de la Medicina de Catalunya (MHMC) i el seu conservador, Alfons Zarzoso, que va obrir les portes del Museu als nostres alumnes i els va mostrar materials i documents allà desats. El Museu està tancat al públic actualment, fet que és molt lamentable per la riquesa que conté, que hauria de fer-se pública i accessible a tothom. Considerem que els nostres alumnes han estat privilegiats pel fet de poder-hi accedir.

Després de la visita a l'MHMC, i adreçats per Alfons Zarzoso, alguns alumnes van anar al Col·legi Oficial de Metges de Barcelona on hi havia una exposició d'instruments, aparells i llibres de metges i científics catalans.

Una altra font valuosa va ser la conferència que la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB) va oferir per celebrar el centenari de l'Observatori Fabra i en la qual es va parlar llargament de Josep Comas i Solà, astrònom i primer director de l'Observatori. Una de les nostres alumnes, que havia triat aquest científic com a objecte d'estudi, va assistir-hi i va tenir l'oportunitat de parlar directament amb familiars de l'astrònom i adquirir així informacions de fonts orals.

5. *Treball acabat.* A principis de gener el treball individual havia d'estar completament acabat. Els alumnes, un cop introduïdes les esmenes indicades per nosaltres, ens havien de retornar els treballs amb la conclusió o opinió personal (consistent en una anàlisi objectiva del procés, no una opinió subjectiva) i la bibliografia, tot d'acord amb unes normes d'edició concretes. El lliurament definitiu havia de fer-se en suport paper i en suport electrònic (disquet, CD o correu electrònic). Al final del treball s'indica una bibliografia comuna a la majoria de treballs.

Un grup d'alumnes es va responsabilitzar de redactar una breu introducció al recull de treballs i dues alumnes, de presentar propostes per a la coberta. La van dissenyar a partir d'una rajola, símbol de Barcelona, escanejada.

## Valoració de l'experiència

La valoració dels alumnes queda reflectida en les seves opinions al final dels escrits. La nostra valoració és molt rica en tots els aspectes. El treball ens ha permès fer anàlisis periòdiques del procés que presentàvem als alumnes, acompanyar-los en la cerca d'informació, orientar-los en els moments de dubte i prendre decisions sobre el mètode de treball i avaluació. Per sobre de tot ens ha servit a tots i a totes per acostar diferents camps d'estudi. Un dels aspectes que valorem d'aquest treball és que els alumnes s'han adonat que en el segle XVIII, coincidint amb la revolució industrial, a Catalunya té lloc un creixement espectacular de tots els àmbits científics i humanístics. Neixen institucions emblemàtiques, l'Acadèmia de Medicina, l'IEC amb les seves filials, la RACAB, la Junta de Comerç... En definitiva, espais que permeten la trobada i la discussió dels avenços científics.

## Conclusions

Aquest treball ens confirma que es pot fer història de la ciència fora del currículum i de les àrees de ciència. Els alumnes han seguit l'evolució de la seva ciutat a través del progrés de la ciència, han après que la paraula *ciència* abasta molt més que les disciplines que estudien a l'escola, han descobert edificis desconeguts per a ells i que són de vital importància per entendre la història de la ciutat. I han constatat la poca representació femenina en aquest món: la metgessa Dolors Aleu i Riera, primera dona que va aconseguir el títol oficial de la Facultat de Medicina, és l'única científica catalana en els carrers de Barcelona.

Sempre que sigui possible hauríem d'intentar apropar la història de la ciència als nostres alumnes de manera contextualitzada com mostra aquesta experiència.

Els nois i les noies de quart d'ESO han après també la metodologia d'un treball de recerca en els dos apartats proposats, documentació i camp, i han millorat la cerca, la tria i el processament de la informació, sobretot pel que fa a combinar informacions procedents de diferents fonts. Per tot això creiem que hem assolit els objectius que ens havíem marcat.

## Fonts consultades pels alumnes

- AGUSTÍ, J. (1983). *Ciència i tècnica a Catalunya en el segle XVII o la introducció de la màquina de vapor*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- CAMARASA, J. M. (1997). *Ramon Turró, un modernista al laboratori*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. [Conferència pronunciada el 5 de febrer de 1996]
- CAMARASA, J. M.; MARTÍ, J.; ROCA, A. (1992). *La mirada dels científics: Fent ciència a Catalunya*. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- CORBELLA, J. (2003). *Metgesses de Catalunya*. Barcelona: Col·legi Oficial de Metges de Barcelona.
- DURAN, X.; PIQUERAS, M. (2002). *Passejades per la Barcelona científica*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.
- MANS, C. (2002). *Petita història de la química a Catalunya*. Barcelona: Mediterrània.
- «El racó de la història: La ciutat química». *Revista de la Societat Catalana de Química*, núm. 5, p. 15-26.
- NIETO, A. (2003). «El racó de la història: 200 anys de química a Catalunya (1805-2005)». *Revista de la Societat Catalana de Química*, núm. 4, p. 44-49.
- ZARZOSO, A. (2004). *El Museu d'Història de la Medicina de Catalunya*. Barcelona: Col·legi Oficial de Metges de Barcelona.

## Pàgines web

Escultures dedicades a metges a Barcelona.

<<http://www.comb.es/cat/passeig/actes/exposicions/nadal2002/home.htm>> [Consulta: desembre 2004]

Història dels noms dels carrers de Barcelona. Ajuntament de Barcelona.

<<http://www.bcn.es/nomenclator>> [Consulta: novembre 2004]

Galeria de científics catalans.

<<http://www.iec.es/institucio/seccionsCienciesBiologiques/cientifics/cientifics%20catalans/html/>> [Consulta: desembre 2004]

Museu d'Història de la Medicina de Catalunya.

<<http://www.museudelamedicina.org/>> [Consulta: desembre 2004]

Altres fonts

COMB: Col·legi Oficial de Metges de Barcelona. Visita a l'exposició temporal d'objectes de ciència i medicina (desembre de 2004).

*Monuments i escultures de metges a Barcelona* (2002). Barcelona: Col·legi Oficial de Metges de Barcelona.

MHMC: Museu d'Història de la Medicina de Catalunya. Visita d'un grup d'alumnes. Entrevista amb el conservador del Museu, Alfons Zarzoso. Observació d'objectes del fons del Museu (desembre de 2004 i gener de 2005).

RACAB: Assistència a la Conferència sobre Josep Comas i Solà en la commemoració del centenari de l'Observatori Fabra i conversa amb familiars de l'astrònom (novembre de 2004)

## ANNEX

*Científics investigats*

<i>Nom del científic</i>	<i>Professions</i>		
Aiguader i Miró, Jaume	metge	polític	escriptor
Aleu i Riera, Dolors	metgessa		
Almera i Comas, Jaume	geòleg	paleontòleg	
Andreu i Grau, Salvador	farmacèutic		
Arbós i Tor, Jaume	tecnòleg	químic	
Arruga i Liró, Hermenegild	oftalmòleg		
Barraquer i Barraquer, Ignasi	oftalmòleg		
Bolòs i Germà, Francesc Xavier de	naturalista		
Cadevall i Diars, Joan	botànic	geògraf	matemàtic
Campalans i Puig, Rafael	enginyer	polític	
Carbonell i Bravo, Francesc	metge	farmacèutic	químic
Carulla, Valentí	metge	farmacèutic	
Cerdà, Ildefons	arquitecte	urbanista	
Comas i Llaberia, Cèsar	metge	radiòleg	fotògraf
Comas i Solà, Josep	astrònom		
Estalella i Graells, Josep	físic	químic	pedagog
Ferran i Clua, Jaume	metge	bacteriòleg	
Font i Quer, Pius	químic	farmacèutic	botànic
Font i Sagué, Norbert	naturalista	historiador ciènc.	espeleòleg
Fontserè i Ribas, Eduard	meteoròleg	sismòleg	
Gaudí i Cornet, Antoni de	arquitecte		
Gimbernat i Arboç, Antoni	cirurgia		
Giné i Partagàs, J. Baptista	dermatòleg	psiquiatre	
Girona i Trius, Josep	metge		
Ibáñez i Ibáñez de Ibero, Carlos	geògraf	cartògraf	militar
Letamendi i de Manjarrés, Josep de	anatomista	pintor, escriptor	músic
Martí i Franquès, Antoni	naturalista	químic	
Martí i Julià, Domènec	psiquiatre	polític	
Martorell i Peña, Francesc	naturalista	arqueòleg	
Monlau i Roca, Pere Felip	metge	higienista	
Monturiol i Estarriol, Narcís	inventor	polític	
Pascual Vila, Josep	químic		
Pi i Molist, Emili	psiquiatre	cervantista	botànic
Pi i Sunyer, August	metge	fisiòleg	bioquímic
Piulachs i Oliva, Pere	cirurgia	metge	
Puigvert i Gorro, Antoni	metge	uròleg	
Reventós i Bordoy, Jacint	metge	polític	
Rodés Campderà, Lluís	físic	astrònom	
Roura i Estrada, Josep	químic		
Salvà i Campillo, Francesc	metge	meteoròleg	físic
Santponç i Roca, Francesc	metge	tecnòleg	
Solé i Sabarís, Lluís	geòleg	geògraf	
Terrades i Illa, Esteve	matemàtic	eng. ind. camins	físic
Torent i Torrabadella, Ramon	cirurgia		
Trias i Pujol, Joaquim	cirurgia	farmacèutic	
Trueta i Raspall, Josep	metge		
Turró i Darder, Ramon	estudis fisiologia	estudis medicina	
Vidal i Carreras, Lluís Marià	enginyer de mines	geòleg	
Vila i Dinarès, Pau	geògraf	pedagog	

# SOBRE LA UTILITAT DE LES MATEMÀTIQUES

**Francesc X. Barca Salom**

Universitat Politècnica de Catalunya

Paraules clau: *matemàtiques, segle XIX, Catalunya.*

On the utility of mathematics

Summary: *In the XX Century opinion about the utility of mathematics was polarized. Mathematics was considered to be useful only if it could be applied socially versus the study of mathematics for its own sake. This controversy started in the XVIII Century owing to the significant advances in science and technology.*

*We draw on the records of the Royal Academy of Sciences and Arts of Barcelona to analyze the opinions of three mathematics teachers in Catalonia in the 1860s.*

Key words: *mathematics, XIX Century, Catalonia.*

## Introducció

A principi del segle XXI, la presència de les matemàtiques en àmbits tan diversos com la ciència, la tecnologia, la medicina, l'economia, la sociologia i les humanitats fa gairebé estèril la polèmica sobre la seva utilitat ja que són útils quasi per a tot. Tanmateix, al llarg del segle XX, el ventall d'opinions sobre aquesta qüestió va variar des de posicions tan diverses com la defensa de la seva inutilitat fins a la creença que sols tenia sentit la matemàtica que podia ser socialment útil.

En el primer cas es trobaria el hardysme, doctrina plantejada el 1940 a l'obra *A mathematician's apology* per G. H. Hardy (1877-1947) (Hardy, 1981), on qualificava la seva activitat com a inútil tant pel que feia a les seves contribucions científiques com a les docents, ja que formava matemàtics que, com ell, també havien dut una activitat inútil.

Las «auténticas» matemáticas cultivadas por «auténticos» matemáticos, las de Fermat y Euler, las de Gauss, Abel o Riemann son casi totalmente «inútiles» (apreciación cierta tanto en lo que se refiere a las matemáticas «puras» como a las «aplicadas»). Es imposible justificar la vida de un auténtico profesional de las matemáticas tomando como medida la «utilidad» de su obra. (Hardy, 1981: 118)

Aquestes afirmacions conduïen a la creença que les úniques matemàtiques que valia la pena cultivar eren aquelles que no tenien una utilitat immediata. En el camp oposat hi

havia el que Philip J. Davis (professor emèrit de la Division of Applied Mathematics de la Universitat de Brown, EUA) denomina *maoisme matemàtic*. Durant el règim de Mao a la Xina es va abandonar el cultiu de la topologia perquè es considerava que no tenia utilitat social. La recerca havia de servir a la política proletària i, en conseqüència, havia d'estar integrada en el sistema productiu. Això volia dir que havia de tenir una utilitat immediata (Davis, 2005).

Aquesta polèmica, però, havia agafat força dos segles abans. Al segle XVII, els avenços en les ciències i tecnologies i el paper fonamental jugat per les matemàtiques en el seu desenvolupament havien posat sobre la taula que el seu veritable paper era precisament ser útils a les altres disciplines. Tanmateix, hi havia matemàtics que consideraven que tan important com les aplicacions pràctiques era l'enriquiment humà que proporcionava el cultiu de les matemàtiques. En aquesta línia cal situar la carta que el 1830 va escriure Jacobi (1804-1851) a Legendre (1752-1833) on criticava Fourier (1768-1830) perquè aquest matemàtic francès creia que la finalitat de les matemàtiques era precisament la seva utilitat pública. Jacobi, en canvi, era del parer que la finalitat de tota ciència era rendir honor a l'esperit humà i que això valia tant com les aplicacions que d'aquesta es fessin (Maravall, 2005).

La utilitat de les matemàtiques pot ser entesa de diverses maneres. Així doncs, un mestre hi veurà la utilitat que aquesta disciplina té en el desenvolupament del raonament lògic dels seus alumnes. Un científic o un tècnic donarà prioritat a les aplicacions que les matemàtiques tenen en la matèria que ell cultiva i de vegades li resultarà difícil distingir la línia divisòria entre ambdues disciplines. Un sociòleg o un humanista farà servir els recursos que les matemàtiques li ofereixen per donar resposta a les seves qüestions polítiques, econòmiques o socials. En conseqüència, cadascú interpreta la utilitat d'acord amb els seus propis interessos.

En aquesta comunicació s'analitza les opinions sobre la utilitat de les matemàtiques de tres professors catalans del segle XIX, les quals van quedar plasmades en sengles memòries que llegiren a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona en la dècada del 1860. Es tracta de tres memòries que abasten els tres camps abans esmentats. Recullen l'opinió sobre la utilitat de les matemàtiques per a les ciències, per a les seves aplicacions incipients a les ciències empíriques i, finalment, proporcionen la visió particular del docent sobre la importància que l'aprenentatge de les matemàtiques té en la formació de l'individu.

## Les matemàtiques per a les ciències

La utilitat de les matemàtiques dins la mateixa ciència duu aparellat un altre problema que no és menys complex: la distinció entre matemàtica pura i matemàtica aplicada. Aquesta divisió no estava gaire establerta al segle XIX, de manera que hi trobem textos de matemàtiques que inclouen l'astronomia, la mecànica, l'òptica i altres disciplines que avui les consideràrem independents. Savérien, a *Historia de los progresos del entendimiento humano en las ciencias exactas y en las artes que dependen de ella* (Savérien, 1775), obra traduïda al castellà el 1775, incloïa algunes d'aquestes disciplines a les ciències exactes, mentre que alguns autors com el matemàtic Benet Baïls (1730-1797) en deien matemàtiques mixtes. Al segle XIX, Montferrier, recollint els ensenyaments de Wrónski (1778-1853), dividia les matemàtiques en pures i aplicades. En aquestes darreres hi considerava les que tenien per objecte la natura, a les quals denominava *ciències físicomatemàtiques*, on hi havia l'astronomia



i la mecànica entre d'altres, i les que s'aplicaven als objectes de l'art, que denominava *ciències pragmaticomatemàtiques*, on situava la navegació, la fortificació i la geodèsia (Puig-Pla, 2002: 151-169).

En aquest sentit, la primera memòria que presentem analitza una temàtica que avui situaríem fora de les matemàtiques, però que en aquell moment era una part de les ciències fisicomatemàtiques i consegüentment de la matemàtica aplicada. S'anomena *Importancia de las ciencias fisicomatemáticas* i l'autor va ser Carles Ferrer i Mitayna (Ferrer, 1867).

Carles Ferrer havia nascut el 1844. Devia ser un alumne molt brillant, ja que amb només vint-i-un anys fou escollit acadèmic gràcies a la proposta que van fer els acadèmics Narcís Carbó, Francesc Presas, Francesc Dunand, Josep Arau i Josep O. Mestres, que a més eren professors seus, com ell recordava cinquanta anys després en els actes de commemoració de les seves bodes d'or com a acadèmic:

Acabé de comprender el inapreciable honor que me prodigaron hace medio siglo mis queridos e inolvidables catedráticos, ofreciéndome un sillón académico, que permitía a un estudiante, no cumplidos sus 22 años, sentar-se de día en los bancos de las aulas universitarias y por la noche al lado de sus eminentes y respetados maestros, cuando todavía restaban al favorecido cinco cursos, expuesto a defraudar involuntariamente a sus cariñosos favorecedores, quienes, después de concederle las mejores calificaciones, le premiaban sentándole entre los mismos. (*Nómina*, 1919-1920: 85-89)

En el moment de la lectura de la memòria d'entrada a l'Acadèmia, que és la que presentem aquí, Carles Ferrer solament havia cursat el batxillerat en ciències a la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona i era professor d'instrucció primària. La lectura de la memòria li va permetre accedir el 12 de gener de 1867 a la Secció de Ciències Físico-matemàtiques de la Reial Acadèmia de Ciències. A més, arran de la presa de possessió, Carles Ferrer es féu càrrec d'una de les càtedres de matemàtiques que aquesta institució mantenia des de feia uns cent anys. Es tractava de la mateixa càtedra que amb el nom de Matemàtiques i Cosmografia havia ocupat Agustí Canelles, Joan Gerard Fochs, Pere Màrtir Armet, Marià Maymó i els darrers anys el secretari de l'Acadèmia Ferran Rodríguez de Alcántara i Deops.

La memòria estava farcida de frases de modèstia i d'humilitat. És com si Ferrer fos molt conscient que era massa jove per ocupar aquest lloc, com si no fos mereixedor d'aquest seient i volgués deixar clar que no pretenia explicar res ni donar cap lliçó als que encara eren els seus professors.

El seu objectiu es podria resumir en l'argumentació següent: 1) les ciències fisicomatemàtiques estudien la quantitat; 2) l'home necessita comptar i mesurar en múltiples ocasions al llarg de la seva vida, i 3) en conseqüència, com més matemàtiques i física sàpiga molt millor.

Per provar aquesta afirmació, va recórrer a un exemple d'aplicació pràctica que implica tant les matemàtiques com la física:

[...] el ángulo que forma el plano horizontal que pasa por el ojo del observador con la recta que desde el mismo ojo va a ser tangente a la superficie del globo terráqueo en un punto del horizonte visible considerado en la mar.

És a dir, mitjançant un cas concret conegut en astronomia com l'angle de depressió, Carles Ferrer volia provar que les matemàtiques i la física eren fonamentals i necessàries per determinar altures i distàncies.

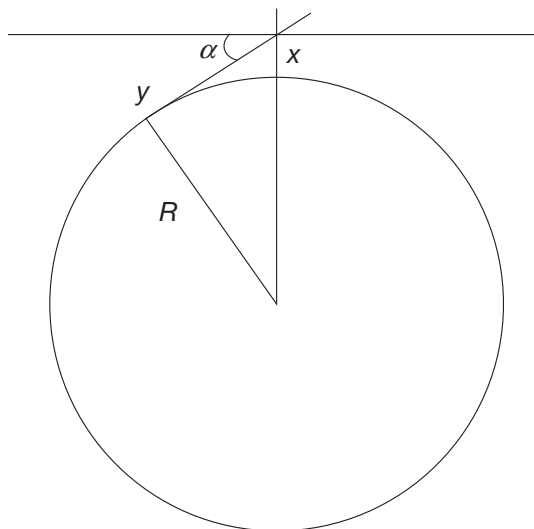


FIGURA 1. Determinació de l'angle de depressió.

Per això descriu el triangle rectangle d'hipotenusa la vertical des de l'ull de l'observador al centre de la Terra i de catets el radi de la Terra i la visual fins a l'horitzó visible. La descripció no va acompanyada de cap dibuix, però, per facilitar-ne la comprensió, hem preparat la figura 1.

D'aquest triangle es coneixen dos angles: el recte i un d'agut de valor  $90-\alpha$  perquè és el complement de la depressió. A més, també és conegut el catet gran  $R$ , ja que és el radi de la Terra. Amb aquestes dades, les matemàtiques i en particular la trigonometria permeten determinar els altres costats i angles i, en concret, es pot determinar, com diu Carles Ferrer, l'altura del punt d'observació sobre el nivell del mar i la distància a què es troba l'horitzó visible, tot això amb la sola determinació de l'angle de depressió i sense haver de moure's del lloc.

[...] podemos por lo tanto hallar en dicho triángulo rectángulo la hipotenusa, cuya diferencia con el cateto mayor será la altura del punto de observación sobre el nivel del mar, altura que se había hallado sin haber sido preciso al observador moverse de su punto de estación. Si hallamos el cateto menor del triángulo susodicho, y suponemos el punto de contacto tal que nos convenga saber a que distancia se encuentra de nosotros, tendremos con dicho cateto menor la distancia deseada sin habernos sido tampoco preciso movernos del punto donde nos convenga estar situados.

L'angle de depressió també permet determinar la distància entre dos punts en alta mar mesurada sobre l'horitzó. En aquest cas, Ferrer ens proposa considerar un angle diedre

d'eix la vertical del lloc i format pels plànols que passen pels punts A i B la distància dels quals es vol mesurar.

[...] el ángulo de depresión nos sacará de apuro, pues por medio de él podemos operar con la misma sencillez considerando dos triángulos de base vertical común, que es la vertical desde el punto de observación hasta el centro de la Tierra, base que ya hemos dicho el modo de determinarla, y cuyos vértices de dichos triángulos sean los dos puntos dados en alta mar en este caso los dos triángulos serán dos planos verticales formando un diedro cuya arista es la vertical del punto de observación.

En aquest cas, caldrà repetir la resolució del triangle rectangle anterior per a cada un dels punts per tal d'aconseguir les distàncies que els separen de l'ull de l'observador, i amb aquestes dues distàncies i les depressions corresponents es podrà determinar la distància AB.

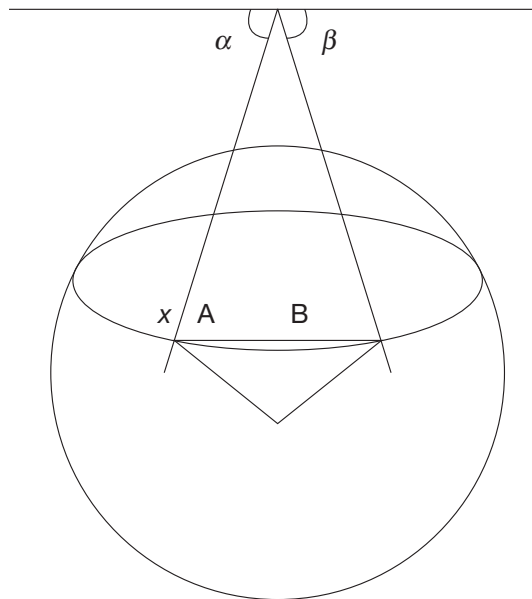


FIGURA 2. Determinació de la distància entre dos punts.

En la figura 2, que també hem elaborat, com en el cas anterior, a partir del text de Ferrer, es pot visualitzar aquesta nova aplicació de l'angle de depressió.

Però allò que meravella Ferrer és que l'angle de depressió que tant valor té per a les matemàtiques el proporciona precisament la física, no sols mitjançant els seus instruments, sinó perquè aquesta ciència permet corregir-lo del defecte de la refracció, ja que ens facilita l'índex de refracció de l'aire:

La física misma auxiliada a su vez por el cálculo ha determinado en 1,000284 el índice medio de refracción del aire, y será preciso por consiguiente multiplicar por esta cantidad el valor que resulte para el ángulo de depresión si deseamos conocerlo con exactitud.

Això vol dir que el triangle rectangle de la figura 1 es podria resoldre mitjançant els coneixements de les matemàtiques que es concreten amb l'aplicació de l'analogia que enuncia Carles Ferrer i que correspon a la fórmula actual del cosinus:

$$\frac{1}{\cos \alpha} = \frac{R + x}{R}$$

I que aquest angle de depressió  $\alpha$  haurà de ser determinat després de corregir el que proporcionin els instruments utilitzant els coneixements físics que ens diuen que l'índex de refracció de l'aire és d'1,000284. Així:

$$\alpha = \alpha' \cdot 1,000284$$

Acaba Ferrer la seva exposició donant alguns consells pràctics que facilitin les operacions en els casos, molt habituals, que els angles de depressió siguin molt petits. Es tracta de convertir el cosinus en sinus, d'eludir les arrels quadrades i d'evitar fórmules que proporcionin poca exactitud.

En conseqüència, la memòria presentava un cas d'utilitat de les matemàtiques on es combinaven els coneixements de trigonometria amb els de la física per aconseguir la determinació d'un angle fonamental en les mesures astronòmiques.

### Les matemàtiques per a les ciències empíriques

Avui les matemàtiques s'apliquen a gairebé tots els camps i a totes les disciplines. Però no sempre va ser així. Només cal recordar que fins al segle XX, amb la formulació de la teoria dels conjunts difusos, les ciències empíriques com la sociologia, l'economia i la psicologia no van poder ser analitzades amb els instruments de la matemàtica. Tanmateix, algunes branques de la matemàtica com l'estadística i la probabilitat van anar successivament aplicant-se a les ciències empíriques i socials. Durant el segle XIX es va anar creant un esperit probabilístic inspirat principalment pels avenços de la biologia. Nocions com correlació, esperança matemàtica o regressió van establir-se a final de segle gràcies principalment als treballs de Francis Galton (1822-1911). Les teories de Darwin van possibilitar que es creés a Anglaterra l'Escola Biomètrica, dirigida per Galton, el programa de la qual va consistir en les aplicacions dels mètodes estadístics a la biologia.

La memòria titulada *De la importancia de la aplicación del cálculo matemático a toda clase de cuestiones que lo permitan* (Giró, 1863) que analitzarem a continuació no pretenia defensar cap teoria ni nova ni antiga, sols volia provar com eren de necessaris els càlculs matemàtics en tots els àmbits i fins i tot en aquells tan allunyats de les matemàtiques com les ciències socials. L'autor era Josep Giró Roma i la va presentar, de torn, a l'Acadèmia el novembre de 1863.

Josep Giró Roma (1823-1900) fou professor de matemàtiques de l'Escola Normal de Barcelona i de matemàtiques i gramàtica a l'Escola Normal de Dones de Barcelona, institucions de les quals fou secretari per un llarg període de trenta anys. Els seus orígens eren humils i, per això, de nen va haver de posar-se a treballar de teixidor per poder subsistir i pagar

les despeses dels seus estudis a l'escola nocturna. Més tard va entrar com a alumne a les escoles de la Junta de Comerç i posteriorment va estudiar magisteri. El 1851 va guanyar les oposicions de professor d'escola normal i fou destinat primer a València i més tard a Barcelona. A principi del 1863 va ser admès a l'Acadèmia on va llegir una memòria d'entrada sobre la rotació de la Terra. Uns anys més tard (1867) es va ocupar com a director de la Secció de Ciències Físico-matemàtiques d'aquesta institució. El 1888 fou nomenat vicepresident primer del Primer Congrés Nacional de Pedagogia que tingué lloc a Barcelona (*Nómina*, 1913-1914: 77-79).

Josep Giró comença la seva memòria lamentant-se de les dificultats que comporta escriure una memòria de matemàtiques que després va ser llegida en una sessió acadèmica. Dues pàgines plenes de fórmules serien de difícil lectura i comprensió, de manera que creu que els oients preferirien llegir-les a escoltar-les. Aquestes consideracions el porten a afirmar que les ciències exactes són més apropiades per ser dipositades en els llibres i que li sembla que seria més fàcil llegir una memòria sobre ciències naturals, per bé que —afirma— cada dia aquestes ciències necessiten més càlcul matemàtic.

Aquesta darrera idea li dona peu per desenvolupar el tema central de la seva memòria que és l'aplicació de les matemàtiques a tots els camps que sigui possible. Així, comença per citar aquelles aplicacions més corrents, com l'ús que se'n fa a la mecànica, a les teories del calòric i fins i tot a la química, que ha progressat considerablement —diu— des que se li aplica el càlcul.

Arribat en aquest punt, Giró es pregunta si les ciències morals i socials necessiten les matemàtiques. I la resposta que obté és afirmativa, ja que s'adona que hi ha exemples clars com l'angle facial a la frenologia —que permetia descobrir les tendències innates dels individus i era d'utilitat en educació i criminologia— o la importància que els publicistes donaven a l'estadística com a eina per a les ciències socials i per a l'economia política. Per ratificar la seva opinió analitza tres exemples: 1) la creació d'una illa a partir de restes animals, 2) l'aplanament dels pols de la Terra, i 3) la salubritat de les aigües del mar.

En els tres casos el seu argument consisteix a dissuadir els científics de la recerca de causes excepcionals i en la recomanació que facin servir només les matemàtiques. Si fan això s'adonaran que la formació d'una illa a partir dels residus d'animals marins pot ser explicada solament amb uns càlculs senzills.

Observa el naturalista la aparición de una isla más o menos grande, examina la materia de que está formada y halla que es el producto de los restos acumulados de muchas generaciones de moluscos. Estudia los elementos constitutivos de otras islas mayores y encuentra que tienen igual procedencia. Efectos tan sorprendentes quieren explicarse por causas excepcionales. La fecundidad de aquellos animalitos es tan grande, se dice, que sus restos acumulados llegan a formar el armazón de las grandes y pequeñas islas de naturaleza calcárea. Sin embargo con una fecundidad mediana, fecundidad que se observa en otras muchas especies diferentes, puede con tiempo suficiente producir aquellas islas; pues el cálculo da que suponiendo un metro cúbico de restos de moluscos y solo uno por ciento de aumento anual, a los dos mil años habría una masa de cerca de 440 millones de metros cúbicos de materia calcárea capaces de formar una isla de cincuenta metros de altura y una legua cuadrada de superficie; y si se supone el aumento de uno y medio por ciento, la masa sería de ciento cincuenta mil billones de metros cúbicos pudiendo formar una isla de un kilómetro de altura

y de más de cien leguas superficiales. No pasemos más adelante porque si hacemos llegar el aumento a dos y cuarto por ciento, la fábrica levantada por los descendientes de aquel puñado de moluscos sería capaz de cegar el fondo de todos los mares.

Aquest fragment es pot resumir amb uns senzills càlculs d'interès compost on  $C_f$  són els metres cúbics de matèria acumulada;  $C_0$ , un metre cúbic inicial;  $r$ , l'increment anual en tant per 1, i  $t$ , el temps transcorregut. Com es pot veure els resultats no sempre coincideixen amb els donats per Giró.

$$\begin{aligned} C_f &= C_0(1+r)^t = (1+0,01)^{2.000} = 440 \cdot 10^6 \\ C_f &= C_0(1+r)^t = (1+0,015)^{2.000} = 8,5 \cdot 10^{12} \\ C_f &= C_0(1+r)^t = (1+0,0225)^{2.000} = 2,12 \cdot 10^{19} \end{aligned}$$

Els resultats d'aplicar la fórmula de l'interès compost només coincideixen amb el primer dels casos presentat per Giró i solament pel que fa als metres cúbics. No hi ha, tampoc, coincidència respecte a les dimensions de l'illa que Giró situa en una llegua quadrada per 50 m d'alçada. Aquest valor, si no és un error, significa que considera la llegua de 2.966,5 m, valor que no es correspon amb cap de les equivalències existents.<sup>1</sup> Més aviat pensem que es tracta d'un error i que si es considera l'equivalència de la llegua comuna (5.572 m), aleshores l'illa només tindria una alçada d'uns 14,17 m.<sup>2</sup> Tanmateix, aquests errors no treuen força a l'argument de Giró per explicar la formació d'una illa a partir dels sediments d'animals marins.

El segon dels problemes plantejats es referia a l'aplanament dels pols de la Terra i havia donat lloc al plutonisme, teoria de geologia, actualment abandonada, segons la qual les roques de la crosta de la Terra havien estat formades per fusió ígnia. Aquesta teoria, que considerava que aquest planeta havia estat en altre temps en estat incandescent, era, en opinió de Giró, innecessària ja que l'aplanament dels pols podia ser explicat pel paper de les forces centrípetes que engendra la Terra durant la seva rotació. Aquestes forces eren les encarregades d'acumular les aigües dels pols a l'equador i les responsables que la Terra adopti la forma esferoïdal irremissiblement.

Finalment, Giró s'ocupa d'aplicar les matemàtiques per explicar les raons per les quals les aigües del mar són salades. I, com en els casos anteriors, recrimina que els científics s'entretinguin a buscar les causes de vegades falses per explicar-ho.

Giró centra la seva argumentació a provar que la Mediterrània és un mar més salat que no pas l'Atlàntic. Ho és, diu, perquè evapora més aigua de la que entra pels seus rius. Per això calcula els metres cúbics per segon que s'evaporen i dedueix quin hauria de ser el cabal dels pocs rius que hi desemboquen.

1. La llegua com a unitat itinerant tenia diferents mesures segons el lloc on s'utilitzava. La més corrent era la llegua comú (5.572 m). També hi havia la llegua marina (5.555 m) i la llegua valenciana (6.037 m); a Girona en deien *hora de camí* i era la més curta de totes (3.761 m) (Rodríguez Aragón, 1949, p. 106).

2. La versió que es conserva és una còpia manuscrita. Això avalaria la hipòtesi que els errors en aquest paràgraf potser són deguts a raons externes al mateix Giró. Afavoreix aquest argument l'existència d'altres errors com ara que, quan a la memòria s'esmenta una illa d'un quilòmetre d'altura, hi posa «kilogramo de altura». Els càlculs de les dimensions de l'illa en el primer exemple haurien de ser els següents: si considerem que una llegua són 5.572 m, aleshores una llegua quadrada seran 31.047.184 m<sup>2</sup>. Aleshores l'alçada de l'illa seria  $440 \cdot 10^6 / 31.047.184 = 14,17$  m.

La evaporación en el Mediterráneo es abundante no tan solo por su grande extensión, sino que también por atravesarle los vientos calientes y sumamente secos que antes han recorrido los extensos y ardientes arenales de África. Suponiendo la superficie de este mar de 80000 leguas cuadradas de 5000 metros lineales de cada una, o sea un total de dos billones de metros y de dos milímetros solamente por día la evaporación media valdría por este concepto una masa de agua de cuatro mil millones de metros cúbicos por día, o sea más de cuarenta y seis mil por segundo. Tal pérdida no puede ser reparada por los pocos ríos que en él desaguan; pues para esto sería necesario que reunidos sus caudales fuesen capaces de formar una corriente de un metro por segundo en un cauce de dos de profundidad y de más de cuatro leguas de ancho.

El càlcul de Giró consistia a determinar primer la superfície de la Mediterrània:

$$80.000 \text{ llegües quadrades} \cdot 5.000^2 \text{ m}^2/\text{llegua quadrada} = 2 \cdot 10^{12} \text{ m}^2.$$

Després, el volum d'aigua evaporada  $0,002 \text{ m}^3 \cdot 2 \cdot 10^{12} = 4 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{dia}$ , el qual passat a segons seria:

$$4 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 4 \text{ (24 h/dia} \cdot 3.600 \text{ s/h)} = 46.296 \text{ m}^3/\text{s d'evaporació.}$$

Això vol dir que caldria un cabal d'1 m/s en una llera de 20.000 m d'ample (4 llegües) per 2 m de profunditat.

El càlcul aplicat a totes les qüestions pot servir perquè pugui ser analitzat com un fet corrent allò que semblava que tenia una causa extraordinària. No hi ha en aquesta memòria exemples concrets d'aplicació a les ciències socials, sols referències com les ja esmentades de la frenologia, però aplica les matemàtiques a problemes de geologia que eren resolts pels científics amb teories especials i on no es feien servir gaire els càlculs.

### Les matemàtiques vistes pel docent

Un tret característic de les memòries comentades fins aquí, i també la que veurem a continuació, és que havien estat elaborades per mestres. Ara bé, la que queda per veure, potser per la temàtica que tracta, proporciona a més la visió del mestre sobre la utilitat de les matemàtiques des d'un punt de vista formatiu, com a eina de construcció de l'estructura lògica de l'individu. L'autor va ser Llorenç Trauque, conegut per diversos treballs sobre didàctica de la física, llengua catalana, geografia i història, gramàtica castellana, música i aritmètica. El 1864, Trauque va llegir un treball de torn a l'Acadèmia titulat: *Algunos apuntes sobre la importancia y noble fin de las matemáticas, rechazando ciertas proposiciones sofisticas de Chateaubriand* (Trauque, 1864).

Llorenç Trauque i Cassi (Barcelona, 1816-1880) va estudiar per a professor d'Instrucció primària i superior a les escoles normals de Girona i Barcelona. Va exercir la docència a Banyoles, primer, a San Feliu de Guíxols, després, i finalment va guanyar per concurs la plaça de mestre director de la Casa Provincial de Caritat de Barcelona. El 1862 va ser nomenat acadèmic de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, acte en el qual va lle-

gir la memòria d'entrada *Topografia militar*. En aquesta institució va ser destinat a la Secció de Ciències Físico-matemàtiques, de la qual fou director el 1875, va ser escollit comptador l'any següent i encarregat del gabinet de la mateixa Secció el 1879 (*Nómina*, 1913-1914: 60-62) (Elias, 1889: 696-697).

La memòria llegida per Llorenç Trauque el 16 de gener de 1864 a l'Acadèmia era la resposta a les crítiques que sobre les ciències en general i sobre les matemàtiques en particular havia fet Chateaubriand a la seva obra *Le Génie du Christianisme* publicada el 1802, reeditada en diverses ocasions i de la qual s'havia fet recentment una traducció al castellà. Aquest prolífic autor francès dedicava el capítol segon del llibre primer d'aquesta obra a criticar la ciència bàsicament perquè conduïa a l'ateisme<sup>3</sup> i les matemàtiques, perquè eren la prova de la incapacitat d'alguns homes febles d'arribar per ells mateixos als resultats, ja que les feien servir com a suport a la seva debilitat.<sup>4</sup> Per això, en aquest llibre, es desaconsella l'ensenyament de les matemàtiques als nens perquè poden apagar les idees i la imaginació natural que aquests tenen. L'aprenentatge de les operacions bàsiques pot fer-los oblidar la memòria i el seu pensament propi i, en conseqüència, deixar d'utilitzar les seves pròpies forces i acabar per no voler més que els principis rigorosos i les veritats absolutes de les matemàtiques que tants trastorns —diu— han fet a la societat.<sup>5</sup> Chateaubriand també es mostra contrari a l'opinió que les matemàtiques ajuden el nen a classificar les idees, ja que per això cal que abans les tingui. Voler arregar l'enteniment d'un nen és com voler ordenar una cambra buida.

La resposta de Llorenç Trauque, persona que havia dedicat tota la seva vida a l'educació dels infants, estava basada en anys d'experiència i per això podia afirmar que no coneixia cap jove a qui les matemàtiques li haguessin esgotat ni aplacat les idees, ans al contrari, li havien ensenyat a raonar amb rectitud i a distingir allò que és veritat d'allò que és fals. No es tractava d'ordenar ments sense idees, sinó que quan el nen rep aquesta formació ja té el cervell ple de principis de comparació. No és doncs una cambra buida, sinó que ja té consciència dels seus deures morals i religiosos. Per reforçar la seva argumentació recorre a exemples de matemàtics celebres com Galileu, Newton o Legendre:

Las matemáticas lejos de agotar el manantial de las ideas de un joven, le conducen por el camino de la verdad, le enseñan a discurrir con rectitud, a distinguir lo verdadero de lo

3. «En effet, plusieurs personnes ont pensé que la science entre les mains de l'homme dessèche le coeur, désenchanter la nature, mène les esprits faibles à l'athéisme, et de l'athéisme au crime» (Chateaubriand, 1846, p. 372).

4. «Les Mathématiques, d'ailleurs, loin de prouver l'étendue de l'esprit dans la plupart des hommes qui les emploient, doivent être considérées, au contraire, comme l'appui de leur faiblesse, comme le supplément de leur insuffisante capacité, comme une méthode d'abréviation propre à classer des résultats dans une tête incapable d'y arriver d'elle-même» (Chateaubriand, 1846, p. 374).

5. «Mais si, exclusivement à toute autre science, vous endoctrinez un enfant dans cette science qui donne peu d'idées, vous courez les risques de tarir la source des idées mêmes de cet enfant, de gêner le plus beau naturel, d'éteindre l'imagination la plus féconde, de rétrécir l'entendement le plus vaste. Vous remplissez cette jeune tête d'un fatras de nombres et de figures qui ne lui représentent rien du tout; vous l'accoutumez à se satisfaire d'une somme donnée, à ne marcher qu'à l'aide d'une théorie, à ne faire jamais usage de ses forces, à soulager sa mémoire et sa pensée par des opérations artificielles, à ne connaître, et finalement à n'aimer que ces principes rigoureux et ces vérités absolues qui bouleversent la société» (Chateaubriand, 1846, p. 375).



falso, y no dejarse alucinar por falsos misterios; ellas sirven para rectificar en la juventud los errores del raciocinio; son, si cabe decirlo, la lógica de las ciencias, y como ella, presenta a la imaginación las ideas claras y positivas. Y no se me diga «que para clasificar las ideas, es necesario primeramente tenerlas; que pretender arreglar el entendimiento de un niño, es querer arreglar un cuarto vacío». Este argumento es especioso, pero sin fundamento, y sería su certeza un golpe mortal para la lógica que corre pareja con las matemáticas: cuando el niño estudia lógica, ya tiene ideas, ya discurre, ya compara, ya tiene *nociones claras de sus deberes morales y religiosos*; ya tiene su cerebro suficientemente lleno de objetos de comparación, y de principios ciertos; ya no es un cuarto vacío, en fin; y quien dice la lógica, dice las matemáticas; por consiguiente, no hay inconveniente en quererlo ordenar; en quererlo arreglar para que quepan cómodamente las ciencias tan necesarias a la vida, sin temor de falsear su buen natural, y encoger su entendimiento.

Chateaubriand afirmava que la natura no havia fet els matemàtics per ocupar els llocs més destacats i, per això, els havia condemnat a una trista obscuritat i a l'oblit. A més, a les matemàtiques, com a les ciències, el darrer és sempre el més instruït, de manera que un matemàtic del passat seria un ignorant al costat d'un estudiant actual.<sup>6</sup> A aquests atacs tan directes, Llorenç Trauque respon amb una altra màxima: pot ser que hagin desaparegut de la memòria els noms d'alguns matemàtics, però els beneficis de les seves descobertes han continuat fins a l'actualitat. Coincideix amb Chateaubriand en el fet que el darrer científic és sempre el millor preparat, però lluny de considerar això un defecte, hi veu una prova de la missió elevada que correspon a aquesta disciplina, on cada matemàtic fa una aportació que permet fer avançar aquesta ciència una mica més, de manera que té lloc un progrés continu que porta l'home a la perfecció.

Esta verdad, en vez de ser un argumento contra las ciencias matemáticas; patentiza más y más su elevada misión, que es la perfectibilidad a que tiende la raza humana. Por una prerrogativa particular, no solamente cada hombre adelanta algo en las ciencias y artes, sino que todos los hombres juntos van adelantando de continuo progresivamente, pues, lo mismo sucede en la sucesión de los hombres que en las edades diferentes de un solo individuo; por consiguiente, todas las generaciones en el curso de tantos siglos, deben ser considerados como un solo hombre que siempre vive y aprende continuamente; por lo tanto, las matemáticas que trazan el camino a todas las ciencias, conducen el hombre a la perfectibilidad, y si fuese posible, llegando ellas a su apogeo, el género humano hubiera llegado también a los límites de la perfección.

Respecte a l'ateisme a què condueix la ciència, tema que havia inspirat aquestes pàgines de l'obra de Chateaubriand, la memòria llegida per Llorenç Trauque també hi discrepa. Contràriament a l'autor francès, per Trauque, les matemàtiques condueixen la humanitat cap al bé i són una prova de l'existència d'un Déu infinit i poderós. Per reforçar aquesta afirma-

6. «Tout pénible que cette vérité puisse être pour les mathématiciens, il faut cependant le dire: la nature ne les a pas faire pour occuper le premier rang. Hors quelques géomètres inventeurs, elle les a condamnés à une triste obscurité;» [...] «Dans les sciences, celui qui vient le dernier est toujours le plus instruit: voilà pourquoi tel écolier de nos tours est plus avancé que Newton en mathématiques; voilà pourquoi tel qui passe pour savant aujourd'hui sera traité d'ignorant par la génération future» (Chateaubriand, 1846, p. 377-378).

ció, posa l'exemple de l'astronomia que, en contemplar l'Univers i deduir les lleis que el regeixen, permet confirmar el poder de Déu:

Elevando el entendimiento a regiones superiores, y derribando preocupaciones vulgares, la astronomía favorece el desarrollo de la inteligencia humana, graba fuertemente en el corazón la convicción de la existencia de la sabiduría, y de la bondad del Ser Supremo. ¿Puede haber cosa capaz de realzar más la gloria del espíritu humano, que el ver a los átomos que habitan este globo infinitamente pequeño, y confundido entre mundos innumerables, contemplar el universo, comprender su mecanismo divino, y participar, por decirlo así, con estudios audaces, atrevidos, del trabajo maravilloso que solo un Dios todo poderoso podía establecer?

Reforça aquestes afirmacions amb exemples dels grans geòmetres, d'homes de ciència que han estat també profundament religiosos. És cert —diu Trauque— que les matemàtiques han trasbalsat la societat, però ha estat per donar-li benestar i allargar la vida dels éssers humans. Són una creació de la intel·ligència que, a partir d'unes petites veritats evidents, esdevé un instrument fonamental de la raó. Un instrument que s'aplica tant a les arts, les tècniques i les ciències com a les necessitats de cada dia.

## Conclusió

Vaig trobar aquestes memòries a l'arxiu de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona el 1997 mentre preparava el capítol sobre l'activitat docent d'aquesta institució publicat a *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII i XIX: Història, ciència i societat* (Nieto, Roca, 2000), però no les vaig emprar en aquella ocasió. Posteriorment, en estones perdudes, les vaig transcriure i estudiar pensant que en algun moment les donaria a conèixer. I ara, amb motiu d'aquesta II Jornada, les presento amb la sola pretensió que ens serveixin a tots de reflexió sobre la utilitat d'una disciplina a la qual molts estem directament o indirectament relacionats.

Una de les primeres coses que em va sobtar va ser que en tan poc temps (1863-1867) es presentessin a l'Acadèmia tres memòries sobre una temàtica tan semblant, i encara no tinc una resposta a aquesta pregunta, per bé que sí que he pogut detectar una preocupació per la utilitat de les matemàtiques en aquella època. Sense anar més lluny, el 1866, a la Real Academia de Ciencias Exactas y Naturales de Madrid, el prestigiós enginyer de camins, que més tard seria Premi Nobel, José Echegaray (1832-1916) va presentar una memòria en la qual deixava clar que hi havia una certa controvèrsia entre els que creien que el valor de les matemàtiques es trobava en les seves aplicacions i els que creien que tenien valor per si mateixes:

Hay, señores, quien imagina, y personas ilustradas y respetables son por singular inconsecuencia de esta opinión, que la gran importancia, la verdadera utilidad, el cuestionable valor de las matemáticas puras, solo reside en la aplicación que de los principios abstractos de la ciencia pueden hacerse a la física, a la geodesia, a la mecánica, y principalmente a la industria; y que toda verdad científica, por elevada que sea, a la que no corresponda una utilidad práctica, y por decirlo así tangible, es vana gimnasia de la razón, fugaz relampague-

ar de la fantasía, juego pueril que para nada sirve, descubrimiento estéril que, sin daño del bien común, pudo quedar algunos siglos más envuelto entre las sombras, de las que le arrancó por caprichoso entretenimiento algún desocupado geómetra. (Echegaray, 1866: 182)

No sabem a qui es refereix en concret Echegaray, però sí que podem afirmar que Josep Giró, Carles Ferrer i potser també Llorenç Trauque estaven entre els que atorgaven més valor a les aplicacions pràctiques que als desenvolupaments teòrics. Echegaray, en canvi, tot i ser enginyer, estava més a favor del cultiu de la ciència per la ciència sense haver de cercar cap valor utilitari, sinó més aviat per la virtut de trobar la veritat per la veritat. No obstant aquesta posició ideològica, Echegaray va cultivar altres camps de la física com l'electricitat, el magnetisme i, des del 1905, va ocupar la Càtedra de Física Matemàtica de la Universitat Central de Madrid.

El problema de la utilitat està, també, directament relacionat amb la didàctica i afecta de ple el col·lectiu de professors de matemàtiques que han de fer front a les preguntes dels alumnes sobre l'aplicació dels conceptes que estan aprenent. Els tres acadèmics autors de les memòries eren mestres, i entre les disciplines que impartien hi havia les matemàtiques. Tots tres devien sentir la necessitat de donar a conèixer alguns aspectes de les aplicacions d'aquesta disciplina, no sols per respondre les qüestions dels alumnes, sinó també per incorporar alguns d'aquests continguts a les seves classes per tal de fer més assequibles els conceptes que explicaven. Aquesta preocupació s'ha anat mantenint vigent fins als nostres dies. Com a exemple valgui el discurs inaugural del curs 1949-1950 pronunciat per Enric Freixa, aleshores catedràtic d'extensió de càlcul a l'Escola Especial d'Enginyers Industrials de Barcelona, on imputava la impopularitat de les matemàtiques a la seva abstracció. Però aquesta abstracció —deia— podia ser superada si s'explicaven indicant-ne també les aplicacions (Freixa, 1949: 3).

Els casos presentats en les memòries poden ser-nos útils com a font d'inspiració per elaborar problemes d'astronomia que facilitin la comprensió de la trigonometria, o problemes de geologia que ens ajudin a l'estudi de l'interès compost. Finalment, potser hi trobarem arguments per reafirmar-nos, un cop més, en la importància de les matemàtiques com a disciplina instrumental en el moment de la formació del raonament lògic de l'alumne sense que això n'anul·li la imaginació. Un cop més, la història de la ciència esdevé una font imprescindible d'inspiració per a l'elaboració de material didàctic i una font de coneixement per comprendre que els problemes que tenim actualment no són nous, sinó que en altres moments, de maneres més o menys similars, ja hi havien estat presents.

## Bibliografia

- CHATEAUBRIAND (1846). *Le Génie du Christianisme*. Vol. I. París: Librairie de Firmin Didot Frères.
- DAVIS, Philip J. *Utilidad de las matemáticas* [en línia]. <<http://www.argenmaticas.com.ar/articulos/utilidad.htm>> [Consulta: 16 juliol 2005]
- ECHEGARAY, José (1866). «Historia de las matemáticas puras en nuestra España». A: SÁNCHEZ RON, J. M. [ed.] (1990). *José Echegaray*. Madrid: Biblioteca de la Ciencia Española. [Discurs d'entrada a la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid]

- ELIAS DE MOLINS, A. (1889). *Diccionario biográfico y bibliográfico de escritores y artistas catalanes del siglo XIX*. Barcelona: Imprenta Fidel Giró.
- FERRER MITAYNA, Carles (1867). *Importancia de las ciencias fisicomatemáticas*. Memòria manuscrita. Arxiu de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB).
- FREIXA PEDRALS, Enric (1949). *La impopularidad de las matemáticas*. Barcelona: Escuela Especial de Ingenieros Industriales.
- GIRÓ ROMA, Josep (1863). *De la importancia de la aplicación del cálculo matemático a toda clase de cuestiones que lo permitan*. Memòria manuscrita. Arxiu de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB).
- HARDY, G. H. (1981). *Autojustificación de un matemático*. Barcelona: Ariel.
- MARAVALL CASESNOVES, Darío. *La utilidad de las matemáticas en el progreso material e intelectual del hombre* [en línia]. <<http://racefyn.insde.es/Promoci%c3%B3n%20Cultura/confmat4.htm>> [Consulta: 16 juliol 2005]
- NIETO-GALAN, A.; ROCA ROSELL, A. (2000). *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII i XIX: Història, ciència i societat*. Barcelona: IEC: RACAB.
- PUIG-PLA, Carles (2002). «Sobre el significat del concepte matemàtiques: matemàtiques pures i mixtes en els segles XVIII i XIX. A: BATLLÓ ORTIZ, J.; BERNAT LÓPEZ, P.; PUIG AGUILAR, R. [ed.]. *Actes de les VI Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: SCHCT, p. 151-169.
- RACAB. *Nómina del personal académico, 1913-1914*. Barcelona: Sobrinos de López Robert.
- RACAB. *Nómina del personal académico, 1919-1920*. Barcelona: Sobrinos de López Robert.
- RODRÍGUEZ ARAGÓN, Mario (1949). *Unidades: Diccionario técnico de pesas, medidas i monedas*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.
- SAVÉRIEN, A. (1775). *Historia de los progresos del entendimiento humano en las ciencias exactas y en las artes que dependen de ella*. Madrid: Imprenta de D. Antonio de Sancha.
- TRAUQUE, Lorenzo (1864). *Algunos apuntes sobre la importancia y noble fin de las matemáticas, rechazando ciertas proposiciones sofísticas de Chateaubriand*. Arxiu de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB).

# ACTIVITAT ASTRONÒMICA EN EL REGNE DE LA CORONA D'ARAGÓ: JACOB BEN DAVID BONJORN

**Trini Cadefau Surroca (1) i M. A. Català Poch (2)**

1) IES Pere Borrell. Puigcerdà

2) Departament d'Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona

Paraules clau: *astronomia a l'edat mitjana, Jacob ben David Bonjorn.*

The astronomical activity of the Regne de la Corona d'Aragó: Jacob ben David Bonjorn

*Summary: For many students knowledge of science of Middle Ages is reduced to the Arabic world and it is usually the great unknown if it is compared to later periods because of the laws stated or because of the knowledge of some of the scientifics. We think that to introduce a mediaeval great astronomer, and locate him, could help us to give a general outlook of knowledge about this time, how they worked, their proceedings... and understand the break out, in the Renaissance, with a new idea of universe. In order to get our objective, we studied Jacob ben David Bonjorn's work, a Catalan Jewish astronomer from Perpinya (latitude 42°30' longitude 2°52' E) in the middle 14th Century.*

Key words: *astronomy in Middle Ages, Jacob ben David Bonjorn.*

L'estudi de l'astronomia medieval ens proporciona una línia per veure quina ha estat la seva evolució i com des d'una astronomia basada en l'observació s'arriba a l'astronomia actual molt més teòrica i exacta. L'activitat està adreçada als alumnes de batxillerat (16-17 anys), ja sigui com a treball de recerca o com a apunt previ a l'estudi del camp gravitatori a l'assignatura de Física.

Els motius que ens han portat a centrar el treball en Jacob ben David Bonjorn són: primer, durant els segles XIII i XIV destaca un grup d'astrònoms, al qual pertany Jacob ben David Bonjorn, per les seves aportacions; la seva obra es troba reproduïda en bastants manuscrits i contribuïren a qüestionar les idees de Ptolemeu. Segon, Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules, fet que ens dona peu a poder treballar a diferents nivells. I tercer, la proximitat geogràfica: Perpinyà, latitud 42° 30' i longitud 2° 52' E (Rosselló), està molt a prop de Puigcerdà, latitud 42° 26' i longitud 1° 56' E (Cerdanya), i han estat històricament unides, Comtat de Rosselló i Cerdanya.

Presentem un conjunt d'activitats que s'hauran d'ajustar i prioritzar d'acord amb els objectius que el professor determini. Es proposa:

### 1. Estudi del moviment aparent del Sol i el moviment de la Lluna

Actualment hem minimitzat la importància d'aquests dos astres a diferència d'èpoques anteriors, quan l'activitat de l'home en depenia molt més directament. Ens interessa que l'alumne conegui el seu moviment, i, encara que sigui qualitativament, quines condicions s'han de donar perquè hi hagi eclipsi.

*Activitat 1.* Observació del moviment aparent del Sol, moviment de la Lluna i els planetes.

*Activitat 2.* Conèixer alguns termes com: moviment directe, moviment retrògrad, sizígia, oposició, conjunció, equació del temps..., eclíptica, llunació, mes draconític, any draconític, mes anomalístic..., inclinació de l'òrbita lunar, argument de la latitud de la Lluna, cicle de recurrència Saros...

### 2. Pere II el Cerimoniós i la seva època

Una mica d'història ens ajudarà a situar el rei Pere el Cerimoniós en la seva època, i una anàlisi de l'activitat astronòmica en general ens ajudarà a ésser més crítics.

A principis del segle x els musulmans coneixien amb tota seguretat els diferents sistemes cosmològics de l'antiguitat a través de les traduccions, però possiblement per motius religiosos rebutjaren *a priori* qualsevol alteració del sistema astronòmic tradicional. Així, es dedicaren més a l'estudi del moviment dels planetes, i elaboraren unes doctrines que, deixant a part l'heliocentrisme, són molt properes a les desenvolupades per Copèrnic.

En el regne de Castella, entre els tractats científics del rei Alfons X el Savi (1221-1284), hi figuren els *Libros del saber de astronomia* que es basen en el geocentrisme d'Hiparc i Ptolemeu.

D'altra banda, en general, l'astronomia a l'edat mitjana estava fortament lligada a l'astrologia, moltes vegades l'estudi de la primera estava orientada a trobar una aplicació en la segona, és a dir, estava estesa la creença de la dependència dels esdeveniments segons la posició dels astres.

*Activitat 1.* És bàsic confeccionar un petit esquema cronològic i assenyalar alguns fets històrics importants que ajudin a situar-se.

*Activitat 2.* Fixada l'època, convé cercar algun esdeveniment local curiós.

### 3. Activitat astronòmica en el regne de la Corona d'Aragó

En el regne d'Aragó, a principis del segle xiv s'inicia una activitat astronòmica que comença amb Jaume II, el qual impulsa les observacions astronòmiques, i culmina amb Pere II el Cerimoniós amb la confecció de taules: d'aquesta època són els cànons i les taules de Jacob ben David Bonjorn. Joan I no continua l'obra astronòmica que cada cop s'orienta més a aspectes astrològics.

Els cànons que precedien les taules contenien les instruccions del seu maneig prescindint de tota consideració teòrica, en general hi ha molt poques referències als elements astronòmics i a les seves fonts.

Les taules astronòmiques solien contenir dades de les posicions i els moviments dels planetes, dades sobre el calendari i dades per al càlcul de les sizígies i els eclipsis... En general, es desconeixia en què estaven basades, i pels autors només calia que els càlculs realitzats amb elles estiguessin d'acord amb l'observació; normalment es barrejava el resultat de l'observació i els càlculs. Com a conseqüència, no es podrà conèixer el model utilitzat per determinar les posicions del Sol, la Lluna i els planetes en el qual estan basades les taules i només es podrà descobrir analitzant-ne detalladament el contingut i comparant-lo amb d'altres de l'època.

*Activitat 1.* En general, de l'edat mitjana es conserven cànons, taules i almanacs (un almanac és un calendari acompanyat de dades astronòmiques, pronòstics sobre el temps, dates de les festes anyals, fires, etc.). Aquests documents, quina informació proporcionaven?

*Activitat 2.* Determinar les pautes que segueix l'activitat astronòmica en la Corona d'Aragó i els documents que es conserven.

#### 4. Jacob ben David Bonjorn

Jacob ben David Bonjorn sembla que nasqué a Girona als voltants del 1333, encara que la seva activitat l'associa a Perpinyà al servei del rei Pere el Cerimoniós. El seu pare, David Bonjorn del Barri, era també astrònom reconegut al servei de la casa reial. Jacob ben David Bonjorn elaborà unes taules dedicades a les conjuncions i oposicions del Sol i de la Lluna (sizígies), i als eclipsis, precedides d'uns cànons explicatius sobre el seu maneig. Aquestes taules estan calculades per la latitud de Perpinyà, data ràdix 1361, i completen les taules i l'almanac basats en les observacions fetes per Pere Gilbert i Dalmau Sesplanes i les taules de Barcelona de Jacob Corsumo. No es descarta que el seu pare participés activament a l'inici en la confecció de les taules (estructura i càlcul), encara que, a la seva mort, Jacob acabés el treball i escrivís els cànons. Concretament hi tenim:

— TAULA DE LES SIZÍGIES VERITABLES (no mitjanes). Van del 1361 al 1391, tots dos inclosos, en 31 subtaules una per a cada any del cicle. Per a cada una de les 767 sizígies del cicle, les 9 columnes de la taula ens proporcionen: tipus de sizígia, si és conjunció o oposició, l'any (que comença el dia 1 de març), el mes i el dia (que comença al migdia), el dia de la setmana (1, diumenge; 2, dilluns...), l'hora de la sizígia en hores i minuts, l'*equatio substraenda* en minuts i segons, paràmetre necessari per ampliar la taula de les sizígies a cicles posteriors o anteriors, posició del Sol per l'instant de la sizígia veritable en signes, graus i minuts (1 signe = 30° sexagesimals) i finalment l'argument de la latitud de la Lluna en signes, graus i minuts.

— TAULA DE LES CORRECCIONS DE LES POSICIONS DEL SOL I DE LA LLUNA. Taula de doble entrada: el mes que es dona el valor per dos dies, a principi i mitjan mes, i l'*equatio substraenda* en dues columnes, en la primera, la correcció del Sol veritable i la correcció de l'argument de la latitud de la Lluna i les dades en minuts i segons d'arc.

— TAULA DE PARALLAXI. Són dotze subtaules, cada una calculada pel dia d'entrada del Sol en el signe que correspon al mes i calculades per la ciutat de Perpinyà, dona els components de la paral·laxi en longitud i latitud. La variable d'entrada és el temps local en hores i minuts i s'especifica el temps d'hora en hora abans i després del migdia local o pas del Sol pel meridià de Perpinyà.

— TAULA DELS ECLIPSIS DE SOL. En dues subtaules, és una taula de doble entrada, el component en latitud de paral·laxi en minuts d'arc de 3 en 3 i des de 6' fins a 51' (setze files) i l'argument de latitud de la Lluna especificat en mig grau. Per a cada valor de l'argument de la latitud lunar hi ha tres columnes, les dues primeres corresponen a la part eclipsada del diàmetre solar expressada en dígits i minuts de dígit ( $60 \text{ md} = 1 \text{ d}$  i el diàmetre solar de 12 d). La tercera columna correspon a la semidurada de l'eclipsi en minuts de temps.

— TAULA DELS ECLIPSIS DE LLUNA. La variable d'entrada és l'argument de latitud de la Lluna especificat de mig grau en mig grau. Per a cada valor hi ha tres columnes. La primera ens dona la part de diàmetre lunar eclipsat en dígits, la segona columna correspon a la semidurada de l'eclipsi en hores i minuts de temps, i la tercera, la semidurada de la totalitat en minuts.

*Activitat 1.* Analitzar el contingut de cada taula i saber-la interpretar concretant els valors de les taules a partir d'una data que s'escaigui dins del cicle bàsic:

Per exemple, el 28 de desembre de 1362, data en què Ponç Guillem de Lora com a procurador dels còsols de la Universitat de Puigcerdà presenta una súplica sobre el privilegi de lliure obtenció del blat concedit a la Cerdanya i al Barida (Arxiu Comarcal de la Cerdanya, fons municipal de Puigcerdà, pergamí). Així també permet donar un apunt sobre la vida a l'edat mitjana.

Si consultem les taules de Bonjorn: la sizígia més propera a aquesta data correspon al 31 de desembre de 1362, és a dir, 31.10.1362 (Bonjorn). Es tracta d'una oposició, cau en dissabte, dia 7, a les 5;51 h. L'*equatio substraenda* pren un valor de 25 14/17 min. La posició del Sol és:  $9 \text{ s } 18^\circ 29' = 288^\circ 29'$ , i l'argument de la longitud de la Lluna és  $2 \text{ s } 23^\circ 46'$ . Quant a la paral·laxi (geocèntrica): mes 10, dia d'entrada al signe (Capricornius), 13. La primera columna dona el temps en hores i minuts: signe – (+) hores abans (després) del migdia local (pas del Sol pel meridià de Perpinyà). Així, a les 11 h 0 min (temps local), el valor del component en longitud en paral·laxi seria 0 h 20 min. I el component de la paral·laxi en latitud:  $0^\circ 48' 27''$ . Es tracta d'una oposició, només pot ser eclipsi de Lluna. Bonjorn limita el valor de l'argument de la latitud de la Lluna entre  $5 \text{ s } 18^\circ$  i  $6 \text{ s } 22^\circ$  i entre  $11 \text{ s } 18^\circ$  i  $0 \text{ s } 12^\circ$ ; en el nostre cas és  $2 \text{ s } 23^\circ 46 \text{ min}$ ; per tant, no hi haurà eclipsi. Si consultem la taula de sizígies, l'eclipsi de Lluna visible des de Perpinyà més proper a aquesta data s'escau el 29.01.1363, a les 17 h 28 min (o les 5;28 h del dia julià següent, ja que el dia comença al migdia), abans de la sortida del Sol (6 h 0 min); l'argument de la latitud de la Lluna és  $5 \text{ s } 27^\circ 18'$ . De la taula dels eclipsis de Lluna: la part del diàmetre lunar eclipsada és d'uns 13 dits i 2 min, la semidurada de l'eclipsi és 1 h 37 min, i la semidurada de la totalitat, 22 min.

*Activitat 2.* Comparar la informació sobre l'eclipsi amb la d'un anuari actual o pàgina web d'algun observatori o el *Calendari del Pagès*.

*Activitat 3.* Expressar quantitats en notació sexagesimal i viceversa.

*Activitat 4.* Buscar el significat dels termes que s'utilitzen a les taules i saber per a què són necessaris, encara que només sigui qualitativament, i/o comparar algun dels valors que utilitza en els càlculs amb els actuals.

*Activitat 5.* Bonjorn determina les posicions del Sol sobre l'eclíptica emprant les taules de Levi ben Gerson, basades en un model excèntric senzill. Com és aquest model?

*Activitat 6.* Recalculer a partir de les taules de Levi ben Gerson alguna de les sizígies de les taules per veure el procés i així prendre consciència del gran treball de càlcul.



*Activitat 7.* Jacob ben David Bonjorn troba un cicle de recurrència de les sizígies, o equivalentment de la geometria del sistema Terra Lluna i Sol d'una durada de 31 anys egipcis, 9 d, 23 h, 34 min, 10;35,18 s = 11.324,982067 d, fet que permetrà atribuir a les taules un caràcter perpetu. En què es diferencia del cicle de recurrència Saros?

*Activitat 8.* Calcular per a una data anterior/posterior al cicle bàsic quin dia va tenir lloc la sizígia més propera:

— Proposta I: en el dietari de Puigcerdà, el 28 de juny de 1358 hi figura:

28 juny 1358 (Nº 48): TRAICIO FETA AL REY EN PERE (Full 8v.) Lany M CCCL VIII, ha XXVIII de juny se segui que lo Infant en jaume de mallorca, desijos de tornar regnar y posseir los comptats de rossello y cerdanya, [...] que matassen lo rey en pere de arago: y fonc descuberta la traycio [...] Pero per això, no deixaren de sentenciarlos a mort.

Quants dies faltaven per a la lluna plena? Seguint els cànons de les taules, trobem que el 6 de juliol de 1358 hi ha una conjunció a les 13.18 h (lluna nova), des del 28 de juny han passat vuit dies; per tant, per a aquest dia 28, la fase de la Lluna era quart minvant, de manera que les nits anteriors a la data eren prou clares per poder-se moure i devien permetre la intriga.

— Proposta II: en el mateix dietari, hi figura l'anomenada *reforma gregoriana* del calendari:

N.º 134.- (4 octubre 1582): LOS DEU DIES (Full 18) Lany MDLXXXII ha IIII de octubre fins ha XV de dit, per lo Summo pontifice Gregori tretze foren tornats a loc los deu dies seren enderrerits per los sis minuts se perdan cada any.

Quina és la data de la sizígia anterior al 4 d'octubre de 1582, i la sizígia posterior al 15 d'octubre de 1582 del calendari gregorià? Resulta que el dia 1 d'octubre de 1528, calendari julià, hi ha una oposició, i el dia 26 d'octubre de 1528, calendari gregorià, hi ha la conjunció (sizígia següent).

Insistim en el fet que l'anàlisi de l'obra de David Bonjorn sorprèn per l'abast del càlcul matemàtic i el seu rigor, fet que és evident quan es reproduïx qualsevol dels seus càlculs.

Agraïm al doctor Josep Chabàs el seu valuós ajut, que ens ha permès desenvolupar aquest treball basat en la seva obra *L'astronomia de Jacob ben David Bonjorn*, document bàsic per poder dur-lo a terme.

## Bibliografia

- CHABÀS BERGON, J. (1992). *L'astronomia de Jacob ben David Bonjorn*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- GALCERAN, S. (1977). *Dietari de la fidelíssima vila de Puigcerdà*. Barcelona: Fundació Salvador Vives Casajuana.
- GOLDSTEIN, B. R. (1974). *The astronomical tables of Levi ben Gerson*. New Haven Connecticut: Archon Books.

- MARTÍ SANJAUME, J. (1922). *Història de Puigcerdà*. Puigcerdà: folletín de Ceretania. Impremta Ceretania.
- (1926). *Dietari de Puigcerdà amb sa vegueria de Cerdanya i sotsvegueries de vall de Ribes*. Ripoll: Impremta i Llibreria de Llorens Bonet i Batller.
- MILLÀS, J. (1931). *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval*. Barcelona: Estudis Universitaris Catalans. [Reimprès per Edicions Científiques Catalanes (1983)]
- (1962). *Las tablas astronómicas del rey Don Pedro el Ceremonioso*. Barcelona; Madrid: CSIC.
- ORUS NAVARRO, J. J.; CATALÀ POCH, M. A. (1986). *Apuntes de astronomia*. Barcelona: Departamento de la Atmosfera, Astronomía y Astrofísica, Universitat de Barcelona.
- VERNET, J. (1974). *Astrología y astronomía en el Renacimiento, la revolución copernicana*. Barcelona: Ariel.

# EL CINEMA COMA EINA DIDÀCTICA PER A L'ENSENYAMENT DE LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL I ELS DRETS HUMANS

**Eduard Josep Chifré i Petit**

Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Barcelona

Paraules clau: *ensenyament, cinema, Primera Guerra Mundial, bel·licisme, trinxeres, militarisme, Hemingway, la mort, Gallipoli, drets humans, cop d'estat, desapareguts, pena de mort, racisme, Schindler, nazisme, errors judicials.*

Cinema as a didactic resource for teaching the First World War and the human rights

Summary: *Two proposals are put forward for using cinema as a didactic resource for teaching the First World War and the Human Rights. For the First World War and, with the purpose of studying subjects like: the origins of the conflict, trench warfare and the horrors of war, the following films are proposed: All quiet on the Western front, Paths of glory, A farewell to arms, Gallipoli and The blue max.*

*With regards to the Human Rights, and to study subjects like: coups d'état, racism, Nazism or the imprisonment of innocent people, the following films are suggested: Missing, Last dance, To kill a mockingbird, Schindler's list and In the name of the father. Studying all those films, and in observance of the laws in force, can help, in great measure, with the comprehension of the First World War and the Human Rights.*

Key words: *teaching, cinema, First World War, warmongering, trenches, militarism, Hemingway, death, Gallipoli, Human Rights, coup d'état, number of missing, death penalty, racism, Schindler, Nazism, miscarriage of justice.*

## Introducció

A continuació es fan dues propostes d'utilització del cinema com a recurs didàctic per a l'ensenyament, a secundària o al batxillerat, de dues temàtiques molt diferents: la Primera Guerra Mundial i els drets humans. En aquesta proposta, el tractament de la Primera Guerra Mundial està pensat sempre des d'una òptica pacifista i posant èmfasi en els horrors de la guerra. En relació amb els drets humans, s'incideix en la voluntat de defensa, manteniment i respecte d'aquests drets. En cada pel·lícula escollida pel tractament d'aquests dos temes s'indiquen quins apartats o diàlegs es poden treballar a l'aula.

## 1. Primera Guerra Mundial

Pel que fa a la Primera Guerra Mundial, a fi i efecte d'estudiar qüestions tals com els orígens del conflicte, la guerra de trinxeres, el militarisme, les noves tecnologies militars, la guerra a l'aire i, en definitiva, els horrors de la guerra, es planteja l'estudi de pel·lícules com ara: *All quiet on the Western front* (*Sense novetats en el front*), versions de Lewis Milestone (1930) i de Delbert Mann (1979); *Paths of glory* (*Camins de glòria*), de Stanley Kubrick (1957); *A farewell to arms* (*Adéu a les armes*), versions de Frank Borzage (1932) i de Charles Vidor (1957); *Gallipoli*, de Peter Weir (1981), i *The blue max* (*Les àligues blaves*), de John Guillermin (1966).

### 1.1. *All quiet on the Western front* (*Sense novetats en el front*)

D'aquesta pel·lícula podem esmentar dues versions, la de Lewis Milestone (1930), protagonitzada per Lew Ayres i Louis Wolheim, i la de Delbert Mann (1979), protagonitzada per Ernest Borgnine i Richard Thomas. És una pel·lícula que descriu les vivències i els horrors que un jove soldat alemany viu durant la Primera Guerra Mundial.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Esmentarem els següents:

- El bel·licisme i l'entusiasme per anar a la guerra
- La propaganda militar i el fals patriotisme
- La creença en una guerra ràpida amb poques víctimes
- La guerra de trinxeres, la mort i el menyspreu per la vida humana
- El desconeixement en la rereguarda del que passa en el front.

*Diàlegs de la pel·lícula per ser comentats a classe*

Podem destacar, de la versió de Lewis Milestone, els següents:

- «És bonic i digne morir per la mare pàtria» (ho diu un mestre alemany als alumnes)
- «És brut i dolorós morir per la Pàtria» (ho comenta el protagonista de la pel·lícula)
- «És un cadàver, ja no és ningú» (en relació amb els morts en la batalla)
- «Tot emperador necessita una guerra» (en referència al *Kaiser*)
- «Vivim a les trinxeres, lluitem per seguir vius i en ocasions ens maten»
- «Només sabem morir» (ho esmenta un soldat alemany).

### 1.2. *Camins de glòria* (*Paths of glory*)

Dirigida per Stanley Kubrick el 1957 i protagonitzada per Kirk Douglas, Ralph Meeker i Adolphe Menjou. La pel·lícula narra l'ambició i la manca d'escrúpols dels generals

francesos així com el Consell de Guerra al qual són sotmesos tres soldats francesos acusats de covardia.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Destacarem els següents:

- El bel·licisme i el militarisme
- La guerra de trinxeres i el menyspreu per la vida humana
- L'ambició dels militars d'alta graduació i la seva manca d'escrúpols
- La «justícia militar» a través dels consells de guerra.

1.3. *Adéu a les armes (A farewell to arms)*

Esmentarem dues versions d'aquesta pel·lícula, la dirigida per Frank Borzage (1932), amb Gary Cooper, Helen Hayes i Adolphe Menjou, i la versió de Charles Vidor (1957), amb Rock Hudson, Jennifer Jones i Vittorio de Sica. El film mostra com un voluntari americà participa en la Primera Guerra Mundial, dins l'Exèrcit italià, com a conductor d'ambulància, i l'abandona quan s'enamora d'una infermera.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Esmentarem els següents:

- L'obra de Hemingway (el film es basa en la seva novel·la *Un adéu a les armes*)
- El bel·licisme i la «justícia militar» a través dels consells de guerra
- El paper de la religió en la guerra
- Comparar les dues versions per veure quina segueix amb més fidelitat la novel·la de Hemingway.

*Diàlegs de la pel·lícula per ser comentats a classe*

De la versió de Frank Borzage indicarem els següents:

- «Què significa la mort per un cristià?»
- «Si ningú ataqués, s'acabaria la guerra»
- «Barallar-se o morir, això és el que fa la gent».

1.4. *Gallipoli*

Film dirigit per Peter Weir (1981) i protagonitzat per Mel Gibson i Mark Lee. El film descriu el drama de dos amics australians que lluiten a la batalla de Gallipoli.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Mencionarem els següents:

- El desastre de la batalla de Gallipoli
- El menyspreu per la vida humana i la guerra de trinxeres
- La propaganda bèl·lica i l'alegria per anar a la guerra
- La pèrdua de vides humanes en la guerra.

1.5. *Les àligues blaves (The blue max)*

Pel·lícula dirigida per John Guillermin (1966) i protagonitzada per George Peppard, James Mason i Ursula Andress. El film mostra la guerra a l'aire durant la Primera Guerra Mundial a través d'un oficial alemany.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Esmentarem els següents:

- La guerra a l'aire durant la Primera Guerra Mundial i la mort en les batalles aèries
- Fabricar herois per a la propaganda militar
- Tot val per guanyar la guerra?
- L'ambició dels militars en la guerra.

1.6. Altres pel·lícules d'interès relacionades amb la Primera Guerra Mundial

Esmentarem les següents:

- *Rei i pàtria (King and Country)*
- *El Baró Vermell (Von Richthofen and Brown)*
- *El preu de la glòria (What price glory)*
- *La Reina d'Àfrica (The African Queen)*

2. Drets humans

Quant als drets humans, es proposa el treball amb les pel·lícules: *Missing (Desaparegut)*, de Costa Gavras (1981), adient per tractar els cops d'estat i els desapareguts; *Last dance (Condemnada)*, de Bruce Beresford (1996), per debatre sobre la pena de mort; *To kill a mockingbird (Matar un rossinyol)*, de Robert Mulligan (1962), per tractar el racisme; *Schindler's list (La llista de Schindler)*, de Steven Spielberg (1993), per treballar el nazisme, i *In the name of the father (En el nom del pare)*, de Jim Sheridan (1993), pel·lícula per tractar l'empresonament d'innocents.

### 2.1. *Desaparegut (Missing)*

Film dirigit per Costa Gavras (1981), amb música de Vangelis, molt ben adaptada a la temàtica de la pel·lícula, i protagonitzada per Jack Lemmon i Sissy Spacek. La pel·lícula narra la desaparició d'un americà, a Xile, durant el cop d'estat militar d'Augusto Pinochet.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Destacarem els següents:

- Les dictadures a Sud-amèrica i el drama dels desapareguts
- Els cops d'estat i els assassinats
- La implicació dels Estats Units en el cop d'estat de Xile
- L'Estadi Nacional de Santiago de Xile com a camp de concentració.

### 2.2. *Condemnada (Last dance)*

Pel·lícula de Bruce Beresford (1996), protagonitzada per Sharon Stone i Rob Morrow (el protagonista de la sèrie de televisió *Doctor a Alaska*). La pel·lícula narra com una noia acusada de dos assassinats és condemnada a la pena de mort per injecció letal.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Mencionarem els següents:

- La pena de mort en general i el cas dels Estats Units en particular
- La democràcia i la pena de mort
- Hi ha igualtat davant la llei?
- Pena de mort: justícia o revenja?, càstig cruel?

### 2.3. *Matar un rossinyol (To kill a mockingbird)*

Film dirigit per Robert Mulligan (1962) i protagonitzat per Gregory Peck (Atticus Finch en el film) i Robert Duvall (actor en els inicis de la seva carrera cinematogràfica). El film descriu com en un poble d'Alabama un home negre és acusat d'atacar una dona blanca i de quina manera se'l condemna, únicament i exclusivament perquè és negre.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Assenyalarem els següents:

- El racisme i els prejudicis
- La injustícia

- La intolerància
- La pretesa «supremacia» dels blancs.

#### 2.4. *La llista de Schindler (Schindler's list)*

Pel·lícula dirigida per Steven Spielberg (1993) i protagonitzada per Liam Neeson, Ben Kingsley i Ralph Fiennes. La pel·lícula ens explica com, en el nazisme, l'industrial Oskar Schindler salva centenars de jueus de la mort a mans dels nazis.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Esmentarem els següents:

- El nazisme, l'Holocaust i els trens de la mort
- Els camps d'extermini
- La història d'Oskar Schindler
- El col·laboracionisme amb els nazis.

#### 2.5. *En el nom del pare (In the name of the father)*

Jim Sheridan la va dirigir el 1993 i la van protagonitzar Daniel Day-Lewis, Emma Thompson i Pete Postlethwaite. L'argument del film es basa en la manera com quatre persones són injustament condemnades per l'atemptat de Guildford del dia 5 d'octubre de 1974.

*Temes de la pel·lícula per ser treballats a l'aula*

Indicarem els següents:

- Els errors judicials, la manca de garanties judicials i les proves falsejades
- El conflicte entre catòlics i protestants a Irlanda del Nord
- La pressió de l'opinió pública
- El terrorisme d'estat.

#### 2.6. Altres pel·lícules d'interès relacionades amb els drets humans

Esmentarem les següents:

- *Crema Mississipi (Mississippi burning)*
- *Kandahar*
- *L'herència del vent (Inherit the wind)*
- *Pena de mort (Dead man walking)*



## Conclusions

Podem concloure dient que es poden treballar un gran nombre de temàtiques a l'aula utilitzant el cinema, sempre complint amb la legalitat, com a eina didàctica de suport. L'ensenyament de la Primera Guerra Mundial i els drets humans en són dos exemples.

Altres temes que poden ser treballats amb el suport del cinema són: el nazisme, la Guerra Civil, la defensa del medi ambient, la història de Grècia i la de Roma, la d'Egipte, etc. És a dir, les possibilitats del cinema com a suport pedagògic són molt grans i, per tant, cal tenir-les en compte en el camp de l'ensenyament.

## Bibliografia

- AGUILERA, C.; MAS, N. (1999). *Los actores de los Oscar del siglo xx*. Barcelona: 2001.
- CAPARRÓS LERA, J. M. (1997). *100 películas sobre historia contemporánea*. Madrid: Alianza.
- HEMINGWAY, E. (1999). *Un adiós a las armas*. Barcelona: Caralt.



# LA DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES AL COL·LEGI DE SEGONA ENSENYANÇA D'EIVISSA AL SEGLE XIX

**M. Neus García Ferrer**

Institut d'Educació Secundària Santa Maria d'Eivissa  
Seu de la Universitat de les Illes Balears a Eivissa

Paraules clau: *matemàtiques, física, química, història natural, fisiologia, higiene, agricultura, didàctica, Pestalozzi, intuïció, resultats acadèmics, Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, Eivissa, segle XIX.*

The didactics of science at College of Secondary Education of Eivissa in the 19<sup>th</sup> Century

*Summary: The private College of Secondary Education of Eivissa was inaugurated in 1865, and five years later, all the subjects required by the legislation of the period to hold the bachelor title were already taught. The addition of science subjects didn't imply any significant difficulty, because the Provincial Delegation of Balears gave a grant to acquire didactic and scientific material for the laboratories. Science teachers at the Eivissa centre, as well as professors at the Balear Institute (High school), applied intuitive pedagogy principles. For those teachers anything was in the reason if it has been in the senses before. The Pestalozzi's influence was notorious in both centres.*

*Students who started the baccalaureate studies were better trained in the subjects of Arts than in those of sciences; this was because, Joan Company i Gornés, teacher of the first masculine Primary School of Eivissa —centre that nourished the classrooms of Secondary Education College— has a strong training in Arts.*

*With regard to the academic results obtained by pupils of Secondary Education College of Eivissa, we could note that, when the number of students increased, the academic yield got worse in all the subjects, but specially in those of sciences: the number of students who decided not going to exams increased as well, the number of failed students grow also, and even, any student got the qualification of excellent or notable.*

Key words: *mathematics, physics, chemistry, natural history, physiology, hygiene, agriculture, didactics, Pestalozzi, intuition, yield, College of Secondary School of Eivissa, 19<sup>th</sup> Century.*

Justificació del tema

Per a poder comprendre els problemes i les dificultats que es presenten dins del camp de l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències en un espai i un temps presents, és

necessari conèixer la seva gènesi; i això només es pot aconseguir estudiant el passat. Una de les nostres tasques prioritàries ha de ser començar a construir la història de la didàctica de les ciències als Països Catalans. Aquesta ponència s'emmarca dins d'aquesta temàtica, encara poc treballada, malgrat la seva importància vital, i intenta donar un poc de llum a diversos aspectes de la didàctica de les ciències al Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XIX.

Aquest treball es divideix en quatre apartats; en el primer, veurem com en el Col·legi privat de Segona Ensenyança d'Eivissa, que s'inaugurà el 1865, en pocs cursos acadèmics s'arribaren a impartir totes les assignatures que la legislació de l'època exigia per a l'obtenció del títol de batxiller. Per tal que es poguessin cursar les assignatures de Física i química i Història natural, la Diputació Provincial de Balears concedí una subvenció destinada a l'adquisició del material didàctic i científic dels corresponents laboratoris.

En el segon apartat, constatarem que tant al col·legi eivissenc com a l'Institut Balear (centre del qual depenia en tots els aspectes el primer) fou notòria la influència de Pestalozzi. El professorat d'ambdós centres aplicà una pedagogia intuïtiva, considerà que l'ensenyament no es podia reduir a una mera exposició teòrica de determinats continguts, i que, per contra, la intuïció efectiva de les coses havia d'ocupar un lloc destacat.

En el tercer apartat, i pel que fa al pas de l'ensenyament primari a l'ensenyament secundari, justificaré que Joan Company i Gornés, mestre de la primera escola elemental d'instrucció primària de nens de la ciutat, gaudia d'una millor formació en les matèries de lletres que en les de ciències, fet que amb tota seguretat repercutí en la formació acadèmica de l'alumnat, que estava destinat a nodrir les aules del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa.

Finalment, i pel que fa referència als resultats acadèmics obtinguts per l'alumnat del centre eivissenc, comprovarem que, a mesura que augmentava el nombre d'alumnes matriculats, augmentava el nombre d'alumnes que no es presentaven a examen, el nombre d'alumnes suspesos, i davallava notòriament el nombre d'alumnes qualificats amb un *notable* o un *excel·lent*; aquestes tres conseqüències negatives, que es donaven en totes les assignatures, eren especialment notòries a les matèries de ciències.

### Assignatures i ordenació

El 9 de maig de 1865, s'inaugurà a Eivissa el Col·legi privat de Segona Ensenyança, i de segona classe (*Acta del Ple de l'Ajuntament d'Eivissa*, 09/05/1865), gràcies a la iniciativa del petit nucli burgès que existia a la ciutat.

L'objectiu de l'Ajuntament d'Eivissa, que s'havia constituït en empresari del centre, fou impartir, des del moment de la seva inauguració, els dos primers cursos del batxillerat, i anar ampliant, de forma progressiva, el nombre d'assignatures, de manera que, en un curt espai de temps, es poguessin cursar totes les matèries que la legislació de l'època exigia per a obtenir el títol de batxillerat (*Acta del Ple de l'Ajuntament d'Eivissa*, 15/08/1864).

D'acord amb els plans establerts, en el curs 1867-1868 ja estaven incloses, en el currículum del centre, la major part de les assignatures corresponents als cinc primers anys del batxillerat; entre aquestes figurava l'assignatura de Matemàtica elemental (Habsburg-Lore-

na, 1890: 248-249). Pel que fa a la Física i química, aquesta matèria es començà a impartir a partir del curs 1868-1869, quan es va instal·lar el prescriptiu laboratori,<sup>1</sup> adquirit gràcies a la subvenció concedida per la Diputació Provincial («Ofici dirigit pel director de l'Institut Balear [...] a l'Ajuntament constitucional d'Eivissa», 22/08/1868). En el curs 1870-1871 entraren en funcionament les assignatures Història natural i Fisiologia i higiene, que incloïen l'estudi de l'agricultura elemental (Habsburg-Lorena, 1890: 256).

Així doncs, en un període relativament curt de temps, s'arribaren a impartir en el Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa totes les assignatures que el sistema educatiu espanyol considerava necessàries per a conferir el títol de batxillerat.<sup>2</sup>

### Didàctica de les ciències

En les línies que segueixen a continuació, vull defensar la influència que Pestalozzi exercí en el Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, i el paper rellevant que el professorat de ciències atorgà a la intuïció. Els fets, documents, raonaments... que me permeten sostenir aquesta hipòtesi (i que seran posteriorment desenvolupats) són els següents:

1r. El centre eivissenc era un centre privat, que depenia fèrriment, a tots els nivells, de l'Institut Balear. Si a aquest darrer centre era notòria la influència de Pestalozzi, és molt probable que passés el mateix al centre eivissenc.<sup>3</sup>

2n. Alguns alumnes notables de l'Institut Balear foren professors a Eivissa; pels principis de l'aprenentatge per imitació, és probable que utilitzessin les mateixes estratègies d'ensenyament-aprenentatge que els seus mestres havien utilitzat amb ells.

3r. Un document datat del 1867, on el director del Col·legi de Segona Ensenyança demanava a l'alcalde d'Eivissa el préstec dels instruments de peses i mesures que es guardaven a l'Arxiu de l'Ajuntament, perquè el professor de Matemàtiques els pogués utilitzar a les seves classes («Instància dirigida pel director del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a l'alcalde constitucional d'aquesta ciutat», 24/10/1867).

4t. El fet que, transcorreguts tan sols dinou anys des de la creació del centre eivissenc, el car i valúos material didàctic i científic dels laboratoris de física i química i ciències naturals es trobés summament deteriorat (García Ferrer, 2005: 55-61).

En primer lloc, cal remarcar que el Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa era un centre privat, que depenia estretament de l'Institut Provincial de Segona Ensenyança de Palma, tant en els àmbits administratiu, organitzatiu, curricular com en el didàctic; és a dir, l'au-

1. Pel que fa al Gabinet de Física i Química i de Ciències Naturals del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XIX, vegeu García Ferrer, 2005, p. 55-61.

2. Des del curs 1870-1871, s'impartiren en el centre eivissenc totes les assignatures incloses en el Pla d'Estudis, amb Llatí, de 25 d'octubre de 1868, és a dir: Gramàtica llatina i castellana, Retòrica i poètica, Geografia, Història universal, Història d'Espanya, Psicologia, Lògica i filosofia moral, Aritmètica i àlgebra, Geometria i trigonometria, Física i química, Història natural, i Fisiologia i higiene. Vegeu Sanz Díaz, 1985, p. 244-247.

3. Sobre el grau de dependència del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa de l'Institut Provincial de Balears, vegeu García Ferrer, 2000b, p. 249-344.

tonomia del centre eivissenc, dins de tots els camps, era pràcticament nul·la. En el Reglament del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa s'establia que els professors d'aquest centre havien d'acomodar les seves lliçons al programa i llibre de text que estigués vigent a l'Institut Balear (capítol 2n, article 5è del «Reglament del Col·legi privat de Segona Ensenyança d'Eivissa», 1865). A l'Institut Balear és notòria la influència de Pestalozzi, els professors d'aquest centre aplicaren una pedagogia intuïtiva, consideraren que l'ensenyament no es podia reduir a una mera exposició teòrica de determinats continguts, i que, per contra, la intuïció efectiva de les coses havia d'ocupar un lloc destacat (Colom Cañellas, 1991: 107-108). Tenint en compte la nul·la autonomia de la qual gaudia el centre eivissenc, és quasi segur que, en aquest, no tan sols se seguís el mateix programa i s'utilitzessin els mateixos llibres de text, sinó que també s'apliqués la mateixa metodologia didàctica que a l'Institut Balear, és a dir, els professors del centre eivissenc, igual que els catedràtics de l'Institut Balear, no es limitaren a llegir i comentar, sinó que treballaren els diversos continguts, adaptant-se a la capacitat dels seus alumnes.

En segon lloc, cal esmentar que es va donar la circumstància que alguns dels primers professors del centre eivissenc havien estat alumnes destacats de l'Institut Balear; com fou el cas del professor de Matemàtiques, Física i química, Història natural i Fisiologia i higiene Joan Ripoll i Trobat. Exercí les seves funcions docents al centre des del curs 1868-1869 fins al 1873-1874, i arribà a ser professor de Física i química de l'Institut Provincial de Balears.<sup>4</sup> És molt probable que aquest docent utilitzés les mateixes estratègies d'ensenyament-aprenentatge que els seus mestres havien utilitzat amb ell.

En tercer lloc, cal analitzar el document, datat el mes d'octubre de 1867, on el director del Col·legi de Segona Ensenyança, Sebastià Llombart i Riera, sol·licità permís a l'alcalde d'Eivissa perquè el professor de matemàtiques pogués utilitzar a les seves classes els instruments de peses i mesures que es guardaven a l'Arxiu de l'Ajuntament d'Eivissa («Instància dirigida pel director del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a l'alcalde constitucional d'aquesta ciutat», 24/10/1867). En concret, el material al qual feia referència era, molt probablement, el següent:

13 piezas para áridos  
 8 id. para líquidos, de latón  
 8 id. para id. de hoja de lata  
 6 id. para medidas de longitud  
 10 id. de hierro medidas de peso  
 1 cajoncito con otros pesos de latón  
 8 piezas cristal. (Document sense datar, 1865)

Notem que el director del centre sol·licità el préstec del material i no la compra; evidentment, era conscient que els escassos recursos econòmics dels quals disposava l'Ajuntament haurien fet inviable la petició de compra del corresponent material didàctic.

La necessitat d'utilitzar els instruments de peses i mesures a les classes de matemàtiques ens porta a la conclusió que, si existia aquesta necessitat, era perquè en aquestes classes no regnaven únicament i exclusivament els ensenyaments teòrics; per contra, la utilitza-

4. Sobre el professor de ciències Joan Ripoll i Trobat, vegeu García Ferrer, 2000c, p. 381-431.

ció d'instruments emprats en la vida real, és a dir, els ensenyaments pràctics, hi tenien un espai. En aquest sentit, el director afirmava a l'esmentat ofici:

La enseñanza, cuyo desarrollo es cada día creciente, exige, para su perfecto desempeño, todo aquel material que tienda a hacerla comprender por la evidencia práctica. Así; en atención a la importancia del conocimiento exacto de las medidas y pesas, es indispensable tener a mano una colección de ellas que faciliten a los alumnos su estudio. («Instància dirigida pel director del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a l'alcalde constitucional d'aquesta ciutat», 24/10/1867)

La influència de Pestalozzi es fa evident en l'anterior text. Pestalozzi, en oposició als sistemes d'ensenyament purament verbalistes del seu temps, reivindicà els drets de la directa aprehensió sensible dels objectes; o el que és el mateix, la intuïció efectiva de les coses. Considerà la claredat cognoscitiva basada en l'experiència com a valor fonamental; per a ell, l'experiència de primera mà era l'única que podia transformar-se en un saber sòlid, i tot això gràcies al fet que estava lliure del verbalisme pretensions (Abbagnano, Visalberghi, 1978: 472-474).

El plantejament didàctic d'aquests primers professors de ciències del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa partia del principi que no hi ha res a la raó que abans no hagi estat en els sentits. En el procés d'ensenyament-aprenentatge es donava un paper important a la intuïció. A les classes, els alumnes no es limitaven a escoltar, repetir i memoritzar un conjunt de continguts conceptuals de caire teòric; per contra, els alumnes feien seus tot un conjunt de continguts tot manipulant els objectes.

### El pas de l'ensenyament primari a l'ensenyament secundari

La immensa majoria dels alumnes del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa havien cursat l'ensenyament primari a la primera escola elemental d'instrucció primària de nens de la ciutat. El seu mestre, durant la segona meitat del segle XIX, fou Joan Company i Gornés.<sup>5</sup>

L'únic programa d'exàmens d'aquest centre educatiu, que s'ha conservat, data del 1862 («Programa para los exámenes de los alumnos [...]», 27/06/1862). Gràcies a aquest, sabem que en aquesta escola s'estudiaven les vuit assignatures següents: Doctrina, Història sagrada, Lectura, Escripura, Gramàtica, Aritmètica, Geografia d'Espanya i Geometria. Les sis primeres, junt amb l'assignatura denominada Breus nocions d'agricultura, indústria i comerç, segons les localitats, integraven la primera ensenyança elemental; les dues darreres formaven part de la primera ensenyança superior.<sup>6</sup>

El primer fet que cal ressaltar és que, pel que fa a l'assignatura Breus nocions d'agricultura, indústria i comerç, segons les localitats, l'única referència que es fa a tot el programa és que els alumnes llegien el manual d'agricultura d'Alejandro Olivar. D'altra banda, de totes les assignatures compreses, segons la Llei Moyano, a la primera ensenyança supe-

5. Sobre l'ensenyament primari a les Pitiüses al segle XIX, vegeu García Ferrer, 2000a, p. 85-188.

6. Vegeu els articles segon i quart de la Llei Moyano a *Historia de la educación en España*, 1979, p. 246.

rior, Joan Company no hi va introduir ni la Física, ni la Història natural, i que, malgrat que sí que hi va incloure la Geometria, a l'esmentat programa no es fa cap referència ni al Dibuix lineal, ni a l'Agrimensura (l'estudi de la qual formava part de la Geometria).

De l'ordenació de les assignatures que Joan Company i Gornés realitzà a la primera escola elemental d'instrucció primària de nens d'Eivissa, on predomina de forma clara l'estudi de les assignatures de lletres, es dedueix que la formació d'aquest docent era més sòlida en les matèries de lletres que en les de ciències, per la qual cosa no és gaire aventurat afirmar que els alumnes d'aquest centre sortien amb una millor preparació acadèmica pel que fa a les matèries de lletres que no pas les de ciències.

### Resultats acadèmics obtinguts al Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a les assignatures de ciències

A principis de la dècada dels anys vuitanta, és a dir, uns vint anys després de la inauguració del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, el director de l'Institut Provincial de Balears, Francesc Manuel de los Herreros i Schwager, realitzà una valoració general dels resultats acadèmics obtinguts per l'alumnat eivissenc, afirmant que foren «molt satisfactoris» i que mantingueren una tònica de regularitat:

Los frutos que está dando la enseñanza, no dejan de ser bastante satisfactorios, a juzgar por el resultado de los exámenes anuales; lo cual debe en mi concepto atribuirse al celo que despliegan los profesores y a las buenas disposiciones de los alumnos. (Habsburg-Lorena, 1890: 257)

Si tenim en compte que, al llarg del segle XIX, si s'accedia als estudis de batxillerat, el més habitual era la seva finalització (Viñao Frago, 1982: 465), no ens han d'estranyar els bons resultats acadèmics obtinguts pels alumnes del centre eivissenc.

Al segle XIX, i per regla general, els alumnes del Col·legi privat de Segona Ensenyança d'Eivissa s'examinaven en aquesta ciutat de les diverses assignatures en què estaven matriculats, eren els anomenats *exàmens de prova de curs*; es constituïa un tribunal format per una comissió integrada per dos catedràtics de l'Institut Balear, designats pel director d'aquest centre, i un professor pertanyent al claustre del col·legi eivissenc. En canvi, per a poder obtenir el grau de batxiller era necessari que els alumnes es desplaressin fora de l'illa, i que s'examinessin a l'Institut Provincial de Balears o a qualsevol altre que fos de la mateixa classe que el primer (Habsburg-Lorena, 1890: 256-257).

Gràcies a un *Cuadro demostrativo del resultado obtenido por los alumnos del Colegio de 2ª enseñanza de Ibiza en los cursos de 1874 á 1875, de 1875 á 1876 y de 1876 á 1877*, elaborat per l'empresari i professor del Col·legi de Segona Ensenyança Ramon Sadurní i Duran, a petició del director de l'Institut Balear, coneixem els resultats obtinguts pels alumnes del centre a cada assignatura al llarg d'aquestos tres cursos acadèmics.

Si analitzem les dades en conjunt, comprovem que un 58,99 % dels alumnes matriculats decidiren no presentar-se als corresponents exàmens, la qual cosa representa un percentatge significativament alt. L'ensenyament, al segle XIX, no era gratuït, l'alumnat havia de pagar les corresponents taxes de dret d'examen a les diferents assignatures; d'altra banda, i



pel que fa a les proves que s'havien de realitzar a l'Institut Balear, els pares havien de pagar íntegrament les despeses de transport i allotjament, a més a més de les esmentades taxes. La no-gratuïtat de l'ensenyament, junt amb la gran debilitat econòmica de les famílies, que constituïen el petit nucli burgès eivissenc, pot justificar l'alt percentatge d'alumnat que no es presentava a exàmens; els pares només accedien a satisfer unes despeses, per ells, elevades, si tenien una forta expectativa que els seus fills podien aprovar les corresponents proves. D'altra banda, i d'acord amb la tònica general, els alumnes que optaven per examinar-se aprovaven, només un 5,6 % suspensia; dels alumnes aprovats, un 25,66 % obtenia la qualificació d'*aprovat*, un 6,49 %, la de *notable*, i un 2,94 %, la d'*excel·lent*.

A continuació, analitzaré els resultats acadèmics obtinguts per l'alumnat eivissenc, a cada un dels tres cursos escolars esmentats.

a) Si tenim en compte els resultats acadèmics obtinguts pels alumnes del col·legi eivissenc a cada assignatura durant el curs 1874-1875, i que es recullen a la taula 1, constatem que el nombre d'alumnes que decidiren no presentar-se a examen fou molt elevat, la mitjana per al conjunt de totes les assignatures és d'un 53,80 %; el percentatge més alt de no presentats es registra a l'assignatura d'Aritmètica i àlgebra, que arriba a un 61,11 %, encara que seguit molt de prop pel percentatge de Geografia, que és d'un 58,82 %. D'altra banda, notem que el percentatge de suspesos és molt baix; de fet, només es registra aquesta qualificació a les assignatures d'Aritmètica i àlgebra, Llatí primer any i Història universal. Pel que fa als alumnes aprovats, la majoria obtingué la qualificació d'*aprovat*, encara que també s'atorgaren alguns *notables* i *excel·lents*; en concret, un *notable* i un *excel·lent* a Aritmètica i àlgebra, i un *notable* a Física i química.

Si comparem els resultats obtinguts a les assignatures de lletres amb els obtinguts a les de ciències, comprovem que són molt similars: les assignatures de ciències no presentaven més grau de dificultat que les de lletres; de fet, els percentatges d'alumnes no presentats i suspesos són semblants, i la nota mitjana de les assignatures de ciències i de lletres és pràcticament igual.

TAULA 1. Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa. Curs 1874-1875.  
Resultats acadèmics obtinguts a cada assignatura (percentatges)

Assignatura	N. P.	SUSP.	APR.	NOT.	EXC.	N. M.	N. M. LL./C.
Geografia	58,82	0,00	23,52	5,88	11,76	0,70	0,73
Llatí 1r any	52,63	5,26	26,31	10,52	5,26	0,63	
Llatí 2n any	54,54	0,00	27,27	9,09	9,09	0,63	
Història universal	53,33	6,66	33,33	6,66	0,00	0,46	
Història d'Espanya	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	1,00	
Psicologia, lògica i ètica	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	1,00	
Aritmètica i àlgebra	61,11	5,55	22,22	5,55	5,55	0,5	0,75
Física i química	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00	1	

Equivalències: N. P., no presentat; SUSP., suspens; APR., aprovat; NOT., notable; EXC., excel·lent, N. M., nota mitjana; N. M. LL./C., nota mitjana de les assignatures de lletres i de ciències.

Equivalències que he utilitzat per calcular la nota mitjana de cada assignatura: 0, no presentat o suspens; 1, aprovat; 2, notable; 3, excel·lent.

b) En el curs 1875-1876, es va produir un increment del nombre d'alumnes matriculats pel que fa al curs anterior; paral·lelament a l'increment de matrícula, es produí un augment en el nombre d'alumnes que decidiren no presentar-se a examen, amb la qual cosa s'elevà la mitjana d'alumnes no presentats, pel que fa al conjunt de totes les assignatures, a un 60,15 %.

Si ens fixem en els resultats acadèmics obtinguts pels alumnes del col·legi eivissenc a cada assignatura durant el curs 1875-1876, i que es recullen a la taula 2, destaca el nombre d'alumnes *no presentats* a les assignatures d'Aritmètica i àlgebra, que s'eleva a un 63,63 %, i a les assignatures de lletres Història universal (75 %), Llatí segon any (69,23 %), Història d'Espanya (63,63 %) i Geografia (62,85 %). Pel que fa referència a la qualificació de *suspens*, destaca l'alt percentatge que es registra a Geometria i trigonometria, que s'eleva a un 14,28 %; també es registren *suspens* a Aritmètica i àlgebra, i a les assignatures de lletres següents: Geografia i Retòrica i poètica. Pel que fa als alumnes aprovats, la majoria obtingué la qualificació d'*aprovat*. Aritmètica i àlgebra fou l'única assignatura de ciències on un alumne obtingué la qualificació de *notable*.

Si comparem els resultats obtinguts a les assignatures de lletres amb els obtinguts a les de ciències, comprovem que segueixen essent molt similars: les notes mitjanes de les assignatures de ciències i lletres són equivalents, els percentatges d'alumnes no presentats a examen i els percentatges d'alumnes suspesos no presenten diferències significatives; l'única nota discordant la trobem a les qualificacions de *notable* i *excel·lent*, pràcticament inexistent a les assignatures de ciències, i molt més nombroses a les de lletres.

TAULA 2. Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa. Curs 1875-1876.  
Resultats acadèmics obtinguts a cada assignatura (percentatges)

Assignatura	N. P.	SUSP.	APR.	NOT.	EXC.	N. M.	N. M. Ll./C.
Geografia	62,85	2,85	28,57	2,85	2,85	0,42	0,46
Llatí 1r any	55,55	0,00	38,88	5,55	0,00	0,50	
Llatí 2n any	69,23	0,00	15,38	7,69	7,69	0,53	
Retòrica i poètica	54,54	9,09	27,27	9,09	0,00	0,45	
Història universal	75,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,25	
Història d'Espanya	63,63	0,00	18,18	9,09	9,09	0,63	
Aritmètica i àlgebra	63,63	4,54	27,27	4,54	0,00	0,36	0,41
Geometria i trigonometria	57,14	14,28	28,57	0,00	0,00	0,28	
Història natural	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,5	
Fisiologia i higiene	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,5	

Equivalències: N. P., no presentat; SUSP., suspens; APR., aprovat; NOT., notable; EXC., excel·lent; N. M., nota mitjana; N. M. Ll./C., nota mitjana de les assignatures de lletres i de ciències.

Equivalències que he utilitzat per calcular la nota mitjana de cada assignatura: 0, no presentat o suspens; 1, aprovat; 2, notable; 3, excel·lent.

c) Al llarg del curs 1876-1877, el nombre d'alumnes que decidí no presentar-se a examen experimentà un lleuger augment pel que fa al curs anterior, i s'arribà a assolir el

percentatge del 62,39 %. Destaca el nombre de no presentats a totes les assignatures de ciències: Fisiologia i higiene (100 %), Geometria i trigonometria (70 %), Aritmètica i àlgebra (66,66 %). Pel que fa al percentatge d'alumnes suspesos, es registra un notable increment a les assignatures de Física i química, que arriba al 50 %, seguida d'Aritmètica i àlgebra amb un 22,22 %, i Geometria i trigonometria amb un 20 %; només l'assignatura Llatí segon any s'equipara, aquest curs, a les de ciències, amb un 20 % de l'alumnat suspès. Pel que fa als alumnes aprovats, a les assignatures de ciències tots obtingueren la qualificació d'*aprovat*, no s'atorgà cap *notable* ni *excel·lent*; només a les assignatures de lletres s'atorgaren alguns *notables*, i, excepcionalment, alguns *excel·lents* a l'assignatura de Psicologia, lògica i ètica.

Al llarg d'aquest curs acadèmic, els resultats obtinguts a les assignatures de ciències foren pitjors que els obtinguts a les de lletres; per una banda, el percentatge d'alumnes suspesos a les assignatures de ciències s'eleva a un 50,00 %, a les de lletres només arriba a un 19,35 %; per una altra, la nota mitjana de les assignatures de lletres fou d'un 0,53 i la de les de ciències de tan sols un 0,11.

TAULA 3. Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa. Curs 1876-1877.  
Resultats acadèmics obtinguts a cada assignatura (percentatges)

Assignatura	N. P.	SUSP.	APR.	NOT.	EXC.	N. M.	N. M. LL./C.
Geografia	62,50	0,00	12,50	25,00	0,00	0,62	0,53
Llatí 1r any	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,50	
Llatí 2n any	52,00	20,00	28,00	0,00	0,00	0,28	
Retòrica i poètica	62,50	0,00	25,00	12,50	0,00	0,50	
Història universal	57,14	7,04	14,28	21,42	0,00	0,57	
Història d'Espanya	60,00	0,00	40,00	0,00	0,00	0,40	
Psicologia, lògica i ètica	55,55	0,00	22,22	0,00	22,22	0,88	
Aritmètica i àlgebra	66,66	22,22	11,11	0,00	0,00	0,11	0,11
Geometria i trigonometria	70,00	20,00	10,00	0,00	0,00	0,10	
Física i química	50,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,25	
Fisiologia i higiene	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Equivalències: N. P., no presentat; SUSP., suspens; APR., aprovat; NOT., notable; EXC., excel·lent, N. M., nota mitjana; N. M. LL./C., nota mitjana de les assignatures de lletres i de ciències.

Equivalències que he utilitzat per calcular la nota mitjana de cada assignatura: 0, no presentat o suspens; 1, aprovat; 2, notable; 3, excel·lent.

Finalment, hem comprovat que, al llarg d'aquests tres cursos acadèmics, la tendència del nombre d'alumnes matriculats a examen fou incrementar-se. A mesura que augmentava el nombre d'alumnes matriculats, augmentava el nombre d'alumnes que no es presentaven a examen; aquesta tendència es donà a totes les assignatures; però observem que, al darrer curs, on hi havia el major nombre d'alumnes matriculats, les matèries de ciències experimentaren la davallada més notable. D'altra banda, paral·lelament a l'augment

d'alumnes matriculats, s'experimentà, a totes les assignatures, un increment del nombre d'alumnes suspesos, especialment intens a les assignatures de ciències del curs 1876-1877. Finalment, l'increment de matrícula repercutia negativament en el nombre de *notables* i *excel·lents* atorgats, a major matrícula, pitjors qualificacions, especialment en les assignatures de ciències.

### Conclusions finals

El Col·legi privat de Segona Ensenyança d'Eivissa s'inaugurà el 1865, i, cinc anys després, ja s'impartien totes les assignatures que la legislació de l'època exigia per a l'obtenció del títol de batxiller. La posada en marxa de les assignatures de ciències no implicà cap dificultat significativa, atès que la Diputació Provincial de Balears concedí una subvenció destinada a l'adquisició del material didàctic i científic dels corresponents laboratoris.

Els professors de ciències del centre eivissenc, com els catedràtics de l'Institut Balear, aplicaren els principis de la pedagogia intuïtiva; per aquests professors no hi havia res a la raó que abans no hagués estat en els sentits. La influència de Pestalozzi és notòria a ambdós centres.

Els alumnes que iniciaven els estudis de batxillerat tenien una millor preparació en les assignatures de lletres que en les de ciències; això era degut al fet que Joan Company i Gornés, mestre de la primera escola elemental d'instrucció primària de nens de la ciutat d'Eivissa, centre que nodria les aules del Col·legi de Segona Ensenyança, gaudia d'una sòlida formació en les matèries de lletres.

Pel que fa als resultats acadèmics obtinguts per l'alumnat del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, hem pogut constatar que, a mesura que s'incrementava el nombre d'alumnes matriculats, el rendiment acadèmic empitjorava en totes les assignatures, però, especialment, en les de ciències: augmentava el nombre d'alumnes que decidien no presentar-se a examen, creixia, així mateix, el nombre d'alumnes suspesos, i, fins i tot, no hi havia cap alumne que aconseguís la qualificació de *notable* i *excel·lent*.

### Bibliografia

- ABBAGNANO, N.; VISALBERGHI, A. (1978). *Historia de la pedagogía*. 4a reimpressió. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Acta del Ple de l'Ajuntament d'Eivissa, datades el 15 d'agost de 1864 i el 9 de maig de 1865, al Llibre d'actes dels plens de l'Ajuntament d'Eivissa*, corresponent als anys 1864 i 1865. Secretaria de l'Ajuntament d'Eivissa (SAE).
- COLOM CAÑELLAS, A. (1991). *Assaig d'història de l'educació a la Mallorca contemporània*. Palma: Servei de Publicacions i Intercanvi Científic de la Universitat de les Illes Balears.
- Cuadro demostrativo del resultado obtenido por los alumnos del Colegio de 2ª enseñanza de Ibiza en los cursos de 1874 á 1875, de 1875 á 1876 y de 1876 á 1877, elaborado por el empresario Ramón Sadurní*, lligall II-711, Arxiu General del Consell Insular de Mallorca. Document sense datar. A: *Correspondència rebuda, any 1867*. Arxiu Històric Municipal d'Eivissa (AHME).

- GARCÍA FERRER, M. N. (2000a). «La instrucción primaria en las Pitiusas en el siglo XIX». A: *Historia de la educación en la Ibiza contemporánea*. Eivissa: Can Sifre, p. 85-188.
- (2000b). «Estudio pedagógico del Colegio de Segunda Enseñanza de Ibiza». A: *Historia de la educación en la Ibiza contemporánea*. Eivissa: Can Sifre, p. 249-344.
- (2000c). «El profesorado del Colegio de Segunda Enseñanza y el personal no docente». A: *Historia de la educación en la Ibiza contemporánea*. Eivissa: Can Sifre, p. 381-431.
- (2005). «El laboratori i la biblioteca del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XIX». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. [ed.]. A: *Actes de la I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí*. Barcelona: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, p. 55-61.
- HABSBURG-LORENA, L. S. (1890). *Las antiguas Pitiusas*. Vol 1. Palma: Impr. del Comercio.
- Historia de la educación en España* (1979). Vol. II: *De las Cortes de Cádiz a la revolución de 1868*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría General Técnica.
- «Instància dirigida pel director del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a l'alcalde constitucional d'aquesta ciutat», està datada a Eivissa el 24 d'octubre de 1867. A: *Correspondència rebuda, any 1867*. AHME.
- «Ofici dirigit pel director de l'Institut Balear, Francesc Manel de los Herreros a l'alcalde i a l'Ajuntament constitucional d'Eivissa», està signat a Palma el 22 d'agost de 1868. A: *Correspondència rebuda, any 1868*. AHME.
- «Programa para los exámenes de los alumnos de la escuela pública de Ibiza a cargo del maestro D. Juan Company y Gornés que se han de celebrar el día 28 de junio de 1862», està datat a Eivissa el 27 de juny de 1862. A: *Correspondència rebuda, any 1862*. AHME.
- «Reglament del Col·legi privat de Segona Ensenyança d'Eivissa». A: *Acta del Ple de l'Ajuntament d'Eivissa datada el 16 de maig de 1865*, al *Llibre d'actes dels plens de l'Ajuntament d'Eivissa*, corresponent a l'any 1865. SAE.
- SANZ DÍAZ, F. (1985). *La segunda enseñanza oficial en el siglo XIX (1834-1874)*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- VIÑAO FRAGO, A. (1982). *Política y educación en los orígenes de la España contemporánea*. Madrid: Siglo XXI.



# DIDÀCTICA DE LA CIÈNCIA I EDUCACIÓ ECLESIASTICA A VIC DURANT EL SEGLE XIX

**M. Teresa Godayol Puig**

Col·legi Sant Miquel dels Sants, Vic

Paraules clau: *església, liberalisme, Gabinet Físic, Museu d'Història Natural.*

Science didactics and ecclesiastical education in Vic during the 19th Century

*Summary: Along the 19th Century the successive liberal governments introduced a new education system which covered both primary and secondary education. The law, which was applied from 1825 and 1838 onwards, caused the Church, in charge of the social educative guidance so far, to lose the control in this field. It also meant that the town halls, up to the moment totally unconcerned with the sphere of popular instruction, became by law the corporations that will put the new education policy into practice. The consequence would be the birth of local schools aimed at the instruction of people. This communication analyses the case of the Vic municipality and the agreement-based strategies taken by their governing classes so as to match the legislation to the local needs and realities.*

Key words: *church, liberalism, Physics Laboratory, Natural History Museum.*

## Introducció

El procés de construcció de l'Estat liberal espanyol al segle XIX comporta per a l'Església catòlica la supeditació a un nou marc jurídic que a la pràctica li pot significar una reducció del patrimoni, de la capacitat fiscal i en definitiva de recursos econòmics; i li pot significar també la pèrdua de la propietat intel·lectual, cultural i el privilegi ancestral de decidir sobre la conducta moral de la societat.

S'encetarà, en conseqüència, un debat secular entre l'Església i l'Estat entorn del tema educatiu, considerat un dels aspectes més crucials. L'Església coneix a bastament que el nou Estat liberal pretén intervenir en la configuració dels valors, de les pautes de conducta i en la visió del món que els nois han d'adquirir, en darrera instància, per solidificar el propi liberalisme.

En aquest context, la ciutat de Vic, situada a cavall entre la Catalunya de muntanya i la Catalunya de marina, a més de ser seu episcopal, disposa, des del 1749, d'un seminari molt concorregut on es preparen els nois per obtenir el grau de sacerdoti, es preparen per fer carrera eclesiàstica o bé es preparen per continuar altres estudis de caire superior (Rial, 2003: 485).

Així doncs, tots els joves interessats a cursar estudis civils o eclesiàstics es reuneixen al seminari durant el curs acadèmic; a més, i fruit del pacte amb l'Ajuntament de la ciutat, també s'imparteixen en el seminari estudis de primeres lletres. Aquest centre esdevé, doncs, l'espai de formació de les classes dirigents locals de bona part de la Catalunya central durant els segles XVIII i XIX.

El 1845, després de diverses lleis educatives, s'implanta a l'Estat el primer sistema educatiu d'abast territorial que obliga a l'escolarització de tots els nens del país: és l'anomenat *Pla Pidal* que, amb modificacions posteriors, perviurà tota la centúria.

Aquest pla repercuteix de ple en els seminaris, perquè la nova llei determina que aquests formin capellans i que els altres joves que no volen fer carrera eclesiàstica es formin als instituts. Queda molt clar que a partir d'aquest moment els seminaris perdran l'alumnat civil.

El vicerector del seminari de Vic, Marià Puigllat, i el rector d'aquest, Joan Soler, pensen una estratègia per adaptar-se al nou marc educatiu amb la idea de continuar impartint educació tant als futurs clergues com als civils. La solució que troben passa per la creació d'un col·legi privat de segon ensenyament, que ha de ser la versió privada dels nous instituts de segona ensenyança.

El rector i el vicerector del seminari en col·laboració amb l'Ajuntament de la ciutat, que representa els interessos de l'oligarquia local, instal·len les aules del nou col·legi al mateix edifici del seminari; així, i a la pràctica, els estudiants del col·legi comparteixen classe i professorat amb els estudiants del seminari. El vicerector Puigllat casa, amb aquesta fórmula, dos plans d'estudi: els de batxiller i els de seminarista, i d'aquesta manera converteix el col·legi privat i el seminari en un sol centre educatiu, encara que la tramesa burocràtica passi per vies diferents.

La tramitació i el finançament d'aquest projecte és una tasca molt complexa que obliga els seus artífexs a mobilitzar les amistats teixides durant els anys d'estudi al seminari de Vic, amistats com Joan de Safont, catedràtic de lògica a la Universitat de Barcelona, o Jaume Balmes, filòsof, publicista i polític influent en aquests anys a Madrid.

Un dels reptes més importants rau a trobar la fórmula financera per reformar l'edifici del seminari i crear els espais nous que exigeixen els estudis de batxillerat: ens referim a la creació d'un gabinet físic i d'un museu d'història natural amb tots els utensilis necessaris. Aquests espais són indispensables per igualar-se qualitativament amb els nous instituts i per aconseguir validesa oficial.

## El Gabinet Físic

La posada en marxa del Gabinet Físic el 1845 es correspon amb la inauguració de noves assignatures que són la Física i la Història natural, i que a Vic s'imparteixen, com hem vist, tant als batxillers com als seminaristes. En un primer moment, el vicerector Puigllat té unes certes reserves pel que fa a aquestes novetats, igual que les té el rector Soler quan manifesta en una carta (Lligall, 1845):

[...] que n'farem de tantas maquinas [...] Vmo. me dirá, y me dirá molt be, que serviran per los del Colegi als que conve posar tambe al nivell dels coneixements del sigle.



Una vegada les dificultats se superen, el to de Soler, molt més segur, afirma (Lligall, 1845):

Aquí va la nomina personal que cubreix tots los destinos: Ab això [i anima Puigllat] dilig.<sup>a</sup>, dilig.<sup>a</sup>, perq. la dilig.<sup>a</sup> atesora riquesas, [...] y li aseguro que ab això y las maquinas adelantarem á Barna.

Amb el convenciment, doncs, que estar al dia en educació passa necessàriament per la compra de ginys, i malgrat els diners que costen, el rector del seminari, Joan Soler, escriu a Puigllat (Lligall, 1845):

En quant á la Neumatica, espejos, telescopio etc. etc. V. mateix, fassa lo que conega; lo meu esperit ja l'sab. Pero sobre tot assegure lo dalt dit respecte del Col·legi; perq. que fariam de tantas cosas sino valia la enseñansa.

Marià Puigllat és un veritable gestor, organitza i reorganitza els nombres comptables del seminari i del col·legi privat per comprar el material del Gabinet i del Museu d'Història Natural. Partint de la informació que ens aporten aquests llibres de comptes que porta el mateix vicerector, hem elaborat una llista d'allò que forma el Gabinet Físic i que va ser adquirit entre el 1844 i el 1862 (Puigllat, 1859):

- un telescopi
- una pedra imant
- un teodolit
- una màquina pneumàtica
- els hemisferis de Magdeburg
- un pulsòmetre
- un microscopi solar
- un microscopi simple
- un microscopi compost
- lents variades i prismes
- una màquina elèctrica
- una bateria
- una màquina electromagnètica
- un quadre màgic
- una llanterna màgica
- vint-i-tres làmines de mecànica
- cinc-centes làmines de la física
- mapes del món.

El 1879, el butlletí episcopal de Vic es fa ressò de la multitud i varietat de globus que tenen el seminari i el col·legi, i destaca l'arribada següent:

[...] un mapa muy á propósito para el estudio de la geografia física, en el que á mas de un sencillo aparato para saber la hora de todos los puntos del globo, conocida la de

uno de ellos, se da á conocer el globo terráqueo en sus partes de tierra, agua y atmosfera y los fenómenos que en ellas se verifican, embelleciendo muy oportuna y atinadamente la parte de meteorología.

## El Museu d'Història Natural

Per al Museu d'Història Natural, el vicerector Puigllat procura adquirir una mica de tot i de tot arreu per donar una visió més àmplia de la varietat en la naturalesa. Compra cent deu caixetes per col·locar-hi minerals, marbres d'Amèrica i més de dinou mostres de pedres jaspis, les unes vingudes de Sant Joan de les Abadesses i les altres enviades des de Tarragona. Es paguen quatre-cents rals per un herbari de set-cents plantes a la Universitat de Barcelona.

De totes maneres, la col·lecció més nombrosa i sorprenent correspon a les aus, cada curs n'arriben una o dues partides moltes de les quals procedents d'Amèrica o bé de Puigcerdà. Normalment les aus es compren dissecades però en algunes ocasions es paga aquest treball a part.

Destaquem un voltor que envia mossèn Puigcarbó de Gombren i una àliga imperial procedent dels Pirineus, per la qual es paguen vuitanta rals, però el més costós és el seu manteniment: l'àliga és viva i alimentar-la costa uns cent vint-i-cinc rals a l'any.

D'entre les múltiples aus que es compren a Amèrica, en sobresurten dues pel seu exotisme: una és l'anomenada *ave del paraíso* que arriba juntament amb el *grande javah*; les dues peces costen amb muntatge inclòs quatre-cents quaranta rals; l'altra au, i en paraules de Puigllat, és «un ave grande y resplandeciente llamada Cucuzú», costa dos-cents rals.

En dues ocasions, es compren dues partides de quadrúpedes dissecats, així com un «corderito monstruo venido de la Vall d'Andorra» i també «un lobezno de seis meses». Satisfent quatre mil rals, el seminari de Vic obté una col·lecció «en grande de mariscos muy hermosos de la China y de Filipinas» que ocupen dos baguls.

Després es compren tres quadres d'insectes, tres cargols grans de nacre, dues papallones «gruesas» i dos insectes «raros» també de les Filipines.

Podem observar com el seminari de Vic fa ús dels seus contactes amb la Universitat de Barcelona, amb les parròquies, amb les colònies americanes i amb les Filipines. D'aquesta manera poden reunir peces per al gabinet i el Museu.

En paraules de Joaquim Salarich, metge i cronista vigatà de l'època (Salarich, 1857: 200), la procedència d'alguna de les col·leccions del Museu es deu al següent:

Sucesivamente las misiones católicas remiten preciosidades de todos los puntos del globo. Así hanse recibido del norte de América por conducta del Ilmo. Alemany obispo de Monterey objetos de mucha importancia de los reynos mineral y animal, entre estos un Opossum (disecado) de los marsupiales insectívoros, ademas varios objetos de antigüedades indias todo de grande estima. [Josep Alemany nascut a Vic el 1814 va ser nomenat el 1850 bisbe de Monterrey i el 1853 arquebisbe de S. Francisco de Califòrnia]

Tambien ha hecho remesas importantes el Excmo. Arzobispo de Cuba D. Antonio Claret.

## La valoració dels seus creadors

A mesura que al llarg dels anys cinquanta del segle XIX es va enllestint aquest Gabinet Físic i aquest Museu d'Història Natural, el seminari i les autoritats en fan reiterada propaganda i en presumeixen davant de les inspeccions governamentals.

Quan el maig de 1854 Marià Aguilar com a director del col·legi privat explica al rector de la Universitat de Barcelona la relació entre el seminari i el col·legi, diu el següent (Lligall, 1845):

El seminario que es el sosten del colegio privado [i continua per deixar clara l'amistat entre clergat i ciència] y que antes de las reformas en la instruccion publica miraba con aprecio y enseñaba las ciencias matematicas desde el año 44 ha logrado a fuerza de celo y sacrificio formar un rico gabinete de fisica y un museo de historia natural lleno de numerosos y variados ejemplares de minerales, plantas y animales tanto indigenas como extranjeros.

També el vicerector Puigllat insisteix a destacar el Gabinet i el Museu en el moment de fer una memòria de la trajectòria del col·legi:

El Seminario [el col·legi n'era una part] ha aumentado considerablemente á su cargo y todavia va aumentando con su diligencia exquisita el gabinete fisico, y ha formado un museo de historia natural, que al presente no los tiene mejores, ni tal vez tan buenos la misma Universidad. [Per sostenir aquestes afirmacions i avalar-les escriu que] Varias personas de categoria y algunos catedraticos de Barcelona se han dignado visitarlos y ha quedado muy satisfechos, [en conseqüència] y estos ultimos Señores a aquellos Padres que les consultan donde enviar sus hijos para no extraviarse en la moral, les aconsejan que los manden á Vich, haciendo elogios de este establecimiento.

## Pedagogia i ciència

A manera de conclusió, i després d'aquesta atapeïda síntesi, podem dir que per al seminari de Vic, per al bisbat i per a l'Ajuntament, l'objectiu del Gabinet i el Museu és prou evident: formar clergues i professionals instruïts al dia per entendre l'industrialisme sense apartar-se de la pràctica cristiana.

El col·legi privat és l'excusa perfecta per posar al dia la docència impartida al seminari, Gabinet i Museu nascuts per afrontar l'ensenyança secundària del liberalisme, i són alhora el laboratori d'anàlisi on aprendran els coneixements del moment els capellans del futur.

L'estratègia del seminari de Vic és prou clara: modernitzar els coneixements del clergat i mantenir els valors catòlics entre les classes benestants i dirigents. Sota l'empara del bisbat i de l'Ajuntament de la ciutat es fa evident com l'educació impartida pel seminari i el col·legi privat sap adaptar-se als batecs dels nous temps.

Els porten a la pràctica el que Jaume Balmes escriu sobre la instrucció del clergat, i sobre la necessària difusió del saber científic per mitjà de les matemàtiques, la química, la

física i la història natural. Només amb un clergat ben format pot l'Església compartir amb l'Estat la direcció social (Fradera, 1996: 292).

Puigllat, Soler, Balmes, independentment de la seva condició clerical, no volen quedar-se enrere, són homes amb visió de futur, emprenedors i amb ganes de quadrar raó, ciència i religió, ja sigui per «salvar el jovent» com diu Soler, ja sigui per casar Estat i Església com busca Balmes.

El col·legi privat, que és pensat des de la seva fundació el 1844 amb visió de futur, demostra la capacitat d'uns homes d'Església preparats per afrontar i dirigir els reptes polítics i socials que per naixença els pertoca de viure.

Amb la consciència que el Pla Pidal va més enllà de ser una reforma educativa, el seminari de Vic organitza el nou centre com un cos suficientment sòlid per resistir les possibles alteracions polítiques dels anys a venir.

Si l'Estat liberal pretén, com dèiem al principi, formar els joves, el seminari també. I a més d'altres estratègies que alhora pugui desenvolupar, el col·legi n'és una de molt important.

La voluntat balmesiana de mirar el present i d'acceptar el futur sense perdre els valors del dogma catòlic eclosiona a final de segle, després que Puigllat, Costa, Balmes, Vilamitjana, Soler i la resta de coetanis en col·loquessin la primera pedra. Així doncs, el cas del seminari de Vic és excepcional a l'Espanya vuitcentista i fins a l'estat present desconeixem el cas d'altres seminaris que usin la via educativa per mantenir una forta presència social.

## Bibliografia

- FRADERA, J. M. (1996). *Jaume Balmes: Els fonaments racionals d'una política catòlica*. Vic: Eumo.
- RIAL CARBONELL, R. (2003). *L'ensenyament superior a la Catalunya central entre els segles XVII i XIX*. Barcelona: Col·lectània Sant Pacià.
- SALARICH VERDAGUER, J. (1857). *Censo de Vich*. Barcelona: Imprenta de Joaquín Bosch.

## Fonts documentals

- Lligall (1845). *Colegio de Segunda Enseñanza*. Arxiu del Seminari de Vic.
- PUIGLLAT, M. (1859). *Relación sucinta del establecimiento del Colegio Privado, y de las combinaciones de la enseñanza del Seminario con las de los varios Planes del Gobierno dados desde su instalacion en el curso de 1844 a 45 hasta el presente mes de setiembre de 1859*. Arxiu del Seminari de Vic.

# LA REPLICACIÓ D'EXPERIMENTS I INSTRUMENTS EN EL SEU CONTEXT. UNA MANERA DE SITUAR LA HISTÒRIA EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES

**Pere Grapí Vilumara**

CEHIC (Universitat Autònoma de Barcelona); IES Joan Oliver (Sabadell)

Paraules clau: *cultura material de la ciència, replicació històrica d'instruments, coneixement gestual, història experimental de la ciència, treball de recerca al batxillerat.*

The replication of experiments and instruments in context. Placing history in science teaching

*Summary: Recently there has been certain interest in putting the study of historical scientific practises in the context of the material culture of science. This tendency has increased researches around laboratory practises and likewise has also encouraged the making of replications of past instruments and experiments. This view has converted the experimental history of science into a new methodological approach in the history of science research.*

*On the other hand, this approach has also played its role in focusing the use of history of science in science teaching. Science teaching has strongly claimed a central place for experimentation in science learning and, in this way, there exist remarkable projects on the replication of instruments and experiments for science teaching.*

*This paper aims to present this framework, exploring its advantages and problems in some area nowadays devoted to research work in higher education in Catalonia. A research work on the replication of Volta's pile will be presented as a case study.*

Key words: *material culture of science, historical replication of instruments, tacit knowledge, experimental history of science, research work in higher education.*

Les cultures literària i material de la ciència. La història experimental de la ciència

Els estudis històrics estan generalment basats en representacions textuals que la gent de ciència va produir en el passat. Recentment hi ha hagut un cert èmfasi en la cultura material de la ciència per tal d'estudiar les pràctiques científiques del passat que ha dut a la replicació d'instruments i d'experiments. Aquesta reposició experimental històrica cal contemplar-la com una aproximació metodològica més en la recerca en història de la ciència per aconseguir una millor comprensió de la pràctica científica. Tot completant una historiografia literària basada en una cultura impresa de la ciència (documents, textos, llibres, tau-

les, dibuixos, esquemes...), també existeix, doncs, una historiografia operativa —*performative historiography* (Sibum, 2000: 80)— que pren com a referència la cultura material de la ciència (instruments, màquines, maquetes, estris, col·leccions...). Es pot pensar que no cal reconstruir un experiment i que només cal llegir-ne una descripció i una explicació detallada per copsar-ne la rellevància. Però de la mateixa manera que no és el mateix tocar un instrument musical que escoltar-ne només la música, ni cuinar un plat que llegir-ne la recepta culinària, tampoc és el mateix refer un experiment que estudiar i analitzar-ne la descripció per detallada que sigui, ja que aquestes descripcions no deixen de ser, en última instància, reconstruccions mentals de l'experiment. El treball de laboratori, sobretot si es tracta de conèixer els procediments manuals implicats a fer anar instruments i a realitzar experiments, es pot copsar a partir de textos històrics i d'il·lustracions de forma difícil i incompleta.

Aquesta historiografia operativa basada en la replicació d'experiments del passat disposa de suficients casos que constitueixen una sòlida referència i fonamentació per a futures recerques. Un recull d'aquests casos pot ser útil per copsar la magnitud, la importància i la transcendència dels estudis dedicats a la història experimental de la ciència. L'estudi de Settle (1961) sobre els experiments de mecànica de Galileu va transformar la historiografia sobre aquest. Stuewer (1970) va refer els experiments de Newton sobre la difracció de la llum i MacLachlan (1976) els de Galileu amb el pèndol.<sup>1</sup> L'experiment realitzat per Root-Bernstein (1983) va aportar evidències per a l'exoneració de Mendel de les sospites que hi havia sobre ell de frau científic. Heering (1994) va poder replicar la determinació de la llei de Coulomb amb la balança de torsió només després d'introduir modificacions no descrites en la literatura. Això el va dur a concloure que l'experiment havia de ser impossible per a Coulomb, tot i que, segurament, tenia poderoses raons teòriques per creure en la seva llei. La rèplica de Sibum (1995a) de l'experiment de Joule per determinar l'equivalent mecànic de la calor es va convertir en tot un paradigma de la història experimental de la ciència. Finalment, la replicació per part de Henning (2003) dels experiments amb l'espectroscopi de flama Kirchhoff i Bunsen ha servit per revelar la importància de la col·laboració entre ambdós científics i el constructor de l'aparell.

En l'àmbit de la química, Dean i Usselman (1979) van fer importants aportacions a la història del pal·ladi, i Kronberg, Coatsworth i Usselman (1984), a un descobriment crucial de la metal·lúrgia del platí. Usselman (2000) es va referir a la replicació d'experiments per interpretar les recerques atomístiques originals de Dalton, Wollaston i Thomas Thomson. Principe (2000), després de reproduir l'arbre d'Hermes —una imatge alquímica recurrent tractada amb cert escepticisme pels historiadors de la química—, va poder argumentar que aquest cas de l'imaginari alquímic no estava tan fonamentat en l'«inconscient col·lectiu» de Jung o en una construcció literària, sinó, més aviat, en la pràctica experimental, i reivindicà d'aquesta manera la proximitat de les pràctiques alquímiques amb el treball pràctic de laboratori. Més recentment, la reproducció per part d'Usselman (2005) del *kaliapparat* de Liebig per a l'anàlisi de compostos orgànics ha servit per reforçar el paper de les pràctiques experimentals enfront de les negociacions dels agents socials a l'hora d'explicar determinats canvis científics. Finalment, Heering (2005a) ha iniciat la rèplica dels experiments realitzats per Lavoisier i Laplace tot reconstruint el seu calorímetre del 1783.

1. MacLachlan (1998) proporciona una panoràmica sobre la història experimental de la ciència.

## El coneixement gestual en la pràctica experimental

La realització d'un experiment no està tan sols determinada per una cultura material concreta sinó també per les habilitats de l'experimentador per interaccionar amb els objectes. El coneixement gestual o tàcit és el coneixement unit a les maneres d'actuar de l'experimentador i que pot canviar d'acord amb els diferents tipus d'actuacions (manipulació d'un instrument o utilització d'eines matemàtiques). Aquest coneixement inclou un conjunt complex d'habilitats i formes de mestratge que es desenvolupen durant la realització de l'experiment en temps real i que proporciona informació sobre la influència de l'experiència sensorial en el desenvolupament conceptual de les pràctiques científiques. És un tipus de coneixement que s'ha considerat, sovint, implícitament assolit per l'experimentador, mantingut en secret i, per tant, no escrit, o que va acabar essent substituït de forma inadvertida. En definitiva, un tipus de coneixement que va esdevenir invisible en els informes de laboratori. Va ser Michael Polanyi<sup>2</sup> qui va fer èmfasi en la importància sistemàtica de les destreses manuals i de les sensacions de l'experimentador com a part constituent de la recerca.

El coneixement gestual és essencialment dinàmic i —com el coneixement oral— només es pot comunicar mitjançant una participació activa o una *enculturació* (una immersió en el context cultural de producció). En el cas de la rèplica de l'experiment de Joule, els gestos crucials eren les lectures de temperatures i la realització del treball mecànic. Alguns d'aquests coneixements tàcits es van generar a partir de la mateixa reposició de l'experiència: la interferència de la temperatura corporal en la lectura de les temperatures (el termòmetre permetia llegir 1/100 °C), els intervals de temps en què es prenen les temperatures, el criteri per determinar el valor representatiu de les mesures termomètriques o les dimensions de l'espai experimental per facilitar la dissipació de la calor per radiació. D'altres, en canvi, van ser producte d'un procés d'enculturació: les habilitats termomètriques necessàries per fer l'experiència —poc habituals en la física victoriana— estaven àmpliament distribuïdes en la comunitat de cervesers a la qual Joule pertanyia. El valor trobat per l'equivalent mecànic de la calor (746,89 ftlbs/Btu) era diferent del trobat per Joule (772,692 ftlbs/Btu).<sup>3</sup> La rèplica va ser precisa (la desviació estàndard dels resultats va ser del 2,1 %) sense ser acurada per la falta de conformitat amb el valor admès (Sibum, 1995b). D'altra banda, la replicació del *kaliapparat* de Liebig per l'anàlisi de compostos orgànics va permetre posar al descobert altres tipus de coneixement gestual més propis d'experiments de química, com el ritme amb què cal fer bombollear un gas quan es dissol en un líquid o la detecció de fuites en el muntatge. Alguns d'aquests detalls es poden descriure, però d'altres, com el temps que triguen a aparèixer les primeres bombolles, el canvi de mida que experimenten o determinats canvis de color en el medi de reacció, sovint, només surten en fer l'experiència repetidament o en una rèplica històrica (Usselman *et al.*, 2005: 43).

La replicació del *kaliapparat* és un dels pocs exemples que es poden presentar de replicacions en l'àmbit de la química. La realitat és que molts dels estudis sobre la pràctica experimental s'han fet sobre física i pocs sobre química. No obstant això, la química és el pa-

2. M. POLANYI (1958), *Personal knowledge: towards a post-critical philosophy*, Chicago, University of Chicago Press; (1966), *The tacit dimension*, Nova York, Doubleday.

3. El valor actual és de 776,1 ftlbs/Btu.

radigma de ciència de laboratori. Els estudiants de química han estat entrenats des de sempre en les diverses operacions de laboratori de forma més rutinària que en altres ciències (construcció i ajust d'aparells de metall, vidre, suro, goma, ceràmica). La química és la ciència més relacionada amb la pràctica artesanal i, en aquest sentit, els químics han estat més ben integrats en el món artesanal que els físics (almenys abans de la revolució instrumental del segle XIX) i, per tant, disposaven d'un ventall més ampli d'habilitats i tècniques aplicables.

Per tot això, la química és un terreny ideal per a les reconstruccions històriques, ja que els paràmetres experimentals poden estar, sovint, més ben identificats i controlats que en altres ciències si es disposa de bones fonts materials. Els químics compraven material estàndard de laboratori amb el qual muntaven els seus dissenys experimentals i, fins i tot, es feien peces pròpies. Bona part d'aquest material era barat, i el més car (balances, gresols de platí, destil·ladors) s'amortitzava mitjançant un ús perllongat i compartit. Les operacions químiques eren tècniques estàndards com ara escalfar flascons de reacció, preparar dissolucions, realitzar digestions, recristal·litzacions, sublimacions, filtracions o pesades. Es pot dir que abans de la revolució instrumental de mitjan segle XIX, la majoria dels experiments més coneguts de la història de la química es feien amb un material de «jardineria» o de «cuina» gens sofisticat i car, a diferència de les balances de torsió, rodes de pales mogudes per pesos penjats de rodets, gotes d'oli observades pel microscopi, costoses bombes de buit amb fuites o espectroscopis de flama. La filosofia de la pràctica experimental canvia de fisonomia en passar del món de la física experimental al de la química i és per això que la intersecció d'ambdós territoris resulta encara més estimulante i prometedora (Usselman *et al.*, 2005: 45-47).

### Controvèrsies i propostes a l'entorn de la replicació històrica d'experiments

D'entrada és fàcil pensar que no cal esperar res de l'altre món en la reconstrucció històrica d'un experiment. Això és així perquè refer una experiència s'assumeix com una activitat gens problemàtica o perquè, en el fons, es confia tant en el discurs escrit o il·lustrat que la idea de replicació es veu innecessària. Una raó per justificar aquesta posició cal buscar-la en la legítima sospita d'anacronisme que pot implicar una replicació.

Les diferències entre replicar un experiment i analitzar-ne una descripció detallada s'han comparat amb les diferències entre realitzar una pel·lícula històrica i escriure una novel·la històrica. Una pel·lícula pot ser més autèntica, ja que mostra l'acció «sobre el terreny», i ha de prestar atenció simultàniament a molts detalls (vestuari, gesticulacions, maquillatge, ambientacions exteriors...), mentre que el novel·lista pot escollir aquells elements que li semblin més oportuns per a allò que vol descriure i prescindir d'altres. De la mateixa manera, replicar un experiment requereix actuacions sobre el terreny on tots els detalls han d'estar controlats. D'altra banda, si la replicació té èxit es té molt de guanyat, ja que, en comparació amb l'anàlisi textual, el valor heurístic de la replicació és superior (Pestre, 1994).

Des del punt de vista epistemològic, s'ha de considerar la pràctica impossibilitat de reproduir el context de l'experiment. Harry Collins —dins del seu programa empíric relativista— ha apuntat bones raons en contra de la replicabilitat dels experiments: primera, cada replicació només seria una aproximació de l'original i, per això, faria falta un judici o un procés de persuasió —una negociació en definitiva— per decidir si un determinat assaig es pot considerar *realment* una rèplica. Segona, la ubiqüitat i la infabiltat del coneixement gestual



frustrarien qualsevol intent de replicació efectuat tan sols a partir de descripcions escrites. Aquest tipus de coneixement es comunica necessàriament de forma directa; és tàcit i, a vegades, invisible, i no hi ha cap algorisme ni instruccions verbals suficients que permetin replicar-lo.

Finalment, els científics acrediten la rectitud d'un experiment pel resultat «correcte» que proporciona, però, també, jutgen la rectitud dels resultats a partir del seu judici sobre el correcte funcionament del sistema experimental. Jutjar el sistema pels resultats i els resultats pel sistema suposa entrar en un cercle viciós. Per trencar-lo caldria fer assaigs dels assaigs que també quedarien atrapats per la circularitat de l'argument. Aquesta «regressió de l'experimentador» inhabilitaria, doncs, la possibilitat de fer rèpliques rigoroses en ciències, i quedarien aquestes relegades a un procés social de negociació. L'experimentador *sempre* argumenta de forma interminable sobre el significat dels seus resultats fins a assolir un consens negociant amb tots els agents i, per tant, els seus experiments *mai* no acaben proporcionat una resposta final (Collins, 1992: 19, 73-78, 83-84, 129-130; Armero, 2005: 346-348).

Des de posicions menys radicals s'admet que els científics ni busquen ni requereixen replicacions idèntiques, s'accontenten amb allò que és experimentalment accessible i que proporciona una replicació *convinent*. Aquestes *replicacions convincentes* proporcionen resultats experimentals suficientment semblants als dels assaigs anteriors per facilitar-ne l'acceptació tant per part de l'experimentador individual, primer, com de la comunitat científica, després (Usselman *et al.*, 2005: 51). Per replicar un experiment no cal que la rèplica sigui un experiment idèntic a l'original en la seva construcció, i en els materials, els instruments i les pràctiques utilitzades. La història experimental de la ciència no pretén una imitació exacta, sinó una aproximació esteticomaterial a la realització històrica de l'experiment. L'objectiu de la història experimental de la ciència no és tant la reproducció d'un resultat esperat, sinó la generació d'un seguit de possibilitats històriques que podien haver tingut el seu paper en la pràctica científica duta a terme en l'experiment. Fins i tot, si l'experiment presenta diferències en alguns aspectes, es pot considerar que n'és una rèplica més convincent que si només representa l'estricta credibilitat dels fenòmens o si només és capaç de reproduir els valors mesurats exactament. Per exemple, en la reproducció de la balança de torsió de Coulomb, aquesta es va recobrir d'una gàbia de Faraday per evitar interferències electrostàtiques de l'operador per poder obtenir mesures reals (Heering, 1994). En l'experiment de Joule no es van poder reproduir els termòmetres que ell havia utilitzat, però se'n van utilitzar d'altres de la mateixa exactitud (Sibum, 2000). A partir d'aquesta perspectiva s'han apuntat tres estratègies metodològiques complementàries a l'hora d'emprendre una replicació (Sibum, 1995a; Heering, 2005a: 28-30; 2005b: 318-321).

### *Dissenyar i construir la cultura material d'un experiment històric*

Cal construir rèpliques d'aparells experimentals tan properes als originals com les tècniques manipuladores i els materials actuals, i les fonts primàries —representacions textuals i objectes materials sobrevivents—, ho permetin. Tot això implica una recerca interdisciplinària que fa que aquesta etapa sigui potencialment rica per a l'historiador. La hipòtesi subjacent a aquesta estratègia és que si el treball en el passat s'ha fet bé es podrà fer una rèplica força idèntica.

*Realitzar treball experimental amb aquestes rèpliques*

L'objectiu final de la història de les pràctiques experimentals és refer un experiment amb els aparells reconstruïts. A pesar de conèixer el resultat de la rèplica experimental, el procés de repetir l'experiència és un estudi força valuós. Tirar endavant l'experiment demana una bona dosi d'habilitats corporals, la majoria de les quals no són del tot, o gens, conegudes. Així doncs, tenir èxit en la repetició de l'experiment depèn sobretot del treball i del coneixement improvisat de l'experimentador. Els objectes materials i els textos acompanyants formen una coreografia per a les actuacions de l'experimentador ja que proporcionen una orientació parcial en la manera de pensar i d'actuar. En aquesta etapa s'adquireix un coneixement gestual, molt local i no necessàriament idèntic al descrit de forma textual i/o figurativa.

En «fer» l'experiment i reconèixer els problemes en què s'ensopega, es genera un coneixement del comportament de l'experimentador històric i de les pràctiques indispensables per al desenvolupament de l'experiment. Aquest coneixement gestual adquirit serveix com a eina heurística per desenvolupar interpretacions de les representacions textuales o de les inscripcions de l'experiment. Aquestes accions ajuden a reconstruir dimensions tàcites de pràctiques passades que es consideraven implícitament assolides pels experimentadors, mantingudes en secret o que van acabar essent substituïdes —potser inadvertidament— per representacions formals o mecàniques. La replicació permet relacionar el coneixement tàcit en el seu context cultural.

Finalment, la replicació prova que les habilitats, expectatives, anticipacions dels resultats experimentals i els coneixements previs per part de l'experimentador poden influenciar en la configuració i fins i tot en els resultats de l'experiment. Per això, en fer una replicació cal situar-se sota la doble perspectiva d'actor i d'observador per entendre la influència de l'experimentador (Höttecke, 2000: 343-362, 345-346).

*Contextualitzar les experiències de les etapes anteriors*

Les estratègies de les dues primeres etapes han de contextualitzar-se, és a dir, cal situar-les en un context més ampli d'àmbit històric, filosòfic, cultural, tecnològic i polític. Replicar l'instrument i els processos per fer-lo funcionar aporta un coneixement important del context cultural que va possibilitar l'existència de l'estri. En definitiva, permet saber quines van ser les condicions culturals que van fer possible la producció de cert instrument i el seu ús per a la recerca. A pesar que el mètode de la replicació històrica es pot presentar mitjançant aquestes tres estratègies, aquestes estan a la pràctica molt relacionades i no poden desvincular-se les unes de les altres.

La replicació històrica d'experiments com a recurs per aprendre i ensenyar ciències.  
Replicacions històriques amb valor didàctic

Les dues aproximacions —literària i material— a la recerca en la història de les ciències també tenen el seu reflex a l'hora d'enfocar els usos d'aquesta història en l'ensenyament (secundari i superior) de les ciències. És a partir de la primera d'aquestes aproximacions que s'han utilitzat els textos històrics amb finalitats didàctiques. En general, els mate-

rials per introduir la història de la ciència són bàsicament recursos textuais —com si les ciències fossin un una pràctica essencialment intel·lectual— amb una absència més que notable de material experimental. No obstant això, i pel fet que en l'àmbit de la didàctica de les ciències s'ha insistit de forma vehement en el lloc essencial que ha d'ocupar l'experimentació en les situacions d'aprenentatge de les ciències, s'han realitzat propostes interessants per analitzar textos sobre descripcions experimentals històriques (Fauque, 2003), fins i tot amb l'objectiu d'esbrinar-ne el procés de modelització subjacent en l'autor (Scheidecker-Chevallier *et al.*, 1999: 1-13).<sup>4</sup> D'altra banda, en els últims vint anys la història de la ciència ha fet molt èmfasi en la recerca sobre el treball pràctic de laboratori en el context de la cultura material de la ciència i, en aquest sentit, també hi ha hagut projectes seriosos entorn de la rèplica d'instruments i d'experiments amb finalitats didàctiques per a l'ensenyament de les ciències.<sup>5</sup> Un projecte pioner en aquest sentit és el dut a terme pel Departament de Física de la Universitat Carl von Ossietzky d'Oldenburg (Alemanya). Els seus cursos per als futurs professors de física inclouen un curs de laboratori en què una part dels experiments obligatoris es fan amb rèpliques històriques de la col·lecció del Departament, no tan sols perquè els estudiants adquireixen una nova perspectiva sobre els fenòmens i les teories sinó també per intentar solucionar els seus problemes de motivació (Riess, 2000). Un projecte semblant es va dur a terme amb alumnes d'ensenyament secundari amb un èxit notable (Heering, 2000).

La replicació d'experiments com a recurs per a l'ensenyament de les ciències hauria d'afavorir: *a)* entendre la ciència en la seva dimensió d'activitat pràctica amb què té lloc en un laboratori; *b)* copsar el sentit de l'experimentació en la història de la ciència tot comprènent les dificultats inherents a qualsevol experiment; *c)* assolir aquells procediments manipuladors que permeten adquirir uns coneixements gestuals impossibles d'aconseguir en altres activitats d'aprenentatge; *d)* motivar l'esperit d'emulació en intentar obtenir els resultats assolits per homes de ciència prestigiosos i, com que això és realment difícil, acabar valorant les pràctiques històriques (Sichau, 2000), i *e)* analitzar els processos que porten al consens o a la polèmica entorn dels resultats acceptats per la comunitat científica.

L'ús de la replicació històrica d'experiments com a recurs didàctic no està exempt de problemes com tampoc ho està la mateixa replicació com a metodologia de recerca en història de la ciència i, més concretament, la incorporació de la història de la ciència en l'ensenyament de les ciències. En l'ensenyament de les ciències, la història de la ciència cal aplicar-la en dosis homeopàtiques per evitar-ne els efectes col·laterals no desitjats. Alguns d'aquests problemes ja han estat citats com, per exemple, el risc de caure en anacronismes pel fet d'utilitzar instruments antics en el context de la ciència actual. En aquest sentit, Jean-Paul Gaudillière, en analitzar l'anacronisme derivat de la replicació de les experiències de Lavoisier i Priestley entorn de la polèmica oxigen-flogista a final del segle XVIII,<sup>6</sup> destaca com existeix un *realisme mínim* en què recolzar-se: l'oxigen de Lavoisier i Priestley no era el mateix que el nostre, però l'espelma que s'apaga dins d'un recipient de vidre en el nostre laboratori

4. En els textos proposats s'analitza una qüestió central de la química —la transformació química de la matèria— a través de les descripcions que en van fer Nicolas Lémery i Newton (segles XVII i XVIII), Stahl i Lavoisier (segle XVIII) i Ampère i Dumas (segle XIX).

5. Fins i tot s'ha contrastat el valor didàctic dels experiments no reeixits o rebutjats (Heering, 2003, 2005b).

6. Gaudillière tracta l'aproximació pedagògica proposada per Stephen Pumfrey (1989).

s'assembla *convincement* a la que s'apaga en les il·lustracions i descripcions dels textos i memòries de Lavoisier, de manera que comprendre com s'apaga una espelma ajuda a entendre com s'apagava l'altra (Gaudillière, 1994: 210).

Altres complicacions tenen a veure amb la dificultat per adquirir determinats coneixements procedimentals per dur a terme l'experiment que no estan explicitats en textos o il·lustracions. Finalment, poden aparèixer problemes derivats de l'adequació didàctica de l'experiment en haver d'introduir modificacions per evitar obtenir resultats poc concloents en àmbit didàctic. En aquest sentit, es corre el risc d'oferir tant una versió presentista de l'experiment com una visió distorsionada de l'experimentació en ciències. Alguns d'aquests problemes es poden solucionar o mitigar si l'activitat de replicació s'emmarca en el seu context històric, és a dir, si la replicació va acompanyada de la seva respectiva enculturació.<sup>7</sup>

### L'espai dels treballs de recerca al batxillerat. Un cas de replicació històrica d'experiments

L'existència d'un «treball de recerca» en el currículum dels batxillerats a Catalunya ha obert pas a una ruta per vehicular de forma efectiva la presència de la història de la ciència i de la tècnica a l'ensenyament secundari postobligatori. A continuació es presenta un cas de replicació històrica d'experiments realitzat per alumnes de l'IES Joan Oliver (Sabadell) en l'àmbit dels treballs de recerca dirigit per l'autor.

L'objectiu general del treball era replicar la pila de Volta en el seu context a l'última dècada del segle XVIII.<sup>8</sup> Un context marcat per les recerques entorn de l'electricitat animal i l'electricitat artificial (per fricció). El treball es va enfocar, primerament, sobre dues manifestacions de l'electricitat animal explorades pels naturalistes de l'època: la contracció muscular i el peix torpede. En particular, l'aspecte de la contracció muscular va ser escenificada per la controvèrsia entre Galvani i Volta. Tant l'un com l'altre van creure inicialment que l'origen de les contraccions musculars experimentades per l'anca d'una granota calia buscar-lo en la mateixa granota. No obstant això, a partir del 1792 Volta va començar a especular sobre l'origen del fluid elèctric que provocava aquestes contraccions. Una primera part del treball de recerca es va dedicar a la replicació d'alguns dels experiments de Volta sobre la contracció muscular de l'anca d'una granota amb arcs metàl·lics o bimetàl·lics (figura 1).

Volta va concloure que el fluid elèctric i, per tant, la contracció es produïa pel contacte entre un o dos metalls quan un extrem metàl·lic tocava una part humida (nervi o múscul) mentre l'altre extrem tocava una part humida diferent.

Aquesta part del treball no tan sols va ser útil per adquirir uns determinats coneixements conceptuals relatius a la polèmica entre Galvani i Volta, i entendre, per tant, com teories diferents pretenien explicar uns mateixos fets, sinó que també va ser útil per adquirir un

7. Sobre la ineludible necessitat de situar en el seu context social aquells episodis de la història de la ciència que es volen incorporar a l'ensenyament de les ciències, vegeu Grapí (2000).

8. M. R. CARMONA, O. CUBERO i C. TORÀ (2004), *La construcció de la pila de Volta* (treball no publicat). L'autor ha dirigit també un altre treball de recerca amb aquesta orientació: M. FERNÁNDEZ, L. NICOLÁS, C. RANDINO, M. ROCA (2005), *L'evolució històrica del test de Marsh: Orfila, arsènic i criminologia* (treball no publicat). Aquest treball va guanyar el IV Premi Antoni Quintana Marí per a treballs de recerca al batxillerat convocat per la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica el curs 2004-2005.

seguit de coneixements gestuals que van des d'espellar una granota fins a ensopegar a pinçar un nervi de la medul·la per provocar una contracció muscular.

El treball va prosseguir examinant com l'estudi anatòmic del peix torpede va permetre descobrir que els seus òrgans elèctrics estaven formats per un apilament de làmines. En aquest punt es van examinar els corresponents documents (figura 2) publicats el 1714 i el 1773.<sup>9</sup> Aquesta observació, juntament amb els experiments de Volta amb la granota, el van dur el 1800 a apilar discs metàl·lics diferents separats per discs de cartró amarats de salmorra i a comprovar com es generava una electricitat feble (figura 3). En aquest sentit el treball de recerca va mostrar la utilitat dels models en el procés de creació científica. La part experimental del treball es va completar reproduint l'experiment de Volta amb el seu *condensatore* per comprovar que la seva pila generava una electricitat «feble» (figura 4).<sup>10</sup>

A més a més dels objectius esmentats, el treball de recerca també pretenia constatar la mobilitat de les fronteres entre territoris científics (electricitat, química, fisiologia animal) i reconèixer el valor de l'experimentació en ciències. El fet d'haver realitzat un treball de recerca de ciències amb connotacions històriques va ser valorat pels autors del treball tot destacant-ne el següent:

- El fet d'haver pogut conèixer aspectes de la història de l'electricitat i de les ciències de la vida, descobriments històrics i les lleis que regien aquests fenòmens descoberts
- La seva sorpresa en descobrir la utilitat actual d'instruments del passat
- La lentitud amb la qual es produïa la comunicació d'innovacions científiques en el passat
- Les dificultats que comporta la reproducció d'experiments històrics.

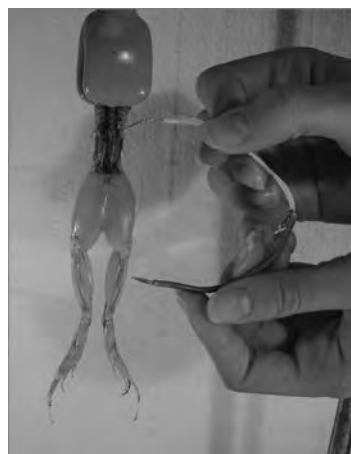


FIGURA 1. Contracció de l'anca d'una granota amb un arc bimetal·lic de coure i ferro pinçant la medul·la i un múscul.

9. R. A. F. RÉAMUR (1714), «Des effets que produit le poisson appellé en François Torpille», *Académie Royale des Sciences, Histoire*, p. 344-360; J. HUNTER (1773), «Anatomical observations on the Torpedo», *Philosophical Transactions*, núm. 63, p. 481-489.

10. Aquesta última part experimental no es pot considerar estrictament històrica, ja que el condensador utilitzat no era una rèplica del *condensatore* de Volta. No obstant això, els procediments utilitzats es poden considerar com una reposició històrica dels emprats per Volta.

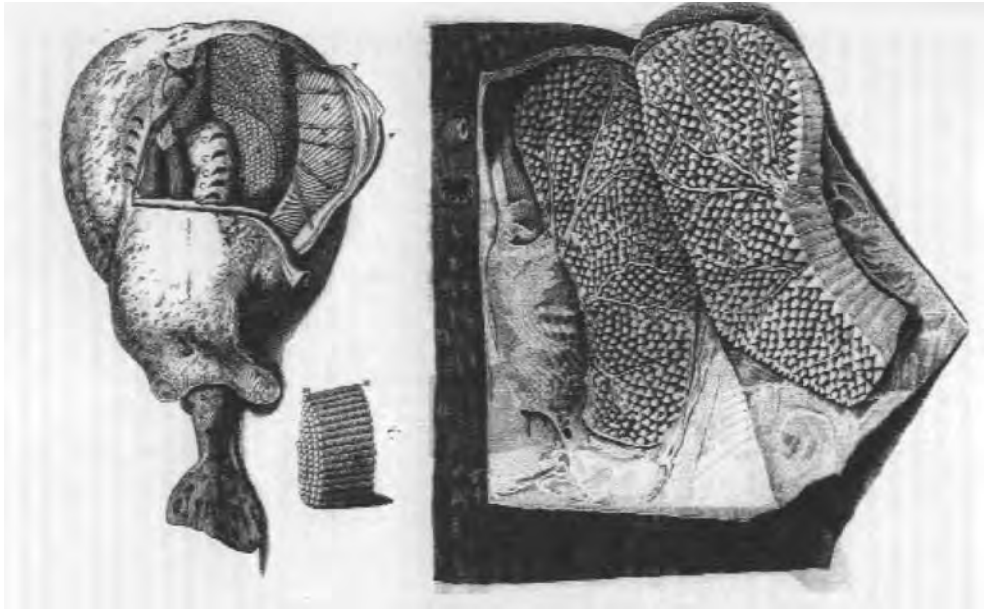


FIGURA 2. El peix torpede representat per Réamur (esquerra), i detalls dels òrgans responsables de les descàrregues elèctriques representats per Réamur i Hunter (centre i esquerra).

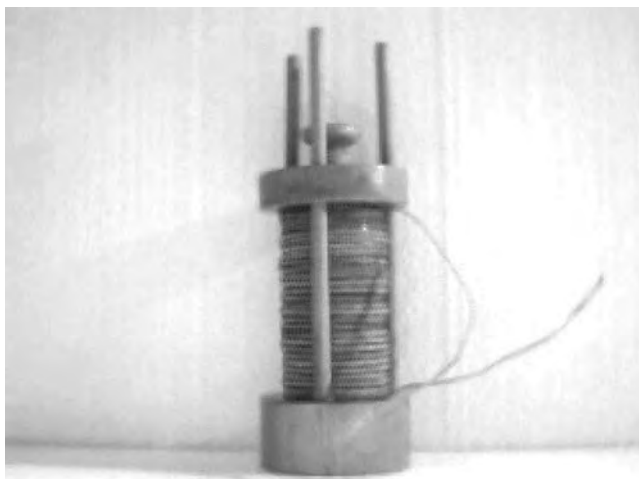


FIGURA 3. Replicació de la pila de Volta.



FIGURA 4. Detecció de l'electricitat feble de la pila amb el *condensatore* de Volta.

### Bibliografia

- ARMERO, J. (2005). «El regreso del experimentador y la metodología de las cajas negras». *Endoxa*, p. 343-358.
- COLLINS, H. M. (1992). *Changing order: replication and induction in scientific practice*. Chicago: The University of Chicago Press.
- DEAN, P.; USSELMAN, M. C. (1979). «The “Synthetic Palladium” of Richard Chevenix: A verdict on the chemist and the chemistry». *Ambix*, núm. 26, p. 100-115.
- FAUQUE, D. (2003). *Lavoisier: La naissance de la chimie moderne*. París: Vuibert.
- GAUDILLIÈRE, J. P. (1994). «Lavoisier, Priestley, le phlogistique et l'oxygène. De l'étude de controverse à la réplication pédagogique». *Aster*, núm. 18, p. 183-215, 210.
- GRAPÍ, P. (2000). «El potencial educatiu de la història de la ciència. El cas de la revolució química». A: BATLLÓ, Josep; FUENTE, Pere de la; PUIG, Roser [ed.]. *Actes de la VTrobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: IEC, SCHCT, p. 111-114.
- HEERING, P. (1994). «The replication of the torsion balance experiment». A: BLONDEL, C.; DÖRRIES, M. [ed.]. *Restating Coulomb: usages, controverses et réplifications autour de la balance de torsion*. Florència: L. S. Olschki, p. 47-66.
- (2000). «Getting shocks: teaching secondary school physics through history». *Science & Education*, núm. 9, p. 363-373.
- (2003). «Rejected historical experiments and their use for science teacher training». *7th International History, Philosophy of Science and Science Teaching Conference Proceedings*. Winnipeg: University of Winnipeg Communications Office, p. 366-376.
- (2005a). «Weighing the heat: the replication of the experiments with the ice-calorimeter of Lavoisier and Laplace». A: BERETTA, Marco [ed.]. *Lavoisier in perspective*. München: Deutsches Museum, p. 27-42.
- (2005b). «Analysing unsuccessful experiments with the replication method». *Endoxa*, núm. 19, p. 315-340.
- HENNING, J. (2003). «Bunsen, Kirchhoff, Steinheil and the elaboration of analytical spectroscopy». *Nuncius*, any XVIII, p. 741-754.

- HÖTTECKE, D. (2000). «How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study». *Science & Education*, núm. 9, p. 343-362, 345-346.
- KRONBERG, B.; COATSWORTH, L.; USSELMAN, M. C. (1984). «Mass spectrometry as a historical probe: quantitative answers to historical questions in metallurgy». A: LAMBERT, J. B. [ed.]. *Archaeological Chemistry-III*. Washington, D. C.: American Chemical Society, p. 295-310.
- MACLACHLAN, J. (1976). «Galileo's experiments with pendulums: real and imaginary». *Annals of Science*, núm. 33, p. 173-185.
- (1998). «Experiments in the history of science». *Isis*, núm. 89, p. 90-92
- PESTRE, D. (1994). «La pratique de reconstitution des expériences historiques, une toute première réflexion». A: BLONDEL, C.; DÖRRIES, M. [ed.]. *Restaging Coulomb: Usages, controverses et réplifications autour de la balance de torsion*. Florència: L. S. Olschki, p. 17-30.
- PRINCIPE, L. (2000). «Apparatus and reproducibility in alchemy». A: HOLMES, Frederic L.; LEVERE, Trevor H. [ed.]. *Instruments and experimentation in the history of chemistry*. Cambridge, Mas.; Londres: The MIT Press, p. 55-74. [Nota 1]
- PUMFREY, S. (1989). «The concept of oxygen. Using history of science in science teaching». A: SHORTLAND, Michael; WARWICK, Andrew [ed.]. *Teaching the history of science*. Oxford: Basil Blackwell.
- RIESS, F. (2000). «History of physics in science trianing in Oldenburg». *Science & Education*, núm. 9, p. 399-402.
- ROOT-BERNSTEIN, R. (1983). «Mendel and methodology». *History of Science*, núm. 21, p. 275-295.
- SCHEIDECKER-CHEVALIER, M.; LAPORTE, G. (1999). *La démarche de modélisation en chimie*. París: Ellipses.
- SETTLE, T. (1961). «An experiment in the history of science». *Science*, núm. 133, p. 19-23.
- SIBUM, H. O. (1995a). «Working experiments: a history of gestual knowledge». *The Cambridge Review*, vol. 116, núm. 2325, p. 25-37.
- (1995b). «Reworking the mechanical value of heat: instruments of precision and gestures of accuracy in early Victorian England». *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 26, núm. 1, p. 73-106.
- (2000). «Experimental history of science». A: LINDQVIST, Svante; HEDIN, Marika; LARSSON, Ulf [ed.]. *Museums of modern science: Nobel Symposium 112*. Canton, MA: Science History Publications, p. 76-86.
- SICHAU, C. (2000). «Practising helps: thermodynamics, history and experiment». *Science & Education*, núm. 9, p. 389-398.
- STUEWER, R. (1970). «A critical analysis of Newton's work on diffraction». *Isis*, núm. 61, p. 188-205.
- USSELMAN, M. C (2000). «Multiple combinig proportions: the experimental evidence». A: HOLMES, Frederic L.; LEVERE, Trevor H. [ed.]. *Instruments and experimentation in the history of chemistry*. Cambridge, Mas.; Londres: The MIT Press, p. 243-273; 268-270.
- USSELMAN, M. C.; REINHART, C.; FOULSER, K.; ROCKE, A. J. (2005). «Restaging Liebig: a study in the replication of experiments». *Annals of Science*, vol. 62, p. 1-55.



# ¿HAY UN PITAGÓRICO DETRÁS DE LAS TAULAS DE MENORCA? (MONUMENTOS DE LA CULTURA TALAYÓTICA, SIGLOS V-IV AC)

**Vicente Ibáñez Orts**

Palabras clave: *taulas, cultura talayótica, grabados rupestres de carácter geométrico.*

Is there a Pythagorean behind the taulas of Menorca? (Monuments of culture talayótica centuries V and IV AC)

*Summary: The taulas of Menorca constitutes a unique and characteristic monument of the talayotical culture. They are formed by two great stone blocks that is situated one on the other by its own weight, in form of T. Its date of construction is uncertain, varying from year 1500 aC to the 350 aC. In this work, we have directly studied these monuments since provided stairs meters and levels we have measured the main taulas. As a result, we propose that the dimensions of your capital stone follow certain geometrical rules, be it arithmetical, geometrical or harmonically proportion and therefore its creator must have belonged to the Pythagorean School. Given the fact that Pythagoras passed away around year 500 aC, it must have been created before that year.*

Key words: *taulas, culture talayótica, rock engravings of geometrical character.*

La cultura talayótica

La cultura talayótica se desarrolla en las islas de Mallorca y Menorca a lo largo de un extenso período histórico que abarca desde el 1800 aC hasta el 200 dC. El nombre de esta cultura procede de *talayot*, atalaya o torreón circular que presidía el poblado y servía de vivienda a la familia más poderosa.

La cultura talayótica adolece de un cierto primitivismo, debido a que desconoce el aceite de oliva, la elaboración de vino y el torno de alfarero, por lo que sus vasijas están hechas a mano, de manera tosca y mal cocidas. A este panorama hay que añadir que no usan moneda en sus intercambios comerciales y desconocen la escritura.

Dentro de esta cultura tan peculiar, la taula es un monumento único y específico de la isla de Menorca, y encarna la manifestación arquitectónica más singular de la isla, ya que no hay nada similar en Mallorca. La taula se compone de dos grandes bloques de piedra perfectamente tallados. La inferior, denominada *pedra soporte o vertical*, es un paralelepípedo

estrecho y gigante que llega a medir más de cuatro metros de altura, dos o tres de anchura y apenas cuarenta o sesenta centímetros de espesor. Suele estar hincada en la roca madre del terreno o descansa directamente sobre el suelo. La piedra superior, colocada transversalmente sobre la anterior por su propio peso, recibe el nombre de *piedra capitel u horizontal* y también llega a medir cerca de los cuatro metros en las taulas mayores. Tiene la forma de un tronco de pirámide invertida ya que está biselada. Ambas piedras conforman una especie de letra *T* colosal y de alguna manera recuerdan una mesa de pie central, de donde procede su nombre, ya que en catalán *taula* equivale a mesa. Ambos bloques están tallados en la roca caliza propia de la isla, que aparece formando estratos horizontales de fácil labra, y que se denomina *marés*.

En Menorca existen actualmente treinta y una taulas y de ellas once están completas. Se encuentran distribuidas de manera aleatoria en la parte sur de la isla, siempre en el interior de un poblado y en posición próxima al *talayot* mayor. En tiempos prehistóricos, la parte norte de Menorca era pantanosa e insalubre, y por ello poco habitada.

La taula es el monumento principal del denominado recinto de taula con forma absidial o de herradura, especie de basílica en la que se realizaban determinados ritos de carácter religioso, que nos han llegado envueltos en un halo de misterio. El recinto de taula nunca sirvió como lugar de enterramiento. Estaba cerrado por un doble muro de piedras bien colocadas, relleno de ripios y tan alto como la propia taula. En el interior del recinto, gruesas columnas delimitaban capillas.

Desde un punto de vista arquitectónico, la taula, junto con su recinto, conforma una unidad de diseño, de modo que hay una relación entre la taula y su recinto, ya que a mayor taula corresponde un recinto más grande, y llega a medir en algunos casos más de cien metros cuadrados.

El hecho de que la piedra soporte de la taula esté sin pulir en su parte posterior indica que el recinto se dividía claramente en tres espacios: la entrada con su pequeño corredor, generalmente adintelado, que obligaba al visitante a agacharse forzosamente para encontrarse seguidamente ante el monumento, y aumenta de este modo el efecto que la taula debía de



FOTOGRAFÍA 1. Vista frontal y lateral de la gran taula de Trepucó (Mahón). Las dimensiones de su piedra capitel siguen una sucesión geométrica.

provocar en él. El recinto en sí, frente a la taula, dedicado al culto y a los sacrificios rituales junto a la hoguera, que ocupaba el pueblo. En este lugar tenían lugar los banquetes rituales. Finalmente quedaba el espacio posterior a la taula, no permitido a los feligreses y dedicado íntegramente a los sacerdotes y a los menesteres del culto. Dado por tanto que la taula sólo se veía de frente, la parte posterior, por ahorrar un trabajo de cantería inútil, quedaba sin pulir.

El arqueólogo Fernández-Miranda, siguiendo las ideas de la arqueóloga británica Margaret A. Murray, propone que su fecha de construcción está alrededor del siglo IV aC, en época tardía y ya de decadencia de esta cultura, y que permanecen en uso hasta el siglo II dC, plenamente romanizada la isla. Este investigador apunta la posibilidad de que la propia taula pudo haber sido objeto de culto en sí mismo y es partidario de que el recinto de taula no estaba cubierto, excepción hecha quizás de las capillas que circundan las paredes, que podían tener una cubierta a base de falsa bóveda de lajas de piedra. No todos los investigadores son de la misma opinión. Algunos son partidarios de que las taulas se construyeron al comienzo de la cultura talayótica, hacia el año 1500 aC, y de que los recintos de taula estaban cubiertos. Estas cuestiones por el momento están abiertas y sin resolver.

Las taulas que existen completas se pueden dividir en tres grupos: taulas cuya piedra capitel tiene una anchura tan desmesurada que sus constructores se vieron forzados a dotar a su piedra soporte de una columna posterior de apoyo, al que corresponden Torrellafuda, segunda taula o capitel en forma de taula P4 de Torrellafuda y Torretrencada (fotografía 2); taulas cuyas piedras capitel tiene una anchura mínima y cuyas piedras soporte presentan espina posterior; a este grupo corresponden Torralba d'en Salort y Torreta de Tramuntana, y el grupo formado por las taulas cuya piedra capitel presenta una anchura intermedia y que incluye las taulas de Torre d'en Gaumés, Na Comerma de sa Garita, Binisafullet y Trepucó (fotografía 1). Dejamos fuera de estas tres categorías las taulas de Torre Llisà Vell y Talatí de Dalt.

En diversos trabajos hemos propuesto que las dimensiones mayores de las piedras capitel del primer grupo siguen entre sí una sucesión aritmética, las del segundo, armónica, y las del tercero, geométrica. Ello tras descartar modelos basados en números irracionales o tríadas pitagóricas. Para la taula de Torre Llisà, única en que la piedra soporte y la piedra capitel parecen tener el mismo tamaño, hemos propuesto un modelo de acuerdo con el número phi. Según él, la suma del espesor más la anchura, multiplicada por phi, da la longitud. Finalmente, para la cara superior de la piedra capitel de Talatí proponemos dos cuadrados separados por un rectángulo áureo.



FOTOGRAFÍA 2. Vista frontal y lateral de la taula de Torretrencada. Sigue una progresión aritmética.

La anchura de su piedra capitel es tan grande que sus constructores la dotaron de una columna posterior de apoyo para asegurar su equilibrio.

De ser ciertas estas proporciones que apuntamos, se trataría de un caso claro de relación entre matemáticas y arquitectura, ya que su constructor empleó conocimientos geométricos para fijar sus medidas. Hay que recordar que en el siglo v y iv aC, la civilización egipcia, de gran altura matemática, estaba en decadencia, y Babilonia se encontraba sometida al Imperio asirio, mientras que esas fechas marcan la época de esplendor de la cultura griega. A ello hay que añadir que en Menorca son abundantísimos los restos talayóticos, púnicos y romanos, pero son escasos los vestigios griegos. Con menor frecuencia aparecen los restos egipcios, aunque los hay. Véase la pequeña estatuilla sedente, en bronce, del dios Imhotep encontrada en la taula de Torre d'en Ahumees, que para Fernández-Miranda es de época tolemaica, es decir, del último tercio del siglo iv aC. Los vestigios mesopotámicos son escasísimos. Por tanto, sin desmerecer de los matemáticos de esas civilizaciones, parece razonable pensar que sus constructores vinieran del mundo heleno.

## Taulas

En este apartado se dan las dimensiones de dos de las principales taulas: Torre d'en Gaumés y Torralba d'en Salort.

### *Taula de Torre d'en Gaumés*

El poblado talayótico de Torre d'en Gaumés se desparrama por una suave colina. Es el mayor de la isla, con una extensión aproximada de sesenta mil metros cuadrados. La cima de esta elevación se encuentra presidida por tres *talayots* en ruinas, cuyas siluetas se divisan desde los alrededores. El recinto de taula se encuentra adosado al mayor de ellos.

La piedra soporte está enhiesta, pero quebrada, y parte ha desaparecido. Está muy deteriorada. La piedra capitel se encuentra caída, vuelta del revés y situada sobre un paramento de piedras junto a la entrada del recinto, tal como la dejó el notario Flaquer i Fàbregues tras la excavación que realizó a principio de los años cuarenta. El recinto de taula se terminó de excavar por R. Bordoy y P. Massanet en los años setenta.

Seguidamente se dan las dimensiones de la piedra capitel en metros, según diversos investigadores. Al estar caída es muy fácil de medir. Aparecen dos medidas para la longitud y la anchura, ya que la piedra capitel está biselada y, como ya hemos mencionado, tiene forma de artesa o tronco de pirámide invertido (tabla 1).

TABLA 1. Tabla comparativa de medidas

	<i>Longitud</i>	<i>Anchura</i>	<i>Grueso</i>
Martorell	2,45 / 2,32	1,25 / 1,18	0,65
Flaquer	2,50	1,25	0,60
Mascaró	2,50 / 2,32	1,25 / 1,18	0,65
Ibáñez	2,56 / 2,33	1,30 / 1,17	0,67



FOTOGRAFÍA 3. Taula de Torre d'en Gaumés. La piedra capitel está caída y vuelta del revés. Sus dimensiones siguen una proporción geométrica.

Si nos fijamos en las dimensiones mayores, se puede constatar a simple vista que, salvando errores de medida, la anchura es el doble que el grueso y la longitud el doble de la anchura. Ahí están las medidas del notario Flaquer, 0,60, 1,25 y 2,50, o del conspicuo investigador de las taulas Mascaró Pasarius: 0,65, 1,25, 2,50. Sus dimensiones están en progresión geométrica (fotografía 3). No deja de sorprender que un hecho tan evidente no haya sido observado por ninguno de sus investigadores ni de sus numerosísimos visitantes.

En la cultura talayótica no cabe hablar de progresión geométrica. Alguien tuvo que llegar a la isla con suficiente formación matemática como para construir las taulas: ¿quién fue?, ¿cuándo llegó?, ¿fue un seguidor de la escuela pitagórica? A favor de esta hipótesis está el hecho de que los miembros de la secta que fundó Pitágoras en el siglo VI aC eran los únicos capaces de dominar las leyes matemáticas y, por tanto, los únicos que en esas fechas podían introducirlas en sus construcciones. También hay que considerar la proximidad de Sicilia y de las ciudades de la Magna Grecia a Menorca.

#### *Taula de Torralba d'en Salort*

Taula excavada durante los años 1973-1981 por Fernández-Miranda y W. Waldren. Tanto la taula como su recinto están muy bien conservados e impresionan por su grandiosidad. Las medidas que hemos obtenido para esta taula, junto con las propuestas por otros investigadores, se dan seguidamente. Es especialmente interesante el levantamiento de las taulas que mediante restitución fotogramétrica ha llevado a cabo el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica (Dibujo Técnico) de la ETS de Arquitectura de Valencia, bajo la dirección del profesor P. Navarro (tabla 2).

TABLA 2. Tabla comparativa de medidas

	<i>Binimelis</i>	<i>Mascaró</i>	<i>F-Miranda</i>	<i>Tolós</i>	<i>Ibáñez</i>	<i>ETSAV</i>
Longitud	3,80-3,56	3,80-3,70	3,75-3,32	3,83-3,60	3,86-3,66	3,83-3,69
Anchura	1,10-0,90	1,20-1,05	1,60-1,46	1,20-1,05	1,24-1,10	1,18-1,05
Grueso	0,72	0,70	0,71	0,72	0,73	0,73

Llama la atención la falta de precisión en las medidas dadas por el arqueólogo Fernández-Miranda, sobre todo en el 1,60 de anchura, que de haber consultado las publicaciones de Binimelis o Mascaró (Mascaró, 1953b: 13), con quien colaboró en diversas ocasiones, podría haber corregido. Por ello no las tendremos en cuenta.

Seguidamente se calcula la media armónica (H) a partir de la longitud y el grosor de la piedra capitel, y su resultado se compara con la anchura (a). Dadas dos longitudes A y B, la media armónica se obtiene mediante la fórmula:  $H = 2AB/(A+B)$  (tabla 3). La media armónica era una medida empleada por los geómetras y arquitectos griegos. Para el siglo IV aC su cálculo era difícil y suponía avanzados conocimientos matemáticos. Hay que pensar que su cálculo se debía realizar mediante una determinada construcción geométrica muy precisa y compleja.

TABLA 3. Tabla comparativa de medidas

	<i>Binimelis</i>	<i>Mascaró</i>	<i>Tolós</i>	<i>Ibáñez</i>	<i>ETSAV</i>
Longitud	3,80	3,80	3,83	3,86	3,83
Grueso	0,72	0,70	0,72	0,73	0,73
Anchura (a)	1,10	1,20	1,20	1,24	1,18
Media arm. (H)	1,211	1,177	1,212	1,228	1,226
Dif. H-a	-11,1 cm	2,3 cm	-1,2 cm	1,2 cm	-4,6 cm

Prácticamente coinciden los valores calculados para la media armónica y los medidos en el campo, dado el lógico desgaste de la piedra debido al paso del tiempo (fotografía 4). Las diferencias han sido las siguientes: 11,1, 2,3, 1,2, 1,2 y 4,6 cm. Estos resultados parece que confirman la idea de que el diseño de la piedra capitel se hizo de acuerdo con esta proporción.



FOTOGRAFÍA 4. Vista frontal, lateral y posterior de la taula de Torralba d'en Salort, Alaior. Las dimensiones de su piedra capitel siguen una proporción armónica.

La piedra soporte está biselada, con un ángulo de  $85,5^\circ$  que fuga a la parte posterior de la taula. Este bisel desaparece a un metro de la parte superior, lo que indica una clara finalidad estética. A su vez, esta piedra no está aplomada, sino inclinada ligeramente hacia atrás  $3,2^\circ$ . Pese a ello, la piedra superior mantiene el nivel horizontal. Según Ibañez, la piedra vertical es ligeramente más ancha en su parte superior (2,44 m) que en la inferior (2,40 m).

En la taula de Torreta de Tramuntana, de similar tipología, el ángulo del bisel de la piedra soporte es de  $75^\circ$ , y, como en Torralba, no llega a la parte superior. En esta taula, la piedra vertical está inclinada hacia atrás  $5^\circ$ . Además, su anchura es claramente mayor en la parte superior que en la inferior, 1,90 frente a 1,75.

Creemos que en este tipo de taulas se dan una serie de refinados efectos ópticos, entre los que destaca vencer la piedra soporte ligeramente hacia atrás mientras que la superior mantiene la horizontalidad. Este juego pétreo se consigue al dotar a la piedra vertical de espina posterior de apoyo. Con ello se pretende evitar al observador el efecto de que la taula se le caiga encima, y al mismo tiempo, aumentar la sensación de verticalidad del monumento. Las taulas, en nuestra opinión, están diseñadas para verlas exclusivamente de frente. Por otra parte, al biselar la piedra soporte, se amplía el ángulo desde el que se puede mirar frontalmente estos monumentos sin llegar a observar el grueso del perfil lateral de dicha piedra. Así mismo, el que la piedra soporte sea mayor en su parte superior que en la inferior, como ocurre de forma muy acusada en sa Torreta y menor en Torralba, viene a insistir en el efecto de acrecentar en el ánimo de quien las mire una mayor sensación de altura y poder. Todo ello nos inclina a pensar, junto con el hecho de ocultar en sus dimensiones elaboradas relaciones matemáticas, que su diseño se debe a la mano maestra de un arquitecto griego o de algún personaje embebido en dicha cultura. Las taulas de este grupo son las más complejas y evolucionadas.

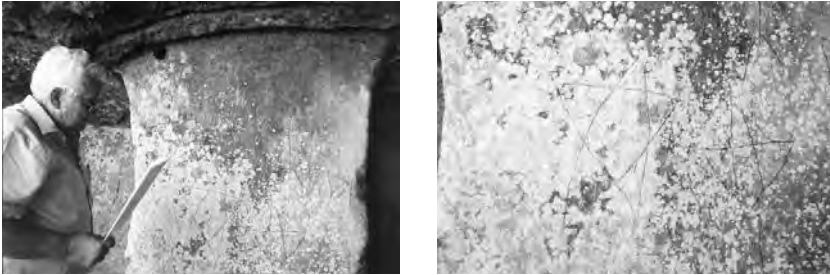
### Grabados rupestres geométricos

El paisaje menorquín está surcado de cuevas. Allí donde la roca caliza cuaternaria denominada *marés* ha formado un talud, el hombre talayótico ha excavado cuevas con hachuelas con una finalidad de habitación o de enterramiento. Estos lugares han sido reutilizados para distintos fines con el paso de los siglos. Algunas de estas cuevas, muy pocas, presentan grabados rupestres en sus paredes. Entre ellos destacan los de carácter geométrico, y algunos son muy elaborados y complejos. En este artículo vamos a comentar cuatro descubiertos por Mascaró Pasarius en el año 1952, que tras su publicación en revistas locales han caído en el más completo olvido. En general estos grabados nunca han tenido una atención que pudiéramos llamar matemática, y eso pese a que están formados por rectas, curvas y círculos, lo que se presta fácilmente a dar una interpretación geométrica de los mismos.

Sobre todos estos grabados subyace el grave problema de su cronología, si bien la fina pátina calcárea que en algunos casos recubre la incisión parece justificar su antigüedad.

El primer grabado que publicó Mascaró es en realidad un conjunto de ellos. Aparecieron en la Cova de s'Encantament (Alaior). Se hallan en una cueva cuyo techo se desplomó parcialmente. Los grabados se encuentran en la parte delantera de una columna de sustentación adosada a la pared, y en su día estarían al fondo del recinto (fotografía 5). En este conjunto de grabados, que los especialistas tienden a considerar como un ideograma, destaca la figura de una estrella de cinco puntas, cuyas dimensiones mayores miden 25 cm, y también

la de un hombre desnudo y esquemático con cabeza triangular, brazos en cruz, dedos de las manos muy marcados y rodillas dobladas, lo que parece indicar una actitud orante o de respeto hacia la estrella. Los dos brazos miden de muñeca a muñeca 17 cm. Se han dado varias interpretaciones a este ideograma, que básicamente se reducen a un hombre en acción de gracias o adorando una estrella, pero en ningún caso se ha relacionado este astro con el pentágono estrellado, símbolo de la escuela pitagórica, lo que asociaría este grabado con los griegos de esta secta religiosa.



FOTOGRAFÍA 5. El arquitecto menorquín Víctor Tolós Michavila observa el ideograma de la Cova de s'Encantament. Los grabados están cubiertos de líquenes. Se distingue claramente la estrella de cinco puntas y el hombre arrodillado ante ella junto con otros dibujos de difícil interpretación.

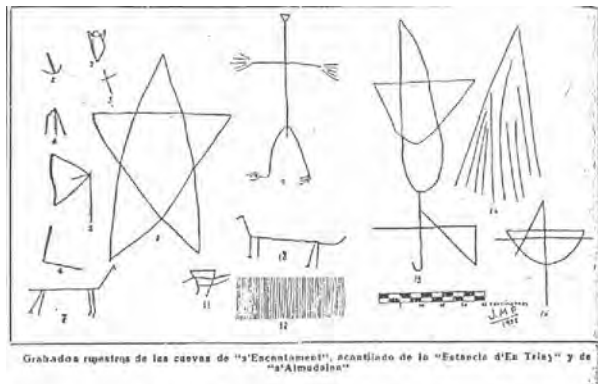


FIGURA 1. Ideograma de la Cova de s'Encantament según Mascaró (1952).

El siguiente grabado apareció según Mascaró (1983) en una de las numerosas cuevas de enterramiento del barranco de na Foradada, en el término municipal de Es Migjorn Gran (figura 1). En su *Geografía e historia de Menorca*, vol IV (1983), lo reseñó del siguiente modo: «uno de ellos triangular, surcado de líneas que le da un cierto parecido con una choza, coronada por lo que parece una cruz con dos incisiones verticales a cada lado de casi el extremo de sus brazos y una media circunferencia debajo del cruce de la cruz» (figura 2).

El grabado es realmente enigmático y lo cierto es que excepto el mismo Mascaró nadie más había vuelto a verlo hasta el punto de que en algunos medios se dudaba de su existencia. Yo mismo he intentado localizarlo en numerosas ocasiones a lo largo de estos años, pero



estos grabados incisos son de líneas muy tenues por lo que para resaltarlos conviene iluminar lateralmente las paredes de las cuevas con una linterna y aun así es fácil pasarlos por alto.

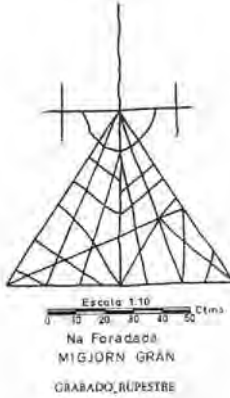


FIGURA 2. Triángulo de la cueva de na Foradada según Mascaró. Para él representa una choza de ramas rematada por una cruz.

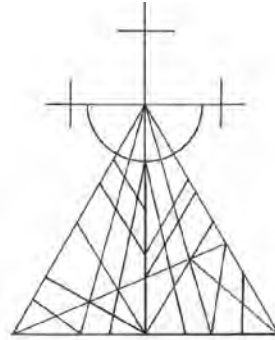


FIGURA 3. Reconstrucción del triángulo.

Finalmente, impulsado por mi interés y bajo la acertada dirección del arqueólogo Joan C. de Nicolás, que indicó sagazmente la cueva y el lugar en el que probablemente estaría, el joven menorquín Ricardo López Segura ha vuelto a descubrirlo.

El grabado se encuentra situado en la pared frontal de la gran columna central que sustenta la bóveda (fotografía 6).

No cabe duda de que se trata de un grabado singular, de carácter geométrico, de apenas 8,4 cm de altura por 7,8 de base y 6,2 de lado, y consta de una trama muy interesante y compleja (fotografía 7).



FOTOGRAFÍA 6. Columna central donde se encuentra el grabado triangular. Frente a ella el arqueólogo J. C. de Nicolás y Ricardo Segura entre cuyos dedos se encuentra el dibujo.



FOTOGRAFÍA 7. Triángulo de na Foradada. Las incisiones se han repasado con un lápiz para destacarlo.

Ante él, por una parte hay que resaltar la aceptable coincidencia entre la ilustración de Mascaró y la realidad. Tan sólo se dejó por dibujar la incisión transversal que remata la cruz y que es equidistante respecto a las otras dos. Así mismo, destaca lo bien trazado que está, excepción hecha de la base del triángulo, que da la impresión de que se inició desde un vértice y se terminó desde el otro.

En la figura 3 hemos reconstruido el triángulo salvando en lo posible los errores que se cometieron al trazarlo a mano alzada. Creemos que este conjunto de rayas no es una cabaña de ramas, sino algo mucho más complejo, y que se dibujó con un fin exclusivamente geométrico.

El tercer grabado (figura 4) está en la Cova de sa Païssa de s'Almudaina (Alaior). Lo denominó *Arco y flecha* y le dio el número 15 (Mascaró, 1953b). El mismo equipo que localizó el grabado anterior ha vuelto a encontrar éste (véanse las fotografías 8 y 9). El grabado se encuentra en la enorme pilastra central, aunque en su lado derecho. Está realizado a mano alzada, de forma tosca, ya que la incisión es amplia y no tan aguda como en el caso anterior. La altura del eje vertical mide 19,5 cm, y del punto A al B hay 22 cm. En este caso la similitud del dibujo de Mascaró con la realidad no es tan perfecta. El semicírculo según Mascaró se ha trazado desde el punto C, mientras que en la realidad parece que se ha hecho desde un punto externo, el O, que se encuentra a una distancia CD del E. En la figura 5 se ha reconstruido la figura.

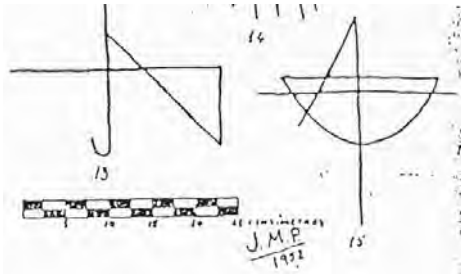


FIGURA 4. Grabado de la Cova de sa Païssa de s'Almudaina según Mascaró.

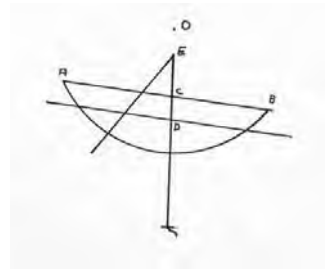


FIGURA 5. Reconstrucción del grabado de sa Païssa de s'Almudaina. En una segunda fase se puede mejorar su horizontalidad.



FOTOGRAFÍA 8. Gran columna central de la Cova de sa Païssa de s'Almudaina con una pequeña hornacina para ofrendas. En la pared lateral derecha se encuentra el grabado.



FOTOGRAFÍA 9. Detalle del grabado. Las líneas incisas se han repasado con un lápiz.

El último grabado se encuentra en una cueva del predio de Calafí Vell. La cueva se debe de encontrar más allá de la casa predial, y debe de ser una de las cuatro que bordean el límite de la finca con el barranco de Trebalúger, ya que en dicho punto hay un pequeño altozano rocoso con cuevas y rodeado de maleza. Mascaró se limitó a indicar que dicho grabado está en esa finca de labor, sin concretar más su ubicación. A pesar de nuestros intentos muy intensos y sistemáticos, no dimos con él, y por tanto nos basamos únicamente en el dibujo que realizó Mascaró y que se recoge en Mascaró (1953a, n°3).

El grabado se muestra en la figura 6. En él aparecen dos cuadrantes de círculo concéntricos, cuyo centro hemos marcado con la letra A. En el punto que hemos denominado O puede observarse una cruz de lados desiguales, cuyo ramal derecho se prolonga ingrávido en el vacío de una manera exagerada y misteriosa hasta el punto B.

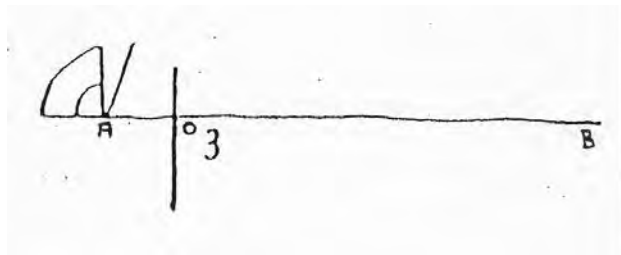


FIGURA 6. Grabado que se encuentra en la pared de una cueva de Calafí Vell (Mascaró, 1953a).

Para nosotros esta figura geométrica representa un intento de «rectificar el círculo», esto es, tratar de extender sobre una línea recta la longitud de una circunferencia. En el mundo helénico este problema se enunciaba como la cuadratura del círculo, a saber, encontrar un cuadrado cuya superficie coincidiera exactamente con el área de una circunferencia dada. Si bien el problema no tiene solución por ser el número pi un número trascendente, no siempre se ha sabido que esto era así, por lo que ha habido numerosos intentos de resolverlo. Para nosotros el segmento OB que se prolonga excesivamente hacia la derecha del punto O, casi en el espacio tenebroso, es justamente la longitud del círculo mayor cuyo centro es A, y presupone el conocimiento del número pi. De hecho, si Mascaró trazó a escala su dibujo, y sobre él se mide el diámetro del círculo, y esta longitud se multiplica por 3,14, se obtiene el segmento OB. Es una hipótesis razonable, y de ser así, el enigma de quién y cuándo se trazó esta figura es interesante y crucial. Además hay que tener presente que el grabado está realizado de manera tal que lo debe interpretar el espectador. Siendo esto así, ¿quién lo pudo dibujar? Dado que Pitágoras falleció alrededor del año 500 aC y que la destrucción de su escuela y la diáspora de sus seguidores se produjo hacia el año 450 aC, tras la matanza de Metaponto, al menos podemos arriesgarnos a tomar esta fecha como límite superior.

Frente a la hipótesis que hemos apuntado de que el ideograma de la Cova de s'Encantament representa una estrella de cinco puntas o pentagrama, símbolo y emblema de la escuela pitagórica, y dado que también aparecen pentágonos estrellados en las jambas del portal de entrada de la Cova de Santa Ana (Mahón), hoy en día ya desaparecidas por desidia y abandono, y en Alcaldús de Dalt, lo que junto con los grabados aquí expuestos podría suponer algún tipo de contacto entre miembros de la escuela pitagórica y Menorca en los si-

glos VI o III aC, surge el inconveniente de que, tal como cita Mascaró (1983), en el muro exterior de piedra de la ermita de la Consolació (Santanyí, Mallorca) hay grabada una estrella similar.

### Bibliografía

- IBÁÑEZ, V. (2000a). «Reflexiones sobre el diseño de las “taulas” de Menorca y su relación con el mundo pitagórico». *Suma*, núm. 35, pp. 75-86.
- (2000b). «Un exemple d’architecture pythagoricienne? Les Taulas de Minorque». *Tangente Hors-Série*, núm. 14, *Mathématiques & Architecture* [París], pp. 74-79.
- (2002a). «El grabado prehistórico de la cueva de Calafí Vell (Menorca) y la rectificación del círculo». *Suma*, núm. 39, pp. 95-96.
- (2002b). «Les gravures rupestres de l’île de Minorque». *Tangente* [París], núm. 89, pp. 42-45.
- MASCARÓ, J. (1953a). «Las cuevas prehistóricas y los grabados rupestres de Menorca». *Ampurias* [Barcelona], vol. XV-XVI, pp. 345-349.
- (1953b). «Otros grabados rupestres de las Coves de s’Encantament». *Monte Toro* [Menorca], núm. 98.
- (1983). «Los grabados rupestres». En: *Geografía e historia de Menorca*. Vol. IV. Menorca, Ciutadella, AL-LES, Artes Gráficas, pp. 55-63.

# ELS EXERCICIS DE FÍSICA DEL DOCTOR ANTONI QUINTANA MARÍ, UN GRAN EDUCADOR. TOT RECUPERANT LA FEINA DELS NOSTRES PREDECESSORS

**Rosa M. Melià Avià**

IES Manuel Vázquez Montalbán, Sant Adrià de Besòs

Paraules clau: *física, història, exercicis, gravitació, Newton.*

Physics questions proposed by Dr. Antoni Quintana Marí, a great educator. A case of recovery of historical documents

*Summary: This paper was first written as a leaflet to be handed out to the participants to the II workshop. Unfortunately, such a way of diffusion did not succeed and due to its relevance regarding the recovery of historical documents on the relations between history of science and education, the editors decided to include it in a different format in these proceedings. On the other hand, this paper can be considered as a little homage to Dr. Antoni Quintana Marí as a historian and educator.*

Key words: *physics, history, questions, gravitation, Newton.*

## Introducció

Aquest article va ser redactat inicialment en forma de tríptic amb la intenció de fer-se públic entre els assistents de la II Jornada. El fet que aquesta difusió no fos possible i donada la seva importància pel que fa a la recuperació d'un fons documental sobre les relacions entre la història de la ciència i l'ensenyament, ens ha dut a facilitar-ne la seva publicació en un altre format. D'altra banda, voldríem que aquest article servís també per rendir un petit homenatge al doctor Antoni Quintana Marí com a historiador i educador.

## Antoni Quintana Marí: els científics proposen exercicis

Dins d'un ensenyament secundari, que sol presentar alguns dels conceptes científics des de la seva vessant històrica, han de tenir cabuda diverses activitats plantejades en aquest sentit.

Es fa necessària una renovació de l'aprenentatge de les matèries científiques impartides en els centres docents per captivar l'alumnat i, alhora, la societat en general. Fins al moment actual hem pogut observar una tendència a introduir aplicacions capdavanteres, o bé els fets quotidians, deixant de banda els descobriments històrics i el seu tractament contextualitzat. Els primers passos dels científics es treballen com a fets actualment superats, amb poca importància i com a cosa del passat.

Si bé respectem les figures científiques de renom universal, no ens hem interessat massa per treballar pedagògicament amb enfocaments acurats les seves aportacions. En àmbit docent es redueix tota referència a aquests, a una visió simplista, pobre i massa poc consistent.

Les eines per treballar la física i la química a la secundària van des de les més utilitzades, com ara problemes —quasi sempre seguint un patró clàssic i repetitiu— i pràctiques —experimentació—, fins a les més actuals que se solen presentar relacionades amb la gran quantitat de possibilitats que ens ofereixen les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC). Si, en les classes teòriques, ja hem assumit la presentació i discussió de fets quotidians propers a l'alumnat com proposava Rosa Sensat, per què no recuperem propostes d'altres grans educadors com el doctor Antoni Quintana?

#### Els exercicis de física del doctor Quintana

Antoni Quintana fou un gran químic que, dedicat a la investigació i la indústria, no va voler oblidar mai la importància de la ciència en l'educació. Ja des dels seus inicis, com a estudiant de l'Institut Martí i Franqués de Tarragona, va destacar com a mà dreta del seu professor de química, el doctor Josep Estalella. Era una persona entranyable que va preveure la importància d'evitar l'ensenyament d'una ciència abstracta contextualitzant-lo. Un bon exemple n'és el seu recull d'exercicis de física, plantejats des de la seva vessant històrica i curiosament documentats. La filla del doctor Quintana m'havia comentat, amb orgull, com recordava aquests exercicis, redactats en petites fitxes, que el seu pare utilitzava per ensenyar-li física.

L'esforç i l'interès dels fills del doctor Quintana ens han portat a proposar l'ús d'aquests problemes a l'aula, per diversos motius:

- La seva redacció és acurada i està molt ben documentada
- Actualment les possibilitats que ens dóna la xarxa ens poden ajudar a aprofundir en la seva contextualització
- Van acompanyats de la corresponent resolució, però ens permet fer-ne una actualització ajustant-la a l'actualitat.

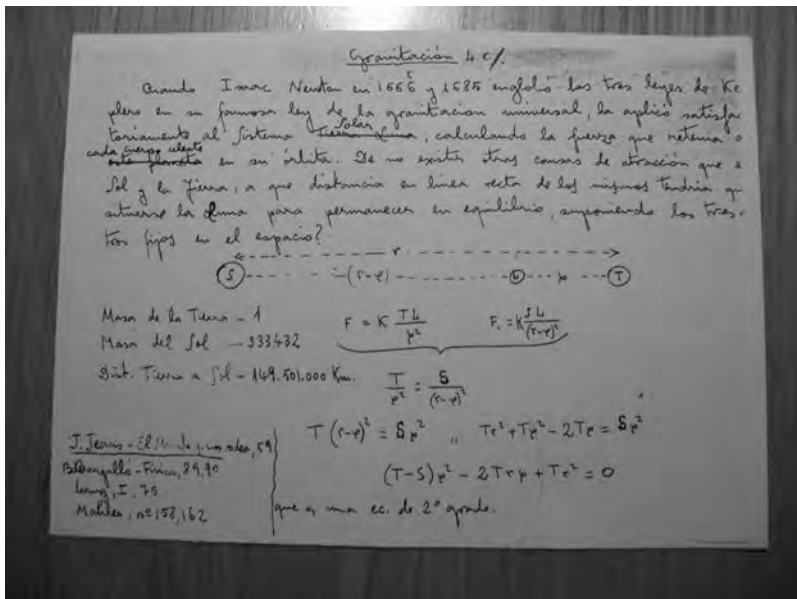
Es proposa consultar la bibliografia d'Isaac Newton (<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd97/Biografias/03-1-b-newton.html>) i una aproximació simple a la llei de gravitació universal (<http://es.wikipedia.org/wiki/Gravedad>).

Problema (dinàmica i estàtica):

Referències: *El mundo que nos rodea*, J. Jeans, p. 59

*Física*, B. Bargalló, p. 89, 90

Proposem un exemple: Isaac Newton i la gravitació universal



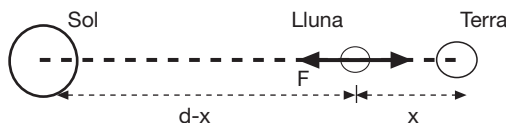
Quan Isaac Newton (1666-1685) va englobar les tres lleis de Kepler en la seva llei de gravitació universal, la va aplicar satisfactòriament al sistema solar, calculant la força que retenia cada cos celeste en la seva òrbita.

Si no existissin sobre la Lluna altres causes d'atracció que les del Sol i de la Terra, a quina distància d'aquests se situaria en el nostre satèl·lit per estar en equilibri, suposant els tres cossos fixos a l'espai?

Dades: massa de la Terra:  $5,98 \cdot 10^{24}$  kg; massa solar:  $1,98 \cdot 10^{30}$  kg; distància entre la Terra i el Sol:  $1,49 \cdot 10^{11}$  m

És necessari conèixer la massa de la Lluna?

Resolució a partir de l'esquema, aplicant la llei de gravitació universal i igualant les forces sobre la Lluna per mantenir-la en equilibri:



Si voleu ampliar la informació, podeu consultar: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler4/kepler4.html>

Se suggereix estudiar els moviments reals de la Terra i la Lluna en el sistema solar i analitzar applets a Internet.





# EL COMPÁS DE PROPORCIÓN, COMPÁS GEOMÉTRICO Y MILITAR O PANTÓMETRA

**Juan Navarro Loidi**

Instituto de Bachillerato a Distancia de Guipúzcoa - Gipuzkoako Urrutiko Batxilergoko Institutua

Palabras clave: *compás de proporción, instrumentos matemáticos, proporción geométrica.*

The proportional compass, geometric and military compass or Pantometra

Summary: *This communication studies the proportional compass and shows some posible applications of this mathematical instrument to a secondary school class of mathematics. It is proposed the use of the scales separately to avoid the difficulties of the compasses.*

Key words: *proportional compass, mathematical instruments, geometrical proportion.*

El compás de proporción es una especie de «calculadora analógica» que se utilizó bastante durante los siglos XVII y XVIII. El nombre le viene de que los cálculos que se hacían con él están basados en la proporcionalidad entre segmentos. Pero también se le ha llamado *compás geométrico y militar*, porque era utilizado principalmente por militares, o *pantómetra*, por su versatilidad.

Su invención fue el fruto de un largo proceso (Daumas, 1953: 33-39), pero se suele considerar que su inventor fue Galileo Galilei que diseñó y vendió un *compasso geometrico e militare* a finales del siglo XVI, y publicó un libro en el que se explicaba su uso (Galilei, 1606). A España, tal vez llegara antes el *compás pantómetro* propuesto por el belga Michel Coignet (1549-1622), y en otros países se pueden encontrar también otros instrumentos semejantes propuestos en fechas anteriores, pero Galileo fue quien consiguió que el aparato se popularizara.

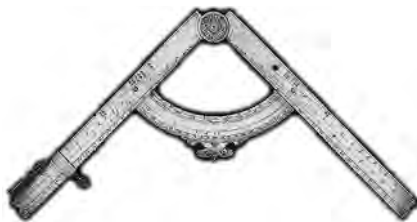


FIGURA 1. Compás de proporción de Galileo.

### En qué consiste una pantómetra

La pantómetra es un aparato que tiene la forma de un compás con dos láminas planas como piernas. Estas láminas están unidas entre sí por una bisagra que permite abrirlas o cerrarlas. Sobre cada lámina están grabadas varias escalas. Las escalas son las mismas en las dos piernas de una misma cara del compás y están dispuestas simétricamente. Además las líneas están grabadas de tal forma que todas convergen en el eje de la bisagra.

Este instrumento se puede usar para hacer diversas operaciones. En las más corrientes se trata de, conocida una cierta magnitud que se representa mediante un segmento, hallar otra que guarde cierta proporción con la dada. Para obtenerla se comienza tomando las dos escalas del compás que correspondan a la magnitud con la que se quiera operar. Cada una estará en una pierna diferente. Se abre el aparato hasta que el segmento conocido se ajuste entre dos marcas iguales de esas dos escalas, dos unos, por ejemplo. Si no se mueven las piernas, la relación entre la longitud del segmento conocido y la de otro que esté entre otro par de puntos iguales será la misma que la que haya entre las longitudes que determinen los puntos correspondientes en cada escala. Es decir, si el segmento conocido se coloca entre dos puntos que distan 1 de la bisagra, el segmento que esté entre dos marcas de las escalas que distan 3 de la bisagra será tres veces mayor que él. Esto se deduce de que el triángulo que tiene por vértices la bisagra y los dos puntos entre los que está el segmento conocido, y el triángulo de vértices la bisagra y los dos puntos entre los que está el nuevo segmento son semejantes, ya que los dos lados que van según las escalas son proporcionales y el ángulo comprendido entre ellos es común.

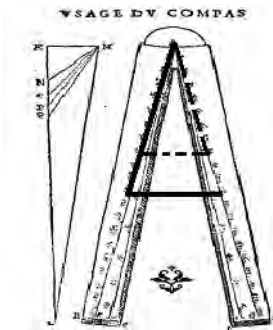


FIGURA 2

Con este instrumento no se hacen cálculos numéricos. Los datos y los resultados son segmentos. Históricamente esas longitudes se trasladaban con un compás de puntas finas. Si se quería conocer el valor numérico de la solución se llevaba la abertura obtenida a una regla graduada, que en aquel tiempo se llamaba *escala de partes iguales* o *petipie*.

La interpretación geométrica o física de los resultados obtenidos dependía de las escalas utilizadas. Las líneas que estaban presentes variaban de un compás a otro porque los fabricantes adaptaban las pantómetras a las necesidades de la profesión a la que querían vender el aparato. Las líneas más corrientes fueron la de partes iguales, la de superficies, la de volúmenes, la de cuerdas, la de metales, la de polígonos, las de senos y tangentes y la de pesos de balas de cañón.

Algunos compases de proporción tenían algunas piezas más. Por ejemplo, el propuesto por Galileo tenía un cuadrante o transportador para medir ángulos, que podía servir en topografía. Aunque la pantómetra o compás de proporción era fundamentalmente un aparato de cálculo, no de medida, tuvo muchas variantes y algunas, como la de Galileo, pudieron utilizarse también con ese fin. En particular, este aparato no está relacionado con un tipo de teodolito azimutal, que se denomina también *pantómetra*. Tampoco lo está con el compás de reducción, que sirve para copiar dibujos a escala y que algunos denominan *compás de proporción*.

El compás o sector de Gunter (1581-1626) sí que se parece a la pantómetra, pero no se le suele considerar una variante del compás geométrico y militar. Se diferencia por sus líneas ya que solía tener unas escalas trigonométricas y logarítmicas que en las pantómetras no eran corrientes. Pero si se han considerado aparatos diferentes ha sido, principalmente, porque estaban dirigidos a públicos distintos. La pantómetra la utilizaron en tierra, militares, agrimensores o arquitectos, mientras que el compás de Gunter lo usaron en el mar los navegantes.

El éxito del compás de proporción se debió a que desde el Renacimiento muchos profesionales se vieron en la obligación de hacer unos cálculos para los que no estaban muy bien preparados. La pantómetra les ofreció a estos técnicos una forma rápida, pero no muy precisa, para llegar al resultado buscado. Como en aquella época no se solía necesitar mucha exactitud para levantar fortificaciones, para medir las tierras o para otras tareas similares, esa cuestión no era un obstáculo importante. Pero con el paso del tiempo la situación fue cambiando y al llegar al siglo XIX el compás de proporción dejó de utilizarse porque su precisión comenzó a ser insuficiente y, sobre todo, porque los profesionales que la utilizaban comenzaron a estar mejor formados y a ser capaces de realizar cálculos más complicados. Sin embargo, otros aparatos del mismo tipo se han seguido utilizando hasta épocas recientes. Por ejemplo, las reglas de cálculo han durado hasta finales del siglo XX, y funcionaban también a base de operaciones entre segmentos. Pero en ese caso las matemáticas necesarias son algo más sofisticadas pues los cálculos se basan en unas escalas logarítmicas.

Si nos limitáramos a la evolución de este instrumento en España, la historia no cambiaría mucho. Durante los siglos XVII y XVIII se proponía su uso en muchos tratados militares o libros de matemáticas, aunque eran pocos los textos en los que se explicaba cómo se utilizaban y muy raros los que exponían cómo hacer para fabricarlos. A finales del XVIII todavía se seguía proponiendo la utilización del compás de proporción en varios textos. Benet Baïls, por ejemplo, describe una pantómetra muy completa en sus *Principios* (1776, vol. I: 384-409). Pero en los libros de matemáticas del siglo XIX el compás de proporción ya no figura entre los instrumentos matemáticos propuestos.

Lo característico de su evolución en España fue que su fabricación fue prácticamente inexistente. Los compases que se usaban en la península Ibérica venían de Flandes, Italia, Francia o Inglaterra. Varios autores, como Firrufino (*El perfecto artillero*, 1642), Zaragoza (*Fábrica y uso de varios instrumentos mathematicos*, 1675), Fernández de Medrano (*El ingeniero*, 1687) o el benedictino gallego Martín Sarmiento propusieron nuevos modelos más o menos útiles y originales de este instrumento. Pero sólo el jesuita Zaragoza lo fabricó. Su compás tiene por una cara una pantómetra militar, para utilizarla en la fortificación, y por la otra un compás harmónico para emplearlo en la música. Actualmente está expuesta en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid.

### La regla de proporción de Fernández de Medrano

Los militares del siglo xvii no necesitaban conocer muchas matemáticas para valerse del compás de proporción. Tampoco se necesitan saber ahora para entender su funcionamiento. Por esa razón se podría utilizar en clase para introducir determinados temas, o para mostrar la interrelación entre las matemáticas y las técnicas, o, sencillamente, para presentar a los alumnos unas matemáticas más humanizadas que evolucionan con el tiempo. Como la pantómetra se basa en la proporcionalidad de magnitudes y en la semejanza de figuras, se podría introducir como aplicación en las explicaciones de esos temas, que normalmente se imparten en segundo de ESO. También se puede introducir en otras materias posteriores cuando se emplea de alguna forma la proporcionalidad directa en los cálculos.

Pero referirse al compás de proporción en clase sin tener una reproducción delante resulta demasiado abstracto. Para fabricarlo se necesita utilizar una materia resistente, porque con el uso la bisagra que une las dos piernas del compás tiende a ceder y a tomar holgura. Pero no es fácil grabar las escalas en los dos lados si el material es duro. Por otra parte, es difícil encontrar ejemplares originales de este instrumento en los museos de la Península. Para evitar esos inconvenientes se puede dejar de lado la forma física del compás de proporción y dar importancia a las escalas. Eso lo hizo ya a finales del siglo xvii el profesor de *arte militar* Fernández de Medrano que propuso utilizar una regla que tuviera grabadas las escalas que se precisaran en lugar de usar un compás. Esa presentación obliga a dibujar los triángulos necesarios en un papel, en lugar de obtenerlos utilizando las piernas del compás de proporción. Eso era una dificultad importante en el siglo xvii, porque hacía mucho más lentos los cálculos, pero no es ningún inconveniente para utilizarlo en una clase hoy en día. Además ahora no hay que grabar las escalas en una regla para tenerlas a mano. Se pueden dibujar en un papel y fotocopiarlas para que todos los alumnos las tengan. Tampoco se necesita utilizar el compás de puntas finas para trasladar las longitudes. Una regla puede servir para hacerlo, aunque se pierda autenticidad histórica.

Para ver en qué tipo de cuestiones se podrían utilizar las escalas, se van a comentar algunas de las aplicaciones que propone para su regla Fernández de Medrano en *El arquitecto* (1700: 439-464), comenzando por ver cómo era ese instrumento. La regla de Medrano en la primera cara tenía las siguientes líneas:

- Una escala con cuatro pulgadas de pie de París, con la última dividida en partes hasta lograr una precisión de dos décimos de doceavo de pulgada
- Una recta con las longitudes de las aristas de unos sólidos semejantes cuyos volúmenes son proporcionales a 1, 2, 3, ..., 64



FIGURA 3

— Una recta con los radios de unas esferas de oro, plomo, plata, cobre, hierro y estaño de igual peso

— Un arco de círculo de sesenta grados de amplitud, dividido en seis partes de las que la última está partida en otras diez, de tal forma que cada división es un grado. Cada grado de estos está a su vez dividido en dos mitades.

La segunda cara de esta regla tenía las siguientes escalas:

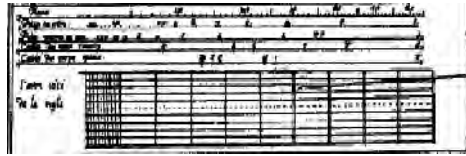


FIGURA 4

— Una con las longitudes de los lados de unas figuras semejantes que tienen sus superficies proporcionales a 1, 2, 3, etc., hasta 64.

— Otra con los lados de los polígonos regulares inscritos en un círculo (cuyo radio es igual al lado de hexágono)

— Una tercera con los lados de los polígonos que tiene la superficie igual a la de un círculo cuyo diámetro viene marcado con una D

— La siguiente escala tiene las aristas de los cinco cuerpos platónicos inscritos en una esfera, cuyo diámetro está marcado con una S

— En otra escala están las longitudes de las aristas de los cinco cuerpos anteriores cuando tienen el volumen igual al de una esfera cuyo diámetro está marcado con una S

— Una escala de tres pulgadas de un pie del Rin dividida en diez partes de las que la última está de nuevo partida en diez. En esta parte hay unas líneas trasversales con las que se obtiene una precisión de uno en mil.

En cuanto a las aplicaciones de esta regla, la primera que presenta Fernández de Medrano en su libro es la siguiente:

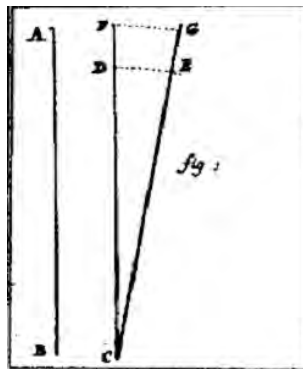


FIGURA 5

«PROPOSICIÓN I. Dividir una línea en las partes iguales que se quiere» (Medrano, 1700: 443).

No se discute esta proposición en general. Lo que se hace, en concreto, es dividir un segmento conocido AB en cinco partes.

Para ello se traza una recta CF indefinida. En la escala de partes iguales de la regla se toma un segmento de longitud múltiple de cinco, por ejemplo desde la bisagra hasta la marca 50. Con él se traza un arco con centro C. En ese arco se toma una cuerda DE de longitud igual a una quinta parte del radio, hasta la marca 10 en el ejemplo. Por el punto E se traza la recta CE. Con origen en C sobre la primera recta, se toma un segmento CF igual a AB. Usándolo como radio se traza el arco FG. La cuerda FG es la quinta parte de AB.

«PROPOSICIÓN IV. Aumentar, ó disminuir la superficie de cualquier figura en la proporción que se quiera, quedando semejante» (Medrano, 1700: 446).

Lo que se pide en concreto es dibujar un triángulo que tenga cuatro veces el área del triángulo ABC dado.

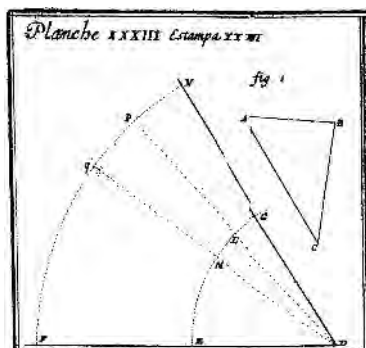


FIGURA 6

Para conocer los lados de ese triángulo se traza una recta indefinida. Con una distancia DE que corresponda, por ejemplo, al 8 en la línea de superficies, se traza un arco. Sobre dicho arco se toman las cuerdas EM, ML, LG iguales a los tres lados AB, BC, CA del triángulo dado. Desde el centro D del arco, se trazan las rectas DM, DL y DG. Con un radio DF que valga 32 en la línea de superficies se traza un nuevo arco. Los puntos de corte de ese arco con las rectas anteriores, F, Q, P, N, determinan los lados FQ, QP y PN de un triángulo semejante que tiene cuatro veces la superficie del ABC.

En esta proposición la justificación viene de la forma en que se han dibujado las marcas en la línea de superficies. En esa escala, si  $DE^2 = 8K$  es  $DF^2 = 32K = 4 DE^2$ . Como la razón entre los segmentos DE y DF es la misma que entre los segmentos AB y DM, BC y QP o CA y PN, el área del nuevo triángulo será cuatro veces la del primitivo porque las áreas son proporcionales al cuadro de los lados. Es decir, la justificación se basa en que la escala de superficies viene a ser una escala de raíces cuadradas.

«PROPOSICIÓN V. Dividir un círculo en las partes iguales que se quiere» (Medrano, 1700: 447).

Se quiere dividir la circunferencia AB en cinco partes iguales. Para ello se traza una línea indefinida. En la línea de los polígonos inscritos se toma el segmento CD que va del

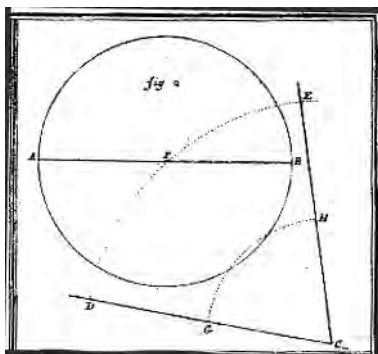


FIGURA 7

origen hasta el 6 (radio) y con él se traza un arco. En dicho arco se toma una cuerda DE igual a la longitud que va del origen hasta el número 5 de la línea de polígonos, que es igual al lado del pentágono inscrito en círculo de radio CD. Se traza la recta CE. Con AF, radio de la circunferencia AB y centro en C se traza el arco GH, que corta en H a la recta CE. La cuerda GH es el lado del pentágono inscrito en la circunferencia dada. Con esa longitud es fácil dividir la circunferencia en cinco partes iguales.

Además de estos ejercicios, en el libro de Fernández de Medrano se explica cómo dibujar un ángulo de una amplitud dada o cómo medir un ángulo, utilizando el arco para ángulos. Con la línea de polígonos iguales en superficie a un círculo se resuelve la «PROPOSICIÓN VI. Dado un círculo, hallar un lado de cualquier figura regular que le sea igual en superficie» (Medrano, 1700: 449), encontrando, en concreto, el lado de un cuadrado que tiene un área igual a la de un círculo dado. Con la línea de volúmenes y un razonamiento similar a los anteriores se muestra como hacer la «PROPOSICIÓN IX. Aumentar, ó disminuir el sólido de un cuerpo, en la proporción que se quisiere, quedando semejante» (Medrano, 1700: 453). En esta proposición se explica la forma de hallar el diámetro de una bala de tres libras si se conoce el diámetro de una bala de una libra. Con la escala de radios de esferas del mismo peso, se hace la «PROPOSICIÓN X. Dado el diámetro de una esfera de cualquier metal, hallar el diámetro de una esfera de otro que la sea igual en peso» (Medrano, 1700: 456). En este caso se supone dada una esfera AB de oro, y se halla el diámetro de otra de plata del mismo peso. También se pide hallar la masa de una esfera si se conoce la que tiene otra del mismo material pero distintas dimensiones, o encontrar el radio de una esfera que se obtiene juntando otras dos o el de una esfera hecha con el material que queda quitando a una dada la masa necesaria para formar otra también conocida.

En el libro se resuelven más de veinte proposiciones similares a las anteriores. Siempre las proposiciones se enuncian en general, pero se resuelven para un ejemplo concreto. En todos los casos los métodos utilizados se basan en las características de la escala y en la proporcionalidad entre segmentos, o si se prefiere en la semejanza de triángulos.

Las escalas que aparecen en este tratado son en general fáciles de construir. La escala de partes iguales se puede fabricar con cualquier regla. La escala de los lados de las figuras con superficies proporcionales a 1, 2, 3, 4... se obtiene tomando en una recta puntos que distan del origen longitudes proporcionales a 1,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ , 2... y poniendo en dichos pun-

tos 1, 2, 3, 4... La escala de las aristas de las figuras que tienen su volumen proporcional a 1, 2, 3 se obtiene calculando unas longitudes tales que sean proporcionales a  $\sqrt[3]{n}$ , con  $n = 1, 2, 3, \dots$ , y poniendo a esas distancias de la bisagra los números 1, 2, 3... Para los radios de las esferas de igual peso se buscan las densidades  $d$  de los materiales que interesen y se hallan los

radios correspondientes calculando  $R = \sqrt[3]{\frac{K}{d}}$ , siendo  $K$  un valor adecuado para que la escala

no sea demasiado grande ni demasiado pequeña. Los lados de los polígonos inscritos en una circunferencia de radio  $R$  se obtienen calculando  $2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{180}{n}\right)$  y poniendo a esas distancias del origen el número  $n$  ( $n \geq 3$ ), por lo que en este caso su diseño no es tan fácil. Lo mismo sucede con la línea de los lados de los polígonos regulares de área igual a la de un círculo de diámetro  $D$ . Para hallarlos se toma un área  $A$  apropiada para que las longitudes resul-

tantes sean razonables y se calcula  $l = \sqrt{\frac{4 \cdot A \cdot \tan\left(\frac{180}{n}\right)}{n}}$  y  $D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$ . Otras líneas que

indica Medrano, como la de las aristas de los sólidos platónicos, o que se proponían en otros compases, como las de senos, tangentes o logaritmos, parecen demasiado complicadas para usarlas en la enseñanza secundaria obligatoria.

## Bibliografía

- BAILS, Benito (1776). *Principios de matemática de la Real Academia de San Fernando*. Madrid: Joaquín Ibarra. 3 v.
- DAUMAS, Maurice (1953). *Les instruments scientifiques aux xviii et xviii siècles*. París: Presses Universitaires de France.
- FERNÁNDEZ DE MEDRANO, Sebastián (1687). *El ingeniero*. Bruselas: Lamberto Marchant. 2 v.
- (1700). *El arquitecto perfecto en el arte militar*. Bruselas: Lamberto Marchant. Reedición facsímil, 2001, Valladolid: Maxtor. Reedición en CD: Fundación Tavera, *Tratados de arquitectura, urbanismo e ingeniería*, Serie V «Temáticas para la historia de España».
- FIRRUFINO, Julio César (1642). *El perfecto artillero: theorica y practica*. S. l., s. i. Las tasas están firmadas en 1648 por lo que probablemente fue esta la fecha de publicación y no 1642 como aparece en la portada.
- GALILEI, Galileo (1606). *Le operazioni del compasso geometrico e militare*. Padua.
- ISTITUTO E MUSEO DI STORIA DELLA SCIENZA. Florencia, Italia. *Il compasso di Galileo* [en línea]. <<http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/compasso/indice.html>> [Consulta: 25 noviembre 2005]. Tiene explicaciones y ejemplos, además del texto del libro de Galileo.
- ZARAGOZA, Josep (1675). *Fábrica y uso de varios instrumentos mathematicos*. Madrid: Antonio Francisco de Zafra.



# EL LLIBRE DE GEOMETRIA D'ABRAHAM BAR HIYYA EN L'ENSENYAMENT DE LA MATEMÀTICA

**Josep M. Núñez Espallargas i Jordi Servat Susagne**

Universitat de Barcelona.

Paraules clau: *Abraham bar Hiyya, història de la geometria, ensenyament de la matemàtica.*

The *Llibre de geometria* of Abraham bar Hiyya in the mathematical education

Summary: *In this work some of the questions that appear in Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret, geometric text written in the first third of the XII Century by the catalan jew Abraham bar Hiyya are commented and that we consider of didactic usefulness for the basic education of geometry.*

Key words: *Abraham bar Hiyya, history of geometry, mathematical education.*

Quan s'aborda l'ensenyament de la geometria en l'àmbit de la formació de professors orientats a la instrucció primària o secundària obligatòria, a l'aula se sol tractar de quina manera s'ha de conèixer i practicar les tècniques de la geometria euclidiana. Amb això es pretén, a més d'ensinistrar els futurs docents en els mètodes i recursos d'aquesta antiga branca de les matemàtiques, ajudar-los a comprendre i valorar millor els avantatges que va suposar la incorporació de l'àlgebra en el desenvolupament posterior de la geometria. Per aconseguir aquest propòsit ens resulta de gran utilitat didàctica la presentació a l'aula de fragments, exemples o problemes històrics extrets d'obres clàssiques de la matemàtica o d'altres branques de la ciència o de la tècnica. D'aquesta manera, aconseguim de l'alumne, a més de la pràctica dels mètodes apresos i del coneixement de primera mà de les principals etapes de l'evolució de la matemàtica, la motivació pel tema estudiat, proposant-li una situació inserida dins d'un context històric real, que facilita un ensenyament globalitzat de la matemàtica i posa de manifest la seva utilitat social.

Des de fa ja algun temps, hem anat recollint, de fonts molt diverses, material que creiem apropiat per a aquest objectiu. Un dels textos que ens està resultant més suggeridor i útil és el llibre titulat, en la seva llengua original, l'hebreu, *Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret*. Exposarem aquí algunes dades bàsiques sobre el seu autor, el text de l'edició que utilitzem, i després comentarem molt breument alguns dels capítols o fragments del text que ofereixen, segons el nostre parer, un major interès per a l'ensenyament de la geometria.

El seu autor, Abraham bar Hiyya, va ser un notable matemàtic i erudit jueu sefardita de qui tenim molt poques notícies. La seva data de naixença se sol situar entre els anys 1065 i 1070, i la de la seva mort el 1136. No sabem el lloc exacte on va veure la llum, ni tam-

poc on van ser els seus anys d'aprenentatge, però pels seus coneixements de la matemàtica i de l'astronomia àrabs, aquests només van poder desenvolupar-se en alguna ciutat peninsular de l'àrea de domini musulmà que fos un centre cultural actiu. Tenim documentada la seva estada a la cort del rei aragonès Alfons I, i el seu posterior pas al servei dels comtes de Barcelona. En aquesta ciutat va transcórrer la major part de la seva vida activa i va ser on va escriure les seves obres més conegudes. Va ocupar el càrrec públic de Savasorda, llatinització del terme àrab *sahib-al-shurta*, i el sobrenom amb què va ser conegut en terres cristianes (Bensch, 2002).

A més de l'obra que ens ocupa, Abraham bar Hiyya en va escriure, també, altres de caràcter científic. Citem el text astronòmic *Sefer ha-Ibbur*, que va constituir el primer llibre en llengua hebrea dedicat exclusivament a l'estudi del calendari; o l'extensa enciclopèdia de matemàtiques, música, astronomia, etc., *Yesod ha-Tebunah we-Migdal ha-Emunah*, també la primera en aquest idioma. El nostre autor, juntament amb un altre sefardita, Abraham ibn Ezra, va ser l'iniciador dels estudis escolars de matemàtiques en llengua hebrea. Fins a aquest moment els nens jueus duïen a terme el seu aprenentatge llegint bàsicament la Bíblia i estudiant el Talmud, que ofereix un conjunt de sabers al voltant de l'exègesi bíblica que comprèn no només coneixements religiosos o teològics, sinó també d'altres d'índole molt diferent, incloent-hi fins i tot la matemàtica aplicada (Lévy, 2001). Precisament la proposta d'Abraham bar Hiyya i d'Abraham ibn Ezra va en el sentit de fonamentar científicament aquests sabers matemàtics empírics per evitar errors greus en la seva aplicació pràctica. Per a això, recorren a les versions de les obres clàssiques de la matemàtica grega portades a terme pels savis àrabs, així com a les millores que aquests introdueixen. Però no hem d'intuir, després d'aquestes propostes innovadores d'Abraham bar Hiyya, una actitud heterodoxa respecte a la religió, tot al contrari, el seu propòsit és conciliar el saber matemàtic amb la revelació divina, de manera que aquesta preval sempre en tot moment. En aquest sentit, hem de recordar que també va ser un notable autor d'obres filosòfiques i teològiques, com ara l'*Hegyon ha-Nefesh ha-Azuva*, estudi sobre la naturalesa del bé i del mal, o la cèlebre *Megillat ha-Megalleh*, que recull la història del poble jueu des de la revelació i que va ser un referent per als rabins dels segles posteriors (Ashtor, 1984).

Es desconeix la data exacta en què va ser escrit l'*Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret*, però probablement podríem situar la seva redacció al voltant de la segona dècada del segle XII. En canvi, es coneix millor la data en què va ser realitzada la traducció al llatí, portada a terme per Plató de Tívoli, el fundador d'una dinastia de traductors jueus, que tant van contribuir, a través de les seves versions en hebreu, a la difusió del llegat científic àrab en l'Europa cristiana. Aquesta traducció, una mica abreujada, va ser coneguda pel seu títol llatí *Liber Embadorum*. Va veure la llum el 1145 i va constituir un dels primers llibres d'àlgebra escrits en llatí i, juntament amb la versió de l'àlgebra d'Al-Khawarizmi de Roberto de Chester, apareguda també en el mateix any, les dues primeres obres que mostraven en llatí el procediment per determinar la solució general de l'equació de segon grau (Glick, 1979).

En diverses biblioteques i arxius europeus es conserven còpies manuscrites de l'*Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret*, però ofereixen diferències segons quins fossin els coneixements o les habilitats dels copistes. Comparant les versions existents, Guttmann va publicar al començament del segle XX una edició crítica de l'*Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret* que és considerada per tots els estudiosos la versió de referència. Afortunadament, el lector català disposa d'una magnífica traducció realitzada per Millàs i Vallicrosa en els

anys trenta per a la Biblioteca Hebraico-Catalana (Bar-Hiia, 1931). L'existència d'aquesta traducció fa més viable als professors la utilització de fragments d'aquesta obra amb finalitats didàctiques, si, com ens ocorre a nosaltres, els agrada acudir als textos originals o, en cas d'estar aquests escrits en una llengua no familiar per a la majoria dels alumnes, com és el cas, a traduccions fiables. És important assenyalar que, encara que Millàs tradueix el títol de l'obra amb l'expressió genèrica *Llibre de geometria*, una versió més literal del títol original ens expressa molt millor l'objecte i el caràcter de l'obra. Aquesta podria ser, com el mateix traductor també assenyala en la seva introducció, *Tractat de mesurament i de càlcul*. D'aquesta manera, es recalca el to eminentment pràctic i didàctic que té el text, ja que es tracta d'una guia per a les persones encarregades de mesurar i fer càlculs de valoració i repartiment de terres per a herències, compravendes, arrendaments, etc.

Considerarem ara molt breument alguns aspectes o qüestions tractades en l'*Hibbur ha-Meshihah we-ha-Tishboret* que són d'utilitat en les nostres classes. Seguirem per a això, aproximadament, l'ordre que ens ve donat per la mateixa estructura de l'obra en quatre parts o capítols.

Comencem per dir que, encara que en la traducció no és perceptible, ja que s'utilitza sempre el sistema indoaràbic, en el text original el seu autor per designar les quantitats emprava els numerals hebreus, que són les mateixes lletres del seu alfabet utilitzades amb valor numèric. Aquest fet, que dificulta al traductor la identificació de les quantitats en els manuscrits, presentat als alumnes, propicia la introducció i el comentari didàctic d'aquest sistema, i també el d'altres sistemes de numeració històrics de tipus xifrat.

Una característica general de l'obra que vam trobar ja en el primer capítol, dedicat a la descripció dels elements generals de la geometria, a la classificació dels polígons i a la proporcionalitat, és l'absència total de simbologia algebraica. Pot sorprendre'ns que Abraham bar Hiyya, bon coneixedor dels textos àrabs, no utilitzés aquest notable avenç, però suposem que no ho va fer per, almenys, dues raons. La primera, per la mateixa índole de l'obra que no anava adreçada als estudiosos, sinó a artesans, la qual cosa exigia una exposició de les qüestions assequible al públic lector, poc familiaritzat amb els textos de caràcter matemàtic. La segona es desprèn de la confusió que s'hauria pogut crear en escriure en llengua hebrea lletres per designar valors genèrics, quan aquestes mateixes lletres també signifiquen nombres concrets.

En el segon capítol, dedicat a la determinació de l'àrea de les principals figures planes, l'autor, per aconseguir aquest propòsit, i d'altres que es veuran més endavant, ha de demostrar abans sis teoremes. Alguns d'aquests teoremes en l'àmbit escolar actual es presenten habitualment en forma algebraica, però en el text els raonaments prescindeixen d'aquest mitjà utilitzant únicament l'aritmètica i la geometria. És molt il·lustratiu per als nostres alumnes poder comparar ambdues perspectives, l'aritmèticogeomètrica i l'algebraica i fer una anàlisi dels processos implicats en les respectives demostracions. D'aquesta manera es pot il·lustrar didàcticament, a través de l'exemple històric, el pas de l'aritmètica a l'àlgebra. L'esquema és el següent: en primer lloc, es descriu la situació matemàtica en absència de notació literal, després es passa a la concreció de la situació mitjançant un exemple numèric, i finalment s'arriba a una demostració general per mitjans exclusivament geomètrics. Vegeu un parell de situacions:

— El quadrat d'un binomi (p. 17): «Tota recta que es divideixi en dues parts, el seu quadrat és igual a la suma dels quadrats de les dues parts més el doble del producte de la pri-

mera part per la segona». Primer es fa una comprovació de la igualtat a partir d'un raonament aritmètic: «Si la recta fa 12 colzes i la de les dues parts en què l'hem dividida: 7 i 5 colzes, el quadrat de la recta és 144, i aquest nombre és igual a la suma dels quadrats de 7 i 5, 49 i 25, o sigui 74, més el doble del producte de les dues parts, o sigui 70». Després es fa una demostració geomètrica a partir de dividir un segment AB en dues parts AE i EB, de manera que podem construir geomètricament un quadrat de costat AB i en el seu interior construir dos quadrats de costats AE i EB i dos rectangles de costats AE i EB, cadascun (figura 1).

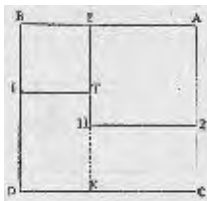


FIGURA 1. Construcció geomètrica.

— Sobre les divisions d'un segment en parts iguals i desiguals (p. 18): «En tota recta dividida en dues parts iguals i en altres dues desiguals, la suma del producte de les dues parts desiguals més el quadrat de la diferència que hi ha entre la part major i la part igual és igual al quadrat de la part igual». Comença per la comprovació aritmètica: «Així una recta que tingui 12 colzes, si la dividim en dues parts iguals de 6 colzes i en altres dues de 8 i 4 colzes, tindrem que el producte 8 per 4 sumat amb el quadrat de la diferència entre 8 i 6 o sigui 4, és 36, i això és igual al quadrat de la part igual a 6». A continuació, desenvolupa una demostració a partir de la construcció geomètrica de la igualtat algebraica:

$$AE \times EB + (AE - (AE + EB)/2)^2 = ((AE + EB)/2)^2$$

A partir d'un segment AB dividit en dues parts iguals, AT i TB; dues parts desiguals, AE i EB, sent  $AE > EB$ , podem construir geomètricament el rectangle de dimensions AE i EU, sent  $EU = EB$  i el rectangle AEIC, de manera que  $UI = ET$  (figura 2). D'aquesta manera, el producte  $AE \times EB$  és l'àrea del rectangle AEUZ, i sumant el quadrat HUID, de manera que ens donarà el mateix que el quadrat ATDC, ja que  $TEID = SHCD$ .

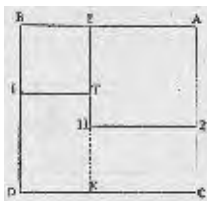


FIGURA 2. Construcció geomètrica.

Aquests teoremes són el pas previ al plantejament del procés resolutori estrictament geomètric de les equacions de segon grau, que, com ja hem indicat abans, constitueix una de

les novetats que aporta l'obra. En aquest sentit, una activitat didàctica que ens ha resultat altament fructífera ha estat la visualització d'aquest llenguatge geomètric mitjançant la utilització de programes informàtics, com el Cabri II, que permeten a l'alumne seguir i reconstruir perfectament els passos o les etapes de tot el procés (Servat, Núñez, 2000).

En el mateix segon capítol, trobem una altra qüestió que mereix la nostra atenció com a professors. Es tracta del procés de càlcul aproximatiu de l'àrea del cercle, que pel que sembla va inventar Abraham bar Hiyya, encara que, com suggereix Millàs, va poder inspirar-se en la tècnica de la descomposició practicada per alguns comentaristes del Talmud, com els tosafistes. Sigui o no el seu descobridor, la veritat és que difereix dels procediments desenvolupats pels grecs i, per això mateix, suposa una alternativa metodològica molt suggeridora per ser plantejada, també, a l'aula. Esquemàticament el procés és el següent:

— Demostra la fórmula de l'àrea del cercle de radi  $r$  a partir de la partició d'aquest en un conjunt de cercles concèntrics de manera que, una vegada que s'han estès en forma horitzontal i col·locat els uns sobre els altres, s'obté una figura triangular en què la base és la longitud del cercle, és a dir  $2\pi r$ , i la seva altura el radi  $r$ . D'aquesta construcció, s'obté que el cercle i la figura triangular tenen ambdós la mateixa àrea,  $\pi r^2$  (figures 3 i 4).

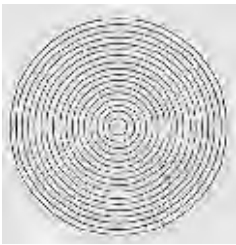


FIGURA 3. Cercle.



FIGURA 4. Figura triangular.

En l'ensenyament de la geometria, la partició proporcional de superfícies és una qüestió poc tractada i de la qual no abunden exemples o problemes en les obres didàctiques. Aquells docents interessats a proposar als seus alumnes situacions d'aquest tipus, riques en la utilització dels recursos de la geometria euclidiana, poden extreure material útil en el tercer capítol del *Llibre de geometria*, dedicat exclusivament al repartiment proporcional de terres.

— Vegeu un exemple en què es planteja la divisió d'un terreny entre tres hereus en parts no iguals (p. 101 i s.): «I si els copropietaris no tinguessin iguals les seves parts, sinó que un tingués  $1/2$ , i el segon  $1/3$  part, i el tercer  $1/6$  part, i cada un d'ells volgués la seva part adjunta a un costat?». Desenvolupa a continuació el procediment que s'ha de seguir: «Mesurarem en el costat AB, que correspon al tenedor de la meitat, el seu terç o sigui BE, i unirem B amb el vèrtex C; dividirem CE en dues parts iguals en D i unirem D amb A i B, i tindrem el triangle ABC, dividit en tres parts: una part és igual a la meitat i és el triangle ADB; l'altra és el triangle ADC, que és igual al terç, i l'altra part és el triangle BDC, que és igual al sisè». Finalment, demostra l'exactitud de la partició portada a terme: «La demostració d'això es desprèn de les anteriors sobre particions, ja que és evident que el triangle CBE és igual al terç d'ABC, i que la meitat del primer, o sigui BDC, serà l' $1/6$ ; així mateix, CAE és igual a  $2/3$

d'ABC, i la meitat del primer, ADC, serà el terç d'ABC; sumant ACB i CDB ens resta el triangle ABD que és igual a la meitat» (figura 5).

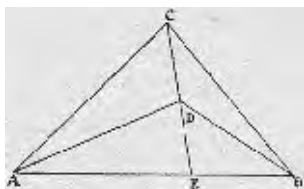


FIGURA 5. Construcció geomètrica.

Finalment, en el quart i últim capítol de l'obra, s'aborda d'una manera pràctica la determinació de les dimensions d'un terreny amb l'objecte de calcular, més tard i aplicant els mètodes ja tractats en el segon capítol, la seva àrea. L'agrimensor en l'obra d'Abraham bar Hiyya disposa per calcular les seves mesures de dos instruments: la «corda» (o cinta mètrica en versió escolar) i la «taula quadrada» (o cartabó). És a dir, només pot mesurar distàncies i construir angles rectes. La mesura d'angles queda exclosa expressament en tota l'obra perquè és, segons el seu autor, massa imprecisa la seva determinació.

— Resulta un repte didàctic per als alumnes proposar-los una situació semblant a algunes de les plantejades en l'obra. Per exemple, determinar l'àrea d'un triangle escalè amb només aquests dos instruments de mesura i sense poder acudir a la fórmula d'Heró, que si bé en el *Llibre de geometria* apareix (sense demostrar) en el segon capítol, el mateix autor aconsella no utilitzar-la per l'enfarfec que implica la determinació geomètrica d'arrels quadrades. Una vegada els alumnes hagin fet els seus intents, aquests poden comparar-se amb els mètodes descrits en l'obra, i comprovar-ne així l'adequació.

Per concloure, assenyalem que la utilització en l'aula de matemàtiques de fragments del *Llibre de geometria* d'Abraham bar Hiyya ofereix aspectes concrets com a recurs didàctic que succintament hem apuntat. Pel que fa a l'obra en el seu conjunt ens permet introduir un enfocament culturalment globalitzador, perquè ens fa comprendre millor no només l'evolució de les matemàtiques i dels seus mètodes, sinó també la marxa de la nostra pròpia i complexa història.

## Bibliografia

- ASHTOR, E. (1984). *The Jews of Moslem Spain*. Vol. 3. Filadèlfia: Jewish Publication Society.
- BAR-CHIIA, A. (1912). *Chibbur ha-Meschicha veba-Tischboret: Lehrbuch der Geometrie* (Herausgegeben und mit Anmerkungen versehen von M. Guttmann). Berlín: Verein Mekize Nirdamim.
- BAR-CHIIA, A. (1931). *Llibre de geometria: Hibbur hamesxihà uehatixbòret* (Segons el text editat i prologat pel Dr. M. Guttmann. Versió de l'hebreu per J. Millàs i Vallicrosa). Barcelona: Alpha.
- BENSCH, S. (2002). *Barcelona and its Rulers, 1096-1291*. Cambridge: Cambridge University Press.

- GLICK, T. (1979). *Islamic and Christian Spain in the early Middle Ages*. Princeton: Princeton University Press.
- LÉVY, T. (2001). «Les débuts de la littérature mathématique hébraïque: la géométrie d'Abraham bar Hiyya (XIe-XIIe s.)». *Micrologus*, vol. IX, p. 35-64.
- MILLÀS I VALLICROSA, J. (1949). «La obra enciclopédica de R. Abraham bar Hiyya». A: *Estudios sobre historia de la ciencia española*. Barcelona: CSIC, p. 219-262.
- SERVAT, J.; NÚÑEZ, J. M. (2000). «Resolució geomètrica de problemes aritmètics i algebraics amb el programa Cabri II». A: *Actes de les I Jornades d'Educació Matemàtica a Catalunya*. Barcelona: Federació d'Entitats per l'Ensenyament de les Matemàtiques a Catalunya (FEEMCAT), p. 332-333.





# CIÈNCIA I TÈCNICA A L'ANTIGA XINA: EINES PER AL CONEIXEMENT I L'APROXIMACIÓ CULTURAL

**Carles Puig-Pla**

Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica (ETSEIB-UPC)

Paraules clau: *antiga Xina, tecnologia, ciència, cultura.*

Science and technology in Ancient China: tools for knowledge and cultural approach

*Summary: A schematic programme is presented here to introduce knowledge about the culture and the history of science and technology of traditional China. This basic scheme is susceptible to be applied at different educational levels. Didactic materials and bibliography on China history and culture exist in our language, but not about the history of science and technology in this country, where we can still observe an academic emptiness. The great amount of technical advances obtained by the Chinese people until the Renaissance allows us to introduce the knowledge of a millenarian culture that, until decades ago, was almost unknown in our country. At the time of globalisation and migratory flows, the knowledge and intercultural respect seem essential. The history of the science and the technique in old China can be used as a didactic tool that contributes to this aim.*

Key words: *ancient China, technology, science, culture.*

## Introducció

En aquesta comunicació s'exposa breument el resultat d'una experiència didàctica duta a terme a la Universitat Politècnica de Catalunya, que pot animar altres professors a introduir, a diferents nivells d'ensenyament, la cultura i la història de la ciència i la tecnologia a la Xina tradicional.

A començaments de la dècada de 1990, vaig constatar que al nostre país existia una mancança de coneixements generals sobre la Xina, la seva cultura i la seva història. No hi havia espais en l'ensenyament primari i secundari per a la Xina ni per a l'Orient, i encara menys, és clar, per a la història de la ciència i la tecnologia a l'antiga Xina. Per diferents raons que ara no vénen al cas, vaig tenir la gosadia de proposar impartir una assignatura de lliure elecció a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona: Cultura i tecnologia a l'antiga Xina. La meva sorpresa va ser que la classe es va omplir, que es con-

firmava un gran desconeixement envers la cultura xinesa i que la participació dels estudiants era molt més activa del que jo m'hauria imaginat. Era fàcil adonar-se de l'admiració, l'interès i, fins i tot, la fascinació que despertava en els estudiants tant la descoberta d'una cultura tan diferent com la constatació del gran enginy xinès en relació amb les invencions tècniques.

## El programa proposat

L'esquema bàsic del programa que se suggereix, i que pot tenir nivells d'aprofundiment diversos, és el següent:

### Programa d'un curs de Cultura i tecnologia a l'antiga Xina

1. Introducció general al món xinès i la civilització xinesa tradicional:
  - 1.1. Població i territori
  - 1.2. Trets culturals diferenciats dels occidentals
  - 1.3. La història: dinasties i organització de l'imperi
  - 1.4. El pensament filosòfic (confucianisme, taoisme, budisme...)
  
2. Principals camps d'innovacions científicotècniques:
  - 2.1. La impremta (paper, xilografia, tipografia)
  - 2.2. Química dels explosius o protoquímica (alquímia xinesa, pólvora)
  - 2.3. Física magnètica (el *sinan*, la brúixola d'agulla...)
  - 2.4. Tecnologia del ferro i de l'acer
  - 2.5. Utilització de la força animal
  - 2.6. Navegació i invencions nàutiques
  - 2.7. Astronomia i instruments astronòmics
  - 2.8. Mecànica de rellotgeria
  - 2.9. Ús de la força hidràulica i transmissió
  - 2.10. Tecnologia domèstica.

Aquest programa, basat en el curs impartit per l'autor durant més d'una dècada, es divideix en dues parts diferenciades. La primera part introdueix l'estudiant en el món cultural xinès i en la seva història i s'orienta a facilitar un context que ajudi a la comprensió de consideracions posteriors. La segona consisteix en una aproximació als aconseguints científicotècnics de la civilització xinesa. Aquesta proposta posa l'èmfasi en el vessant més tecnològic, d'acord amb l'experiència realitzada, però, evidentment, l'esquema es pot variar o ampliar introduint camps de caire més científic, com ara la matemàtica xinesa.

### Primera part: introducció general al món xinès

No és convenient introduir l'estudiant en la història de la ciència i la tecnologia en l'antiga Xina sense fer, prèviament, un breu recorregut d'aproximació a algunes característi-

ques generals del món xinès actual i la civilització xinesa tradicional, possiblement, la que ha donat lloc a una cultura de major extensió i durada.

Es pot iniciar el curs amb una aproximació a les dades bàsiques de la població i del territori de l'actual República Popular de la Xina. Es tracta de fer referència a les característiques geogràfiques, condicionants de la història, així com a la diversitat ètnica dels habitants d'aquest immens país on viuen, com és sabut, més de mil tres-cents milions de persones. Pot ser oportú presentar l'ètnia majoritària dels Han, les tres grans regions autònomes (Tibet, Mongòlia, Xinjiang) amb els corresponents grups ètnics (tibetans, mongols i uigurs), les cinquanta-cinc minories nacionals, els dos grans rius (Huang He i Yanzi), les diferències climàtiques entre el nord i el sud, els patrons de pluja determinats pel terreny, etc. (Gernet, 1991). També és il·lustratiu i didàctic establir la relació superfície/població de les diverses províncies de la Xina i comparar-la amb la d'alguns països europeus.

El segon apartat d'aquesta introducció general al món xinès pot remarcar alguns trets culturals propis, marcadament diferents dels occidentals, com ara els següents:

*La llengua.* Es pot fer referència a l'existència de moltes llengües síniques dins el territori, tot incidint, però, en la llengua comuna, el mandarí, una llengua monosil·làbica, amb tendència a formar paraules bisíl·labes, que té sons retroflexos, disposa de 415 síl·labes diferents i quatre tons la qual cosa provoca una multiplicitat d'homofonies.

*L'escriptura* resol el problema de les homofonies i es basa en els caràcters xinesos, cadascun dels quals es correspon a un fonema i està format per traços i radicals. Els traços són les unitats elementals dels caràcters, i els radicals o claus, elements simbòlics amb significat semàntic. L'escriptura xinesa —que Leibniz considerava que podia ser el llenguatge de la ciència— permet la comunicació sense ambigüitats al llarg de tot el territori. Un dels aspectes més fascinadors de l'escriptura és la seva antiguitat, evolució i els diversos tipus de caràcters: pictogrames, ideogrames i ideofonogrames (aquests amb radical i element fonètic). Convé assenyalar l'existència d'una simplificació dels caràcters a partir del 1956, així com la manera de classificar els caràcters en els diccionaris segons el radical i nombre de traços. És fonamental donar a conèixer que existeix un sistema de transcripció fonètica a l'al·fabet llatí, el *pinyin*, introduït pels mateixos xinesos, l'any 1979, per evitar confusions a l'hora de consultar textos que es basin en antics sistemes de transcripció.

*La pintura, la cal·ligrafia i la poesia*, manifestacions artístiques que formen una trilogia amb connotacions radicalment diferents de les que els associem a l'Occident i que fan que, per exemple, la cal·ligrafia sigui considerada un art major (Blunden, Elvin, 1989: 181; Cheng, 1996).

*El teatre clàssic*, que es remunta a l'època de la dinastia Yuan, i *l'òpera de Pequín*, nascuda a començaments del segle XIX, que agrupa ballet, pantomima, acrobàcia, comicitat i una música molt distinta de l'occidental (Blunden, Elvin, 1989: 202-205).

*La medicina tradicional xinesa*, amb les seves tècniques (acupuntura, fitoteràpia, moxibustió...), cada cop més conegudes als països occidentals, així com la idea de considerar la persona com un tot. Aquest concepte holístic de la medicina xinesa resulta molt diferent de l'èmfasi analític de la medicina occidental (Williams, 1996).

Naturalment, depenent del tipus d'alumnat, podem afegir altres àmbits culturals (cuina, arts marcial, calendari de festivitats xineses, etc.) o bé treure'n algun.

La Xina posseeix una història escrita de més de quatre mil anys, la qual cosa ens permet conèixer nombrosos esdeveniments del seu copió i fructífer passat. El tercer apartat

de la primera part consisteix a donar una visió panoràmica de la història de la Xina que permeti emmarcar els principals esdeveniments històrics i mostrar la forma d'organització de l'Imperi xinès en el context de les dinasties.<sup>1</sup> Se subministrerà així un marc de referència cronològic, des de la dinastia Xià (2070-1600 aC aprox.) fins a la Qing (1644-1911) i, si s'escau, també de l'època posterior fins a la República Popular (Fairbank, 1996).

Finalment, el darrer apartat d'aquest primer bloc es dedica a revisar els principals corrents de pensament filosòfic genuïnament xinesos com ara el legisme (*fa jia*), el moisme (*mo jia*), l'escola del yin-yang (*yin yang jia*), el taoisme (*tao jia*) o el confucianisme (*ru jia*) i l'assimilació del budisme de l'Índia (Feng Youlan, 1989).

En definitiva, aquesta primera part pretén introduir l'estudiant en l'àmbit cultural de la Xina i en la seva història. Es facilita, així, un marc de referència per a la segona part on s'analitzen diversos camps científicotècnics conreats pels xinesos fins a l'arribada dels jesuïtes a la Xina a final del segle XVI.

## Segona part: principals camps d'innovacions científicotècniques

Bona part dels coneixements que tenim avui en dia, a l'Occident, sobre el desenvolupament científic i tecnològic de la Xina antiga i medieval es deuen a l'obra realitzada per l'investigador britànic Joseph Needham (1900-1995). L'obra de Needham i els seus col·laboradors va canviar radicalment el coneixement que tenia el món occidental sobre les aportacions xineses a la ciència i a la tècnica.

La monumental publicació que ell va començar, *Science and civilisation in China* —de la qual s'han editat disset volums i n'hi ha onze més en curs—, ha esdevingut una referència fonamental per als historiadors de la ciència o de la tecnologia a la Xina (Needham 1954 i s.). A més, la tasca iniciada ha trobat continuïtat en el Needham Research Institute, l'institut de recerca que, el mateix Needham, va fundar a Cambridge.

Pel que fa al curs que es proposa, la segona part pot començar considerant el desenvolupament de les invencions paradigmàtiques xineses: la impremta, la pólvora i la brúixola. Tres invencions que van transformar la societat europea i a les quals es referia Francis Bacon (1561-1626) en els termes següents (Bacon [1620] 1987: 177):

És convenient a més destacar la força, la virtut i les conseqüències de les coses descobertes: sobretot manifestes en aquelles tres coses que eren desconegudes pels antics i els orígens de les quals, encara que recents, són obscurs i sense glòria, val a dir: l'art d'imprimir, la pólvora i la brúixola. Ja que totes tres han canviat l'aspecte i la condició del món: la primera en les lletres, la segona en la guerra i la tercera en la navegació.

Aquests orígens, suposadament recents i desconeguts per Bacon, sabem avui que no són tan desconeguts ni tampoc tan propers a l'època de Bacon com ell creia.

1. Si més no, cal que l'estudiant conegui una cronologia simplificada relacionada amb les dinasties: Xià (2070-1600 aC), Shang (1600-1046 aC), Zhou Occidental (1100-771 aC), Primavera i Tardors (722-480 aC), Regnes Combatents (480-221 aC), Qin (221-207 aC), Han (207 aC -220 dC), Tres Regnes (221-265), Jin (265-420), Sui (581-618), Tang (618-906), Song (960- 1279), Yuan (1271-1368), Míng (1368-1644) i Qing (1644-1911).

La qüestió del paper i de la impremta es pot abordar a partir de la descoberta feta el 1957 del paper Baqiao, el primer paper de fibres vegetals (cànem i rami) elaborat durant la dinastia Han de l'Oest, als segles II-I aC, no destinat a ser suport per escriure. Cal introduir les millors fetes per l'eunuc de la cort dels Han de l'Est Cai Lun en relació amb els mètodes de fabricació, i els aconseguiments del tècnic Zuo Bo a la darrereria d'aquesta dinastia. Els avenços posteriors conduïren durant la dinastia Tang al preuat paper Xuancheng, molt higroscòpic, fet d'escorça de sàndal i palla d'arròs. Una gran diversitat de matèries primeres foren emprades per fer paper depenent de les regions on aquest es va fabricar (Zhuang Wei, 1980: 62-76).

Pel que fa a la impremta, convé distingir entre xilografia i tipografia. A la xilografia s'arribà per una confluència entre l'evolució dels *segells*, per una banda, i l'aparició dels *calcs*, per l'altra, la qual cosa va conduir a les primeres tècniques d'impressió mitjançant una xilografia primària. Els primers llibres xilografiats dels quals hi ha referències daten del segle VII (el *Nüxe*, o 'Biografia de dones', és del 636). Durant la dinastia Tang, s'imprimiren molts textos budistes i s'han conservat alguns exemplars com el *Sutra del diamant* (868). Al segle IX, la xilografia estava plenament desenvolupada i s'imprimiren calendaris i obres literàries. Les primeres publicacions oficials són del segle X i al segle següent s'obtingueren impressions multicolors.

La invenció de la tipografia es va realitzar entre el 1041 i el 1048, durant la dinastia Song del Nord, i va ser deguda a Bi Sheng (?-1051). Aquest va treballar amb tipus d'argila, però, més tard, es van fabricar tipus d'altres materials. Wang Zhen, cap al 1297-1298, va perfeccionar els tipus de fusta i va crear la caixa d'impremta (Liu Guojun, Zhen Rusi, 1989: 75-83).

En el capítol de la protoquímica o química dels explosius, les tècniques de foneria de metalls dels alquimistes xinesos (*Fangshi*) hi van jugar un paper fonamental. Ge Hong, durant la dinastia Jin de l'Est (317-420), va elaborar una fórmula per obtenir arsènic metàl·lic que s'aproximava molt a la pólvora, i Sun Simiao, durant la dinastia Tang (618-906), va fabricar preparats inflamables amb sofre i salnitre. Cap al 850 es pot datar la invenció d'una autèntica mescla de pólvora, i la primera fórmula històrica de pólvora la va publicar Zeng Gong Liang l'any 1040. Els xinesos van fer aplicacions bèl·liques de la pólvora (llançaflames, fletxes incendiàries, bombes incendiàries, coets, etc.). La pólvora es va donar a conèixer a Europa al segle XII, però els europeus no van saber que el salnitre era un dels seus components fins al segle XIII. La construcció dels primers canons amb càrrega de pólvora fabricats a Europa data del segle XV.

En relació amb el magnetisme, se sap que l'ús de la brúixola es remunta al segle IV aC. Una de les brúixoles més antigues va ser el *sinan* o indicador del sud. Tenia aplicacions geomàntiques i era una peça de calamita —mineral de propietats similars a la magnetita— amb forma d'un cullerot, que simbolitzava l'Óssa Major, el qual es feia girar sobre un tauler de bronze polit o fusta pintada de laca. Més tard, van aparèixer brúixoles més funcionals. Durant la dinastia Song del Nord, trobem el peix indicador del sud i la tortuga indicadora del sud. Es va poder magnetitzar làmines primes de ferro per termoremanència i també agulles fregant-les amb calamita. El 1086, Shen Guo (1031-1095) va fer experiències amb agulles magnètiques i va descobrir la declinació magnètica. Si no abans, durant la dinastia Song del Nord ja es va usar l'agulla magnètica en la navegació (Zhuang Wei, 1980).

La tecnologia del ferro i de l'acer va ser un avenç destacat a l'antiga Xina on es va conèixer la tècnica de la fosa del ferro al segle IV aC. Va ser possible obtenir ferro colat per diverses raons que van confluïr alhora: els xinesos tenien una gran experiència en forns; dis-

posaven de bones argiles refractàries; sabien reduir la temperatura de fusió del ferro, de 1.130 °C a 950 °C, gràcies al fet d'afegir «terra negra» que contenia un 6 % de fòsfor; i, a més, havien inventat (segle v aC) la manxa de pistó de doble efecte, una bomba que permetia expel·lir un corrent continu d'aire. D'aquesta manera van poder fer un ús generalitzat del ferro que va tenir efectes en l'agricultura (arades, aixades, eines...), en la fabricació d'estris domèstics (ganivets, destrals, tisores, punxons, joguines), o en la producció de sal gràcies a disposar de paelles de poc gruix. L'any 119, durant l'època Han, hi havia quaranta-sis tallers imperials de foneria de ferro. Els xinesos van fer obres de fosa espectaculars com ara la Pagoda de Yu Quan (1061) de tretze metres d'altura. Al segle III aC els xinesos van fabricar ferro colat mal·leable mitjançant la recuita, i al segle II aC van poder fabricar acer a partir del ferro colat mitjançant dos mètodes diferents: la injecció d'oxigen al ferro colat i la fosa conjunta de ferro colat i ferro forjat (Temple, 1987).

L'aprofitament de la força animal és un altre àmbit on els xinesos van excel·lir. L'estrep, els arreu dels equins o el carretó en són tres exemples. A diferència dels antics exèrcits egipcis, perses, babilonis, assiris, medes, grecs o romans, els xinesos, gràcies a la seva metal·lúrgia avançada, van disposar d'estreps cap al segle III dC. A més, van aconseguir usar arreu de bon rendiment per als equins; concretament l'arnès modern, el de collera, va aparèixer a la Xina entre els segles IV i I aC, més de mil anys abans no s'usés a Europa (Needham, 1977: 92). El carretó, d'ús inicialment militar com a barrera mòbil de càrregues de cavalleria, és originari del sud de la Xina (segle I aC - segle I dC).

Quant a la navegació destaquen la introducció de compartiments estancs, el timó acoblat al codast, el particular disseny de les veles, el vaixell amb rodes de paletes o l'ús de l'agulla magnètica en els vaixells. Durant la dinastia Ming, la flota xinesa va arribar fins a la costa oriental africana.

En el camp de l'astronomia, els xinesos van excel·lir per la regularitat i minuciositat dels seus enregistraments, els enginyosos instruments de mesura que van construir i l'ús d'un sistema que va ser, molt aviat, polar i equatorial (Ronan, 1993).

La mecànica de rellotgeria va arribar a un punt culminant amb el gran rellotge astronòmic de Su Song (1088-1092), mogut per una roda hidràulica, que feia girar un globus celest, una esfera armil·lar i figures de fusta.

Quant a l'ús de la força hidràulica i la transmissió, cal destacar el rendiment obtingut pels ginys xinesos per elevar aigua de reg o per moure sínies; en particular, la sínia de catúfols xinesa data del segle I aC. D'altra banda, la seva habilitat tècnica per dominar les aigües va dur-los a construir el primer canal navegable amb rescloses al segle III i els va permetre disposar del Gran Canal —acabat al segle XIV— de 1.800 km (Temple, 1988: 32).

Pel que fa a la que podríem anomenar *tecnologia domèstica*, i a tall d'exemple, la Xina va fabricar la porcellana (segle III), va inventar el rodet de la canya de pescar (segle III) i el paraigua (segle IV), va disposar de llumins ja al segle VI (any 577) i de paper moneda a la darrerria del segle VIII i començaments del segle IX.

Hi ha molts altres aconseguiments tècnics que no hem esmentat —i no podem detallar aquí—, com ara l'arada de ferro (segle VI aC), la ventadora giratòria (segle II aC), el pont penjant (segle I aC), la sembradora de solcs múltiples (segle II aC), la maneta (segle II aC), la suspensió de Cardan (segle II aC), el sismògraf (132 dC), el carro indicador del sud —un enginyós mecanisme diferencial— (segles II - III dC), el pont d'arc rebaixat (segle VII) o la cadena de transmissió (979).

### Consideracions finals

Encara existeix un buit en l'ensenyament pel que fa a la cultura i la història orientals i, en particular, la de la Xina. Però l'antiga Xina va tenir un extraordinari sentit de la inventiva i va fer avenços tècnics de gran utilitat per al conjunt de la humanitat. Noms com Cai Lun, Bi Sheng, Wang Zhen, Ge Hong, Zeng Gong Liang, Shen Guo i molts d'altres ens són encara força desconeguts.

El curs proposat suggereix estudiar les contribucions xineses al desenvolupament tecnològic, emmarcant-les en el context històric de les diferents dinasties, i vol presentar l'origen, l'ús, l'evolució i la transmissió a l'Occident d'una sèrie d'invençons tècniques. L'ensenyament de la història de la ciència i de la tecnologia a l'antiga Xina pot contribuir a enriquir i ampliar els coneixements dels nostres estudiants i, addicionalment, afavorir la valoració d'altres cultures i, en conseqüència, esdevenir un ajuda més per aconseguir una major integració, a l'aula, dels estudiants immigrants.

### Bibliografia

- BACON, F. ([1620] 1987). *Novum Organum*. Barcelona: Laia. (Textos filosòfics; 46)
- BLUNDEN, B.; ELVIN, M. (1989). *China: Gigante milenario*. Barcelona: Folio.
- CHENG, F. (1996). *L'écriture poétique chinoise*. París: Editions du Seuil.
- FAIRBANK, J. (1996). *China, una nueva historia*. Santiago; Barcelona: Andrés Bello.
- FENG Youlan (1989). *Breve historia de la filosofía china*. Beijing: Ediciones en Lenguas Extranjeras.
- GERNET, J. (1991). *El mundo chino*. Barcelona: Crítica.
- LIU Guojun; ZHEN Rusi (1989). *L'histoire du livre en Chine*. Beijing: Editions en Langues Étrangères.
- NEEDHAM, J. (1954 i s.). *Science and civilisation in China*. Cambridge: Cambridge University Press. 17 v.
- (1977). *La gran titulación*. Madrid: Alianza. (Alianza Universidad; 179)
- RONAN, C. A. (1993). *The shorter science & civilisation in China an abridgement of Joseph Needham's original text*. Vol. 2. Cambridge: Cambridge University Press.
- TEMPLE, R. K. G. (1987). *El genio de China: Cuna de los grandes descubrimientos de la humanidad*. Madrid: Debate: Círculo.
- (1988). «Invents i troballes d'una civilització antiga». *El Correu de la Unesco*, p. 9-34.
- WILLIAMS, T. (1996). *The complete illustrated guide to chinese medecine*. Shaftesbury, Dorset: Element Book Limited. [Edició en espanyol: *Guia familiar de medicina china*. Premià de Mar (Barcelona): Tikal]
- ZHUANG Wei (1980). *Cuatro grandes inventos en la antigüedad china*. Beijing: Ediciones en Lenguas Extranjeras.





# ELS ELEMENTS D'EUCLIDES. IDEES TRIGONOMÈTRIQUES A L'AULA

**M. Fàtima Romero Vallhonestà (1), Iolanda Guevara Casanova (2)  
i M. Rosa Massa Esteve (3)**

- 1) Membre del Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Estudi i l'Aprenentatge de les Matemàtiques. Inspecció d'Educació. Barcelona-Comarques
- 2) Membre del Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Estudi i l'Aprenentatge de les Matemàtiques. IES Badalona VII
- 3) Coordinadora del Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Estudi i l'Aprenentatge de les Matemàtiques. Centre per a la Recerca d'Història de la Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya

Paraules clau: *trigonometria, geometria plana, Euclides, teorema de Pitàgores, teorema del cosinus, ensenyament.*

Euclides' *Elements*. Trigonometrically ideas in the classroom

Summary: *History can be useful for science teaching. In this paper we present two propositions from Euclid's Elements related to trigonometry which are taught in high school. The first one is proposition 47 of Book I, best known as Pythagoras theorem and the second one is proposition 12 of Book II, best known as cosines theorem.*

*From Elements text we have created a new teaching material which contains explanations using a constructive learning method. It has been satisfactorily experimented with students who build their own reasoning like the old Greek did.*

Key words: *trigonometry, planar geometry, Euclid, Pythagoras theorem, cosines theorem, teaching.*

## Introducció

Les aportacions implícites i explícites de la història de la matemàtica poden proporcionar als professors un enriquiment per a la seva tasca docent. El coneixement de la gènesi i l'evolució de les idees i conceptes matemàtics és útil per a millorar l'aprenentatge de l'alumnat i aporta recursos valuosos per a l'educació científica.<sup>1</sup>

1. Vegeu més informació sobre aquestes idees a Massa (2003, p. 4-9).

En aquest context el Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Estudi i l'Aprenentatge de les Matemàtiques (ABEAM) està treballant en el projecte «El naixement i desenvolupament de la trigonometria en les diferents civilitzacions» que investiga els orígens de la trigonometria. Un dels objectius del projecte és seleccionar textos històrics susceptibles de ser utilitzats a l'aula per a millorar l'aprenentatge de la trigonometria.<sup>2</sup> Altres textos ja analitzats en aquest projecte han estat: *Sobre les mides i distàncies del Sol i la Lluna* d'Aristarc de Samos (310 aC-230 aC) (Massa, 2005), l'*Almagest* de Ptolemeu (c. 95- c. 165) (Massa, Romero, 2003), *Traité du quadrilatère* de Nasir al-Din al-Tusi (1201-1274) (Massa, Romero, Casals, 2006) i *De triangulis omnimodis* de Regiomontanus (1436-1476) (Guevara, Casals, 2003).

En aquest article es presenta l'anàlisi de dues proposicions dels *Elements* d'Euclides (300 aC) que estan relacionades amb la trigonometria que s'imparteix a l'ESO i al batxillerat. La primera és la proposició 47 del llibre I dels *Elements* que coneixem actualment com el *teorema de Pitàgores* de la qual s'ha fet una petita guia didàctica que ja ha estat experimentada amb alumnes de quart de l'ESO. La segona és el que avui anomenem *teorema o fórmula del cosinus*, de la qual s'està elaborant una guia didàctica per a primer de batxillerat. Com mostrarem més avall, el raonament geomètric que entren els alumnes en aquestes activitats constitueix una valuosa eina per a la seva formació científica.

### Idees trigonomètriques en els *Elements*

L'episodi històric que presentem se situa en el marc de la ciència grega. Si bé Hiparc de Nicea (c. 190 aC-c.120 aC) és considerat el pare de la trigonometria i Ptolemeu, amb la seva obra *Almagest*, va contribuir de manera important al seu desenvolupament, sense els *Elements* d'Euclides aquests avenços segurament haurien hagut d'esperar molt de temps. Cal remarcar que el mètode que Ptolemeu emprà per a construir les taules de cordes es basa en diferents proposicions dels *Elements* d'Euclides.

En els *Elements* d'Euclides es recullen els coneixements matemàtics de diferents escoles gregues i es demostren algunes proposicions geomètriques que es poden interpretar en termes trigonomètrics. Aquesta obra, que es creu que podria ser col·lectiva, és una de les més editades, després de la Bíblia, i és una de les que més influència cultural ha exercit al llarg de la història de la ciència. Durant molts segles, va ser emprada com a llibre de text a les universitats i va influir extraordinàriament en els grans autors de les revolucions científiques com ara Galileu Galilei, Isaac Newton i d'altres.

Els *Elements* consten de tretze llibres: els sis primers estan dedicats a la geometria plana; els tres següents, a l'aritmètica (o teoria de nombres); el desè tracta dels incommensurables, i els tres últims tracten de la geometria de sòlids.<sup>3</sup> Pel que fa a l'estil de l'obra, po-

2. El Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques es va formar el curs 1999-2000 i pertany a l'Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat de Barcelona. Els altres membres del grup són M. Àngels Casals Puit (IES Joan Corominas) i Paco Moreno Rigall (IES XXV Olimpíada). Sobre el desenvolupament de la trigonometria podeu consultar Zeller (1944) i Maor (1998).

3. Els quatre primers (I-IV) s'atribueixen als pitagòrics, el cinquè i el sisè són deguts a Èudox. Els VIII i IX són també dels pitagòrics. El X és degut a Teeteto. El llibre XI procedeix de l'escola jònica. El XII té diversos precursors però el mètode d'exhaustió que s'hi inclou i que és el que permet demostracions rigoroses és d'Èudox. Finalment, el llibre XIII és obra de Teeteto. Per a més informació, vegeu Dou (1986, p. 68).

dem qualificar-lo d'axiomàtic i rigorós. Cada llibre té la mateixa estructura, primer els axiomes i/o postulats, seguidament les definicions i després les proposicions, cadascuna amb la seva demostració. Es demostren tots els resultats a partir d'hipòtesis clares i de propietats explícitament establertes tot anotant en el marge les proposicions i definicions que s'empren.

A l'obra d'Euclides es troben algunes proposicions, com ara la que correspon al que actualment coneixem com a teorema de Pitàgores (*Elements*, 47, I), fonamental per a la construcció de les taules de cordes que van marcar els inicis de la trigonometria sistemàtica. També conté el que avui anomenem *teorema del cosinus* i que s'utilitza en el primer curs de batxillerat per a la resolució de triangles qualssevol, tot i que en els *Elements* està formulat amb llenguatge geomètric i es distingeix entre triangles obtusangles (*Elements*, 12, II) i acutangles (*Elements*, 13, II).

Activitat de classe: teorema de Pitàgores

L'enunciat de la proposició (prop. 47, I) és el següent:

En els triangles rectangles, el quadrat sobre el costat que correspon a l'angle recte és igual als quadrats sobre els costats que formen l'angle recte.<sup>4</sup>

La demostració d'Euclides es basa a comprovar que el quadrat BDEC construït sobre la hipotenusa BC és la suma dels quadrats GB i HC construïts sobre els catets BA i AC, respectivament (vegeu la figura 1).<sup>5</sup>

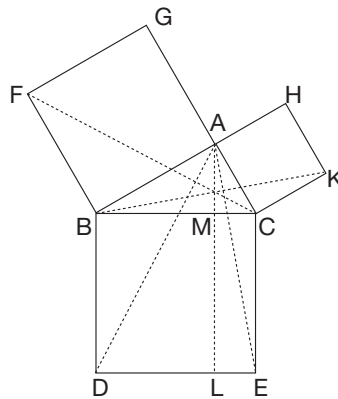


FIGURA 1. Dibuix original que il·lustra la proposició 47, I.

4. «In right-angle triangles the square on the side subtending the right angle is equal to the squares on the sides containing the right angle» (Euclides, 1956, p. 349).

5. La nomenclatura utilitzada per a designar els paral·lelograms respecta la dels *Elements*. Alguna vegada per a referir-se a un quadrat, Euclides fa servir els quatre vèrtexs, encara que en la majoria dels casos només n'utilitza dos d'oposats.

En el text per als alumnes, es parteix del dibuix original d'Euclides i se segueix el seu raonament amb l'ajuda de nous dibuixos que s'han construït a partir de l'inicial. Es tractarà de veure que els dos paral·lelograms BL i CL, que formen el quadrat BDEC, són iguals als quadrats respectius GB i HC.

El raonament per a demostrar que el paral·lelogram BL és igual al quadrat corresponent GB es desenvolupa en quatre etapes:

- a) Els triangles ABD i FBC són iguals, ja que tenen iguals dos costats i l'angle comprès entre ells
- b) El paral·lelogram BL és el doble que el triangle ABD, ja que tenen la base i l'altura iguals
- c) El quadrat GB és el doble que el triangle FBC, perquè tots dos tenen, com en el cas anterior, la mateixa base i la mateixa altura
- d) El paral·lelogram BL i el quadrat GB són iguals, ja que ho són els dos triangles amb els quals s'han comparat.

Anàlogament es demostra que el paral·lelogram CL és igual al quadrat HC considerant els triangles AEC i BCK.

Per tant, el quadrat BDEC, que és la suma dels paral·lelograms BL i CL, és igual a la suma dels quadrats GB, HC, fet que demostra el teorema de Pitàgores.

El material del qual disposen els alumnes consisteix en deu fulls amb dibuixos que ajuden a entendre el raonament propi dels *Elements* (vegeu l'annex). Es parteix del dibuix original de l'obra i s'il·lustren els quatre passos del fil conductor amb noves figures, mitjançant les quals es guia els alumnes a través del raonament geomètric, al qual no estan habituats. De fet, en el currículum de tercer i quart de l'ESO es dóna molta importància a les relacions numèriques, algebraïques i funcionals oblidant, massa sovint, el raonament geomètric que queda relegat a cursos més elementals.

Al llarg de la primera classe s'explica el raonament geomètric de la demostració d'Euclides i els alumnes a poc a poc refan dibuixos, completen frases i, finalment, escriuen i dibuixen de nou els passos de la demostració. És la *seva* demostració perquè l'han construïda ells mateixos, seguint les pautes del dossier. Per a reconstruir tota la demostració del teorema han fet falta dues sessions, una per als raonaments i una altra per a completar la demostració. Els alumnes treballen per parelles i comenten entre ells els passos del raonament. El professor propicia que tothom treballi i procura que els alumnes avancin de forma autònoma. Al final, es recull en un petit treball tota la demostració del teorema: els passos seguits, les frases utilitzades, les fórmules i els dibuixos que sostenen el raonament a partir dels suggeriments i les pautes del dossier de treball. Es completa l'estudi presentant el personatge emmarcant-lo en el seu temps i analitzant les idees científiques de l'època grega.

Al principi de l'experiència, alguns alumnes es mostren una mica desconcertats pel fet de poder demostrar una fórmula sense haver d'efectuar operacions algebraïques complicades, però, a mesura que van avançant en la demostració, el mètode els sorprèn i, fins i tot, uns quants descobreixen la potència d'aquest raonament i s'entusiasmen. En general, els alumnes valoren positivament l'experiència i es mostren predisposats a fer més treballs en aquesta línia. Des del punt de vista del professorat, ens complau la bona acollida que ha tingut aquesta activitat i ens duu a pensar que hem aconseguit un doble repte: dissenyar i aplicar

una activitat d'aprenentatge original, diferent de les que habitualment es fan amb els alumnes, i aconseguir que sigui el mateix alumne qui construeixi el seu raonament.

Activitat en preparació: teorema del cosinus

L'enunciat de la proposició (prop. 12, II) és el següent

En els triangles obtusangles, el quadrat sobre el costat oposat a l'angle obtús (CB) és més gran que els quadrats sobre els costats que formen l'angle obtús (AB i AC) en dues vegades el rectangle determinat per un dels costats de l'angle obtús (AC) sobre el que cau la perpendicular i la recta exterior tallada per la perpendicular, fins a l'angle obtús (DA).<sup>6</sup>

Euclides, en aquesta proposició (vegeu la figura 2), vol demostrar el que, en notació actual, escriuríem com:

$$CB^2 = AB^2 + AC^2 + 2 \cdot DA \cdot AC .$$

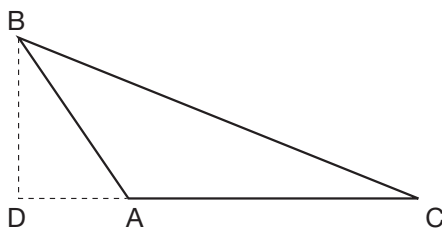


FIGURA 2. Dibuix original que il·lustra la proposició 12, II.

Per a fer la demostració, es basa en dues proposicions anteriors: el teorema de Pitàgores i la proposició 4 d'aquest mateix llibre que s'enuncia així:

Si es talla a l'atzar una línia recta (AB), el quadrat sobre la recta sencera és igual als quadrats sobre els segments i dues vegades el rectangle determinat per (aquests) segments.<sup>7</sup>

Aquesta proposició és coneguda pels alumnes de l'ESO però en la seva versió algebraica, com el quadrat d'un binomi,

$$(AC + CB)^2 = AC^2 + CB^2 + 2 \cdot AC \cdot CB .$$

6. «In obtuse-angled triangles the square on the side subtending the obtuse angle is greater than the squares on the sides containing the obtuse angle by twice the rectangle contained by one of the sides about the obtuse angle namely that on which the perpendicular falls, and the straight line cut off outside by the perpendicular towards the obtuse angle» (Euclides, 1956, p. 403).

7. «If a straight line be cut ad random, the square on the whole is equal to the squares on the segments and twice the rectangle contained by the segments» (Euclides, 1956, p. 379).

Euclides parteix del triangle BAC obtusangle en A i construeix, a partir del punt B, la perpendicular BD sobre el costat CA prolongat. La base del triangle resultant BDC es pot considerar tallada a l'atzar pel punt A. Llavors, per la proposició 4, II:

$$DC^2 = DA^2 + AC^2 + 2 \cdot DA \cdot AC .$$

Si afegim als dos costats de la igualtat el quadrat de DB, obtindrem:

$$DC^2 + DB^2 = DA^2 + AC^2 + 2 \cdot DA \cdot AC + DB^2 .$$

Aplicant el teorema de Pitàgores als dos triangles rectangles BDA i BDC, el primer membre de la igualtat anterior es converteix en  $CB^2$  i en el segon membre es poden substituir  $DA^2 + DB^2$  per  $AB^2$ , amb la qual cosa s'obté el teorema:

$$CB^2 = AB^2 + AC^2 + 2 \cdot DA \cdot AC .$$

El material per a l'aula s'elabora seguint les mateixes pautes que en el dossier anterior. Es parteix dels dibuixos originals, s'intercalen nous dibuixos, raonaments i expressions que l'alumnat ha de completar, seguint d'aquesta manera el raonament geomètric d'Euclides.

## Conclusió

L'ús de textos històrics, com ara els *Elements* d'Euclides, és un dels recursos que es poden utilitzar per a millorar la transmissió i adquisició dels continguts matemàtics i també per a actuar de revulsiu en aquells casos en els quals manca motivació als alumnes. De fet, la utilització a l'aula de textos històrics aporta a l'alumnat una nova visió de les idees matemàtiques i l'ajuda a assolir una formació més integral.

Les activitats presentades es poden programar com a complement en la classe de trigonometria. Tanmateix, el treball amb els *Elements* d'Euclides, obra fonamental dins l'evolució de les matemàtiques, permet que els alumnes s'apropin a una manera de treballar i a un model de raonament que ha tingut un paper clau en la història de les matemàtiques. Durant molts segles, aquesta obra va ser el paradigma de text científic que calia seguir, tant pel que fa a l'estructura amb què estava escrit (axiomes i/o postulats, definicions i proposicions amb la seva demostració) com per la utilització dels resultats que contenia (proposicions). Cal recordar als alumnes alguns dels científics posteriors que citen els *Elements*, com ara Galileu Galilei o Isaac Newton, els quals segurament coneixen des d'àmbits no matemàtics; això els ajudarà a copsar la rellevància d'aquesta obra en la història de la ciència.

La presentació dels *Elements* també possibilita que ens aproximem a la cultura grega des de la classe de matemàtiques, que els alumnes s'adonin que les matemàtiques i la seva història formen part del bagatge cultural d'un poble i d'una manera de pensar i raonar.

Finalment, remarquem que els exemples presentats són especialment gratificants tant pel seu contingut com per la manera com es demostren ambdós resultats, ja que és el mateix alumne qui aprèn utilitzant el seu raonament a imitació dels antics savis grecs.

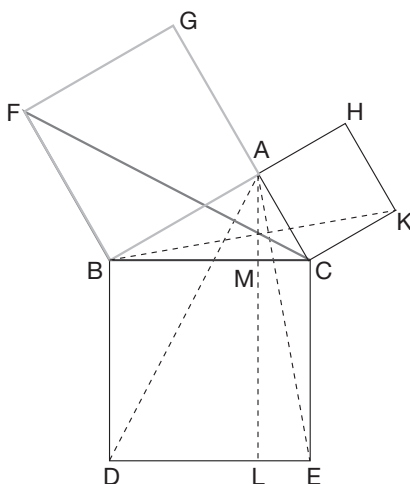
## Bibliografia

- EUCLIDES, (1956). *The elements*. Vol. 2. Nova York: Dover. [Edició anglesa de T. L. Heath]
- DOU, A. (1986). «Euclides». A: *Historia de la matemàtica hasta el siglo XVII: Curso de conferencias desarrollado durante los meses de febrero y marzo de 1986*. Madrid: Publicaciones de la Real Academia de Ciencias.
- GUEVARA, I; CASALS, M. A. (2003). «Resolució de triangles per mètodes geomètrics i mètodes algebraics, en l'obra *De triangulis omnimodis* (1464) de Regiomontanus (1436-1476)». A: BATLLÓ, J. [et al.] [ed]. *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: SCHCT, p. 191-199.
- MAOR, E. (1998). *Trigonometric delights*. Princeton: Princeton University Press.
- MASSA, M. R. (2003). «Aportacions de la història de la matemàtica a l'ensenyament de la matemàtica». *Biaix*, núm. 21, p. 4-9.
- (2005). «L'ensenyament de la trigonometria. Aristarc de Samos (310-230 aC.)». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. [ed.]. *Actes de la I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament*. Barcelona: SCHCT, p. 95-101.
- 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, p. 153-159.
- MASSA, M. R.; ROMERO, F.; CASALS, M. A. (2006). «La trigonometria en el món àrab. *Tractat sobre el quadrilàter complet* de Nasir al-Din al-Tusi (1201-1274)». A: BATLLÓ, J. [et al.] [ed]. *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona, SCHCT. [En premsa]
- ZELLER, S. M. C. (1944). *The development of trigonometry from Regiomontanus to Pitiscus*. Michigan: Ann Astor: University of Michigan.

## ANNEX

### FULL DEL DOSSIER DELS ALUMNES

**El quadrat GB és el doble del triangle FBC:**



El raonament és igual al que heu fet amb el rectangle i el triangle de la pàgina anterior.

**El quadrat i el triangle tenen la mateixa base:**

- Encareu-vos el dibuix de manera que la base sigui la mateixa per a les dues figures.
- Escriviu la paraula *base* en el costat que correspongui.

**El quadrat i el triangle tenen la mateixa altura:**

- Localitzeu-la i escriviu la paraula *altura* al costat.

**Conclusió:**

En aquestes condicions, bases iguals i altures iguals,

L'àrea del quadrat és ..... de l'àrea del triangle



# ALGUNAS REFLEXIONES PARA CONSIDERAR LA HISTORIA DE LA MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN INICIAL Y CONTINUA DEL PROFESORADO

**Horacio Solar Bezmalinovic (1) y Mario Quintanilla Gatica (2)**

1) Universidad Autónoma de Barcelona

2) Pontificia Universidad Católica de Chile

Palabras claves: *historia de la matemática, formación de profesores.*

Some reflections to consider the history of the mathematical one in the initial formation and continuous of the teaching staff

Summary: *The objectives of our communication are: a) To promote for teachers in theory and practice, a rigorous reflection of the historical role of science in the construction, development, spreading and education of the mathematical knowledge; b) To give mathematics teachers, both in now in service and in training, a permanent and enduring understanding and analysis of the influence of the scientific theories upon the history and the construction of professional knowledge, to model these scientific theories in the classroom, thus contributing to the improvement and enrichment of mathematical teaching and learning.*

Key words: *history of the mathematical, mathematical education of teachers.*

## Introducción

En la actualidad muchas escuelas, corrientes y autores situados en las disciplinas llamadas *metacientíficas* —como la epistemología, la historia de la ciencia, la didáctica de las ciencias experimentales y la didáctica de las matemáticas— conciben la ciencia<sup>1</sup> como una *actividad humana* de producción, evaluación, aplicación y difusión de saberes eruditos, inmersa en un contexto histórico, social y cultural que le da sentido a la llamada *actividad científica*, al precisar las finalidades de intervención que se persiguen y los valores que se sostienen o están en juego, en las comunidades e instituciones científicas y que pueden considerarse relevantes de reflexionar a la hora de enseñar a pensar con teoría el conocimiento científico enseñado (Quintanilla, 2005).

1. Si bien las matemáticas tienen un carácter distinto a las ciencias experimentales, en este caso, al referirnos a ciencias, también se alude a matemáticas.

Sobre la base de estos argumentos iniciales en las últimas décadas, diversas innovaciones e investigaciones han insistido en señalar que la perspectiva del análisis histórico, acerca de y sobre la ciencia, se halla ausente de la educación científica en particular y de la formación docente en general en diferentes contextos culturales, académicos e institucionales (Lires, 1998; Solsona, 1997; Quintanilla, 2005). Estas investigaciones provenientes básicamente desde las ciencias experimentales y desde la didáctica<sup>2</sup> concluyen que la transmisión y divulgación de la ciencia en el aula escolar o en los niveles universitarios ignoran de manera intencionada el devenir histórico del conocimiento científico o simplemente lo consideran irrelevante en el desarrollo profesional del docente. De esta manera, queda en evidencia que profesores de ciencia y científicos, así como un número no despreciable de divulgadores en los medios de comunicación masiva, transmiten una imagen de ciencia acumulativa, normativa y restrictiva, bastante alejada de los contextos culturales, sociales o políticos en los que científicos y científicas han contribuido al desarrollo sistemático, permanente y continuo del conocimiento en las diferentes épocas y áreas del conocimiento. En el caso de las matemáticas, el estudio de su naturaleza como construcción histórica permite una reflexión rigurosa sobre su evolución y desarrollo, así como de los procesos de consolidación, influencia e impacto de la comunidad científico-matemática en la historia, lo que promueve comprender también su inserción en los procesos de divulgación y enseñanza.

Postulamos que es necesario estudiar estos «momentos históricos, su sentido, y el valor del contenido matemático en ellos» para así orientar la toma de decisiones en cuanto a su divulgación y enseñanza sobre la base del nuevo conocimiento matemático y la nueva didáctica de las matemáticas. No olvidemos que los diferentes ámbitos o contenidos de la ciencia en general, y de las matemáticas en particular, han experimentado —y lo continúan haciendo— complejas y persistentes transformaciones como resultado de la natural creación de nuevos conocimientos científicos. En consecuencia, requieren de una actualización oportuna desde la perspectiva de la construcción de conocimiento profesional de los profesores de matemática en formación y en ejercicio, así como de los científicos en particular y de los estudiantes de ciencia en general.

Uno de nosotros ha insistido, en otros trabajos (Uribe, Quintanilla, 2004; Quintanilla, 2005), que la manera como a lo largo de los siglos se ha ido construyendo y también resignificando la historia de las ciencias<sup>3</sup> es a veces ambigua, compleja otras veces, misteriosa y, en algunos casos, inexplicablemente controvertida y confusa de registros e información, así como interpretada de múltiples formas según los textos e instrumentos disponibles o legitimados por la institución o el poder imperante.

Como consecuencia de lo anterior, se puede predecir que los diferentes públicos de la ciencia, estudiantes, profesores, expertos y legos, poseen una visión deformada de la naturaleza de la ciencia, su objeto y método de estudio, así de cómo se construyen y evolucionan los conocimientos científicos e ignoran sus repercusiones sociales, lo que en algunas ocasiones, si no en la mayoría, produce una actitud de rechazo hacia las materias científicas y dificulta su aprendizaje y comprensión, sobre todo cuando se procura solamente axiomatizar de manera reduccionista el lenguaje científico que requiere, junto a ello, un proceso de valoración e interpretación

2. Nos referimos en particular a la investigación en didáctica de las ciencias experimentales.

3. Perspectiva de las ciencias en general.

compleja y contextualizada de las teorías, los instrumentos y los fenómenos que se estudian a lo largo del tiempo y bajo ciertos supuestos teóricos y filosóficos (Uribe, Quintanilla, 2004).

Así, podemos decir que la historia de las ciencias nos permite relacionar el conocimiento científico que se construye en determinada época con los problemas que la comunidad de matemáticos intenta solucionar, las herramientas conceptuales y metodológicas disponibles, la cultura y los valores vigentes en dicho momento histórico. De allí el enorme valor que debieran tener para el profesorado los contenidos provenientes de estas disciplinas metateóricas para su formación inicial y la práctica profesional, así como para la educación matemática y la actividad matemática escolar.

Para desarrollar la propuesta, estamos delineando *ejes temáticos* que incorporan la historia de la matemática en la formación docente, lo que permitiría una reflexión sobre la naturaleza de las matemáticas y su vinculación con la enseñanza. El esquema se estructura en un primer momento, en que se trata el tema con un carácter histórico-matemático, y un segundo momento sobre las posibles implicaciones didácticas al vincular estos aspectos históricos. Para ilustrar el esquema propuesto desarrollaremos la problemática de cuatro temas que por sí mismos actúan para orientar una discusión teórica y metodológica inicial:<sup>4</sup>

#### 1) Algebrización de las matemáticas e historia: la creación de nuevos métodos de resolución

La primera etapa consiste en la enseñanza al profesorado del desarrollo del álgebra en los siglos XVI y XVII a través de lecturas guiadas.<sup>5</sup> El análisis que pretendemos es estudiar los efectos que produjo en la matemática la articulación del álgebra con la geometría con un énfasis en dos puntos: *a)* la aparición del álgebra como medio para justificar la matemática; *b)* problemas de origen geométrico en que su demostración era muy costosa o desconocida, y que por medio del álgebra se pudieron desarrollar. Por ejemplo, en el caso de la resolución genérica de las ecuaciones cuadráticas y cúbicas, con la incorporación del método algebraico se simplificaba la resolución, así surgió la clasificación de ecuaciones que se podían resolver con un mismo método.

La segunda etapa consiste en la reflexión didáctica sobre la pertinencia del lenguaje y método algebraico en la enseñanza de ciertas prácticas matemáticas. Por ejemplo la resolución de ecuaciones —en que anteriormente se reflexionó de su naturaleza geométrica; o aritmética en el caso de problemas mercantiles—. El desarrollo se podría realizar con la elección de un profesor o grupo de profesores en la resolución de un problema por lo menos por dos métodos distintos, el primero algebraico y el otro geométrico y/o aritmético. Cada profesor o grupo expone el problema por los métodos elegidos para luego discernir entre todos los presentes las ventajas y desventajas de la aplicación de métodos geométricos o aritméticos *versus* métodos algebraicos, considerando factores, por ejemplo, de economía, intuición visual y justificación. El objetivo de la metodología es proponer y negociar discursos didácticos considerando las reflexiones del profesorado.

4. En esta primera etapa aún se está trazando los ejes temáticos, por lo que las propuestas pueden modificarse, al implementarlas al profesorado.

5. Lecturas aún a convenir.

## 2) Instrumentos de medición: su influencia en las concepciones sobre el conocimiento científico

En este eje temático pretendemos recalcar la influencia de la utilización de los instrumentos científicos en el desarrollo y la concepción de la ciencia. Como núcleo temático hemos elegido los instrumentos de medición, tales como de observación (ej. telescopio, microscopio), medición indirecta (ej. escuadra geométrica, compás euclidiano, astrolabio), medición numérica (ej. huesos de Napier, calculadoras simbólicas) y atención especial al surgimiento de los logaritmos como medio para dotar de rapidez a los cálculos numéricos, y la evolución en su utilidad.

El esquema sugerido es proponer a los profesores la elección de un instrumento o un campo de instrumentos para un mismo fin; para realizar una escueta investigación sobre el origen del instrumento, la utilidad, el aporte a la ciencia, el grado de aceptación y el uso de la comunidad científica. Este último indicador que se quiere caracterizar es clave en nuestra propuesta para abrir una discusión posterior sobre las dificultades de aceptación de ciertos instrumentos por el hecho de no corresponder con la ideología imperante.<sup>6</sup> El objetivo es una reflexión en torno a preguntas del tipo: ¿cuánto y cómo influenciaba la aparición de ciertos instrumentos en las concepciones sobre los científicos de la época?, ¿de qué manera cambiaban las prácticas científicas?, ¿cuáles eran las principales dificultades que los filósofos naturales argüían en el uso de estos instrumentos?

La segunda parte sería una reflexión didáctica en torno a la aplicación de herramientas instrumentales en el aula de matemáticas y su influencia en las preconcepciones de los estudiantes. Discutir las semejanzas que se pueden dar entre las negociaciones de significados que se realizan en el aula, y las dificultades en la aceptación de estos instrumentos en su época. Reflexionar sobre la utilidad y desventajas de la incorporación de los instrumentos de medición en las prácticas en el aula de matemáticas.

## 3) Naturaleza de la matemática: análisis de la perspectiva de Kant *sintética a priori* del quehacer matemático

Este eje temático se orienta a que el profesorado reflexione sobre algunos elementos de la naturaleza de la matemática y cómo se ha ido desarrollando en la historia. Este tema se puede abordar desde varias perspectivas. Nosotros nos centraremos particularmente en la obra de Kant sobre los juicios matemáticos. Nuestra elección de este tema se basa en las controversias filosóficas que ello significó, principalmente con su antecesor Hume y posteriormente con Frege. Las discusiones que se plantean permiten conocer las discusiones filosóficas que acontecían, las cuales actualmente aún pueden ser vigentes. El desarrollo consistiría en discutir tres textos: *a*) la introducción del libro de Kant *Crítica de la razón pura* (1781, traducción al castellano en 1983), donde Kant explica los juicios en términos de *a priori-posteriori*, sintético y analítico, y la atribución a la matemática de juicios  *sintética a priori*, *i b*) extracto del libro de Hume *Investigación*

6. En el caso del telescopio, varios filósofos naturales de corte aristotélico dudaban de la fiabilidad para observar cuerpos celestes de los que no tenían conocimiento. Una buena descripción de esta reticencia social se rescata en Shapin (2000) en su libro *La revolución científica*.

sobre el conocimiento humano (1748, traducción al castellano en 1986), en el cual se rescata su concepción de las ciencias y las matemáticas dependientes de la experiencia, y una extracción de la obra de Frege *Escritos lógico-semánticos* (1918, traducción al castellano en 1974), en la cual se critica la visión de Kant de caracterizar los juicios matemáticos de sintéticos.

La discusión gira en torno a las siguientes preguntas: *a)* ¿cómo se puede fundamentar la certeza del conocimiento matemático?, ¿es suficiente la experiencia?, ¿son verdades analíticas? Si la respuesta es *no* en ambos casos, ¿en qué apoyarla?; *b)* ¿cuál es la naturaleza de los juicios matemáticos?, ¿cuál es la de las proposiciones?, i *c)* ¿es la matemática el único reducto del conocimiento cierto? Y si no lo es, ¿es el método matemático el único método válido para obtener el conocimiento cierto?<sup>7</sup>

Posteriormente se puede pedir a los docentes generar y sistematizar sus reflexiones. Un ejemplo de actividad consiste en completar la tabla 1, en la cual se han utilizado los criterios de conocimiento desarrollados por Kant (1781) de *a priori-a posteriori* y de *sintético-analítico*; en base a estos criterios, se les pide a los docentes que desarrollen ejemplos de situaciones matemáticas enseñables en la escuela que cumplen las características de estos juicios y que argumenten desde la didáctica de la matemática sus ventajas y desventajas en el proceso de la enseñanza. Por ejemplo, en la celda en que se cruzan los descriptores *a posteriori* y *sintético* se puede desarrollar: ¿qué conocimiento enseñado en el aula de matemáticas podría describirse como *sintético a posteriori*?

TABLA 1. Ejemplos de situaciones matemáticas

	<i>Analítica</i>	<i>Sintética</i>
<i>A priori</i>		
<i>A posteriori</i>		

Con este ejercicio, pretendemos que el profesorado reconozca la epistemología que subyace en las matemáticas enseñables, e incluso se puede dar debates de las dificultades de entender ciertos hechos matemáticos por su naturaleza en contraposición a entenderlos como una dificultad sólo del sujeto.

4) Controversia entre Newton y Leibniz sobre el «análisis», para una *reflexión didáctica* en torno a las nociones de *diferenciabilidad* e *integral*

El eje temático está orientado a reflexionar las nociones de derivada e integral que desarrollaron Newton y Leibniz. Una intención de estudiar sus programas es hurgar en las *controversias* que se originaron en la apropiación de la creación del análisis. Ello considera el marco social establecido, en referencia a las ideologías imperantes y la situación económica social de Newton y Leibniz. Un segundo propósito ligado al anterior es reconocer las concepciones subyacentes que tiene cada programa sobre las nociones de derivada e integral.

7. Preguntas extraídas del capítulo dedicado a la filosofía matemática de Kant en el ejemplificador libro de Cañón Loyes (1993) *La matemática: creación y descubrimiento*.

Una posible propuesta sería que cada profesor o grupo elija entre el programa de Newton o Leibniz para estudiar el surgimiento de la noción de derivada y plantear los aspectos más relevantes. Una vez que todos lo hayan presentado, se pasaría a discutir las concepciones en torno a la derivada que hay detrás del párrafo siguiente:

*Todo giraba sobre el triángulo infinitesimal característico, el mismo triángulo que Newton describía como la «proporción de las cantidades evanescentes». El concepto clave de Leibniz era el diferencial  $dx$  como un pequeño cambio infinitesimal en el valor de  $x$ .*

La segunda parte es estudiar las implicaciones didácticas en torno a las preguntas. ¿Qué noción de derivada puede ser más evidente para una primera incursión en el análisis, la de *razón de cambio* o *diferencial*? ¿Por qué a Leibniz le podría preocupar tanto la notación utilizada en su desarrollo del cálculo infinitesimal? ¿De qué manera influye la notación en la comprensión de las nociones? ¿Es posible cambiar la secuencia didáctica al enseñar primero integral y luego derivada, qué aspectos positivos y negativos tendría para el aprendizaje de las matemáticas?

#### Algunas reflexiones preliminares

En este artículo reflexionamos sobre la manera de articular la historia de la matemática en la formación de profesorado, con la convicción de considerar la construcción de la actividad matemática en su contexto cultural. Por medio de unos *ejes temáticos*, se ha tratado de plasmar tales reflexiones. Su diseño considera aspectos históricos de la matemática que permitan generar reflexiones didácticas tanto epistémicas como metodológicas, y con un discurso en que se tome en consideración explicitar el contexto cultural en que se han generado las temáticas. Los cuatro ejes esbozados son ejemplos que intentan reflejar nuestra postura. Aun así, somos conscientes de las limitaciones de los ejes trazados en contraste con nuestra propia propuesta teórica. Pero ello se podrá atenuar en la medida que se pueda poner en práctica la propuesta en la formación del profesorado, y a su vez, dialogar la propuesta con historiadores de la ciencia, didactas y formadores de profesores, con interés en considerar la historia de la matemática en la formación de profesores.

#### Bibliografía

- CAÑÓN, C. (1993). *La matemática: creación y descubrimiento*. Madrid: UPCO.
- FREGE, G. (1974). *Escritos lógico-semánticos*. Madrid: Tecnos.
- KANT, E. (1983). *Crítica de la razón pura*. Madrid: Alfaguara.
- LIRES, M. (1998). «L'histoire des sciences et des techniques dans la formation du professorat». En: *Conference on the History of Science and Technology in Education and Training in Europe*. Estrasburgo: Université Louis Pasteur.
- QUINTANILLA, M. (2005). «Historia de la ciencia y formación docente: una necesidad irreductible». *Revista TED de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá* [Colombia], número extra, pp. 34-43.

SHAPIN, S. (2000). *La revolución científica*. Barcelona: Paidós.

SOLSONA, N. (1997). *Mujeres científicas de todos los tiempos*. Barcelona: Talasa.

URIBE, M.; QUINTANILLA, M. (2004). «Aplicación del modelo de Stephen Toulmin al estudio de la evolución del sistema cardiovascular». *Actas del VII Congreso Latinoamericano de Ciencia y Tecnología*. Buenos Aires, Argentina.





# REFLEXIONS I PROPOSTES PER AL DEBAT EDUCATIVODIDÀCTIC ENTORN DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

**Núria Solsona i Pairó (1) i Mario Quintanilla Gatica (2)**

1) Universitat Autònoma de Barcelona

2) Pontificia Universidad Católica de Chile

Paraules clau: *didàctica, història de les científiques, fonts documentals.*

Thoughts and proposals for an educational discussion about history of science.

Summary: *This is a very short approach to an educational view of the history of science, specially considering the scientific work done by women.*

Key words: *educational view, history of science, documentary sources.*

## Introducció

En la didàctica de les ciències naturals, hi ha un corrent de reflexió que destaca la necessitat d'incorporar i vincular les metaciències en els processos de formació inicial i continuada del professorat de ciències. Les metaciències permeten relacionar el coneixement científic que es construeix en cada moment de la història amb els problemes que es volen solucionar, les finalitats que es persegueixen, les eines conceptuals i metodològiques disponibles, i la cultura i els valors vigents en cada moment. D'aquí el gran valor que trobem en els continguts que provenen d'aquestes disciplines per a la pràctica professional del professorat de ciències naturals.

## Objectius de la comunicació

— Promoure en el professorat actiu una reflexió rigorosa al voltant de l'activitat científica en la història i la seva vinculació en els processos de divulgació i aprenentatge.

— Afavorir en el professorat de ciències una anàlisi sobre el desenvolupament de les teories científiques en la història i la construcció de coneixement professional per modelitzar aquestes teories a l'aula.

— 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.

Marc teòric

Actualment, molts autors i escoles situats en les disciplines de caràcter metacientífic —com l'epistemologia, la història de la ciència i la didàctica de les ciències naturals— veuen la ciència com una *activitat humana* de producció, avaluació, aplicació i difusió de sabers immersa en un context històric, social i cultural que dóna sentit a l'anomenada *activitat científica*, ja que precisa les finalitats d'intervenció que es persegueixen i els valors que es defensen o es posen en joc, en les comunitats i institucions científiques (Echevarría, 1995: 12). En les darreres dècades, diferents i rigoroses investigacions han insistit a assenyalar que la perspectiva de l'anàlisi històrica *entorn de i sobre* la ciència és absent de l'educació científica en particular i de la formació docent en general en diferents contextos culturals, acadèmics i institucionals. Aquestes recerques de caràcter *didactològic* conclouen que la transmissió i divulgació de la ciència a l'aula escolar o en els nivells universitaris ignora de manera intencionada el procés històric del coneixement científic o simplement «destaca algunes fites rellevants» que, a causa de la tradició o l'èmfasi clàssic de determinats continguts, així ho permeten (Gribbin, 2005: 10). D'aquesta manera, és evident que professorat de ciències i membres de la comunitat científica, així com un nombre no menyspreable de divulgadors en els mitjans de comunicació, transmeten una imatge de ciència normativa i restrictiva, bastant allunyada dels contextos culturals, socials o polítics que per part de científics i científiques han contribuït al desenvolupament sistemàtic, permanent i continu.

No oblidem que els diferents àmbits o continguts de la ciència han experimentat (i ho continuen fent) complexes i persistents transformacions com a resultat de la natural creació de nou coneixement. En conseqüència, requereixen una actualització oportuna des de la perspectiva de la construcció de coneixement professional dels professors de ciència en formació i en exercici, així com dels científics en particular i dels estudiants en general.

Hem insistit en altres treballs (Lires *et al.*, 2003: 6) que la manera com al llarg dels segles s'ha anat construint i també resignificant la història de la ciència és a vegades ambigua, complexa altres vegades, misteriosa i, en alguns casos, inexplicablement controvertida i confusa de registres i informació, així com interpretada de múltiples formes segons els textos i instruments disponibles o legítims per la institució o el poder imperant. Sobre això, són moltíssims els exemples on es pot visualitzar aquesta situació en diferents «etapes» de l'evolució de les teories de les diferents àrees del coneixement científic.

En aquest moment no se sap tot el que esperariem saber (i la manera que ho esperariem) sobre el que és un fet històric de la ciència, diríem, de manera precisa, segons les concepcions actuals. Hi ha moments en les diferents cultures que la ciència és només un procés retòric sense grans èxits teòrics, on el propòsit fonamental és només aconseguir un reconeixement social, cultural, religiós i inclusivament polític vinculat al control social de les classes dominants, tal com va succeir a propòsit de l'ensenyament tecnocientífic a l'Anglaterra victoriana del segle XIX.

Resulta gairebé evident que en la reflexió que estem iniciant, ens adonem de l'enorme valor del llenguatge i de les maneres de comunicar i divulgar la història de la ciència en els diferents àmbits: escolar, professional o politicoinstitucional. Per exemple, en l'Anglaterra de John Dalton, del segle XIX, i encara que això pogués per descomptat resultar polèmic en els seus nivells d'interpretació, es promourà una concepció de la ciència en la qual es confon el filantropisme de la burgesia i l'educació científica de la classe treballadora amb l'excusa de reduir o impedir la desestabilització social enfront de l'avenç de les idees revolucionàries derivades del desenvolupament industrial i el nou ordre econòmic capitalista que van qüestionar Engels i Marx. Particularment la zona de Manchester (pròxima a Eaglesfield on va néixer Dalton) es va caracteritzar per la consolidació progressiva de la revolució industrial (iniciada cap al 1760), els principals trets de la qual van ser: l'adaptació de noves tecnologies, la reducció gradual del sistema d'explotació agrària, l'especificació productiva regional, l'augment del creixement econòmic derivat de la diversitat industrial, l'augment de la burgesia capitalista i el descens sistemàtic i progressiu de la mortaldat.

Com a conseqüència de l'anterior, es pot predir que els diferents públics de la ciència, estudiants, professorat, persones expertes i llegendes, posseeixen una visió deformada de la naturalesa de la ciència, el seu objecte i mètode d'estudi, així de com es construeixen i evolucionen els coneixements científics i ignoren les seves repercussions socials. Però al costat d'això, les regles del mètode científic tal com són explicitades pels lògics no corresponen a la realitat de les pràctiques, i es promou una idea de comunitat científica tancada en què la investigació es refereix a un ventall molt definit de problemes i el seu paradigma o matriu disciplinària és acceptat per una fracció.

### Propostes d'aula

En la història de la ciència, els episodis on les científiques han estat protagonistes, les aportacions de les dones i les seves interaccions amb el model de ciència predominant en cada moment històric han estat un dels elements distorsionadors que la historiografia oficial ha intentat obviar o eliminar. Avui la base factual disponible, és a dir, la quantitat d'informació respecte a la producció de coneixement feta per les dones, obliga a replantejar l'estretor dels marcs conceptuals tradicionals de la història de les ciències. Per comprendre la importància de la contribució femenina en la història de la ciència, ens cal situar-nos en la perspectiva de la lògica de la complexitat, on la comprensió d'unes dades particulars, com pot ser la producció femenina de coneixement, només és pertinent si mobilitzem els coneixements de conjunt de què disposem per a cada cas particular. No podem limitar-nos a una única relació de causa-efecte que afirmi que «les dones no van poder participar en la producció de coneixement, perquè van ocupar posicions marginals en les diferents èpoques històriques».

A més, avui disposem de suficients mediacions femenines de pensament que ens autoritzen a fer la interpretació del moment històric en què determinada científica va treballar mantenint-se fidel al fet de ser dona. Una mirada femenina a la història de la ciència s'orienta no tant a la construcció de sabers conceptuals, sinó als sabers deduïts de l'experiència que és plena d'impulsos i fenòmens contradictoris, al que anomenem *sabers relacionals*.

Per poder utilitzar les biografies i els textos amb autoria femenina, cal treballar amb un concepte de ciència que permeti incloure totes les dones que s'han dedicat a activitats

relacionades amb la construcció de coneixement. Per això, necessitem treballar amb una noció extensa sobre la història de la ciència, entesa com la reflexió sobre les formes i les mediacions simbòliques que fan referència a dones que han deixat petjades del seu pensament i de la seva acció en diversos camps de la ciència.

Un concepte fonamental per reconstruir la història de les científiques ha estat el d'autoritat. La visió tradicional de l'autoritat estava basada en el model del pare que va evolucionar cap a una concepció formal de l'autoritat, impersonal, ja fos d'origen diví o relacionada amb la ciència. Però hi ha un altre concepte d'autoritat concreta, terrenal, vinculada als valors, una autoritat que apareix si s'estudien les contribucions del pensament femení. S'identifica la pràctica de l'autoritat femenina quan s'entén com a mediació i això ens permet distingir entre l'autoritat femenina i l'autoritat masculina. En el món actual, el concepte d'autoritat es confon amb el de poder, però etimològicament *autoritat* ve del llatí *augere* que significa 'capacitat per fer créixer'. En aquest significat del concepte *autoritat* es recolza l'autoritat femenina, a diferència de l'autoritat entesa com a poder que sustenta l'autoritat femenina. L'autoritat com a categoria d'anàlisi permet reflexionar amb més complexitat sobre el paper de les científiques i el treball de recuperació de les aportacions que elles van fer al coneixement al llarg de la història.

Ens interessa conèixer i aprofundir en la història del coneixement, perquè no podem oblidar que la història s'utilitza per legitimar la situació actual i per defensar o negar la legitimitat dels canvis que es proposin. Per a això és indispensable l'anàlisi dels sabers de les dones en les diferents tradicions en què estava organitzat el coneixement abans del naixement de la ciència moderna. I els conflictes d'autoritat que es van plantejar durant l'emergència de la ciència moderna i el procés que la va portar de ser una activitat amateur a ser una activitat professional.

El desenvolupament d'una historiografia basada en el protagonisme de les dones, des d'una perspectiva epistemològica, ha generat dos tipus d'efectes. El primer efecte ha estat enriquir els conceptes amb què s'interpretava el passat i crear nous conceptes i categories que permeten donar compte de la complexitat històrica. Alguns exemples en serien els sabers i les experiències de les dones, l'autoritat científica femenina i la mediació textual encadenada entre autores, com a forma d'autorització. El segon efecte o manifestació permet donar visibilitat a les dones com a subjectes històrics i no solament com a objectes històrics. No obstant això, la importància de la historiografia de les dones no ha comportat de forma significativa la interrelació amb el camp educatiu i didàctic.

La nostra recerca pretén contribuir a la innovació educativa i està emmarcada en la pràctica reflexiva, intenta delimitar les línies d'actuació didàctica, amb l'especificació de les fonts i els continguts que permeten dur-les a terme en les aules. I, per tant, la integració en els currículums de ciències i de matemàtiques, de manera especial en l'ESO.

Les fonts històriques utilitzades són els textos d'autoria femenina i les fonts visuals, com ara retrats, dibuixos, pintures i portades de llibres. Els textos d'autoria femenina que permeten manifestar la veu científica de les dones i sempre que sigui possible es presenten comparats amb textos d'autoria masculina d'algun contemporani. Els documents escrits, en la mesura que són materials didàctics, són traduïts i adaptats a un llenguatge comprensiu de l'alumnat. Les fonts iconogràfiques permeten captar l'atenció de l'alumnat en format paper, audiovisual o PowerPoint. Queda per explorar l'activitat científica femenina que no ha generat documentació, però que ha generat representació o deixat empremtes en la història moltes vegades efímeres.

Algunes de les propostes didàctiques utilitzen les fonts documentals següents:

- Font 1. Hipatia d'Alexandria, una figura femenina mítica en la història de les matemàtiques
- Font 2. Maria la Jueva i els alambins
- Font 3. Marie Meurdrac i la química de les dones
- Font 4. Marie le Jars de Gournay
- Font 5. Hildegard d'Eibingen, una monja medieval
- Font 6. Elisabetha Hevelius i les astrònomes
- Font 7. Margaret Cavendish i l'atomisme
- Font 8. Sophie Germain, contemporània de Gauss
- Font 9. Laura Bassi i la composició de l'aire
- Font 10. Marie-Anne Paulze i la química del segle XVIII
- Font 11. Elizabeth Fulhame i l'estudi de la combustió.

Una de les primeres figures de què tenim referència de la tradició alquímica va ser una dona, coneguda com Maria la Jueva, que va viure el segle III. Ella va ser també qui va dissenyar els primers alambins utilitzats en els laboratoris durant molts anys després. Maria va inventar diferents aparells i d'altres van ser coneguts a partir de la seva descripció: forns i aparells per coure i destil·lar, fets de metall, argila i vidre. El més famós aparell inventat per Maria és el bany maria, que continuem utilitzant avui amb el seu nom. Així ha estat recollit en totes les llengües d'Europa occidental: en francès, anglès, alemany. Maria va fer contribucions d'ordre més teòric sobre el principi únic de les substàncies.

L'alambí, una eina fonamental per a l'alquímia, *kerotakis* en grec, el descriu Maria dient:

Consta de tres parts, una en la qual s'escalfa el material que s'ha de destil·lar, una part freda per condensar el vapor i una altra per recollir-lo. Una peça de metall triangular o rectangular servia per mantenir-lo calent en previsió que la cera no s'endurís.

També va descriure la construcció del *tribikos*, un alambí més complicat:

Poseu tres tubs de coure dúctil, una paella una mica més gruixuda que la de coure pastissos. La seva llargada hauria de ser d'un cúbit i mig. Feu tres tubs així i un tub de l'amplada d'una mànega i una obertura proporcional al cap de l'alambí [...] (Solsona, 1997: 35)

Maria la Profetessa, la Jueva o l'Hebrea és una de les primeres figures conegudes de la tradició alquimista, en el segle IV. La tradició alquimista, com d'una altra manera es va produir a les escoles filosòfiques gregues, combinava una forma de vida amb la recerca del saber. L'alquímia va ser durant molt de temps una activitat iniciàtica que perseguia al mateix temps la salvació espiritual i la perfecció material, representades en la pedra filosofal i la transmutació dels metalls en or. L'autoritat de Maria la Profetessa ha estat posada en dubte, perquè se l'ha considerada una figura mítica de l'alquímia. El mateix ha succeït amb Cleòpatra a qui se li atribueixen les primeres notes sobre els elements. Cal remarcar que els mecanismes per reconèixer l'autoritat d'una obra en la tradició alquímica eren un criteri del que

escrivía o copiava el llibre, tot i que s'acostumava a respectar la tradició. Per tant, sembla difícil que l'atribució d'un text es fes a una dona sense que tingués cap relació amb aquest. Marie le Jars de Gournay (1565-1645) escriu a la seva autobiografia:

Utilitzava quantitats d'or, coure, plom, ferro, estany i mercuri, per aprendre els constituents dels metalls juntament amb els de les sals corrosives, principalment els vidriols, els alums i els clorurs de sodi i d'amoni, i volia aprendre algun tipus de coneixement sobre els àcids minerals, nítric, sulfúric i hidroclorohídric, els quals havien estat descoberts pels alquimistes en el segle XVII. [...] Com que era una activitat cara i tenia pocs recursos, vaig tenir molta sort que un amic em proporcionés l'accés al forn d'una fàbrica de vidre, prop de casa meva, a la *rue* des Handrettes, a París, per poder realitzar els experiments. (Solsona, 1977: 63)

Portava a terme el seu treball, els seus experiments, com un treball intel·lectual, però que era conscient que l'havia de defensar contra els atacs que deien que no era normal per a una dona de l'època «observar les proporcions d'una bona cocció, el que esdevindrà la matèria que tens al foc, amb una curiositat natural i sana».

Marie Meurdrac recull en el llibre *La Chymie charitable et facile, en faveur des dames* (1666) un conjunt de receptes de química pràctica i quotidiana: adobs i unguents. El llibre té sis parts que parlen de principis de laboratori, d'aparells i tècniques, animals, metalls, de les propietats i la preparació de medecines simples, de compostos medicinals i cosmètics. El tractat inclou també taules de pesos i cent sis símbols alquímics. L'obra va tenir tres edicions i va ser traduïda a l'italià.<sup>1</sup> En la introducció del llibre reflexiona de la manera següent:

Quan vaig començar aquest petit tractat, era només per la meua pròpia satisfacció i amb la intenció de retenir el coneixement que havia adquirit amb un llarg treball i amb diferents experiments repetits moltes vegades. No puc amagar que després de veure que he acabat millor del que m'hauria atrevit a esperar, estic temptada de publicar-ho: però si tinc raons perquè vegi la llum, també en tinc per guardar-ho amagat i evitar que sigui exposat a les crítiques. D'altra banda, m'afalaga a mi mateixa no ser la primera dona que ha publicat alguna cosa; ja que la ment no té sexe, i si les ments de les dones fossin cultivades com les dels homes, i si es dediqués més temps i energia a instruir-les des del començament, després serien iguals que les dels homes. (Meurdrac, 1999: 16)

Hildegard d'Eibingen (1098-1179), cosmòloga i metgessa. En el segle XII, va ser una dona admirada i de gran autoritat en la seva època, consultada per reis i papes. Fou famosa per les seves cures i la seva destresa mèdica recollida en el llibre *Physica* o *Llibre de medicina simple*.<sup>2</sup> En els seus llibres dóna moltes indicacions sobre com preparar els medicaments utilitzant diferents plantes.

1. Aquesta obra ha estat reeditada recentment (Meurdrac, 1999).

2. Reedició: Hildegard von BINGEN (1982), *Physica*, Basel, Herausgegeben Durch Die Basler Hildegard-Gesellschaft.

## Reflexions finals

Actualment estem treballant en el disseny de cursos complets centrats en les aportacions de les metaciències en l'ensenyament de les ciències naturals i en l'elaboració de materials pràctics per incorporar temes d'epistemologia i història de la ciència en la formació inicial i continuada del professorat de ciències naturals.

## Bibliografia

- ECHVERRÍA, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- GRIBBIN, J. (2005). *Historia de la ciencia*. Barcelona: Crítica.
- LIRES, M.; NUÑO, T.; SOLSONA, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.
- MEURDRAC, M. (1999). *La Chymie charitable et facile, en faveur des dames*. París: CNRS Éditions.
- SOLSONA, N. (1997). *Mujeres científicas de todos los tiempos*. Barcelona: Talasa.





# EL PATRIMONI CIENTÍFIC DE L'INSTITUT JAUME VICENS VIVES DE GIRONA: UNA APROXIMACIÓ HISTÒRICA

**Borja Vilallonga**

Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: *patrimoni científic, instruments científics, ensenyança de la ciència, IES Jaume Vicens Vives.*

The scientific heritage of Jaume Vicens Vives secondary school: a historical approach

*Summary: Jaume Vicens Vives secondary school of Girona, like the other secondary schools created by the «plan Pidal», has accumulated during its history a significant scientific heritage, used in science teaching. The making of the Jaume Vicens Vives' scientific heritage is similar to the other secondary schools in the Catalan Countries in the Spanish state. In this study, we have followed this development of this heritage, and we have presented a brief general census, from 1849 to 1861. We have also pursued the historical pathway of many singular pieces, like scientific volumes from XVIII and XIX centuries, taxidermal specimens, historical as well as chemical and physical instruments, from 1861 up to now. This approach finishes with an analysis of the present state of the heritage, with its problems and its future.*

Key words: *scientific heritage, scientific instruments, pedagogy of science, IES Jaume Vicens Vives.*

## Introducció

El centre educatiu que actualment coneixem amb el nom d'IES Jaume Vicens Vives fou fundat l'any 1845, arran de l'aprovació de l'ordenació dels estudis preuniversitaris per part del Govern liberal que en aquell moment intentava de crear un estat espanyol modern i centralitzat. La Llei aprovada el 17 de setembre de 1845 preveia que a cada capital de província es creés un «Instituto de Segunda Enseñanza» (Clara, 2003: 116) i que s'hi ensenyés un pla d'estudis amb assignatures, plans de treball i criteris unificats per a tot l'Estat. Entre els criteris de la Llei d'ordenació, n'hi constava un que obligava cada centre a disposar dels llibres i material pedagògic necessaris per desenvolupar la tasca educativa (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 19). El Govern envià als instituts una llista del material que havien

d'adquirir, per bé que l'Estat no pagà ni les despeses ni el manteniment dels instituts fins al 1886, ja que el Govern fins aleshores cregué que era tasca de les diputacions i els ajuntaments de les capitals de províncies (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 36). Amb aquelles llistes de llibres i material pedagògic apareixia l'embrió del patrimoni de l'Institut Jaume Vicens Vives.

### La construcció del patrimoni

Durant els primers deu anys de vida de l'Institut, es realitzà un esforç considerable per tenir tot el material pedagògic i llibres necessaris per a la instrucció dels primers alumnes del centre. L'Institut de Girona disposà de bell antuvi de dos grans emprenedors, que ja havien participat en un projecte d'institut provincial a Girona el 1841: González de Soto (Rodeja Galter, 1940: 28) i Llach i Soliva. Sense la seva força i dedicació, hauria estat impensable que el 1855 el director general d'Instrucció Pública afirmés, entre altres coses, que l'Institut de Girona disposava de molts mitjans materials acumulats al llarg de l'existència del centre. I és que Llach i Soliva i González de Soto, gràcies als fons que rebien de la Diputació i de l'Ajuntament de Girona (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 32), van poder comprar tota classe de substàncies i material per al Gabinet de Química, aparells d'experimentació per al Gabinet de Física, col·leccions de minerals, d'animals i quadres murals per al Gabinet d'Història Natural i Zoologia i uns grans mapes murals per al Gabinet de Geografia i el Gabinet d'Història. Semblantment, equiparen els laboratoris i les aules amb material especial amb uns grans armaris expositors (*Memòries*, 1849: 16) i concentren tots els llibres dels gabinets en una biblioteca, que alhora servia de Biblioteca Provincial fins que aquesta se n'anà el 1958 del convent de caputxins on es trobava l'Institut Provincial. Les comandes del material pedagògic s'enviaven normalment a l'Estat veí de França, que disposava de cases que podien satisfer les exigències de l'Institut de Girona i les llistes de material que calia adquirir per a l'ensenyament. La majoria d'animals dissecats es compraren als taxidermistes parisencs Guy et Eloffe (*Memòries*, 1849: 11), mentre que l'herbari i la col·lecció de minerals foren una donació de Joan Isern i de Josep Oriol de Bolòs (*Memòries*, 1849: 10), respectivament; els instruments de física, química i matemàtiques es compraren a les cases Deleuil i Lerébours & Secretan (*Memòries*, 1849: 6), també de París. Els objectes comprats al començament de la vida de l'Institut i les cases que li'n proveïren quedaren anotats a les memòries anuals que redactava en els primers anys el secretari de l'Institut Llach i Soliva i que es llegien en les inauguracions de curs. Aquestes memòries són la millor prova de la construcció del patrimoni de l'Institut, alhora que ofereixen una llista dels objectes que tenia aleshores el centre. Una de les millors és la del curs 1848-1849, que glossa les adquisicions d'aquest 1848-1849 i moltes d'anteriors, tals com les de 1847 i 1846. És, potser, la memòria que més té el paper de crònica dels quatre primers anys de funcionament de l'Institut. Per a la recerca que hi ha hagut sobre les peces del patrimoni de què el Jaume Vicens Vives disposa actualment, la memòria del curs 1848-1849 ha estat una de les millors eines, atès que ha permès d'identificar, a partir de les llistes d'objectes esmentades, algunes peces que encara es troben a les instal·lacions de l'Institut a les Pedreres. També ha permès de palesar que moltes de les primeres peces ja no es troben a l'Institut.

## El patrimoni i les seves joies

És indubtable que el patrimoni del Jaume Vicens Vives —almenys la part de més valor i prestigi— és fill dels esforços que feren Llach i Soliva i González de Soto. Les peces que adquiriren aleshores han estat admirades avui. Són joies de l'antiga pedagogia del segle XIX, joies de la física d'antany, joies de la fal·lera taxidèrmica, joies de la literatura, en magnífiques primeres edicions. Aquestes joies són el testimoni que roman d'un gran patrimoni edificat durant el període 1845-1861, any en el qual hom pot considerar per completat el patrimoni de l'Institut.

La gran sala dels gabinets d'història natural, zoologia, física i química —coneguda com l'*aula de ciències*— fou l'exemple més clar de la riquesa patrimonial de l'Institut. Encara que el centre disposés igualment de llibres valuosos, els animals dissecats i els estris de física i química eren —i són— un patrimoni molt més atractiu i colpidor, que durant decenni ha captivat els estudiants que han desfilat per aquella aula. El patrimoni més conegut aleshores —i actualment encara— era el del Gabinet d'Història Natural i Zoologia. Els animals dissecats exposats ordenadament dins llurs armaris, encarregats per González de Soto el 1847-1848, provocaven una gran impressió. El 1849 hi havia 7 espècies de mamífers, 97 d'aus, diverses de rèptils, 8 de peixos, 130 de mol·luscs, 14 quadres de crustacis, diversos exemplars de zoòfits, 580 exemplars de minerals, roques i fòssils i un herbari de més de 600 espècies (*Memòries*, 1849: 15). El 1861, el Gabinet disposava de 52 espècies de mamífers, 131 d'aus, 28 de rèptils, 124 de peixos, 457 de mol·luscs, 27 de zoòfits, 1.714 de minerals, roques i fòssils i l'herbari de més de 600 espècies (*Memòries*, 1861: 3-135). Els exemplars més famosos eren —i són encara— la llama, el cocodril (1849) i la «boa» (1849) —boa *anacondo*, segons Llach i Soliva en la memòria del curs 1849-1850 (*Memòries*, 1850: 11)—, juntament amb l'esquelet humà (1848). No menys importants eren l'exemplar de boa *constrictor* (1849) i els, en paraules de Llach i Soliva, «objetos monstruosos muy notables conservados en alcohol» (*Memòries*, 1849: 18), això és, el fetus humà i altres animals, com serps, tritons i dragons. La resta del patrimoni remarcable del Gabinet d'Història Natural i Zoologia era l'herbari (iniciat el 1847), la col·lecció de minerals, roques i fòssils i els mants llibres i quadres murals dels quals disposava la biblioteca de l'Institut, com uns magnífics llibres il·lustrats sobre botànica de Linneus i Jussieu, respectivament, una història de les ciències naturals de Cuvier i el tractat de geologia de Lyell, en el qual posà les bases de la geologia moderna. A la memòria del curs 1849-1850 és molt rellevant l'afirmació de Llach i Soliva, en la qual qualifica el Gabinet d'Història Natural i Zoologia de «Museo Provincial» (*Memòries*, 1850: 9), que no té res a envejar als gabinets homònims que aquell any ell havia anat a visitar a França. Sembla que el 1850 l'Institut ja havia construït gran part del seu patrimoni i que, en només cinc anys de vida, ja el reconeixia com a tal.

Això no obstant, hi havia altres gabinets a l'Institut de Girona. Els gabinets de física i química tenien centenars d'aparells i substàncies a l'aula de ciències, atès que compartien l'espai, també endreçats dins armaris envidriats. A la memòria del curs 1848-1849 es poden comptar fins a 572 estris i substàncies que l'Institut havia comprat al llarg dels seus cinc anys de vida (*Memòries*, 1849: 6-10). A l'inventari de 1861 el nombre d'aparells i substàncies és de 713 (*Memòries*, 1861: 3-135). D'entre tots aquests aparells destaquen els que foren comprats per al Gabinet de Física el 1846 i el 1850: l'esfera de Coulomb, un complex sonòmetre que funcionava amb gas i que encenia o apagava una flama segons el so que hom pro-

duïa, una màquina pneumàtica amb el sistema de Babinet i un equip de daguerreotip complet, que fou el precursor de la càmera fotogràfica moderna. Quant als llibres, hi havia uns preciosos volums de física industrial amb gran quantitat de gravats de màquines de vapor, locomotores, etc., un tractat de toxicologia d'Orfila, diversos tractats generals de química i química industrial de Payen i la història de la química de Ferdinand Hoefer.

Pel que fa al Gabinet de Matemàtiques, l'Institut no dedicà molts de mitjans per tal de comprar el material necessari. Fins a final de 1848 no arribaren els primers estris per a l'ensenyament de l'assignatura (*Memòries*, 1849: 20). D'aquest Gabinet destaquen especialment els manuals i els tractats de matemàtiques, tals com els tres toms del *Cours complet de mathématiques* de M. l'abbé Sauri, editats a París el 1774, i els diversos compendis d'àlgebra, aritmètica, trigonometria, geometria i anàlisi de S. F. Lacroix, editats a París entre el 1833-1837. Del material pedagògic, hom només pot esmentar les taules i regles logarítmiques i els aparells destinats a geometria.

Finalment, quant al patrimoni de les assignatures de lletres, excepte el dels gabinets d'història i geografia, tot es trobava agrupat dins la biblioteca de l'Institut que, d'ençà de 1848, era alhora Biblioteca Provincial. El patrimoni de lletres és l'únic que no es pot considerar construït durant els primers anys de vida de l'Institut, ja que no es destinaren tants de fons per comprar llibres com els que s'havien destinat als gabinets científics. No es pot considerar edificat fins a mitjan segle XX. El 1849, l'Institut disposava d'uns cinc-cents llibres, desats en armaris enreixats (*Memòries*, 1849: 21). Són peces ben rellevants d'aquest embrió de patrimoni una edició prínceps de 1649, diverses i valuoses edicions de la Bíblia, el diccionari de Trebaux, una edició de les constitucions catalanes, volums de la revista *The Illustrated* (segle XIX), els primers exemplars de la *Revista de Gerona* (segle XIX), tractats filosòfics de Balmes, Besson i Combe i primeres edicions de novel·les franceses i castellanques del segle XIX. A l'inventari del 1861, hom troba que la biblioteca disposava de 8.008 exemplars, d'entre els quals 128 eren manuscrits i 102 incunables (*Memòries*, 1861: 135). Dels gabinets de geografia i història són molt remarcables la «Colección de Documentos Inéditos de la Corona de Aragón» de Bofarull, els atlas de Madoz, els atlas mundials procedents d'Alemanya i els grans mapes murals, físics, polítics i històrics.

### Els avatars del patrimoni

Per bé que el patrimoni de l'Institut s'edificà entre el 1845 i el 1861, hi hagué notables millores i incorporacions de material pedagògic entre els anys 1861 i 1886. El 1884 s'instal·là a l'Institut l'observatori meteorològic (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 30), integrat dins la xarxa estatal d'observatoris. Igualment, el 1883-1884 es dugueren a terme importants millores a la pavimentació del centre, s'obriren nous finestrals i el Gabinet de Física se separà de l'aula de ciències, de la mateixa manera que els de química i agricultura. En conseqüència, aparegueren quatre aules laboratori a l'Institut. Totes aquestes despeses en pro del patrimoni i les instal·lacions foren possibles gràcies al manteniment exclusiu que realitzava la Diputació de Girona. Quan el 1886 l'Estat assumí el manteniment de la xarxa d'instituts, la quantitat de diners assignats i el volum d'adquisicions i obres descendí notablement i només destaca la renovació de l'aula de ciències naturals feta pel professor Cazurro vers el 1908-1909 (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 39).

A part de l'activitat renovadora de Cazorro entre el 1905 i el 1910 a l'aula de ciències naturals, no hi ha cap altre fet rellevant entre el 1886 i el 1958. Durant aquests anys, l'Institut canvià de plans d'estudis, de règims, sofrí una guerra, però el patrimoni seguia inalterat i inalterable. L'arribada del franquisme suposà una precarietat de fons encara més gran i fou aleshores que el patrimoni de l'Institut envellí, de la mateixa manera que ho feien les instal·lacions. El 1958 la Biblioteca Provincial abandonà finalment l'edifici del carrer de la Força. Tot i que la separació de dret de la Biblioteca Provincial i de l'Institut ja havia succeït el 1858 (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 22), no hi havia hagut una separació de fet. Doncs, molts dels llibres que pertanyien a antigues càtedres i gabinets de l'Institut també marxaren per error del centre. Durant més de cent anys ningú no s'havia preocupat de separar la Biblioteca Provincial de la biblioteca de l'Institut. Quan la Provincial en marxà, molts dels llibres de l'Institut també ho feren. Era l'inici dels avatars del patrimoni.

Al curs 1966-1967 l'Institut canvià les instal·lacions del carrer de la Força pels moderns immobles de les Pedreres (Condom, Mirambell *et al.*, 1995: 54). Verament, foren docents, discents i una part del patrimoni els que canviaren d'instal·lacions, perquè una bona part d'aquest patrimoni va romandre al convent de caputxins. Fins a 271 espècimens de l'antic Gabinet d'Història Natural van quedar-se a l'Institut, juntament amb desenes d'aparells dels gabinets de física i química. Les instal·lacions del carrer de la Força servien de magatzem d'un patrimoni al qual no trobaven una utilitat, ni un espai. El 1991, quan el Ministeri cedí les instal·lacions de l'antic Institut a l'Ajuntament de Girona, cedí amb aquestes tots els exemplars i instruments. Com que tota aquella part del patrimoni de l'Institut no entrava dins els plans de creació d'un museu d'història de la ciutat, l'Ajuntament els cedí a diverses institucions: 130 exemplars d'animals dissecats anaren al Museu Darder de Banyoles, entre aquests la llama i la boa *constrictor*; 90 exemplars foren donats a la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, i els 51 exemplars restants foren «donats de baixa de l'inventari». Els instruments de física i química restaren al magatzem del Museu d'Història de la Ciutat i apareixen, de tant en tant, en exposicions temporals. Dels animals cedits a la Universitat de Girona i al Museu Darder, a la primera institució se n'exposen alguns i a la segona, 69. Malgrat tot, una sort pitjor van tenir alguns instruments de física. El 1966-1967, durant el trasllat a les Pedreres, una bona quantitat d'aparells van ser deixats al carrer durant un parell de dies a l'espera d'anar al nou centre. Molts d'aquests aparells avui encara es podrien trobar a domicilis de gent de Girona, com a objectes decoratius de les sales d'estar.

A les noves instal·lacions de l'Institut, ja Jaume Vicens Vives, hi havia cinc laboratoris on es posà part del patrimoni dels antics gabinets de física, química i ciències naturals i els nous instruments i productes necessaris per a la nova pedagogia. Gran part de la biblioteca es desmembrà i els llibres es repartiren entre les biblioteques dels nous «seminaris didàctics», cosins germans dels actuals «departaments».

Amb una part del patrimoni a les Pedreres, amb l'altra possiblement a la Biblioteca Provincial i a domicilis particulars i la resta al «magatzem» del carrer de la Força, el Jaume Vicens Vives continuà la seva tasca, adaptant-se, com sempre, als temps nous que venien, als canvis de règim, als nous plans d'estudis, etc. Els avatars, però, no canviaren ni deixaren de fer acte de presència. Cap a mitjan anys vuitanta del segle passat, un incendi provocat per uns lladres a l'Institut socarrimà part de l'edició prínceps de 1649. A final dels anys vuitanta, per problemes d'espai, el seminari de Filosofia donà tots els llibres vells a la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Girona. Semblantment, els petits furts anaren minvant el

nombre de llibres dels seminaris. El 1991 arribà la segona fragmentació del patrimoni ja esmentada amb les cessions que féu el nou propietari de l'Institut Vell. L'única treva que els avatars atorgaren al patrimoni tingué lloc el 1995, en celebrar el 150è aniversari de la fundació de l'Institut. A les portes de la temuda reforma educativa del 1996, i en un sentiment de declivi i degradació del Jaume Vicens Vives causat principalment per unes instal·lacions envellides de manera prematura, les celebracions significaren una ajuda i un retrobament de tants antics professors i estudiants; i del patrimoni. S'organitzà una exposició sobre l'Institut de Girona a l'Institut Vell, que llavors ja era Museu d'Història de la Ciutat. Bona part del patrimoni més destacat tornà a l'edifici dels orígens per mostrar de nou la seva esplendor. La «boa», la llama, l'esquelet humà, l'esfera de Coulomb, les desenes d'ocells i instruments notables de física i química, entre d'altres, s'exposaren perquè tothom que hagués passat per l'Institut recordés el seu temps i les seves vivències. En desmuntar-se l'exposició el febrer de 1996 tot el patrimoni se separà de nou i tornà a la normalitat. Cal remarcar, però, que la preuada esfera de Coulomb tornà trencada a l'Institut.

A final de 1999 començaren les esperades obres de reforma de les instal·lacions de l'Institut a les Pedreres. El projecte d'adequació i reforma modernitzava unes instal·lacions molt degradades. A més, la direcció del centre volia aprofitar la reforma per aconseguir el màxim d'aules possibles; és per això que decidí de suprimir l'anomenada *aula museu* del seminari de Biologia, que era on s'havien desat les col·leccions de minerals, de fòssils, els animals dissecats, l'herbari i el fetus vinguts el 1967 del carrer de la Força. Aquesta decisió inicià uns enfrontaments entre les diverses faccions de l'Institut que acabaren amb la destitució de la cap del Departament de Biologia, picabaralles públiques als diaris gironins, una certa politització de l'afer i un judici entre l'esmentada cap de Departament i la direcció del centre. S'obriren unes ferides que encara avui no s'han tancat. Paral·lelament a aquests fets, per evitar que es malmetessin durant les obres, molts de llibres foren encaixats i traslladats als soterranis que l'Escola Oficial d'Idiomes de Girona cedí per a l'emmagatzematge provisional d'aquests. Quan feia sis mesos que els llibres s'havien desat dins els soterranis, algú hi baixà i pogué comprovar que es trobaven inundats d'ençà un temps indeterminat. Les conseqüències d'aquella inundació i llarg remull dels llibres foren que el seminari de Filosofia perdé vuit de les vint-i-cinc caixes que hi havia dipositat; quedaren en estat crític valuosos llibres del segle XIX; el famós herbari de més de sis-centes espècies donat per Joan Isern quedà també remullat. Molts departaments de l'Institut Jaume Vicens Vives veieren com part de les seves biblioteques eren pastes de paper. Filosofia, de les vuit caixes de llibres, només ha recuperat un sol llibre. Per sort, la majoria de llibres antics han pogut ser restaurats i retornats a l'Institut. L'herbari se cedí a la Universitat de Girona perquè el restaurés i en tingués cura. Les obres acabaren, però l'Institut, això és, la seva gent i el seu patrimoni en sortiren tocats i fragmentats, respectivament. L'aula museu desaparegué i només la boa i un parell d'armaris hi van romandre. La resta anà als improvisats magatzems —en unes condicions absolutament inadequades— situats als antics apartaments per al conserge, dins el recinte de l'Institut.

## El patrimoni avui

Avui tenim el patrimoni que el temps, els esdeveniments i les persones han afaïçonat. En una enquesta feta entre els professors del centre sobre l'estat del patrimoni dels seus

departaments, hi ha la coincidència que els departaments «vells», amb història, tenen problemes, mentre que els departaments «nous» no en tenen tants. *Precari i dolent* han estat uns adjectius prou repetits durant les entrevistes. Igualment, tots coincideixen a dir que ni els llibres, ni els instruments dels seminaris es fan servir. Els estudiants no s'interessen per cap d'aquells vetusts volums dels seminaris d'Història i Castellà, encara que els imposen un cert respecte. A física, alguns instruments serveixen per mostrar als estudiants aparells fonamentals en la història de la ciència, com l'esmentada esfera de Coulomb. La «boa» descansa com a curiositat taxidèrmica al capdamunt de la paret on ha estat d'ençà de l'any 1967 i és esguardada entre sorpresa i indiferència per part dels estudiants. A la fi, el patrimoni s'ha convertit, per als alumnes, en una mena d'atracció d'altres temps, a voltes inabastable, a voltes joguina usada massa a la lleugera.

### El futur del patrimoni

El futur del patrimoni és incert. La proposta que des de la direcció del centre s'ha aplicat recentment és reunificar parcialment l'antiga biblioteca, desmembrada per la divisió en seminaris dels anys seixanta. Quasi tots els volums de valor es troben reunits en uns armaris envidriats preparats expressament a la secretaria. És un intent de conservació insuficient, però, almenys, per primer cop en trenta anys es reunifica parcialment la biblioteca històrica. Durant l'afer de la supressió de l'aula museu es proposaren moltes solucions. Poc temps ençà, s'havia pogut palpar als despatxos del centre una tímida voluntat d'encarar de nou el problema i cercar-hi solucions; per desgràcia, les idees no anaren més enllà i avui el patrimoni continua abandonat. Això no obstant, amb una pressió concreta a les institucions gironines antany implicades amb l'Institut (Diputació de Girona i Ajuntament de Girona), ensems amb els departaments d'Educació i Cultura de la Generalitat de Catalunya, es podria iniciar un procés de catalogació i conservació mínima del patrimoni científic, a més d'assentar les bases per a futures actuacions. El moment és propici. Però, alhora, és crític: és la darrera oportunitat del patrimoni per salvar-se, atès que aquest es troba al límit de la degradació irreversible.

### Bibliografia

- CLARA, J. (2003). *Introducció a la història de Girona*. Girona: CCG.
- CONDOM, D.; MIRAMBELL, E. [et al.] (1995). *Miscel·lània I. B. «Jaume Vicens Vives»: 150 anys*. Girona: Eix.
- Memòries de l'Institut Provincial de Girona (1849-1905)*. AHG, Fons d'institucions, Institut de Batxillerat Jaume Vicens Vives, 1845-1990.
- RODEJA GALTER, E. (1940). *Notas históricas sobre el Instituto Nacional de Enseñanza Media de Figueras*. Figueres: INEM de Figueres.
- SAURI, J. (abbé) (1774). *Cours complet de mathématiques*. París: Ruault. 3 t.





# LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA MILLORA L'INTERÈS PER LES QÜESTIONS CIENTÍFIQUES

**Carme Zaragoza Domènech (1) i Josep M. Fernández-Novell (2)**

1) IES Can Vilumara. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya

2) Departament de Bioquímica i Biologia Molecular. Universitat de Barcelona. IES Isaac Albéniz. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya

Paraules clau: *secundària, interès per la ciència, història de la ciència.*

The history of science increases interest for scientific questions

*Summary: In Spanish secondary schools, science teacher's perception on the importance of the history of science is controversial. A questionnaire was completed by students in their last year on compulsory education (16 years old), it was used to evaluate their science interest and their opinion about the history of science. Then a little part of the history of science was included into physics, chemistry and nutrition lessons to the same students' group. This article pretends to analyze the changes incorporated in our students' science knowledge when attending some lessons together with the history of science. We have quantified all the questionnaires and the data allow us to infer that history of science is necessary in the curriculum of secondary school science and plays an important role in teaching science.*

Key words: *secondary school, science interest, history of science.*

## Introducció

Fer més atractiu l'ensenyament de la ciència als nostres joves és un objectiu que ve de lluny i que encara no hem solucionat de manera satisfactòria. En treballs anteriors (Fernández-Novell, Zaragoza, 2004 i 2005), s'ha posat de manifest la dificultat que representa voler acostar els nostres alumnes al món de la ciència. Alguns professors i professores de ciències ens hem preguntat sovint: què passaria si apliquéssim una mica d'història de la ciència en les matèries del nostre alumnat?, ens permetria fer més atractiva la ciència als seus ulls? Sembla que hi ha certa controvèrsia en les possibles respostes; així, mentre que per uns seria una bona estratègia per millorar el nivell científic de la nostra societat, per d'altres no ajudaria a millorar aquest nivell i es dubta de la seva eficàcia. En aquest treball hem valorat la inclusió de la història de la ciència en el currículum de secundària a partir de la quantificació de les dades obtingudes en una experiència que va començar amb alumnes de quart

d'ESO i arribà a l'alumnat de cicles formatius de grau superior majors de vint anys. Els resultats ens permeten ser optimistes en la utilització de la història de la ciència ja que, efectivament, aquesta dona més eines a l'alumnat que l'ha feta servir per entendre millor alguns aspectes dels diferents camps de la ciència.

### Interès sobre la ciència de l'alumnat de secundària i CFGS

Preocupats per la sensació que tenim del baix nivell científic per part dels nostres estudiants, en començar el curs 2003-2004, vam preparar un qüestionari adreçat a l'alumnat dels nostres respectius centres per saber el seu grau d'interès sobre la ciència en general, comprovar el seu nivell real i conèixer la seva opinió sobre la introducció de la història de la ciència.

Aquest qüestionari el va omplir primer l'alumnat de quart d'ESO perquè estan en l'últim any de l'ensenyament secundari obligatori amb matèries de matemàtiques, tecnologia industrial i física i química en el seu currículum i, potser, és el grup d'alumnes on encara podem corregir-ne les mancances. També el va omplir l'alumnat de primer de batxillerat format per alumnes de quart d'ESO i, finalment, l'alumnat de cicles formatius de grau superior (CFGS). Concretament els alumnes de CFGS són majors de vint anys i havien cursat un batxillerat de ciències socials i/o fet les proves d'accés i, per tant, presenten, *a priori*, un grau de maduresa més elevat que els estudiants de secundària. El qüestionari, diferent per a cada nivell educatiu però amb unes preguntes clau iguals per a tothom, a més de copsar el grau d'interès per la ciència, ens va permetre quantificar la resta de respostes. Com comprovarem després, els resultats van ser molt decebedors.

Qüestionari realitzat per l'alumnat de quart d'ESO (algunes preguntes s'han fet servir per a aquest treball a tots els nivells: quart d'ESO, primer de batxillerat i CFGS):

- |  |       |                                |   |   |   |
|--|-------|--------------------------------|---|---|---|
| 1. Vols seguir estudiant després de l'ESO?   | SÍ    | NO                             |   |   |   |
| 2. Si la teva resposta ha estat <i>sí</i> , quin tipus d'estudis vols fer?                           |       |                                |   |   |   |
| Batxillerat de ciències  |       | Batxillerat de lletres/socials |   |   |   |
| CFGM de tecnologia/ciències  |       | CFGM de socials                |   |   |   |
| 3. Estàs interessat/da en la ciència?  | SÍ    | NO                             |   |   |   |
| 4. Si la teva resposta ha estat <i>sí</i> , valora (1, gens; 2, poc; 3, normal; 4, alt; 5, molt alt) |       |                                |   |   |   |
| el teu interès per la física:  | 1     | 2                              | 3 | 4 | 5 |
| el teu interès per la química:   | 1     | 2                              | 3 | 4 | 5 |
| el teu interès per la biologia:  | 1     | 2                              | 3 | 4 | 5 |
| el teu interès per la tecnologia:  | 1     | 2                              | 3 | 4 | 5 |
| 5. Ordena de més (5) a menys (1) important per a tu:   |       |                                |   |   |   |
| Les plantes transgèniques  | ..... |                                |   |   |   |
| Avenços en medicina  | ..... |                                |   |   |   |
| La història de la ciència  | ..... |                                |   |   |   |
| Tecnologia per a estudiar l'espai  | ..... |                                |   |   |   |
| Concepte de relativitat  | ..... |                                |   |   |   |
| 6. Creus que l'estudi de la història de la ciència pot ajudar-te a entendre-la?                      | SÍ    | NO                             |   |   |   |

7. Cita tres fets científics, d'abans del segle xx, que ajudin a entendre la ciència.  
 1r .....  
 2n .....  
 3r .....
8. Saps per què el 2005 és l'Any de la Física? SÍ NO
9. Has llegit la biografia d'alguna persona important? SÍ NO
10. Has llegit la biografia d'un/a científic/a important? SÍ NO

### Aproximació a la història de la ciència

Després d'avaluar els qüestionaris d'aquest primer any i reflexionar sobre els resultats obtinguts, vam decidir que ja en el mateix curs 2003-2004 i a aquests mateixos alumnes de quart d'ESO se'ls faria una petita aproximació d'història de la ciència dins de les matèries de física i química i de nutrició. Calia tornar-los a fer el qüestionari quan estaven a primer de batxillerat per veure la seva evolució. Així, s'explicaren alguns temes a partir de la història de la ciència; per exemple, en estudiar les lleis de Newton s'introduí el sistema solar i van aparèixer els dubtes de si és geocèntric o heliocèntric i es discutiren els diferents punts de vista des d'Eratòstenes, Ptolemeu, Copèrnic i Galileu. Aquesta aproximació ens portà a calcular el radi de la Terra gràcies a un intercanvi de dades entre ambdós centres que va servir per millorar la relació entre tots, centres, alumnes i barris i, sobretot, va servir per entendre no ja el sistema solar sinó les forces que hi actuen (Newton i la força d'atracció gravitatòria), els moviments circulars i les velocitats, en fi, una part de la física. També vam aprofitar aquest apropament en la matèria de química, en salut i en nutrició; així, es va fer menció de la història del descobriment dels metalls i altres elements químics, de l'edat mitjana amb els alquimistes, els precursors de l'actual química; la història de la dieta mediterrània aportà consciència de nutrició i de salut. Tot plegat perquè el nostre alumnat entengui millor, amb l'ajut de la història de la ciència, una part de les matèries de física, de química, de nutrició, de la ciència en general. El nostre plantejament és exportable a altres matèries científiques; així, per exemple, en biologia es pot discutir sobre Aristòtil i la generació espontània; a matemàtiques, sobre com els àrabs inventaren el número zero, o en tecnologia, com han evolucionat els motors des d'aquell temps llunyà de les màquines de vapor.

En començar els cursos 2004-2005 i 2005-2006, es repetí el qüestionari per a l'alumnat de quart d'ESO que no havia fet mai història de la ciència, per a aquells de primer de

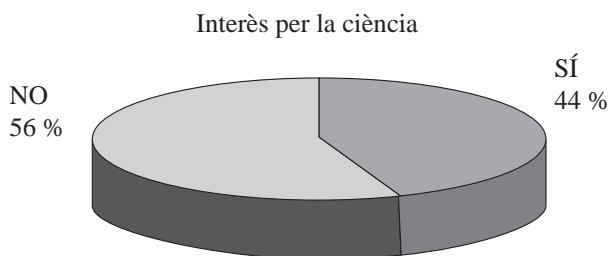


FIGURA 1. Resultats del qüestionari de l'alumnat de quart d'ESO.

batxillerat que no havien fet mai història de la ciència, per als de CFGS i també per als alumnes de primer de batxillerat que sí que havien fet una petita part d'història de la ciència a quart d'ESO. Es va estudiar i quantificar cada grup per separat. Tots aquests qüestionaris es van processar i se'n van obtenir uns resultats que posen de manifest la importància en l'ensenyament de la història de la ciència perquè el nostre jovent entengui la ciència ja des dels primers cursos.

Per a aquests alumnes (figura 1), els avenços en medicina ocuparien el primer lloc d'importància, mentre que la història de la ciència, l'últim. Que la història de la ciència ajuda a entendre millor el conjunt de la ciència ho creuen un 56 % però, tot i això, vuit de cada deu alumnes enquestats no cita ni un sol fet científic d'abans del segle xx (taula 1).

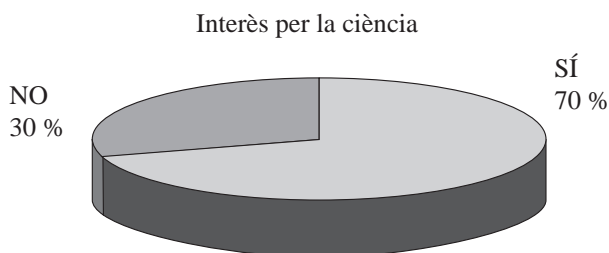


FIGURA 2. Resultats del qüestionari de l'alumnat de CFGS.

Per a aquests alumnes (figura 2), els avenços en medicina també ocuparien el primer lloc d'importància, mentre que la història de la ciència ocuparia el penúltim, l'últim el reserven al concepte de relativitat. Que la història de la ciència ajuda a entendre millor la ciència ho creuen un 97 %, però, tot i això, un 58 % d'alumnes enquestats, sis de cada deu, no cita ni un sol fet científic d'abans del segle xx (taula 1).

Els cursos 2004-2005 i 2005-2006, aquests qüestionaris es van passar als alumnes de primer de batxillerat de règim nocturn, ja que aquest alumnat no havia fet mai història de la ciència, mentre que l'alumnat de diürn majoritàriament ja l'havia fet.

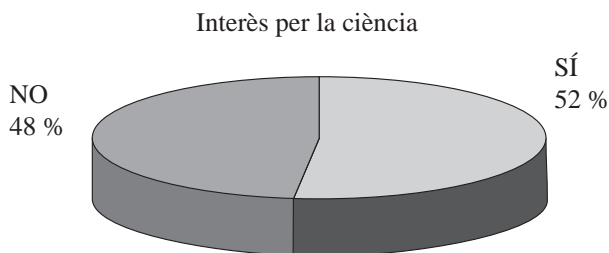


FIGURA 3. Resultats del qüestionari de l'alumnat de primer de batxillerat que no ha fet mai història de la ciència.

Per a aquests alumnes (figura 3), els avenços en medicina també ocuparien el primer lloc d'importància, mentre que la història de la ciència torna a l'últim. Que la història de

la ciència ajuda a entendre la ciència ho creuen un 48 %, però, tot i això, un 72 % d'alumnes enquestats, set de cada deu, no cita ni un sol fet científic d'abans del segle xx (taula 1). Aquests resultats estarien a mig camí entre els obtinguts per l'alumnat de quart d'ESO i per l'alumnat dels CFGS.

A partir del curs 2004-2005 es va passar el mateix qüestionari als alumnes de primer de batxillerat que havien estudiat quart d'ESO al nostre centre i que se'ls va impartir certs temes científics amb una part de la història de la ciència.

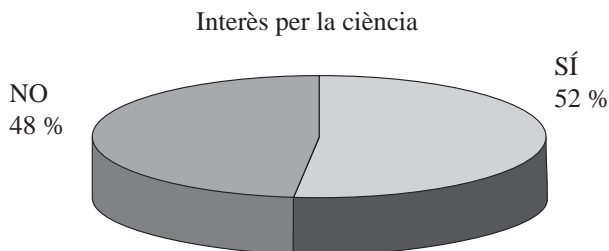


FIGURA 4. Resultats del qüestionari de l'alumnat de primer de batxillerat que ja ha fet història de la ciència a quart d'ESO.

Per a aquests alumnes (figura 4), els avenços en medicina ocuparien el primer lloc d'importància, mentre que la història de la ciència el tercer de cinc. Que la història de la ciència ajuda a entendre millor la ciència en general ho creuen un 72 %, però, tot i això, un 45 % d'alumnes enquestats no cita ni un sol fet científic d'abans del segle xx (taula 1).

Com ha evolucionat la pregunta número 7 del qüestionari: «Cita tres exemples, fets científics, que expliquin la importància de la història de la ciència».

Científic / observació estudi actual

- 1r .....
- 2n .....
- 3r .....

En la taula 1 hem quantificat els resultats de tots els grups a aquesta pregunta on es demanaven exemples de fets científics d'abans del segle xx.

TAULA 1. Quantificació dels resultats (percentatge)

Fets científics	4t ESO	1r batxillerat NO història ciència	CFGS	1r batxillerat SÍ història ciència
3 exemples	3	3	5	6
2 exemples	8	8	11	16
1 exemple	8	15	26	33
0 exemples	81	74	58	45

## Conclusions

Els resultats dels qüestionaris ens mostren que l'alumnat que cursa quart d'ESO té un interès molt baix per la ciència; també és preocupant que entre l'alumnat de batxillerat, que no s'ha introduït mai en la història de la ciència, l'interès per la ciència només és una mica més alt que a l'ESO. Aquest baix interès es relaciona amb la davallada de vocacions científiques que hi ha a Europa i la necessària implicació de tots els estaments educatius per redreçar-ho (Martínez *et al.*, 1998). Quan analitzem els resultats de l'alumnat de cicles formatius de grau superior, tots majors d'edat, observem un increment en l'interès per la ciència. Per què aquest resultat és millor que el que presenten els alumnes de quart d'ESO si cap dels dos grups ha fet història de la ciència? Les respostes podrien incloure des que estem en l'Any de la Física i per això molts adults, la societat en general, recorden o han sentit a parlar d'Einstein, fins que aquest augment en la importància de la ciència pot ser originat per la mateixa maduresa d'aquest alumnat: a mesura que els joves es fan grans van coneixent més fets científics i la vida dels científics. És suficient recolzar-se en aquesta maduresa? No, cal que ens impliquem més a millorar l'ensenyament de la ciència. En la quantificació que es presenta en la taula es mostra com el percentatge d'alumnes que no saben cap fet científic es redueix quasi a la meitat en aquells que prèviament han experimentat amb classes de matèries de ciències on aquesta es recolzava en la història de la ciència.

Quan s'introdueix part de la història de la ciència a l'alumnat de quart d'ESO, s'observa un guany en el mateix curs; cal ressaltar les millores en:

- La col·laboració i coordinació entre el mateix grup cap a la recerca d'informació envers fets científics
- El judici, que deixa de ser superficial, sobre l'evolució de les idees científiques
- La importància que es dona als resultats d'un experiment i, per tant, dels estris de laboratori i dels de mesura emprats.

Quan l'alumnat s'endinsa en el món de la història de la ciència, pren consciència de la importància en el propi desenvolupament del fet científic. Es demostra, dins dels paràmetres en què està fet aquest treball, que la història de la ciència és necessària, junt amb altres camps de la ciència, per acabar amb l'analfabetisme científic que plana sobre el nostre jovent i la nostra societat.

## Bibliografia

- FERNÁNDEZ-NOVELL, J. M.; ZARAGOZA, C. (2004). «Joves actors en la història de la ciència». A: *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Mallorca: SCHCT. [En premsa]
- (2005). «És possible aprendre/ensenyar ciència ajudats de la història de la ciència». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. [ed.]. *Actes de la I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí*. Barcelona: SCHCT, p. 49-53.
- MARTÍNEZ, M.; GROS, B.; ROMANÁ, T. (1998). «The problem of training in higher education». *Higher Education in Europe*, vol XXIII, núm. 4, p. 483-495.

# LA CULTURA MATERIAL DE LA CIÈNCIA: LA COMISSIÓ D'INSTRUMENTS CIENTÍFICS

**Alfons Zarzoso Orellana (1), José Ramón Bertomeu Sánchez (2),  
Antonio García Belmar (3), Josep Simón Castel (4) i Josep Batlló Ortiz (5)**

- 1) Museu d'Història de la Medicina de Catalunya
- 2) Institut d'Història de la Ciència i Documentació López Piñero, Universitat de València-CSIC
- 3) Àrea d'Història de la Ciència, Universitat d'Alacant
- 4) HPS Division, Universitat de Leeds
- 5) Observatori de l'Ebre

Paraules clau: *cultura material de la ciència, instruments científics, patrimoni científic, museus.*

The material culture of science: the Scientific Instruments Commission

Summary: *This contribution is a public presentation of the Scientific Instruments Commission recently created by the Catalan Society for the History of Science and Technology. The article explains the reasons of such a foundation and also presents the aims and objectives of the commission, which is open to those interested in scientific heritage.*

Key words: *material culture of science, scientific instruments, scientific heritage, museums.*

Raons per a crear una Comissió d'Instruments Científics

El patrimoni científic —en aquest text ens cenyim de moment als instruments científics emprats amb una finalitat didàctica, demostrativa i investigadora als centres d'ensenyament secundari i universitari— constitueix un recurs fonamental per a la història de la ciència, la tècnica i la medicina. Aquest fet, d'altra banda ben conegut, ha esdevingut des dels anys vuitanta del segle passat part dels objectes d'atenció i estudi tant dels historiadors com d'un conjunt divers de professionals en àmbit internacional. La recepció d'aquest interès patrimonial i dels estudis que s'han anat produint a casa nostra —Catalunya, el País Valencià i les Illes Balears— ha estat un fet recent, marcat, però, pels desequilibris. El principal problema existent en aquest moment és el coneixement relatiu, dispers i desordenat de les col·leccions històriques d'instruments científics que han existit o existeixen a casa nostra.

L'absència de polítiques de conservació del patrimoni científic ha produït que moltes col·leccions d'instruments científics de gran valor —particulars o públiques, d'institucions universitàries o de centres d'ensenyament secundari— hagin desaparegut o que molts instruments estiguin emmagatzemats en soterranis, despatxos o armaris, amb un greu risc per a la seva futura conservació. Tanmateix, en els últims anys, s'han realitzat diversos treballs que permeten un cert grau d'optimisme i, al mateix temps, ofereixen models de treball i abundant informació que faciliten els estudis posteriors.

Hi ha diversos projectes de recuperació d'aquest tipus de patrimoni en marxa però molt poca coordinació entre si, la qual cosa suposa una mala rendibilització dels recursos existents i, en moltes ocasions, la repetició inútil de treballs. El personal implicat en aquests projectes és heterogeni: professors d'institut, llicenciats en història, professors d'universitat, científics de diferents disciplines, historiadors de la ciència, museòlegs, investigadors en didàctica, etc. Aquesta diversitat, que podria donar molts bons fruits, produeix sovint l'efecte contrari: els resultats es dispersen en publicacions d'àmbits molt diferents delimitats per fronteres bastant impermeables, tot obviant els beneficis de crear un marc comú de treball. En conseqüència, les fonts i metodologia emprades varien segons els grups de treball, tot i tenir en ocasions punts en comú. Aquest fet dificulta la realització d'anàlisis comparades de les col·leccions i les diverses situacions, fins i tot en les fases prèvies del treball, impedeix una major fluïdesa i agilitat, que es podria produir si existís una coordinació metodològica i compartició de fonts entre els diversos projectes.

En aquest sentit, la Comissió d'Instruments Científics cerca trobar una solució a alguns d'aquests problemes, tot bastint un treball de recuperació, coordinació i informació de les iniciatives relacionades amb els projectes de rescat, estudi i difusió del patrimoni científic i esdevenir així un instrument útil per a la construcció d'una xarxa de col·leccions d'instruments científics antics.

Tot considerant que l'espai institucional que proporciona la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica (SCHCT) és un lloc idoni per a superar aquesta situació, i atès que molts dels seus socis treballen en aquest àmbit, vam proposar la creació d'aquesta comissió dins de la SCHCT. El Consell Directiu de la SCHCT aprovà la creació d'aquesta comissió el maig de 2005, entesa com a iniciativa de confluència dels interessos dels socis i de coordinació i potenciació dels projectes de treball sobre el patrimoni científic en els territoris de llengua catalana.

### Objectius de treball de la Comissió d'Instruments Científics

La finalitat principal del treball d'aquesta comissió consisteix a esdevenir un *servei* que pot interessar un grup divers de professionals relacionats amb la història, l'ensenyament i la museologia de la ciència.

Els objectius de treball de la Comissió estan relacionats amb la creació dels mitjans que permetin recuperar, conservar, estudiar i difondre la cultura material de la ciència, la tecnologia i la medicina contemporànies (segles XVIII-XX) dins les terres de parla i cultura catalanes:

a) Elaboració d'un informe sobre els projectes de recerca i conservació de les col·leccions d'instruments científics i mèdics existents als Països Catalans



- b) Desenvolupament d'un servei d'assessorament i suport a nous projectes de catalogació
- c) Coordinació i suport a les iniciatives per a l'obtenció de subvencions i ajuts
- d) Elaboració d'un catàleg col·lectiu d'instruments científics als Països Catalans
- e) Difusió de la informació recollida i de l'estat dels projectes desenvolupats
- f) Coordinació amb altres projectes de recuperació del patrimoni científic.
- g) Organització d'activitats de difusió i estudi del patrimoni científic
- h) Introducció del patrimoni científic en l'ensenyament de les ciències
- i) Integració dels treballs de la Comissió i dels projectes en un marc d'esforços semblants a Espanya i a Europa
- j) Implicació de les administracions públiques en la revaloració i preservació del patrimoni cultural.

#### Funcionament de la Comissió d'Instruments Científics

La Comissió d'Instruments Científics de la SCHCT està formada per un comitè operatiu de cinc persones que ha plantejat la qüestió i ha proposat aquestes accions. Aquesta comissió constitueix una plataforma de servei per als seus socis i, alhora, s'obre a tothom interessat en la recuperació, l'estudi i la difusió del patrimoni científic.

La manera d'accedir als treballs de la comissió es fa, de manera provisional, mitjançant el lloc web <http://www.uv.es/=comic>. La Comissió d'Instruments Científics de la SCHCT cerca l'adhesió de tots els interessats, la proposta d'iniciatives i la posada en comú d'idees a partir de la llista de correu electrònic [cic@uv.es](mailto:cic@uv.es).



# **ENTITATS COL·LABORADORES**

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya  
Departament d'Educació

Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres  
i en Ciències de Catalunya

Associació de Mestres Rosa Sensat



## LLISTA D'INSCRITS

ALBÓS TORMO, DOLORS

Escola Sadako  
Collserola, 42  
08035 BARCELONA

BARCA SALOM, FRANCESC XAVIER

ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Diagonal, 647  
08028 BARCELONA

BATLLÓ ORTIZ, JOSEP

Observatori de l'Ebre  
Ctra. de l'Observatori, 8  
43520 ROQUETES

BERNAT LÓPEZ, PASQUAL

Bellmunt, 20  
08751 ST. VICENÇ DE TORELLÓ

BRAVO VERGEL, MONTSERRAT

Escola La Ginesta  
Noguera, s/n  
08860 CASTELLDEFELS

CADEFAU SURROCA, TRINI

IES Pere Borrell  
Escoles Pies, 46  
17520 PUIGCERDÀ

CARMONA BALBOA, ANTONIO

IES Isla de León  
Av. Carraca, s/n  
11100 SAN FERNANDO

CASALI MAS, M. TERESA

Escola Pia  
Guaiacuil, 54  
08400 GRANOLLERS

CASALS PUIT, M. ÀNGELS

IES Joan Coromines  
Ctra. de la Bordeta, 39  
08014 BARCELONA

CASTELLS LLAVANERA, MARINA

Facultat de Formació del Professorat  
Universitat de Barcelona  
Pg. de la Vall d'Hebron, 171  
08035 BARCELONA

CHIFRÉ PETIT, EDUARD JOSEP

Departament d'Agricultura, Ramaderia  
i Pesca  
Generalitat de Catalunya  
Gran Via de les Corts Catalanes, 612  
08007 BARCELONA

CIVIL SIRERA, REGINA

Escola Sadako  
Collserola, 42  
08035 BARCELONA

COLOMER PUJOL, MONTSERRAT

IES Jaume Callis  
Av. Olimpia, 2  
08500 VIC

COMA TORRES, M. TERESA

Escola Pia  
Guaiacuil, 54  
08400 GRANOLLERS

DEULOFEU PIQUET, JORDI

Departament de Didàctica de la  
Matemàtica  
Universitat Autònoma de Barcelona  
08193 BELLATERRA

- FERNÁNDEZ-NOVELL, JOSEP M.  
 Departament de Bioquímica i Biologia  
 Molecular  
 Universitat de Barcelona  
 Av. Diagonal, 645  
 08028 BARCELONA
- FIGUEIRAS OCAÑA, LOURDES  
 Departament de Didàctica de la Matemàtica  
 Universitat Autònoma de Barcelona  
 08193 BELLATERRA
- FUENTE I COLLELL, PERE DE LA  
 IES Terra Roja  
 Circumval·lació, 45-57  
 08923 STA. COLOMA DE GRAMENET
- GARCIA FERRER, M. NEUS  
 IES Santa Maria d'Eivissa  
 Av. Ignasi Wallis, 33  
 07800 EIVISSA
- GODAYOL PUIG, M. TERESA  
 Col·legi Sant Miquel  
 Manlleu, s/n  
 08500 VIC
- GRAPÍ VILUMARA, PERE  
 IES Joan Oliver  
 Armand Obiols, 2-30  
 08207 SABADELL
- GUEVARA CASANOVA, IOLANDA  
 IES Badalona VII  
 Ausiàs March, 86  
 08912 BADALONA
- IBÁÑEZ ORTS, VICENTE  
 Camping Cap-Blanch  
 Playa de Cap-Blanch, 25  
 03590 ALTEA
- JIMENEZ ALBIAC, DANIEL  
 Sants, 266, entr. 1a  
 08028 BARCELONA
- MARGALEF SAGRISTÀ, NEUS  
 IES Ramon Berenguer IV  
 Músic Suñer, 1-37  
 43870 AMPOSTA
- MARTÍ PRIM, SÍLVIA  
 Girona, 149, 2n 2a  
 08037 BARCELONA
- MARTÍ IGLESIAS, SÍLVIA  
 Escola Pia  
 Guaiquil, 54  
 08400 GRANOLLERS
- MARTÍNEZ-MÁRQUEZ BALLESTE,  
 ROSA  
 Salesians de Sarrià  
 Pg. de Sant Joan Bosco, 42  
 08017 BARCELONA
- MARZÀBAL I BLANCAFORT, AINOA  
 Escola Sadako  
 Collserola, 42  
 08035 BARCELONA
- MASNOU PUNTÍ, FRANCESCA  
 IES Jaume Callís  
 Av. Olímpia, 2  
 08500 VIC
- MASSA ESTEVE, M. ROSA  
 Centre de Recerca  
 Universitat Politècnica de Catalunya  
 Av. Diagonal, 647  
 08028 BARCELONA
- MELIÀ AVIÀ, ROSA M.  
 IES Manuel Vázquez  
 Carne, 126  
 08930 SANT ADRIÀ DE BESÒS
- MERINO RUBILAR, CRISTIAN  
 Departament de Didàctica  
 Universitat Autònoma de Barcelona  
 08193 BELLATERRA

MORENO RIGALL, FRANCISCO  
IES XXV Olimpíada  
Dàlia, s/n  
08004 BARCELONA

NAVARRO LOIDI, JUAN  
Instituto de Bachillerato a Distancia  
Zemoriya, 20  
20013 DONOSTIA-SANT SEBASTIÀ

NÚÑEZ ESPALLARGAS, JOSEP M.  
Universitat de Barcelona  
Pg. de la Vall d'Hebron, 171  
08035 Barcelona

PAREJO FARELL, CARLES  
Aula de Ciències  
Escoles, 7  
08290 CERDANYOLA DEL VALLÈS

PÉREZ I ROURA, ROSA  
Escoles Betlem  
Ctra. del Ramal, 1  
08338 PREMIÀ DE DALT

PUIG-PLA, CARLES  
ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Diagonal, 647  
08028 BARCELONA

PUIGVERT MASÓ, MARIA DEL TURA  
IES Alexandre Satorras  
Av. Velòdrom, 37  
08304 MATARÓ

RICOL ESCANDÓN, M. PILAR  
IES Salvador Dalí  
Parc Andreu de Palma, 1-3  
08820 EL PRAT DE LLOBREGAT

ROCA ROSELL, ANTONI  
ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Diagonal, 647  
08028 BARCELONA

ROCHA BARRAL, ELVIRA  
Av. República Argentina, 166, 6è 1a  
08023 BARCELONA

ROMERO VALLHONESTA,  
M. FÀTIMA  
Departament d'Educació  
Generalitat de Catalunya  
Casp, 15  
08010 BARCELONA

ROSELL BARRACHINA, CARLES  
CEIP Salvador Espriu  
Joan Camps, 6-8  
08400 GRANOLLERS

SERVAT SUSAGNE, JORDI  
Departament de Didàctica, Ciències  
Experimentals i Matemàtiques  
Universitat de Barcelona  
Pg. de la Vall d'Hebron, 171  
08035 BARCELONA

SOBREVIA CLAVERA, ANDREU  
IES Torre Vicens  
Av. Torre Vicens, 3  
25005 LLEIDA

SOLAR BEZMALINOVIC, HORACIO  
Facultat de Ciències de l'Educació  
Universitat Autònoma de Barcelona  
Edifici C  
08192 BELLATERRA

SOLSONA PAIRÓ, NÚRIA  
IES Josep Pla  
Vall d'Ordesa, 24  
08031 BARCELONA

TRIAS CAPELLA, ROSA M.  
IES Manuel Blancafort  
Av. Onze de setembre, 29  
08530 LA GARRIGA

VILALLONGA, BORJA  
Pl. Marquès de Camps, 1, 7è 1a  
17001 GIRONA

ZUÑIGA CARMONA, JOSÉ OMAR  
Universitat del Cauca  
POPAYÁN-COLÒMBIA

ZARZOSO ORELLANA, ALFONS  
Museu d'Història de la Medicina de  
Catalunya  
Pg. Mercader, 11  
08008 BARCELONA





ISBN: 84-7283-918-2



9 788472 839182



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

**IECentanys19072007**