

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

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

Barcelona, 2005

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

Barcelona, 15 de novembre de 2003

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

(1a : 2003 : Barcelona)

Actes de la I Jornada sobre Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí :
Barcelona, 15 de novembre de 2003. Textos en català, anglès i castellà, resums en anglès.

— Bibliografia

ISBN 84-7283-787-4

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: Màquina d'Atwood en un llibre de text de mitjan segle XIX.

© 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: abril de 2005

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: 84-7283-787-4

Dipòsit Legal: B. 19678-2005

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
Peter ELLIS: Putting history in science: resources for teaching history of science component of science courses in schools in the United Kingdom	9
Mónica BLANCO ABELLÁN: El càlcul diferencial a la França del segle XVIII a través de l'anàlisi de llibres de text	19
Xavier CALVÓ, Francesc CATENA i Núria PÉREZ: Una experiència didàctica al voltant del 50è aniversari de l'estructura de l'ADN	25
Agustí CAMÓS: Errors històrics en l'explicació de la teoria de l'evolució	31
Rosa COSTA-PAU i GARRIGA: La producció de residus i el seu tractament en els llibres de text	37
Josep M. FERNÁNDEZ-NOVELL i Carme ZARAGOZA DOMÈNECH: És possible aprendre i ensenyar ciència ajudats de la història de la ciència?	49
M. Neus GARCÍA FERRER: El laboratori i la biblioteca del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XIX	55
Pau GEREZ ALUM: La història de la ciència i de la tècnica a l'educació secundària obligatòria: anàlisi i noves perspectives	63
Pere GRAPÍ VILUMARA: La conveniència de la història de la ciència en els textos de química a principis del segle XIX: una reflexió a partir de les posicions de Lavoisier i de Fourcroy	69
Mercè IZQUIERDO i AYMERICH: L'obtenció de l'esperit ardent de Saturn: una activitat per iniciar el debat sobre els elements i les substàncies	75
Rita María LINARES LÓPEZLAGUE: Sabelotodo de la tabla periódica	87
M. Rosa MASSA ESTEVE: L'ensenyament de la trigonometria: Aristarc de Samos (310-230 aC)	95
Francisco PÉREZ GARCÍA: Unitat didàctica: història de l'ús de plantes medicinals ...	103
Josep SIMÓN CASTEL, Antonio GARCÍA BELMAR i José Ramón BERTOMEU SÁNCHEZ: Els instruments científics dels instituts d'ensenyament mitjà: un extraordinari patrimoni cultural que hem de preservar i estudiar	109
Alfons ZARZOSO: Història i ensenyament de la ciència al Museu d'Història de la Medicina de Catalunya	115

Entitats col·laboradores	123
Llista d'inscrits	124

PRESENTACIÓ

Ens plau oferir-vos l'edició de les actes de la I Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament Antoni Quintana Marí, celebrada a Barcelona el 15 de novembre de 2003 i organitzada per la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica (SCHCT). Els objectius principals de la Jornada eren 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, conèixer les contribucions i les experiències sobre l'aplicació de la història de la ciència en l'ensenyament i impulsar la realització de treballs de recerca d'història de la ciència en el batxillerat.

Tot i que la història de la ciència i l'ensenyament són disciplines diferents en els seus objectius, les fronteres dels seus territoris presenten punts de trobada en què és possible i necessària la seva mútua col·laboració. En aquest sentit les relacions entre ambdues disciplines han estat i són un tema que aixeca adhesions i controvèrsies, tal com es va fer palès en aquesta Jornada. La SCHCT ha estat sempre sensible a aquesta temàtica i ha engegat actuacions per facilitar sempre l'intercanvi d'idees i experiències entre els àmbits de la història de la ciència i de l'ensenyament secundari i universitari. Aquesta primera Jornada ha servit, doncs, entre altres coses, per materialitzar la voluntat de la SCHCT de dotar els historiadors de la ciència i els ensenyants d'un espai de trobada permanent.

En el decurs de la Jornada també es va lliurar el II Premi Antoni Quintana i Marí al treball de recerca de batxillerat titulat «La recepta de Van Helmont i el coll de cigne de Pasteur», elaborat per Ares Sobrevia i Avila, alumna del Col·legi Claver de Lleida). Rebi les nostres felicitacions així com el tutor del treball, Javier Puyol i Pallàs.

El llibre d'actes que teniu a les mans compleix una doble finalitat: d'una banda, es tracta del recull de les comunicacions que es van presentar en el decurs de la Jornada; d'altra banda, pretenem que aquest volum sigui un punt de partida per futurs debats sobre les relacions entre història de la ciència i ensenyament.

En aquesta presentació no podem deixar de glossar la figura d'Antoni Quintana Marí (1907-1998), que fou un dels pioners de la història de la ciència a Catalunya amb els seus treballs sobre Antoni Martí i Franqués, que publicà a partir de 1932. Mestre, a més de químic, col·laborà amb el seminari de pedagogia de la Universitat Autònoma de Barcelona en l'època republicana, on plantejà el valor pedagògic de la història de la ciència, temàtica sobre la qual va escriure un treball a la revista *Archeion*, publicada per l'Acadèmia Internacional d'Història de les Ciències. Amb una trajectòria molt destacada en el camp de la química cerealista, mantingué fins al final de la seva vida la seva vocació investigadora per a la història de la ciència i la convicció que aquesta era una eina útil per a l'ensenyament. El premi als treballs de recerca, aquesta Jornada i aquest llibre d'actes també volen ésser, doncs, un homenatge a les seves contribucions.

Pere Grapí Vilumara
M. Rosa Massa Esteve

PUTTING HISTORY IN SCIENCE: RESOURCES FOR TEACHING HISTORY OF SCIENCE COMPONENT OF SCIENCE COURSES IN SCHOOLS IN THE UNITED KINGDOM

Conferència de cloenda

Peter Ellis

British Society for the History of Science, United Kingdom

The coming of the national curriculum

Probably the biggest change in education in England in the last generation occurred in 1989. This was the year that the Conservative government introduced the National Curriculum. For the first time all pupils aged 5 to 16 were to receive education in the same set of subjects each with its prescribed content. The introduction of the National Curriculum caused a revolution in science teaching. Not only were all pupils in primary (ages 5 to 11) and secondary (ages 11 to 16) schools to be taught science but the content of every course for the whole age group was tightly defined for the first time. All pupils in state funded schools would receive a science education that covered biology, chemistry and physics as well as the techniques of scientific investigation. This was a big change, as up to this time provision of science teaching in primary schools was inconsistent and sometimes non-existent, some secondary pupils opted out of science completely and many opted for a restricted science programme that left out one or more of the scientific areas (for example many girls studied biology but not physics).

The National Curriculum for Science (1989) divided the content of science courses into 17 topics, or “Attainment Targets” as they were called in the new language. These would be taught throughout the four “Key Stages” of education.

TABLE 1. Age groups covered by each Key Stage in the English National Curriculum

<i>Key Stage</i>	<i>Year groups</i>	<i>Pupils' ages</i>
1	1,2	5 - 7
2	3,4,5,6	7 - 11
3	7,8,9	11 - 14
4	10,11	14 - 16

Attainment Target 1, Exploration of Science dealt with the techniques and skills of carrying out scientific investigations. ATs 2 to 16 covered the content of a science course and AT 17 was The Nature of Science. Unlike most of the other ATs the Nature of Science only applied to the last two Key Stages, generally taught in secondary schools.

The Programme of Study summarised what pupils should study in AT 17. At Key Stage 3 it said:

Through their own investigations and the use of text, film, other secondary sources and case studies, for example focused on the life and work of famous scientists and/or the development of an important idea in science, pupils should be given opportunities to:

- Study the ideas and theories used in other times to explain natural phenomena.
- Relate such ideas and theories to present scientific and technological understanding and knowledge.
- Compare such ideas and theories with their own emerging understanding and relate them to available evidence. (Department of Education, 1989)

At Key Stage 4 the Programme of Study added:

(Pupils) should also:

- Distinguish between claims and arguments based on scientific considerations and those which are not.
- Consider how the development of a particular scientific idea or theory relates to its historical and cultural – including the spiritual and moral – context.
- Study examples of controversies and the ways in which scientific ideas have changed. (Department of Education, 1989)

The Attainment Targets gave more detail about what pupils of different abilities and at different times in their education may be expected to be capable of. For example, at level 4, the lowest level of attainment at Key Stage 3,

Pupils should:

- Be able to give an account of some scientific advance, for example, in the context of medicine, agriculture or engineering, describing the new ideas and investigation or invention and the life and times of the principal scientist. (Department of Education, 1989)

While at level 10, the top level at Key Stage 4, achieved by bright 16 year olds,

Pupils should:

- Be able to demonstrate an understanding of the differences in scientific opinion on some topic, either from the past or present, drawn from studying the relevant literature, for example, plate tectonics and the wrinkling of a shrinking Earth OR living things reproduce their own kind and the spontaneous generation of species.

- Be able to relate differences of scientific opinion to the uncertain nature of scientific evidence, for example, what is the cause of 'cot deaths', OR what is responsible for the death of trees in European forests. (Department of Education, 1989)

It was apparent that while AT17 the Nature of Science was concerned with the processes of and contemporary issues in science it was also very much about the history of science. The publication of the National Curriculum for science caused panic in some teachers and agitation in many. For the first time knowledge and understanding of some history of science would be assessed in public exams.

The National Curriculum for Science came into force in August 1989. Pupils aged 11 entering year 7, the first year of the Key Stage would be the guinea pigs. In 1992 they would be the first to be assessed in the statutory tests at the end of Key Stage 3 and in 1994 they would be the first to sit the public examinations known as the General Certificate of Secondary Education (GCSE) based on the National Curriculum.

Answering the call

Prior to the arrival of the AT17 the use of history of science in science teaching had been very patchy. Up to the 1970s many teachers had made use of historical anecdotes and these were also a feature of the textbooks of the time. In the 1970s and early 1980s textbooks changed (Ellis, 1982). On the one hand they became more colourful but on the other hand they lost their narrative style. Scientific process was in, while quaint stories of heroes went out. Trendy science teachers adopted teaching methods that frowned on the teacher standing at the front of the class telling anecdotes. History of science largely disappeared from science courses.

AT17 demanded a new look at science teaching and new resources were called for. The major education publishers rubbed their hands with glee as they set about providing books and courses for the new curriculum. Some merged the Nature of Science material with the other ATs while other publishers delivered a book for each AT. The author was involved with one such project launched by the famous old name in educational publishing, Basil Blackwell. Two books on the Nature of Science were produced, *What is Science?* for KS3 (Ellis, 1990) and *Science Changes!* for KS4 (Ellis, 1992). These books delivered the requirements of AT17 in a colourful and readable manner.

The Association for Science Education (ASE) led the way in providing resources. The *Nature of Science* series of booklets edited by Prof. Joan Solomon, such as *Louis Pasteur* (Kingsley, 1989). Each topic was covered in a readable, well-illustrated, small format, 40 page booklet.

Teachers began to teach Nature of Science to KS3 pupils and looked ahead with some trepidation to the introduction of the National Curriculum at KS4. But the curriculum was not set in stone.

Revise, revise, revise

Worries about the complicated structure of the National Curriculum for Science and the difficulty of assessing all the Attainment Targets had surfaced as soon as the docu-

ment was published. By 1991 the worries had reached the highest level of government. Quite abruptly in 1992 a revision to the National Curriculum was announced. The 17 attainment targets were reduced to 4 and the Nature of Science disappeared from the assessed part of the document. Teachers breathed a sigh of relief and publishers cursed as their new series, now hitting the marketplace, were rendered instantly obsolete. While Key Stage 3 pupils had been introduced to history of science as part of AT17, the revision occurred before Key Stage 4 pupils met the topic.

Another revision occurred in 1995. There were still four ATs but the content had been pared down so that it would fit into the time allowed for teaching. Nature of Science was still not explicitly examined but did appear in the introduction to the Programme of Study in what became known as Science Attainment Target 0 (Sc0). At Key Stage 3, Sc0 stated:

Pupils should be given opportunities to:

- 3c Relate social and historical contexts to scientific ideas by studying how at least one scientific idea has changed over time. (Department for Education, 1995)

while the Sc0 statements at KS4 included:

Pupils should be given opportunities to:

- 3a Develop their understanding of how scientific ideas are accepted and rejected on the basis of empirical evidence and how scientific controversies can arise from different ways of interpreting such evidence.
- 3b Consider ways in which scientific ideas may be affected by the social and historical contexts in which they develop and how these contexts may affect whether or not the ideas are accepted. (Department for Education, 1995).

While these statements gave advocates of the history of science hope, the truth is that most teachers ignored the non-assessed parts of the National Curriculum including the nature of science. The textbooks of the late 1990s did however begin to include snippets of history. However the relevance to the teaching was not always clear, as James Williams commented:

- The history of science is often included as a non-essential ‘add-on’ and serves little purpose in developing ideas and/or concepts.
- The figures mentioned and elaborated upon are mostly those that have traditionally been used e.g. Newton, Einstein, Darwin, Mendeleeff, etc.
- There is little or no attention paid to the context within which the science was developed.
- Few accounts of the lives of scientists are given or how they worked.
- Some information is factually incorrect. (Williams, 2002)

Nevertheless there was a growing sense that the nature of science should make more of a contribution to science teaching. The opportunity came with the next revision of the Na-

tional Curriculum in 1999. This cut back yet again the still heavy load of knowledge and understanding required of pupils but more important was an addition to the first Attainment Target Scientific Enquiry. This was a section headed "Ideas and Evidence in Science". Unlike the lamented AT17, Ideas and Evidence was to be part of science teaching from Key Stage 1. While many of the statements can be seen to be concerned with contemporary issues, there is clear and explicit reference to historical material. For instance at KS2:

Pupils should be taught:

- (a) That science is about thinking creatively to try to explain how living and non-living things work and to establish links between causes and effects (for example Jenner's vaccination work). (Department for Education, 1999)

at KS3:

Pupils should be taught:

- (a) About the interplay between empirical questions, evidence, and scientific explanations using historical and contemporary examples (for example Lavoisier's work on burning, the possible causes of global warming).
- (b) That it is important to test explanations by using them to make predictions and by seeing if evidence matches the predictions.
- (c) About the ways in which scientists work today and how they worked in the past, including the roles of experimentation, evidence and creative thought in the development of scientific ideas. (Department for Education, 1999)

and at KS4:

Pupils should be taught:

- (a) How scientific ideas are presented, evaluated and disseminated (for example by publication, review by other scientists).
- (b) How scientific controversies can arise from different ways of interpreting empirical evidence (for example, Darwin's theory of evolution).
- (c) Ways in which scientific work may be affected by the contexts in which it takes place (for example, social, historical, moral, spiritual) and how these contexts may affect whether or not ideas are accepted.
- (d) To consider the power and limitations of science in addressing industrial, social and environmental questions, including the kinds of questions science can and cannot answer, uncertainties in scientific knowledge, and the ethical issues involved. (Department for Education, 1999)

Ideas and Evidence was met with a warmer response by science teachers. Teaching of the new version of the National Curriculum commenced at KS3 in 1999 and at KS4 in 2001. Once again the publishers began to prepare publications to reflect the new requirements.

Teaching at Key Stage 3 has been guided by two further official pronouncements. In 2000 the Qualifications and Curriculum Authority (QCA), the government organisation that supervises the implementation of the National Curriculum, published its scheme of work for science at KS3. This provides a detailed teaching programme for the whole three years of the Key Stage in 36 units. Many schools have adopted the scheme and published courses follow the unit format. There are a considerable number of historical references in the QCA Scheme of Work, for example in unit 7A (the first):

Possible Teaching Activities

Show pupils evidence of the early observations made by Robert Hooke and others to illustrate how the development of the microscope changed the way in which scientists viewed the structure of living things. Ask pupils to find out how ideas developed. (Website 1)

In the last year another file landed on teachers' desks called the Key Stage 3 National Strategy Framework for Teaching Science: Years 7, 8 and 9. This document was produced by the Department for Education and Skills, the same government department that introduced the National Curriculum. The Framework document nevertheless, seems to be at odds with the National Curriculum by suggesting six teaching themes – Scientific Enquiry, Cells, Interdependence, Particles, Forces and Energy – each with a new set of statements prescribing what pupils should be taught in each of the years. Neglecting the other queries the Framework raises, we do however find history of science in the first of the themes. For example:

Year 7 pupils should be taught to:

- Consider early scientific ideas, including how experimental evidence and creative thinking have been combined to provide scientific explanations.

Year 8 pupils should be taught to:

- Consider how some early scientific ideas do not match present-day evidence and describe how new creative thinking has been used to provide a scientific explanation.

Year 9 pupils should be taught to:

- Explain how scientific ideas have changed over time; describe some of the positive and negative effects of scientific and technological developments. (Department for Education, 2002)

There is no doubt that with these three documents – the Curriculum, the Scheme of Work and the Framework – teachers are left in no doubt that history of science plays some part in teaching science – at least at KS3.

At KS4 the picture is less clear. The 3 awarding bodies (what used to be called examining boards) decided that Ideas and Evidence should contribute just 5% to every science qualification at GCSE. They also decided that, although part of the Scientific Enquiry Attainment Target normally assessed through coursework marked by teachers, Ideas and Evidence should

be examined in the written papers set at the end of the course in year 11. Thus in June 2003 the first cohort of pupils met questions on Ideas and Evidence in their science examinations. Unfortunately the awarding bodies have largely treated Ideas and Evidence as a small and trivial addition to the main job of assessing recall and understanding. The questions provided in sample papers were not encouraging. As Peter Fowler in his comments on a question on Darwin noted:

[...] this question uses History of Science as the context and relies on comprehension and/or factual recall of only science content. No History of Science content or skills are being assessed. This falls far short of the potential expounded in Sc1 of the NC. Therefore this question shows a gap between what could be assessed in History of Science and what is actually tested. This applies to the majority of the other questions in the Edexcel specimen questions [...]. (Fowler, 2003)

The actual exams in the summer of 2003 dashed many hopes for a proper assessment of the history of science. One example from a higher level Physics paper asked:

In 1915 the scientist Alfred Wegener suggested that Africa and South America had once been joined but had since drifted apart. Evidence for his theory came from the animal fossils found in the two continents. The fossils are almost the same although animals now living in Africa and South America are different. Other scientists did not agree with Wegener and suggested that a land bridge had once joined the two continents.

[map showing hypothetical land bridge between South America and Africa]

How could scientists use the idea of a land bridge to explain the evidence put forward by Wegener? (2 marks) (GSCE Physics, 2003)

It is difficult to see how this question assesses pupils' ability in any of the four Ideas and Evidence statements. Unfortunately it is not an odd example. The fear is that if the quality of questions does not improve teachers will come to consider Ideas and Evidence a trivial and unnecessary part of their courses.

More hopeful is a completely new GCSE course devised by the Nuffield Curriculum Centre and the University of York Science Education Group. The course known as 21st Century Science takes a completely new approach to science education and aims to cater for all pupils in particular those not planning on taking their science studies further than Key Stage 4. 21st Century Science places Ideas About Science central to the teaching of the core units, and there is plenty of opportunity to bring historical issues into the teaching (Website-2). QCA has given considerable support to 21st Century Science which may become the model for the next revision of the National Curriculum.

Successes and failures

The National Curriculum has had its successes and failures. All pupils from ages 5 to 16 are now being taught science in England and Wales. The quality of science teaching in

primary schools has improved. However despite government initiatives and a dedicated band of science teachers, the number of pupils studying science after the age of 16 has remained static. The National Curriculum has evidently failed to convince more students that science is exciting or a rewarding career.

The first pupils to follow the National Curriculum are now in their mid twenties but there is little evidence that their experience of science has given them greater knowledge of or a more positive attitude to science.

It is difficult to estimate how much history of science is being taught in English schools. A teacher's perception of the importance of the historical element in their chosen course will determine how much history of science pupils actually. Like other aspects of science teaching the pupils experience depends on their teachers' enthusiasms despite the strictures of the National Curriculum. Nevertheless the author perceives that more is happening and that some teachers are being innovative in their use of the history of science. The textbooks and published courses that are arriving on the market now include activities based on the history of science. Many of these will be traditional comprehension style questions and answers, but some provide other ways of introducing the history of science, such as:

- Drama – scripted or improvised playlets allow pupils to visualise historical events.
- Role play debates – pupils take on historical or contemporary roles to debate an issue in science.
- Discussion – pupils are given background information and data to argue about a controversy in science.
- Reconstruction – pupils perform experiments based on historical work perhaps comparing two different approaches to investigating a problem.
- Multimedia presentations – pupils research about a scientist or controversy and produce a presentation or magazine style report on their findings.

These activities have the potential to develop important skills as well as introducing pupils to a wide variety of scientists and ideas.

Resourcing the history of science

In the late 1990s the ASE was again a leader in producing resources for the history of science, with a series of photocopiable packages celebrating the important centenaries – X rays in 1995, Radioactivity in 1996, the Electron in 1997 and Radium and Radiochemistry in 1998. These were packed with information and activities and proved popular.

In January 1999 the author commenced publication of a resource pack, called “breakthrough”. This consisted of photocopiable resources on a wide variety of topics that took the history of science from ancient times to the present day with interviews with practising scientists. The packs were relatively popular and nine were produced in a period of three years. The time consuming and expensive business of advertising and marketing eventually persuaded the author to leave the business of publishing to the established companies. By this time most publishers were including material for Ideas and Evidence in their text-

books or providing additional resources. One such was the Science Web Readers produced by NelsonThornes and edited by Joan Solomon. These were part of an innovative course for Key Stage 3. The three books, (in biology, chemistry and physics) provided pupils with articles about science and scientists that provided background and history to topics in the science curriculum. The books were stimulating although the length of the articles and language level may have been too much for 11 year olds.

In 2002 NelsonThornes extended the principle to Key Stage 4 with a further set of three books titled *Readings in Science* (Ellis; Ryan; MacDonald, 2003). These have been given a lighter magazine-like style but again extend pupils into areas beyond the normal curriculum including historical topics.

People in science

Probably the most innovative resource for teaching science through its history and characters is the *People in Science* series produced jointly by Pearson and Immersive Education (Ellis, 2003). *People in Science* is an interactive computer programme available on CD-ROM. Each pack consists of a number of elements. First there is a set of images of historical and contemporary figures in six topic areas. Each figure can be rotated and given different poses and scale. Then there is a set of appropriate environments or backdrops in which the characters can be placed. Next there are props which can also be rotated and sized. The author was responsible for writing the text for the discs. This consists of a monologue for each character describing their life and their ideas. The monologue can be accessed on screen or as audio files read by actors. There are other features which add to the excitement of the resource. A teachers' guide and on screen activities direct students to manipulate the graphics and the text to answer questions about scientific concepts, the contribution of the characters and the development of ideas. Most activities involve pupils adding to or developing storyboards – a series of images utilising the characters, environments, props, text and special effects.

The software lends itself to a variety of learning activities including:

- Providing characters with speech but blank thought bubbles for students to complete.
- Giving speech bubbles but no character, students are asked to add the correct speaker.
- Filling in blanks in speeches or captions.
- Finishing a storyboard about an event or development of a theory.
- Filling in missing stages in storyboard.
- Adding missing details.
- Correcting erroneous details.
- Simulating a debate between characters.
- Turning a storyboard into a presentation.

But describing *People in Science* does not do it justice. Seeing the programme working, trying it out for oneself or experiencing pupils begin to use it five minutes after meeting it for the first time, are the best ways to discover its worth as an educational resource.

It remains to be seen whether *People in Science* and the other resources becoming available will help students gain an appreciation of the history of science and hence achieve a better understanding of how science works and influences the world.

Bibliography

- DEPARTMENT FOR EDUCATION (1995). *The National Curriculum*, HMSO.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION & EMPLOYMENT/QUALIFICATIONS & CURRICULUM AUTHORITY (1999). *The National Curriculum for England: Science*, HMSO.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION & SKILLS (2002). *Key Stage 3 National Strategy Framework for teaching science: Years 7, 8 and 9*, HMSO.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION & SCIENCE AND THE WELSH OFFICE (1989). *Science in the National Curriculum*, HMSO.
- ELLIS, P. R. (1982). *The history of science and the teaching of chemistry*, Unpublished M. Phil. thesis, University of East Anglia.
- ELLIS, P. R. (1990). *What is Science?*, Oxford, Basil Blackwell.
- ELLIS, P. R. (1992). *Science Changes!* Hemel Hempstead, Simon & Schuster Education.
- ELLIS, P. R.; RYAN, L.; MACDONALD, A. (2003). *Readings in Science: Biology* (Peter Ellis), *Chemistry* (Lawrie Ryan), *Physics* (Averil MacDonald), NelsonThornes.
- ELLIS, P. R. (2003). *People in Science: Elements & Atoms, Evolution & Genetics, Earth & Universe, Health & Disease, Electricity & Force, Earth & Environment*, Essex/Oxford, Pearson/Immersive Education.
- FOWLER, P. (2003). «Assessment of the History of Science: Edexcel GCSE specimen papers», *Education Forum, The newsletter for the Education Section of the BSHS*, 40, 1-5.
- GCSE PHYSICS HIGHER TIER (2003). *Assessment and Qualifications Alliance*, Paper 3451/H.
- KINGSLEY, N. (1989). *The Nature of Science - Louis Pasteur*, College Lane, Hatfield, The Association for Science Education.
- WILLIAMS, J. D. (2002). «Ideas and evidence in science: the portrayal of scientists in GCSE textbooks», *School Science Review December*, (84), 307.

Websites

1. Schemes of Work for KS3 Science:
<http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/secondary_science/?view=get>.
2. 21st Century Science: <<http://www.21stcenturyscience.org/home/>>.

EL CÀLCUL DIFERENCIAL A LA FRANÇA DEL SEGLE XVIII A TRAVÉS DE L'ANÀLISI DE LLIBRES DE TEXT

Mónica Blanco Abellán

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona

Institut für Didaktik der Mathematik. Universitat de Bielefeld

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Agrícola de Barcelona. Departament Matemàtica Aplicada III. Universitat Politècnica de Catalunya

Paraules clau: *càlcul diferencial, França al segle XVIII, anàlisi de llibres de text.*

Differential Calculus through Textbook Analysis in eighteenth-century France

Summary: *In 1696 L'Hôpital published the Analyse des infiniment petits, the first systematic treatise on differential calculus. However, some other textbooks on calculus appeared in France in the XVIIIth century. The aim of this study is to analyse a number of these works. There is a revision of the factors which fostered their reading. The form and content of these textbooks are analysed and compared. The main differences which have been assessed between these texts are: (i) the way they present the foundations of Calculus; (ii) whether the language they use is geometrical or algebraical; (iii) the way they treat algebraical and transcendental curves; (iv) the criteria for choosing coordinates; (v) the problems and applications they treat.*

Key words: *differential calculus, eighteenth-century France, textbook analysis.*

Introducció

El present treball és part de la tesi doctoral que realitzo sota la supervisió del doctor Josep Pla i Carrera (Universitat de Barcelona) dins del programa de doctorat d'història de les ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona i amb el suport del doctor Gert Schubring de la Universitat de Bielefeld. Schubring recolza l'anàlisi comparativa de llibres de text com a forma d'exploració de les diferències entre països pel que fa a estil, significat i epistemologia, donat que els llibres de text emergeixen d'un marc cultural matemàtic específic i d'un determinat sistema educatiu (Schubring, 1996). L'objectiu del meu treball és dur a terme una anàlisi comparativa d'alguns llibres de text sobre càlcul diferencial publicats a França durant el segle XVIII.

Alguns dels sistemes educatius francesos del segle XVIII foren:

- *Collèges*, dirigits per ordres religioses, on les matemàtiques tenien un rol marginal.
- *Écoles militaires*, establertes cap al 1750, que tenien caràcter matematicofísic.
- *École Polytechnique*, establerta el 1794, que preparava els enginyers militar i civils i que engegà el procés d'elementarització matemàtica (per via de la publicació de *livres élémentaires*).

Els llibres de text sobre càlcul diferencial a la França del segle XVIII que he analitzat i comparat són:

- *Analyse des infiniment petits* del Marquès de L'Hôpital (1696), primer llibre de text sistemàtic sobre càlcul diferencial.
- *Analyse démontrée...* de Charles René Reyneau (1708), l'elaboració del qual fou motivada per Malebranche per ensenyar les noves matemàtiques de finals del segle XVII.
- *Cours de mathématiques à l'usage du corps de l'artillerie* d'Étienne Bézout (1799-1800). És una de les diverses reedicions que es feren fins el 1800 del *Cours de mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine* (1764-1769). Està adreçat als alumnes de les *écoles militaires* i als candidats a l'*École Polytechnique*.
- *Leçons sur le calcul des fonctions* de Joseph Louis Lagrange (1800), *livre élémentaire* basat en la *Théorie des fonctions analytiques* de Lagrange (1797).
- *Traité élémentaire de calcul différentiel et de calcul intégral* de Sylvestre François Lacroix (1802), *livre élémentaire* basat en el *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* de Lacroix (1797-1800).

Com exposen els fonaments?

L'element bàsic en L'Hôpital, Reyneau i Bézout és la *diferència* (quantitat infinitament petita en què una quantitat variable creix o decreix). Reyneau, possiblement com a conseqüència del debat Rolle-Varignon (1700-1701), intenta justificar l'existència dels infinitament petits, basant-se en la geometria grega. Quant a l'ordre superior, tots tres parlen de diferència de la diferència. Reyneau justifica l'existència de diferències d'ordre superior mitjançant progressions geomètriques i moviment. L'Hôpital i Reyneau defensen la indeterminació de la progressió, com Leibniz, com un fet que demostra la generalitat del nou càlcul. Per la seva banda, Lagrange i Lacroix treballen amb *funcions*. De, Lacroix defineix la *diferència* com l'increment funcional $f(x+h)-f(x)$ i el *diferencial* com el primer terme de la diferència. Els elements bàsics de Lagrange, les *funcions derivades*, són els coeficients obtinguts en desenvolupar en sèrie de potències una funció. L'objecte central per a Lacroix és el *coeficient diferencial*, el límit (entès en el sentit de D'Alembert) de la raó dels increments simultanis d'una funció i de la variable de la qual depèn. Donat que el coeficient diferencial és una funció, es pot trobar el seu coeficient diferencial, amb la qual cosa l'ordre superior queda justificat. Per a L'Hôpital, Reyneau i Bézout, seguint la geometria grega, una corba és un polígon d'infinits costats infinitament petits i, en conseqüència, la *tangent* és la prolongació d'un costat del polígon-corba. Es calcula a partir del triangle característic. Lacroix entén la

corba com a *límit* dels polígons inscrits i circumscrits a la corba i la tangent és el límit de les rectes secants, que es pot calcular a partir del coeficient diferencial. Lagrange intenta allunyar-se de tota justificació geomètrica i parla de la tangent com de la recta que presenta un punt comú amb la corba, de manera que no existeix cap altra recta pel mateix punt entre la corba i la recta tangent. Es troba calculant el desenvolupament en sèrie de potències de la funció, fins a primer grau.

Elecció de coordenades i tractament de les corbes algèbriques i transcendentals		
	Corbes	Coordenades
L'Hôpital	– Algèbriques. Concoide, cissoide – Cicloide, quadratriu, espiral, corba logarítmica	Segons naturalesa de la corba (adiant per a les transcendentals), procediment usual del segle XVII
Reyneau	– Algèbriques – Cicloide – Logarítmica, de la qual dedueix l'exponencial	Generalment coordenades ortogonals (però també per a qualsevol angle). Coordenades des d'un punt
Bézout	– Algèbriques – Sinus, cosinus – Logarítmica, de la qual dedueix l'exponencial	Generalment coordenades ortogonals per simplicitat
Lagrange	Desenvolupables en sèrie de potències: algèbriques, sinus, cosinus, exponencial (de la qual dedueix la logarítmica)	No especifica coordenades («si x , y són les coordenades de la corba proposada...»)
Lacroix	Desenvolupables en sèrie de potències: algèbriques, circulars, exponencial (de la qual dedueix la logarítmica); o per via d'equacions diferencials (cicloide, espirals)	Generalment coordenades ortogonals. Canvi ortogonals-polars
Problemes i aplicacions		
L'Hôpital	Tangents, màxims i mínims, punts d'inflexió i retrocés, evolutes, càustiques... problemes usuals al segle XVII	
Reyneau	Problemes de geometria composta. Problemes fisicomatemàtics: 1) resolució per via del càlcul diferencial (tangents, màxims i mínims, punts d'inflexió, evolutes); 2) resolució començant pel càlcul diferencial i acabant pel càlcul integral (rectificació, quadratures, centres de gravetat)	
Bézout	Problemes fisicomatemàtics i geomètrics	
Lagrange	Corbes osculadores. Teoria de corbes. Teoria dels moviments variats. Equacions diferencials	
Lacroix	Màxims i mínims. Teoria de corbes. Corbes osculadores. Teoria de corbes de doble curvatura i de les superfícies corbes. Equacions diferencials	

Llenguatge utilitzat (geomètric/algèbric)

La referència de L'Hôpital, Reyneau i Bézout és la geometria grega. Fins i tot Reyneau parla del moviment com a generador de les corbes. Tanmateix, Reynau i Bézout fan servir sèries com a eina auxiliar a l'hora d'integrar. El llenguatge de les *Leçons* de Lagrange és algèbric («analític»). L'objecte del càlcul de funcions és el mateix que el del càlcul diferencial, però a més a més serveix per relacionar el càlcul diferencial amb l'àlgebra. L'àlgebra (funcions resultants d'operacions aritmètiques) es pot considerar com a ciència de les funcions resultants del desenvolupament en sèrie. Les funcions derivades són objectes que obedeixen determinades lleis algèbriques. Quant a Lacroix, la motivació original del càlcul diferencial és geomètrica; Lacroix també parla del moviment continu generador de corbes. No obstant, el seu llenguatge és bàsicament algèbric, ja que utilitza funcions, sèries de Taylor, límit...

Conclusió

La discussió generada a l'entorn del càlcul diferencial en el segle XVIII, així com els diversos sistemes educatius, va influir en els llibres de text francesos sobre càlcul diferencial de l'època. El text de L'Hôpital no presenta un intent de fonamentació rigorosa del càlcul diferencial, sinó que mostra com, amb ell, es poden solucionar de manera satisfactòria problemes del segle XVII lligats a la geometria. En canvi, el text de Reyneau, publicat després del debat Rolle-Varignon, ja presenta un intent de justificació de l'existència dels infiniment petits i de les diferències d'ordre superior com a defensa contra les crítiques de Rolle. El *Cours de mathématiques à l'usage du corps de l'artillerie* de Bézout és una de les diverses reedicions del seu *Cours de mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine* (1764-1769). Tot i que la publicació d'aquesta primera versió és posterior a 1748, en què apareix l'*Introductio in Analysin Infinitorum* d'Euler, Bézout no parla de funcions i el seu tractament del càlcul és molt semblant al de L'Hôpital i Reyneau. Els textos de Lagrange i Lacroix són *livres élémentaires* basats en tractats superiors. L'objectiu de Lagrange és tractar amb objectes algèbrics i evitar d'aquesta manera el problema de la fonamentació del càlcul diferencial. Per a Lacroix l'objecte fonamental del càlcul diferencial és límit de la raó dels increments d'una funció i de la variable de la qual depèn. Finalment, els llibres de Bézout, Lagrange i Lacroix presenten moltes aplicacions matematicofísiques del càlcul diferencial, en consonància amb la tradició enginyera francesa.

Bibliografia

Fonts primàries

- BÉZOUT, E. (1799). *Cours de mathématiques à l'usage du corps de l'artillerie*. París.
 D'ALEMBERT, J. L.; DIDEROT, D. (1751-1772). *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. París.

- LACROIX, S. F. (1797-1800). *Traité du Calcul différentiel et du Calcul intégral*. París.
[Traducció a l'alemany de la segona edició per part de P. GRÜSON (1799), *Lehrbegriff des Differential und Integralscalculus*]
- (1802). *Traité élémentaire de Calcul différentiel et de Calcul intégral*. París.
- LAGRANGE, J. L. (1797). *Théorie des fonctions analytiques*. París.
- (1800). *Leçons sur le calcul des fonctions*. París.
- L'HÔPITAL, G. F. A. (1696). *Analyse des infiniment petits pour l'intelligence des lignes courbes*. París.
- REYNEAU, C. R. (1708). *Analyse démontrée, ou la methode de resoudre les problemes des mathematiques et d'apprendre facilement ces sciences*. París.

Fonts secundàries

- BLAY, M. (1986). «Deux moments de la critiques du calcul infinitésimal: Michel Rolle et George Berkeley». *Revue d'Histoire des Sciences*, 39, 223-253.
- BOS, H. (1974). «Differentials, Higher-Order Differentials and the Derivative in the Leibnizian Calculus». *Archive for the History of Exact Sciences*, 14, 1-90.
- (1993). «The Fundamental Concepts of the Leibnizian Calculus». *Lectures in the History of Mathematics*. American Mathematical Society, 83-99.
- BOYER, C. B. (1946). «The First Calculus Textbooks». *The Mathematics Teacher*, 34 (abril), 159-167.
- (1949). *The History of the Calculus and its Conceptual Development*. Nova York: Dover.
- BROCKLISS, L. B. (1987). *French Higher Education in the Seventeenth and Eighteenth Centuries*. Oxford: Clarendon Press.
- GILLIES, D. (1992). «The Fregean Revolution in Logic». A: GILLIES, D. [ed.]. *Revolutions in Mathematics*. Oxford: Oxford University Press, 265-305.
- GRATTAN-GUINNESS, I. (1990). *Convolutions in French Mathematics*. Basilea: Birkhäuser.
- KHUN, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. [Traducció castellana d'Agustín CONTÍN (1971), *La estrucutra de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica]
- SCHUBRING, G. (1987). «On the Methodology of Analysing Historical Textbooks: Lacroix as Textbook Author». *For the Learning of Mathematics*, 7 (3), 41-51. [Traducció castellana de Rodrigo CAMBRAY NÚÑEZ, revisada per Alejandro GARCADIÉGO (1992), «Sobre la metodología de análisis de libros de texto históricos: Lacroix como autor de libros de texto», *Mathesis*, 8 (3), 273-298]
- (1996). «Changing cultural and epistemological views on mathematics and different institutional contexts in nineteenth-century Europe». A: GOLDSTEIN [et al.] [ed.]. *Mathematical Europe. Myth, History, Identity*. París: Maison des Sciences de l'Homme, 363-388.
- (1997). *Analysis of Historical Textbooks in Mathematics (Lecture Notes)*. Rio de Janeiro: Pontificia Universidade Católica.

UNA EXPERIÈNCIA DIDÀCTICA AL VOLTANT DEL 50È ANIVERSARI DE L'ESTRUCTURA DE L'ADN

Xavier Calvó (1), Francesc Catena (1) i Núria Pérez (2)

1) Col·legi Sagrada Família-Horta (Barcelona)

2) Observatori de la Comunicació Científica i Mèdica (OCC). Universitat Pompeu Fabra (Barcelona)

Paraules clau: *estructura de l'ADN, comunicació, història.*

An educational experience around the 50th anniversary of the structure of DNA

Summary: Making use the 50th anniversary of the Watson & Crick's papers in Nature about the structure of DNA, we suggest an educational experience which aims are, in the one hand, to show one of the channels used to diffuse scientific knowledge and, in the other hand, to show the historic context in which the structure was discovered and some of their consequences for biology. In a scientific congress format, we presented the essential papers in which the structure became to be known. This educational activity took up one hour of the chemistry course. Pupils valued highly this experience.

Key words: *the structure of DNA, communication, history.*

Introducció

Moltes experiències pedagògiques demostren que, en la major part dels casos, l'ensenyament de la ciència no dona bons resultats, els alumnes no aprenen, o aprenen parcialment, els coneixements científics que l'escola tracta de transmetre. Una primera conseqüència d'aquest fet és que la població no s'apropia dels coneixements científics que podrien ser útils per millorar la seva qualitat de vida, ni és capaç d'entendre exactament quins són els problemes que planteja la gestió, la producció, el control i la utilització d'aquests coneixements (Gagliardi, 1988). Per altra banda, nombroses investigacions han fet veure que l'ensenyament de les ciències gairebé no proporciona cap ocasió als estudiants de familiaritzar-se amb les estratègies característiques del treball científic. D'aquest fet es desprèn que les concepcions que acaben tenint els estudiants, i fins i tot alguns professors, al voltant de la naturalesa de la ciència, siguin ingènues i clarament descontextualitzades en molt sentits. Finalment, ens trobem, doncs, davant d'una societat amb una sèrie de visions sovint deformades, incapaç de tenir una opinió contrastada del que l'activitat científica significa.

Quina seria la naturalesa d'aquestes visions? Fernández *et al.* (2002) les han identificat com:

1. Una concepció empiricoinductivista i atèdrica de la ciència, que ressalta el paper de l'observació i l'experimentació neutres, sense «contaminacions apriorístiques», que oblida el paper de les hipòtesis i de les teories disponibles.
2. Una visió de l'activitat científica que presenta el mètode científic com un conjunt d'etapes que s'han de seguir rígidament.
3. Una visió aproblemàtica i ahistòrica, que transmet coneixements ja elaborats, sense mostrar els camins que els hi han portat.
4. Una visió exclusivament analítica, que porta a la fragmentació inicial dels estudis i que oblida els processos d'unificació com a característica fonamental de l'evolució del coneixement científic.
5. Una visió acumulativa, de creixement lineal del coneixement científic.
6. Una visió individualista i elitista de la ciència.
7. Una visió descontextualitzada i socialment neutra, que exalta de manera simplista la ciència com a factor de progrés absolut.

Si per un moment reflexionem no sols sobre la didàctica de la ciència sinó sobre la seva divulgació, ens trobem amb una situació que està molt relacionada amb el que acabem d'esmentar. Es tendeix a considerar que la ciència és independent dels contextos, atemporal i ubiqua, que existeix al marge de persones, comunitats i cultures. Així mateix, la tasca de recerca consisteix només a descobrir i a posar nom a allò que, de fet, ja és, ha estat i serà (Cassany, 2001).

Malgrat les opinions enfrontades sobre l'ús de la història de la ciència per a resoldre aquests problemes, la història permet humanitzar les ciències en tant que proporciona un context, una socialització de l'activitat científica, i a la vegada, facilita l'aflorentament de la diversitat de la metodologia científica mostrant les diferents aproximacions metodològiques possibles de cada disciplina. Tanmateix, la història propicia situacions de debat en tant que permet posar de manifest l'existència de controvèrsies, permet ésser conscient de l'impacte cultural de les pràctiques científicotecnològiques i deixa testimoni de les estratègies emprades pels científics a l'hora d'argumentar sobre la importància de la seva activitat (Grapí, 2000).

Estaríem d'acord amb Izquierdo (2000) en ser capaços «d'explicar històries», fets contextualitzats amb un enfocament interdisciplinari que, des d'un punt de vista didàctic, poguessin introduir.

Dins les limitacions de temps que d'entrada ens hem imposat, no pretenem resoldre tots els problemes enumerats, sinó, aprofitant la data del 25 d'abril de 2003, 50è aniversari del primer dels articles de Watson i Crick, poder mostrar als nostres alumnes alguns aspectes a tenir en compte al voltant de la producció i de la comunicació del coneixement científic.

Els estudiants de biologia de segon de batxillerat han estudiat els experiments cabdals propis del que podríem definir avui com *genètica molecular* o *biologia molecular*. Sovint, aquests experiments es troben desordenats dins del propi programa de la matèria. Desordre que porta a construir una falsa seqüència lògica encara que, aparentment, permeti un relat més coherent. Visió aproblemàtica i acumulativa esmentada anteriorment en els punts 3, 4, 5 i 6. Del fet de falsejar l'ordre dels esdeveniments en deriva, entre d'altres problemes, una descontextualització històrica d'aquests fets.

Com sorgeix la idea d'aquesta «celebració» i el format de congrés que li vàrem donar? Hi hagué dues raons. En primer lloc, la necessitat de contextualitzar alguns dels fets científics que formen part del programa d'estudis de secundària i batxillerat. L'aniversari de la publicació dels articles de Watson i Crick va ser excusa suficient per a plantejar aquesta experiència. En segon lloc, el comentari fortuït per part dels nostres alumnes de «per què no organitzem una festa?». Unint la seriositat de la primera raó i l'aire festiu de la segona ens vàrem plantejar donar a aquest acte una estructura de petit congrés, reduït a una hora, que es va organitzar com si fos un congrés de debò: es va fer lliurament del programa, amb l'ordre del dia, la documentació i el repartiment del temps per a les ponències i preguntes. La idea era mostrar a escala reduïda una via d'intercanvi i de comunicació del coneixement entre la comunitat científica.

Material i mètodes

A l'inici de la sessió es va fer lliurament als alumnes d'un dossier que contenia els materials següents:

1. Programa de l'acte:

<i>ADN: 50è aniversari de l'estructura de la doble hèlix 25 d'abril de 1953 – 25 d'abril de 2003</i>
<p>Programa:</p> <p>8.00: Recollida de documentació.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Els articles originals de Nature. • Versions en castellà dels articles de Nature publicats al Mundo Científico, març de 2003. • Ressenya de la conferència de Soraya de Chadarevian. <p>8.05:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Xavier Calvó, «Situació del treball de Watson i Crick en un context històric. Breu comentari dels articles de Nature». <p>8.20:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Francesc Catena, «Conseqüències posteriors del treball de Watson i Crick. Aspectes evolutius». <p>8.35:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Torn de preguntes. <p>8.45:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «Coffee – end».

2. Els dos articles publicats a *Nature* el 1953, una versió facsímil en PDF dels originals obtinguda de la web de la pròpia revista.
3. Les versions en castellà dels mateixos articles publicades a la revista *Mundo Científico*.
4. Com a lectura complementària, s'adjuntà un article publicat per un dels autors al servidor de notícies *Biomedica* de l'Observatori de Comunicació Científica de la Universitat Pompeu Fabra (UPF), dedicat a la conferència que oferí Soraya de Chadarevian, investigadora de la Universitat de Cambridge del Regne Unit, a l'Ajuntament de Barcelona dins del cicle de conferències «Genètica i ciutat», organitzat per la Regidoria de Ciutat del Coneixement.

El desenvolupament de la sessió es va dur a terme en dues parts. A la primera part, es va fer esment dels articles publicats per Watson i Crick. Es va ressaltar el fet que els autors, ja des de l'inici del seu treball, de manera explícita, «suggerien» un model «teòric» per a l'estructura de l'ADN (Watson i Crick, 1953a). Tanmateix, s'esmentà que al mateix número de *Nature*, i immediatament després de l'article de Watson i Crick, hi havia dos articles més, de Maurice Wilkins i Rosalind Franklin, respectivament, que eren precisament els que proporcionaven l'evidència necessària per donar sentit al model de Watson i Crick. Seguidament, es va fer menció del segon article, sovint oblidat (Watson i Crick, 1953b) publicat el maig següent i de caire especulatiu, sobre les possibles conseqüències que el model podia tenir en el camp de la genètica.

Freqüentment, es té la impressió que aquests dos treballs, i especialment el primer, responen a totes les preguntes de la biologia molecular. Res més lluny d'això. Per aquest motiu es va fer especial esment de treballs cabdals com, per exemple, els d'Avery, McLeod i McCarty sobre la transformació bacteriana o els de Hershey i Chase sobre el fag T2, entre d'altres.

Un altre punt que ens va interessar deixar clar va ser que el model de l'ADN, com qualsevol altra qüestió en ciència, no és obra d'individus aïllats, no és un producte individualista ni elitista o quelcom exclusiu dels grups que treballaven al Regne Unit, sinó que es trobava immers en un «magma» de grups de recerca que perseguïen el mateix objectiu, com era el cas, entre d'altres, del grup de Linus Pauling al California Institute of Technology (Caltech) (Olby, 1994; Judson, 1996). Bé, en cap moment pretenguérem ser exhaustius en els nostres plantejaments.

A la segona part, s'atengué als aspectes evolutius derivats dels treballs de Watson i Crick. Vàrem creure convenient ressaltar, per exemple, que Darwin ja havia intuït la importància de la variabilitat en la descendència com a motor de l'evolució, però que el model de Watson i Crick permeté, més endavant, comprendre la naturalesa molecular de la mutació (terme que havia estat introduït per Hugo de Vries), la qual era coneguda des de feia temps però s'ignorava el seu funcionament intern.

Tot el que esdevingué a partir d'aquí (la llei de Hardy-Weinberg, confirmada per Fisher, Haldane i Wright, la teoria sintètica de Dobzhansky, Mayr i Simpson, Kimura, etc.) es contemplà ja des del coneixement acceptat de l'estructura de l'ADN, base material sobre la que tota teorització havia de fonamentar-se, des de la naturalesa de la informació genètica fins a la recombinació com a causa fonamental de la variabilitat.

Amb aquests arguments reforçarem en els nostres alumnes la comprensió de la importància del model proposat, i acceptat per la comunitat científica, de l'estructura de

l'ADN. A més, vàrem poder emfatitzar el significat i la utilitat dels models en el mètode de treball de la ciència.

Valoració i resultats de l'experiència

S'intentà obtenir l'opinió dels alumnes en relació amb l'activitat descrita. Es proposà a cada alumne respondre un petit qüestionari amb quatre preguntes. En primer lloc se li demanava que indiqués el seu grau de satisfacció utilitzant una escala de l'u al deu (de menys a més); després, la utilitat de l'experiència, suggeriments i comentaris. La finalització propera del curs i la lògica preocupació per la preparació de la selectivitat, impediren d'obtenir totes les respostes, per la qual cosa no pensem que l'anàlisi d'aquestes respostes permeti fer cap valoració significativa. De vint alumnes, en respongueren vuit, i val a dir que el grau de satisfacció expressat per aquests va ser de set i vuit.

Conclusions

La història de les ciències permet interpretar, identificar, conèixer, quins han estat els fets crucials responsables de les principals teories acceptades, quins han estat els obstacles que dificultaren la seva aparició i el seu desenvolupament o què les va afavorir. També permet identificar quins han estat els conceptes que han permès la transformació d'una ciència, l'elaboració d'una nova teoria o la utilització de nous mètodes i de nous instruments conceptuals.

La realitat a analitzar canvia en funció dels canvis conceptuals (Gagliardi, 1988). La història de la ciència és un excel·lent mitjà per afavorir la discussió, el debat i la reflexió entorn del coneixement establert i per superar la idea generalitzada que sovint transmet l'escola segons la qual el coneixement científic és una veritat a la que s'arriba per acumulació d'experiències de caire positivista.

En la mesura que sigui possible, s'hauria de tenir en compte en tota nova proposta didàctica l'opinió contrastada dels receptors.

Bibliografia

- CALVÓ I MONREAL, X. (2003). «Soraya de Chadarevian: la construcción de un icono del siglo XX». *Biomedica* [en línia]. <<http://www.biomed.net/biomedica/d02020403.htm>> [Consulta: 11 abril 2003]
- CASSANY, D. (2001). «Fer entendre la ciència als qui ho necessiten». *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, 51, 189-193.
- FENÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. (2002). «Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza». *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- FRANKLIN, R. E.; GOSLING, R. G. (1953). «Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate». *Nature*, 171, 740-741.

- GAGLIARDI, R. (1988). «Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias». *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), 291-296.
- GRAPÍ, P. (2000). «El potencial educatiu de la història de la ciència: el cas de la revolució química». *Actes de les V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 111-114.
- IZQUIERDO, M. (2000). «Relacions entre la història i la didàctica de les ciència». *Actes de les V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 115-124.
- JUDSON, H. F. (1996). *The Eighth Day Of Creation: The Makers of the Revolution in Biology*. 2a ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- OLBY, R. (1994). *The path to the Double Helix. The Discovery of DNA*. 2a ed. Nova York: Dover Publications.
- WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. (1953a). «Molecular Structure of Nucleic Acids. A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid». *Nature*, 171, 737-738.
- (1953b). «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid». *Nature*, 171, 964-967.
- WILKINS, M. H. F.; STOKES, A. R.; WILSON, H. R. (1953). «Molecular Structure of Deoxyribose Nucleic Acids». *Nature*, 171, 738-740.

ERRORS HISTÒRICS EN L'EXPLICACIÓ DE LA TEORIA DE L'EVOLUCIÓ

Agustí Camós

Institut d'Educació Secundària Miquel Martí i Pol

Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: *evolució, Lamarck, Darwin, lamarckisme, darwinisme, llibres de text.*

Historical mistakes in the explanation of the theory of evolution

Summary: In the explanation of the Theory of Evolution of Species, some remarkable historical mistakes are committed. Most of these mistakes favour the figure of the great myth of Biology, Darwin, while denigrating the figure of Lamarck. Within the mentioned mistakes, there is an outstanding one: the exclusive association of Lamarck to the inheritance of acquired characters, while Darwin also defended it. Some other remarkable mistakes read as follows: to maintain that Lamarck defended a lineal pattern of evolution, that he did not contribute with data, not to explain the fundamental role of the spontaneous generation and to affirm that his ideas did not influence at all. Associating Lamarck to the example of the giraffe is also not very helpfull to his image, as well as not emphasizing his great contribution to Botany, Zoology and Paleontology, which turn him into one of the greatest naturalists of all periods.

Key words: *evolution, Lamarck, Darwin, lamarckism, darwinism, text books.*

Introducció

Tots sabem que la història l'escriuen els vencedors. En la història política és un fet força evident, només cal mirar al voltant nostre per comprovar-ho. La història de la ciència no és cap excepció en aquest sentit.

D'altra banda, a mesura que es van produint canvis en la correlació de forces a cada moment, la reinterpretació de la història canvia. Allò que en un moment era menyspreat, més endavant es lloa, però més tard es tornarà a menysprear altre cop. És a dir, es van produint una sèrie d'oscil·lacions en la interpretació històrica d'uns determinats fets en funció de les idees i teories dominants a cada moment.

A més, quan es tracta d'interpretar històricament conceptes que són vigents en l'actualitat, sovint s'afegeix a aquesta greu distorsió històrica un altre element, l'anacronisme:

tractar d'interpretar aspectes històrics a partir de la visió i de les eines d'interpretació que tenim en l'actualitat, oblidant-nos del marc històric en què es van produir determinats esdeveniments.

El problema s'agreuja quan una determinada teoria de gran impacte, com la teoria de l'evolució, es tracta des de disciplines allunyades de la disciplina d'origen, en aquest cas la biologia. En aquest cas la major part dels autors escriuen d'allò que han llegit d'altres, que al seu torn també havien llegit d'altres..., la qual cosa causa enormes distorsions i simplificacions.

Aquests elements es barregen en la interpretació que la història de la ciència, i en especial la història de la biologia, ha fet de dos dels més grans naturalistes que mai han viscut, Charles Darwin i Jean-Baptiste Lamarck.

Darwin s'ha convertit en el gran mite de la biologia moderna, i el seu llibre *l'Origen de les espècies*, en un referent fonamental per a tots el biòlegs i un punt de partida per a la interpretació de la major part dels fenòmens biològics, i fins i tot de fenòmens situats més enllà de la biologia. Però això no sempre ha estat així: a principis del segle xx, Darwin era un personatge no gaire valorat pels biòlegs, tal com ho reflecteixen, per exemple, la *Història de les teories biològiques* d'E. M. Rald o, sobretot, *L'eclipsi del darwinisme* de Peter Bowler.

Els historiadors de la ciència, i els de la biologia en particular, s'han llançat a l'estudi de la vida i l'obra del gran naturalista anglès. Cada any apareixen nombrosos articles i llibres sobre diversos aspectes relacionats amb Darwin, fins la punt que s'ha instaurat un terme per a referir-se a aquests estudis: *The Darwin's industry*, i s'han hagut de publicar llibres d'índex sobre l'enorme quantitat de bibliografia que s'ha generat al voltant de la seva figura. Així i tot, com veurem, es continua tergiversant allò que realment proposà.

Pel que fa a Lamarck, passa una cosa ben diferent. El nombre d'articles i llibres que es publica cada any al voltant seu és enormement inferior al que es publica sobre Darwin. Així i tot, és important considerar que en els darrers decennis s'han publicat importants obres que ens permeten resituar històricament el naturalista francès. De totes maneres, aquestes obres han tingut poca repercussió en la revisió d'allò que en les obres generals de biologia o d'història de la ciència s'explica sobre Lamarck. D'altra banda, pocs biòlegs han indagat en les seves obres, i, sovint, aquells que ho han fet han hagut de treballar sobre reedicions incompletes o traduccions que contenen notables errors.

Per això, encara que Lamarck no és un desconegut en la història de la biologia, voldria abans que res donar algunes dades sobre la seva activitat com a naturalista per tal de veure la gran dimensió de la seva obra biològica: en botànica va publicar entre altres coses la *Flore française*, que va ser durant dècades una obra de referència i que va suposar la divulgació de la utilització d'una eina tant important com les claus dicotòmiques; en paleontologia dels invertebrats va descriure prop de mil espècies diferents en les *Memoires sur les fossiles des environs de Paris*, en molts casos buscant anàlegs actuals per fer-ne una interpretació que s'aproximaria al que avui anomenaríem *filogènesi*; en zoologia va renovar completament la classificació dels invertebrats a partir de la seva gran obra *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, que també esdevingué una obra de referència durant dècades; i, per descomptat, la seva teoria evolutiva, que va publicar a través de nombroses obres a partir de 1800, d'entre les quals sovint només se cita la *Philosophie zoologique*. També convindria recordar que va realitzar notables treballs sobre meteorologia i geologia.

Principals errors històrics en l'explicació de la teoria de l'evolució

Per mostrar la forma en què, en l'actualitat, s'interpreta la figura i l'obra de Lamarck, i també la de Darwin, ens centrarem en allò que expliquen sobre els dos grans naturalistes els llibres de text d'ensenyament secundari. Fa uns anys es va publicar un primer estudi a partir dels llibres de text d'ensenyament secundari editats al nostre país al voltant de 1980 (Camós, 1994), i recentment s'ha tornat a fer un altre estudi a partir dels llibres de text que s'utilitzen en l'actualitat, després dels «penúltims» retocs de programes d'ensenyament secundari (Camós, 2003). Dels estudis esmentats pot constatar-se que es continuen mantenint la majoria dels errors que trobàvem en els llibres de dècenns passats, tot i que es nota una certa millora en el tractament del naturalista francès.

L'error més important i repetit és la consideració que la gran diferència entre les teories de l'evolució de Lamarck i Darwin consisteix que el primer defensava l'herència dels caràcters adquirits mentre que el segon no ho feia. Per descomptat que per a Lamarck aquest mecanisme era fonamental en el seu model evolutiu, però també ho era per a Darwin; de fet la teoria de l'herència que va proposar, sovint oblidada, la pangènesi, la va desenvolupar de manera que fos totalment compatible amb aquest mecanisme hereditari. Per comprovar la claredat de la postura de Darwin tan sols cal llegir la seva gran obra, *L'origen de les espècies*. Entre les moltes cites a les quals ens podríem referir vegem el que diu al darrer capítol, la recapitulació i la conclusió, en la darrera revisió que va fer de l'obra: «Això s'ha efectuat principalment per la selecció natural de nombroses variacions successives, petites i favorables, auxiliada de forma important pels efectes hereditaris de l'ús i desús de les parts, i d'un mode accessori [...] per l'acció directa de les condicions externes [...]» No sols admetia la importància de l'herència dels caràcters adquirits, sinó que a més acceptava l'acció directa del medi, un altre mecanisme que s'associa habitualment amb Lamarck.

Val a dir que aquesta no és una confusió local, sinó que apareix en la major part dels llibres de text de tot el món. Combatre aquest error històric és enormement difícil, ja que és un referent gairebé universal en el món de la biologia, el fet de diferenciar els models evolutius de Lamarck i Darwin a través de l'acceptació o no de l'herència dels caràcters adquirits. A nivell local no es pot canviar aquesta situació; és més, ens veiem obligats a explicar d'aquesta manera errònia els fets, ja que així s'utilitza universalment aquesta associació en el món de la biologia actual; d'altra forma podríem abocar els nostres alumnes a confusions importants. Tan sols un acord a nivell internacional podria ajudar a resoldre aquesta greu confusió històrica. Altres errors, com veurem, no són tan difícils de combatre.

Un altre error consisteix a afirmar que Lamarck propugnava un model evolutiu lineal mentre que Darwin propugnava un model en arbre. Sovint això s'explicita perquè no es té en compte allò que Lamarck va escriure més enllà de la primera part de la *Philosophie zoologique*. Tan sols cal dirigir-se a l'addició que apareix al final de la tercera part de l'esmentada obra, i en el que va publicar en la *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* i en el *Système analytique des connaissances positives de l'homme*, per comprovar que el model evolutiu que defensava Lamarck no era pas lineal. De bon principi ja defensava dues línies evolutives diferenciades, una per als animals i una altra per als vegetals; i a mesura que anava aprofundint en el coneixement dels animals invertebrats s'adonava de la impossibilitat de construir una sèrie evolutiva lineal per als animals, i en les tres obres citades anteriorment queda perfectament reflectit, i fins i tot il·lustrat, un model evolutiu clarament ramificat del món animal.

També s'explica que la teoria de Lamarck era una pura especulació, que no aportava pràcticament cap dada. Només cal llegir l'obra de Lamarck per adonar-se de la falsedat de l'afirmació, especialment si no s'omet l'addició a la *Philosophie zoologique* a què ens hem referit en l'anterior paràgraf ni les contribucions a la teoria que va fer en obres posteriors. Però a més a més es pot comprovar que en el desenvolupament de la seva zoologia dels invertebrats també aporta dades, de fet organitza la classificació dels animals en funció dels plantejaments evolutius, i en la seva paleontologia aporta nous elements justificatius de la seva teoria, amb la recerca d'espècies anàlogues a les espècies fòssils (Laurent, 2000: 133-212).

S'afirma que els plantejaments de Lamarck no tingueren cap influència. Les investigacions dels historiadors de la ciència en el darrers decenni posen de manifest que tingué una notable influència en diferents àmbits europeus, especialment a França i a Anglaterra (Burkhardt, 1977; Corsi, 2001; Desmond, 1984) i disposem d'alguns indicis que ens permeten pensar que fins i tot a Espanya (Camós, 1998). Quan no es té en compte aquesta influència i la d'altres evolucionistes, com per exemple Robert Chalmers, s'explica la revolució darwinista com un canvi sobtat i radical en la concepció de l'origen dels éssers vius que tenien els científics i la societat en general. Avui dia molts historiadors comencen a entendre aquesta revolució com un fet lent i progressiu, que s'inicia abans de Lamarck i que culmina mig segle després de la mort de Darwin amb la teoria sintètica de l'evolució. Segons Peter Bowler, l'anomenada *revolució darwinista* en sentit estricte tan sols seria un «cop de saló» donat per Darwin i el seu cercle en aconseguir introduir les idees evolucionistes entre les elits socials i polítiques angleses quan ja estaven presents en molts altres àmbits de la societat anglesa i europea (Bowler, 1992).

Tampoc no es fa gairebé mai cap referència a la generació espontània. Aquesta concepció, la possibilitat que es puguin generar éssers vius molt senzills a partir de la matèria no viva, és un element fonamental del seu model evolutiu tot i que ara ens pugui semblar una idea sense fonaments. Cal saber que la gran majoria dels evolucionistes del segle XIX la defensaven per tal de superar el problema de l'origen de la vida, ja que en cas de negar la possibilitat de la generació espontània semblava que s'hauria de suposar un origen sobrenatural de la vida i, per tant, negar l'evolució almenys en aquest punt. De fet, qui va derrotar de forma definitiva aquesta idea fou Louis Pasteur, un científic molt conservador i declarat antievolucionista. En realitat, fins a les obres d'Oparin i Stanley Miller, ja en el segle XX, no es va començar a entreveure una sortida evolucionista per a l'origen de la vida, a partir de la matèria inanimada, sense contemplar la generació espontània.

Una possible raó per no introduir aquest element en l'explicació de la teoria evolucionista de Lamarck sembla ser d'ordre didàctic. Per a alguns professors, introduir aquest element podria produir certes confusions ja que podria reforçar l'arrelada creença de molts alumnes en la generació espontània.

Els exemples escollits per explicar les teories, les girafes en el cas de Lamarck i els pinsans de les Galápagos en el cas de Darwin, tampoc no són neutres. És cert que, l'exemple de la girafa, Lamarck l'utilitza a la *Philosophia zoologica*, però sense fer-hi cap èmfasi especial i mostrant fins i tot desconeixement dels estudis anatòmics que acabava de fer Cuvier sobre aquest mamífer (Gould, 1999: 271-186), la qual cosa ens mostra que no tenia cap interès especial en l'estudi de l'evolució d'aquest mamífer. Normalment, a través d'aquest exemple s'acostuma a ridiculitzar la teoria del gran naturalista francès. Per què es continua

utilitzant aquest confús exemple i no d'altres que aporta Lamarck en la mateixa obra, com les modificacions que sofreixen les plantes i els animals domesticats, o exemples que provenen de l'anatomia comparada, com les dents del fetus de la balena, la falta de dents de l'ós formiguer, els ulls atrofiats del talp o la ubicació dels ulls en el peixos plans, entre molts d'altres? En canvi, l'elecció dels pinsans de les Galápagos en el cas de Darwin és clarament un exemple elegant que reforça i engrandeix el model darwinista i el seu autor, sobretot si el considerem en contraposició amb el de la girafa. A més a més, els pinsans de les Galápagos sí que van jugar un paper important en el desenvolupament de la teoria de Darwin.

Els mateixos lamarckistes, amb el seu esforç per donar més lluentor a la figura de Lamarck, també han contribuït a crear una imatge distorsionada del gran naturalista francès. Sovint se l'associa amb el mite romàntic del científic incomprès, maltractat i mort en la pobresa. Lamarck fou un científic ben considerat i influent durant la major part de la seva vida, membre de l'Acadèmia Francesa i professor del Museu d'Història Natural, el màxim que podia aconseguir qualsevol naturalista de l'època a la ciutat, París, que en aquell moment disposava de les millors instal·lacions del món per a l'estudi de la història natural i on investigaven molts dels més grans naturalistes contemporanis. És cert que al final de la seva vida el seu enfrontament amb Cuvier li produí molts enemics, però també ho és que mantingué durant anys profitoses col·laboracions amb el mateix Cuvier i amb altres notables professors del museu (Gillispie, 1997: 229-239).

A més, Goulven Laurent ha revisat on va viure i el que cobrà els darrers anys de la seva vida, i ha pogut demostrar que no va morir en absolut en la pobresa (Laurent, 2001: 133-136). Però el contrast entre la glòria de Darwin, enterrat a l'abadia de Westminster, i la d'un pobre Lamarck, enterrat en una fossa comuna, vivint els seus darrers anys en condicions miserables i rodejat de la suposada incomprensió i de l'aïllament dels seus contemporanis, podia ajudar a fer més atractiva la figura de Lamarck.

S'afegeixen alguns errors d'ordre menor com l'afirmació segons la qual Lamarck formulà la seva teoria el 1809 a la *Filosofia zoològica*. En realitat va fer diferents formulacions des de 1800 fins a 1820. La primera en la sessió d'obertura dels seus cursos de zoologia al Museu d'Història Natural de París, l'any 1800, i la darrera en el *Système analytique des connaissances positives de l'homme*, l'any 1820, modificant i perfeccionant el seu model al llarg dels anys, tal com es pot comprovar a través de diferents obres que publicà entre aquestes dues dates.

La iconografia que la majoria dels llibres presenta dels dos personatges tampoc ajuda gens. Les imatges reproduïdes de Lamarck ens mostren un home gran i desagradable, amb cara de pomes agres, mentre que les de Darwin són les d'un home jove i interessant o bé les d'un vell afable i acollidor, amb cara de ser l'avi de tots nosaltres, el gran patriarca de tots els biòlegs i naturalistes.

A tall de conclusió

En aquestes pàgines hem pogut comprovar com, en explicar la teoria de l'evolució de les espècies, es cometen greus errors al voltant de la figura de Lamarck. Però cal dir que podem alegrar-nos que, tot i amb errors, Lamarck aparegui en els llibres de text de biologia i en els llibres d'història de la ciència. Lamarck, per tant, està present en la història de la biologia,

tot i que probablement no ocupa el lloc que li correspondria per la gran tasca que realitzà, tant pel que fa a la formulació de la seva teoria de l'evolució com pel que fa a les notables contribucions a la botànica, a la zoologia dels invertebrats i a la paleontologia. Però hem de recordar que molts altres «perdedors» en els grans debats que s'han produït en les diferents àrees científiques sovint han quedat oblidats; no és el cas del nostre naturalista. Tan sols cal esperar que amb el pas dels anys aquesta animadversió que encara es manté contra Lamarck i els lamarckistes en determinats cercles defensors a ultrança de la més rígida ortodòxia darwiniana, desaparegui definitivament, i es puguin polir aquest seguit d'errors que se segueixen repetint en relació amb el naturalista francès i amb Darwin, i puguem situar Lamarck en el lloc que li correspon en la història de la ciència en general i de la biologia en particular.

Bibliografia

- BOWLER, P. (1985). *El eclipse del darwinismo*. Barcelona: Labor Universitaria.
- (1992). *The non-darwinian revolution*. Londres: The Hopkins.
- BURKHARDT, R. W. (1977). *The Spirit of System. Lamarck and Evolutionary Biology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- CAMÓS, A. (1994). «El tractament ahistòric de Lamarck en els llibres de text d'ensenyament secundari». A: NAVARRO, V. [et al.] [ed.]. *Actes de les II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: SCHCT, 342-352.
- (1998a). «Alumnos españoles en los cursos de Lamarck». A: GARCÍA HOURCADE, J. [et al.] [ed.]. *Estudios de historia de las técnicas, la arqueología industrial y las ciencias*. Vol II. Salamanca: Junta de Castilla y León, 797-804.
- (1998b). «Antoni Bergnes de las Casas (1801-1879) difusor de la cultura científica y del transformismo lamarckista». *Llull*, 21.
- (2003). «El transvasament dels estudis historiogràfics a l'ensenyament de les disciplines: El cas de Lamarck». A: BATLLÓ, J. [et al.] [ed.]. *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 631-638.
- CORSI, P. (2001). *Lamarck. Genèse et enjeux du transformisme 1770-1830*. París: CNRS Éditions.
- DESMOND, A. (1984). *The politics of evolution. Morphology, Medicine, and Reform in Radical London*. Chicago: The University of Chicago Press; Londres.
- GILLISPIE, C. C. «De l'histoire naturelle a la biologie». A: BLANCKAERT, C. [et al.] [ed.]. *Le Muséum au premier siècle de son histoire*. París: Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, 229-239.
- GOULD, S. J. (1999). *La montaña de almejas de Leonardo*. Barcelona: Crítica.
- LAMARCK, J. B. (1809). *Philosophie zoologique*. París: Dentu.
- (1815-1822). *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. París: Déterville. 7 v.
- LAURENT, G. (1987). *Paléontologie et évolution en France de 1800-1860. Une histoire des idées de Cuvier et Lamarck à Darwin*. París: CTHS.
- (2000). «Paleontologie et évolution au début du XIX^e siècle. Cuvier et Lamarck». *Asclepio*, LII, 133-212.
- (2001). *La naissance du transformisme. Lamarck entre Linné et Darwin*. París: Vuibert.
- RALD, E. M. (1988). *Història de las teorias biológicas*. Madrid: Alianza.

LA PRODUCCIÓ DE RESIDUS I EL SEU TRACTAMENT EN ELS LLIBRES DE TEXT

Rosa Costa-Pau i Garriga

Societat d'Estudis i Investigacions Comunitàries de Barcelona

Paraules clau: *residus, medi, societat de consum, estil de vida, educació ambiental, catastrofisme, visió històrica, anàlisi textual, error conceptual, descobriment autònom i inductiu, aprenentatge significatiu.*

Waste production and waste management in textbooks

Summary: According to outstanding contributions to education research we think that certain deficiencies in the presentation of the subject of waste in textbooks show up in methodological aspects such as opportunity to consider if our Knowledge itself can be wrong. This point has been taken into consideration in this research work since it is one of the foundations to contact the students' conceptual structure. On the other hand, it has been also analysed whether there is a meditated explanation of past situations in comparison to present ones, that is, to what an extend the studied material has taken into consideration the social, collective character of technological developments and their consequences along history. Thirdly it has been analysed the possibility of raising specific problems as a starting point of activities. Some other aspects also studied are: auto-evaluation, graphical characteristics, development of the final report and revision of attitudes and procedures at the end of the experience.

Key words: waste, environment, consumer society, life style, enviromental education, catastrophism, historical vision, textual analysis, conceptual error, inductive discovery, autonomous discovery, significant learning.

Introducció

Ara fa uns trenta anys, en el camp de l'ensenyament, es posà de manifest una inquietud envers el medi i la problemàtica ambiental: contaminació de les aigües, contaminació nuclear, producció de residus, incendis forestals, etc. La visió catastrofista que d'aquests fets oferien els mitjans de comunicació social va incidir d'una manera especial en la població infantil i adolescent, que «va portar» a l'escola la seva preocupació i també el seu desig de conèixer.

I començaren a sorgir campanyes, festes i celebracions (dia de l'arbre, dia de la bicicleta, dia del medi...). No obstant, però, a les celebracions d'aquest caire, realitzades en aquest sentit, se'ls atorga una gran publicitat però al dia següent els problemes segueixen plantejats, i potser amb poques possibilitats de solució.

Els actes simbòlics i exemplars són necessaris, però mai suficients. Recollir les escombraries del sòl del bosc, clausurar una instal·lació industrial que contamina, són altres actes simbòlics que poden ser utilitzats com a exemples il·lustratius. Però ells sols no resoldran els greus problemes ambientals que actualment té plantejats la nostra societat; entre aquests problemes en cal destacar un: les formes de consum i la producció de residus.

Tot aquest procés es traduí, a partir dels anys setanta, en una gran producció de projectes educatius que actualment es contemplen sota la denominació d'*educació ambiental*. Administracions municipals, nacionals, estatals, així com molts grups ecologistes, veuen l'escola com el lloc idoni més efectiu i més rentable per als seus programes d'actuació i s'assigna al professional de l'educació el treball de màxim responsable per a participar en la prevenció, conservació i millora del medi.

Considerant la manca de preparació sobre temes ambientals específics, tots els grups proposen com a actuació prioritària la formació del professorat; amb aquesta formació es pretén que el docent no sols posseeixi un coneixement enciclopèdic de temes diversos, sinó també que procuri que l'alumnat adquireixi comportaments i actituds coherents envers el medi.

No obstant això, però, la manca de coordinació entre tanta oferta de material didàctic, que sovint presenta considerables contradiccions de caire pedagògic, així com la mateixa pressió social sovint no deixen espai ni temps al professional de l'ensenyament per a estudiar, valorar i escollir els projecte més interessants.

Aquest fet ens confirma, una vegada més, un dels problemes que probablement sempre ha arrossegat l'educació: la desvinculació entre «pensadors» de la realitat educativa i les persones que duen a terme les decisions dels pensadors.

Teoria i pràctica, reflexió i actuació, sovint es presenten com a antagoniques envers una manera d'entendre un mateix fenomen. Una conseqüència d'aquesta situació ha estat la recíproca desconfiança o, en el millor dels casos, el desconeixement mutu que han tingut les persones que treballen en un i altre camp.

També cal considerar que en el desenvolupament de l'educació ambiental la poca investigació educativa que s'ha realitzat s'ha dut a terme des d'àmbits disciplinaris no educatius (ecologia, sociologia, psicologia...). Així, la investigació educativa ha passat a ser competència de camps socialment més legitimats. Legitimació que sovint es justifica més per l'autoritat que socialment tenen aquests camps que per la seva capacitat real d'aportar coneixements rellevants per a comprendre, avaluar i millorar la mateixa educació ambiental.

Antecedents

Com a marc del nostre projecte entenem l'educació ambiental com un procés seqüencial que es regeix bàsicament pels principis derivats de la Declaració de Tbilisi (octubre de 1977).

D'aquesta concepció es desprèn que l'educació ambiental és una activitat social complexa que es pot estudiar des de perspectives disciplinars diferents, ja que es tracta d'un programa que comprèn, a més del pròpiament ecològic, fets socioculturals, econòmics i tam-

bé psicològics o personals. És per això que l'educació ambiental és una praxi en la que s'hi mesclen interaccions socials molt diverses i en la que els seus agents, alumnes i professors, hi aporten les seves concepcions prèvies, les seves idees i les seves valoracions.

En aquest sentit, diferents pensadors com Ausubel, Novak, Hodson, Lawson o Guidoni, consideren que a pesar de la reiteració en l'ensenyament de temes com ara els relacionats amb l'ambient, l'alumnat, de diferents nivells i edats, mostra errors conceptuals. Això comporta, consegüentment, dificultats i fins i tot certa incapacitat per a relacionar correctament problemes ambientals i una correcta actuació en la seva vida quotidiana. No és anecdòtic que en alumnes i professors pesin els factors ideològics, pretesament derivats d'una o altra ciència. En els últims temps, una vaga ideologia antitecnicista, i de fet, irracionalista, troba un considerable suport social com a resultat de les afliccions en forma de guerra, fam, violència... que actualment sofreix la humanitat. Tot això, generalment atribuït de forma confusa al progrés tecnològic, té una gran ressonància en l'àmbit educatiu i de manera especial en temes relacionats amb el medi. Ressonància que dona lloc a que molts plantejaments pedagògics sofreixin d'hipertrofia dels aspectes sensorials i emotius, en detriment del desenvolupament d'hàbits de reflexió i de raonament. Això ha fomentat en els professionals de l'ensenyament un determinat plantejament didàctic: el descobriment autònom i inductiu, creient que l'elecció de la matèria d'estudi no és important o bé que la realització d'alguns experiments i d'algunes observacions aïllades ja proporcionarà a l'alumnat allò fonamental del que ha de ser l'estudi de l'ambient. Però existeix abundant investigació educativa que ens demostra que el descobriment autònom i inductiu corre el risc de no proporcionar més que un conjunt de generalitats o d'adquisicions disperses sobre els problemes ambientals.

Per altra banda sabem que, mentre que és relativament fàcil augmentar el nivell de coneixements, no ho és la consegüent estimulació de valors i d'actituds positives envers el medi. Fins avui no s'ha comprovat que existeixi cap relació directa entre l'augment del coneixement i la capacitat per a desenvolupar estratègies i procediments. En el nostre cas, per a comprendre i dur a la pràctica mesures adequades per a l'estalvi i per a revisar les pròpies formes de consum, distingint aquelles amb una especial producció de residus.

Problemes plantejats

Davant l'aparent contradicció entre l'actitud de l'alumnat i el seu comportament respecte a la producció de residus i a les seves formes de consum, ens plantejem les següents qüestions:

- Es produeix, actualment, un aprenentatge significatiu del medi i de la seva preservació així com de l'origen sociocultural dels problemes que es deriven de l'acumulació dels residus?
- Permeten els models didàctics comunament utilitzats en els programes d'educació ambiental l'adquisició de coneixements i d'actituds que estimulin comportaments solidaris i respectuosos amb el medi?
- La pressió social, els mitjans de comunicació, la publicitat verda, el catastrofisme ecològic... faciliten la comprensió de la relació existent entre formes de producció i formes de consum i responsabilitat personal i col·lectiva?

Aquestes observacions, així com l'estudi de treballs recents sobre ecologia, epistemologia genètica, psicologia cognitiva i construcció del coneixement científic, ens han permès emetre les següents hipòtesis de treball:

- Primera hipòtesi: Els estudiants de diferents nivells educatius, i també els seus professors, presenten desconeixement de les característiques dels diferents processos i també de les repercussions d'un incorrecte reciclatge dels residus.
- Segona hipòtesi: S'espera trobar en els llibres de text de ciències experimentals, de ciències socials, de tecnologia, així com en els llibres de consulta d'ús habitual en els centres educatius, una visió dels sistemes de producció actual limitada i centrada sobretot en aspectes tecnològics i també catastrofistes, oblidant aspectes socioculturals, històrics i econòmics i la relació existent entre formes de consum i producció de residus.
- Tercera hipòtesi: L'ús habitual de models d'aprenentatge i ensenyament del medi, concebuts com formes de construcció del coneixement, permetrà la superació d'errors i l'aprenentatge significatiu de formes de consum i la seva relació amb la producció dels residus. També ajudaran a posar en pràctica mesures preventives i cooperatives en l'estalvi, en la recuperació i en el reciclatge.

Les característiques pròpies d'un material didàctic i la seva interactivitat estimularan l'interès i una més gran curiositat envers el tema dels residus i, consegüentment, es farà més efectiu un aprenentatge significatiu. Així mateix, aquesta interactivitat facilitarà la participació activa del professorat.

Objectius

Amb el propòsit de contrastar aquestes hipòtesis, hem centrat el nostre treball de recerca en els objectius següents:

- Primer objectiu: Estudiar llibres de text d'ús habitual en alumnat d'edats compreses entre els dotze i els setze anys del principat de Catalunya, de la Llombardia i del Migdia-Pirineus, per a analitzar com tracten el tema dels residus.
- Segon objectiu: A partir dels resultats obtinguts en l'estudi previ, elaborar un cd-rom adreçat a l'alumnat dels tres països i també una guia didàctica per al professorat.
- Tercer objectiu: Realitzar un curs de formació via Internet adreçat al professorat. En aquest curs s'experimentarà el cd-rom elaborat.

Material i mètode

La utilització dels llibres de text com a recurs per a apropar-nos al coneixement que fan del tema dels residus a la institució escolar és obvia, ja que constitueixen el punt de referència més proper que té el professorat. En els llibres de text s'hi concreten els diferents

models d'ensenyament i aprenentatge; ofereixen una mostra de categories i de conceptes que s'utilitzen i estan més o menys interioritzats en l'entorn de la població escolar. Són materials generalment confeccionats pel professorat i constitueixen un indicador de la cultura ambiental que es desenvolupa a l'escola.

Tot plegat els converteix en peça clau per a conèixer, en el nostre cas, com es tracta el tema dels residus. Cal pensar també que el professorat, al llarg de la seva formació acadèmica inicial, no ha rebut pautes d'actuació sobre aquesta problemàtica, la qual cosa implica que els recursos més propers que té per a desenvolupar el tema dels residus amb l'alumnat són els llibres de text.

La mostra

La mostra total de llibres estudiats ha estat de 360 exemplars i representa, com a terme mig entre els tres països, un 90 % del total de les editorials existents en les regions estudiades.

Els criteris que s'han seguit per a seleccionar la mostra objecte de la nostra investigació han estat:

- a) Disposar d'una mostra de conveniència; és a dir, els llibres estudiats són, majoritàriament, els emprats en els centres d'ensenyament dels tres països participants en el projecte.
- b) Que la data de publicació dels llibres sigui posterior a l'any 1996.
- c) El material que s'estudia va adreçat a alumnat d'edats compreses entre els dotze i els setze anys.

Instruments de mesura

S'han emprat qüestionaris exàmens, expressament elaborats per a cadascun dels diferents llibres de text.

- Examen 1: Llibres de consulta.
- Examen 2: Llibres de text de ciències experimentals i de la naturalesa.
- Examen 3: Llibres de text de ciències socials.
- Examen 4: Llibres de text de tecnologia.

Els criteris conceptuals, també metodològics, establerts per a l'elaboració dels qüestionaris exàmens són:

- La seva fonamentació teòrica. És a dir, que es contemplin uns determinats indicadors, com ara: estimulació del conflicte cognitiu, plantejament de problemes com a punt de partença de tota activitat, facilitar l'autoavaluació, estimular la revisió de les pròpies actituds i dels valors propis...
- La seva relació amb el disseny curricular. És a dir, si es formulen clarament els objectius, si es contemplen correctament i de forma seqüenciada els continguts,

els procediments i les actituds, si proposa problemes per a resoldre, activitats d'indagació...

- L'avaluació que s'hi proposa. Si proposa activitats de síntesi, si considera la confecció de memòries...
- La inserció contextual. Llenguatge apropiat i adequat a les edats de l'alumnat a qui s'adreça, funció que compleix (envers el text que acompanya) la il·lustració gràfica: fotografies, mapes, estadístiques, diagrames...

Treball de camp

Prèviament a l'estudi, s'ha realitzat, a cada país, la formació de l'equip analitzador prenent com a referència el marc teòric del projecte elaborat pel centre coordinador i consensuat pels altres centres participants. També prèviament a l'estudi s'han validat els qüestionaris exàmens i s'han fet les revisions pertinents en els originals.

El mètode seguit per a l'anàlisi del material ha consistit en seleccionar de cada llibre els capítols o les unitats en què apareix alguna referència sobre residus.

També s'ha seleccionat la part gràfica i d'altres textos que proposin alguna experiència o plantegin alguna qüestió de manera separada del context general.

Informatització i anàlisi estadística

La informació obtinguda s'ha processat amb els programes:

- Acces, com a base de dades,
- Excell, com a full de càlcul.
- Harvard Graphics, per a la representació gràfica dels resultats.

Resultats

Per a la presentació dels resultats obtinguts en l'anàlisi dels llibres de text que configuren la mostra, s'ha distribuït la informació en tres apartats:

- Dades mostrals.
- Aspectes conceptuals considerats.
- Aspectes metodològics.

Donat, però, l'espai i les característiques del marc d'aquest treball, s'ha fet una selecció, una mostra de la qual es presenta a continuació:

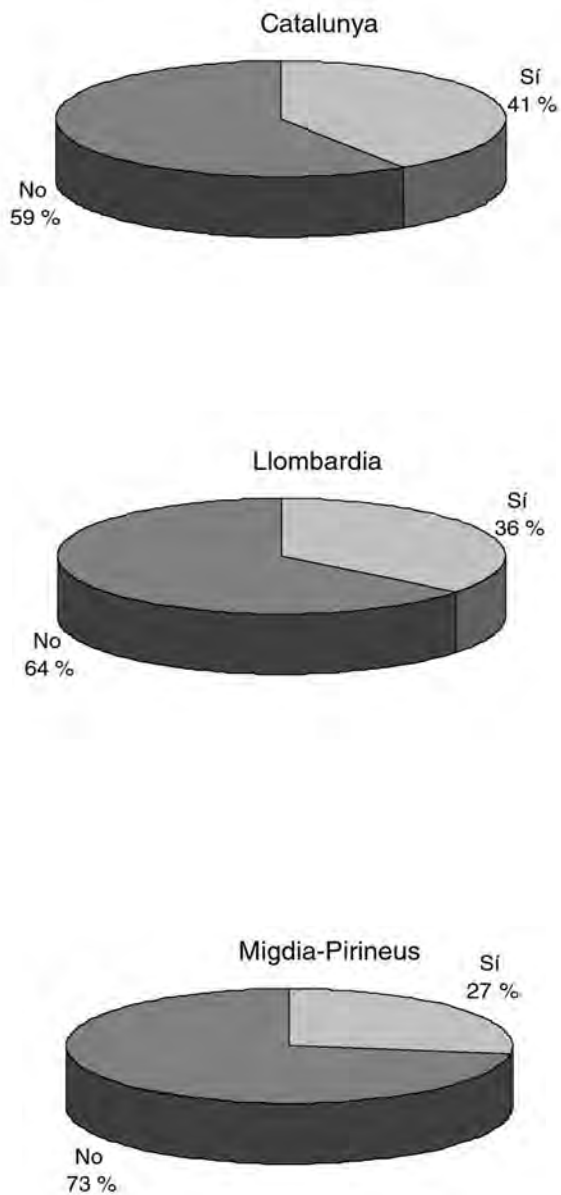


FIGURA 1. Considera la relació existent entre producció de residus i desenvolupament tecnològic, industrial i econòmic d'un país.



FIGURA 2. Considera altres models socioeconòmics i la seva probable relació amb la problemàtica actual de residus.

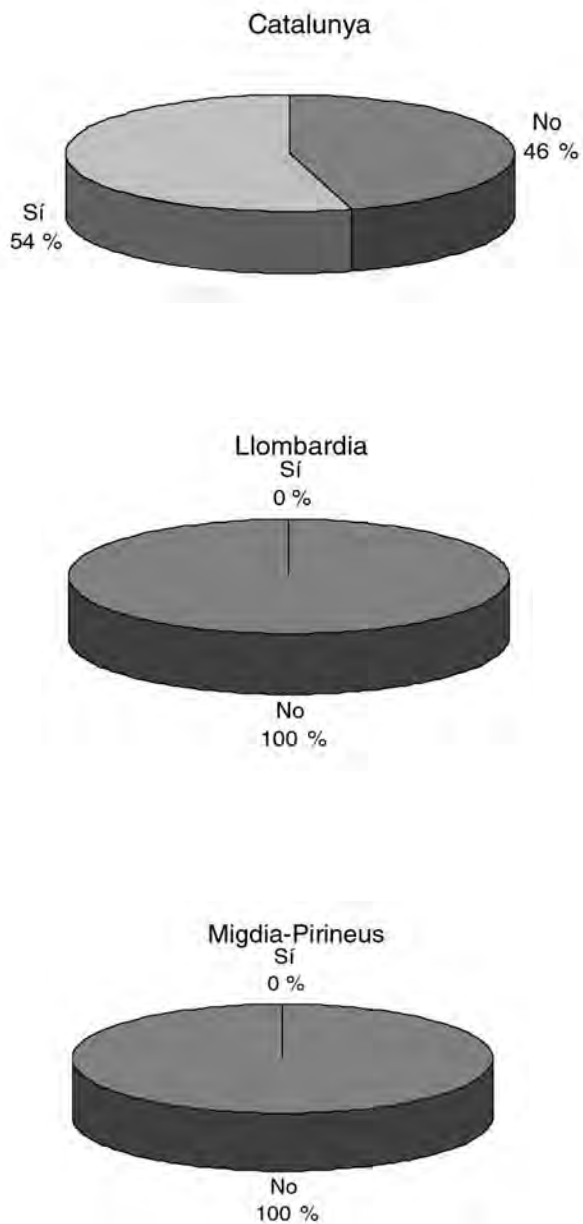


FIGURA 3. Explica en forma de referència històrica les principals causes que han conduït a la producció actual de residus.

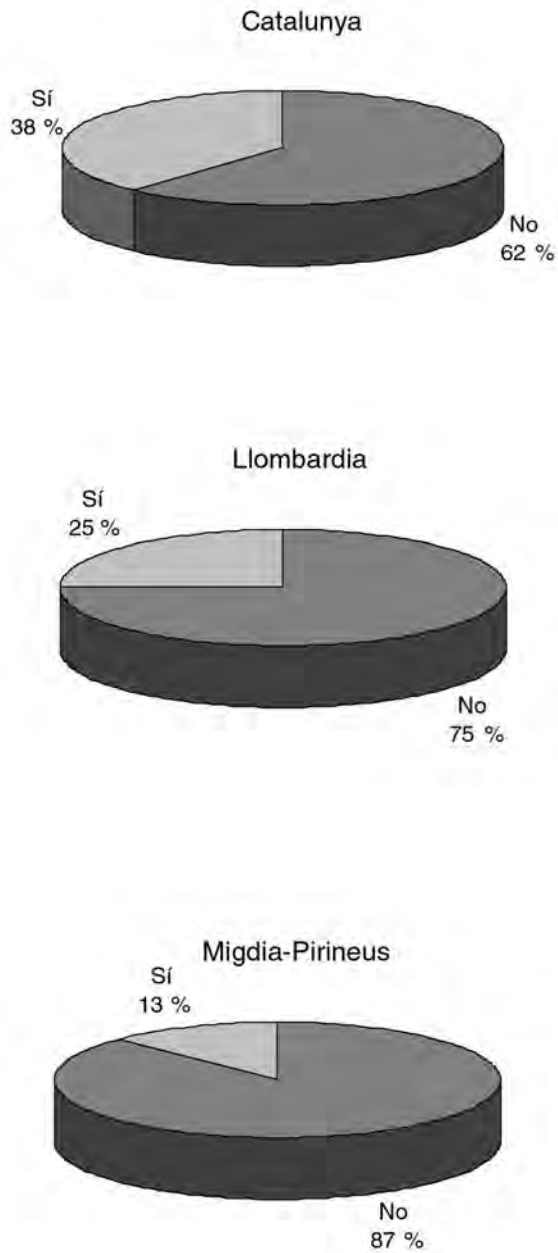


FIGURA 4. Explica de forma raonada situacions passades comparant-les amb les situacions actuals.

Bibliografia

- ALBANESE, R. (2000). «La compagna dell'uomo dei boschi». *Animazione Sociale*, 3. Toí: Gruppo Abele.
- COSTA-PAU, R. (1995). *Prevención y control de enfermedades*. Brussel-les: Comission of the European Communities.
- (1995). *Enciclopedia juvenil de ecologia*. Barcelona: Parramón.
- (1996). *Fundamentos teóricos en prevención*. Santiago de Compostel-la: Fundació La Caixa.
- BARTOLOMÉ, A. (1999). *Nuevas tecnologías en el aula: Guía para la supervivencia*. Madrid: ICE Universidad Autónoma de Madrid.
- DUSCHL, R. A. (1996). «Project SEPIA Design Principles». *AERA annual meeting*. Nova York.
- IL, D. (1993). *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*. Barcelona: Horsori.
- JUNTA DE RESIDUS (1998). *Guia del compostatge dels residus orgànics generats a les llars*. Barcelona: Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- KEMMIS, S. (1988). *Teoria crítica de la enseñanza. La investigación-acción del profesorado*. Barcelona: Laia.
- MORIN, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- REGIONE LOMBARDIA (2000). *Rifiuti: students in action*. Scuolambiente.
- SAUVÈ, L. (1992). *Éléments d'une théorie du design pédagogique en education relative a l'environnement: élaboration d'un supramodèle pédagogique*. Vol. I. Mont-real: Université du Quebec. [Tesi doctoral]
- STRUBE, P. (1989). «The notion of style in phisics textbooks». *Journal of Research in Science Teaching*, 26, n. 1, 1-16.
- TOULMIN, S. E. (1979). *The uses of argument*. Cambridge: University Press.
- PARCERISA, A. (1996). *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Graó.
- VECCHI, G. (1988). *Les origines du savoir*. Neuchâtel: Delachaux; París: Niestlé.

ÉS POSSIBLE APRENDRE I ENSENYAR CIÈNCIA AJUDATS DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA?

Josep M. Fernández-Novell (1) i Carme Zaragoza Domènech (2)

1) Departament de Bioquímica i Biologia Molecular. Universitat de Barcelona

Institut d'Educació Secundària Isaac Albéniz

2) Institut d'Educació Secundària Can Vilumara

Paraules clau: *científics, història de la ciència, secundària i llibres de text.*

Is learning or teaching science possible with a help from science history?

Summary: High school students learn the atom, Darwin's theory, the law of gravity or the penicillin discovery, etc. However, they usually don't know who made that law or discovered it, neither when it happened or how it was found. We carried out a survey among 16-year-old students and we asked them about 3 scientists in the World (present and past), when and why they became famous, results were very devastating. Furthermore, we correlated these results with the amount of science history in textbooks. In conclusion, science history is essential to learning science.

Key words: *scientists, science history, high school and textbook.*

Introducció

Aquest estiu, en el 50è aniversari de l'estructura de l'ADN, hem rellegit «La doble hèlix de James D. Watson» i ens ha tornat a entusiasmar. Aquest llibre forma part de la història recent de la ciència però no el podem recomanar a l'alumnat de secundària, d'entre dotze i divuit anys, ja que li seria molt difícil d'imaginar, entendre i seguir. Totes les publicacions que tracten totalment o parcialment de la història de la ciència estan escrites per als científics, per això són de fàcil seguiment, són entenedores i es pot gaudir molt de la seva lectura només si es pertany al món dels científics. Caldria preguntar-se per què hi ha pocs llibres de divulgació científica per a tothom i encara menys de difusió sobre la història de la ciència. Pel que fa als primers, podríem citar Balkwill i Rolph (1992 i 1993) i Fernández-Novell (1990, 1992 i 1995), i pel que fa als segons, Asimov (1975 i 1985).

Els petits apunts sobre història de la ciència que hi ha en alguns llibres de text (tant se val la matèria) són testimonials i, en general, només hi ha dades sobre quan i on va-

ren néixer o morir alguns científics que per a ells són «els» importants. En d'altres llibres, s'anomenen els descobriments o els invents, però no s'explica res de com evolucionava la ciència en aquells moments o quin tipus de raonament varen fer servir els científics per anunciar les seves teories o realitzar els experiments que els conduïren a nous descobriments.

Posem uns exemples (no són extractes ni s'ha omès cap mena d'informació sobre com tracten aquests llibres la història de la ciència):

Extrets de llibres d'ESO (12-16 anys)

Arquímedes (Siracusa 287 aC - 212 aC), matemàtic i físic, sembla que va empra aquest principi per tal de trobar les porcions d'or i argent que hi havia en la corona del rei Hieró.

Marie Curie va fer descobriments importants relacionats amb la radioactivitat d'alguns isòtops.

Extrets de llibres de batxillerat (16-18 anys)

Linus Pauling, premi Nobel de química el 1954 i Premi Nobel de la Pau el 1963. Va ser un estudiós dels enllaços químics i un lluitador contra les proves nuclears.
Ernest Rutherford, premi Nobel de química el 1919.

Quina relació tenen aquestes frases amb la difusió de la ciència o de la història de la ciència? Cap, com es comprova: són una sèrie de dades inconnexes amb la matèria del llibre de text que l'alumnat ha d'aprendre. Sembla que aquests apunts sobre història de la ciència no tenen sentit ni atreuen al jovent de secundària. Cal puntualitzar que, tot i la manca de fonament històric present en aquests llibres, en les lliçons on s'explica l'àtom i llurs partícules no hi falten ni els quarks ni el muó. Tot això ens recorda quan, de joves, estudiàvem literatura universal i ens feien memoritzar la vida i les obres dels escriptors i autors teatrals, però sense arribar a llegir mai les seves obres.

Per esbrinar quin és el coneixement que tenen els nostres alumnes sobre els científics, la ciència i la seva història es va preparar una enquesta que es va passar a 284 alumnes de quart d'ESO d'entre quinze i disset anys. En cada curs de l'ESO hi ha matèries centrades en la ciència, com ara biologia, física, química, matemàtiques, tecnologia industrial...

Se'ls preguntava primer el nom de tres científics d'arreu del món, en quina època varen viure, quins varen ser els seus descobriments i la importància que van assolir (com va incidir en la vida científica i social d'aquells moments). Després se'ls preguntava el mateix però en relació amb científics catalans o espanyols. Finalment i de forma directa, el nom de Ramón y Cajal i de Severo Ochoa i també els seus descobriments. El resultat va ser molt decebedor ja que, després d'insistir que fessin memòria, d'un total de 284 enquestats, 64 varen posar el nom de tres científics (no sempre correctes), 82 en posaren dos, 106 només en recordaren un i 32, cap (figura 1).

NOM..... CURS		
Indica el nom de tres científics importants, l'època en la que varen viure i sobre què tractaven els seus descobriments. (Cal omplir els tres apartats.)		
Nom del científic	Època en què ha viscut: 1) Abans de Crist. 2) Primer mil·leni. 3) Abans de Colom. 4) Abans del segle xx. 5) Segle xx. 6) Actualitat.	Què descobrí?
Nom del científic (català o espanyol)	Època en què ha viscut: 1) Abans de Crist. 2) Primer mil·leni. 3) Abans de Colom. 4) Abans segle xx. 5) Segle xx. 6) Actualitat.	Què descobrí?
Saps quins dos científics espanyols guanyaren el Premi Nobel? Omple els buits.		
Nom	Època	Què descobrí?
	L'any 1906 va ser Premi Nobel en medicina i fisiologia.	
	L'any 1959 va ser Premi Nobel en medicina i fisiologia.	

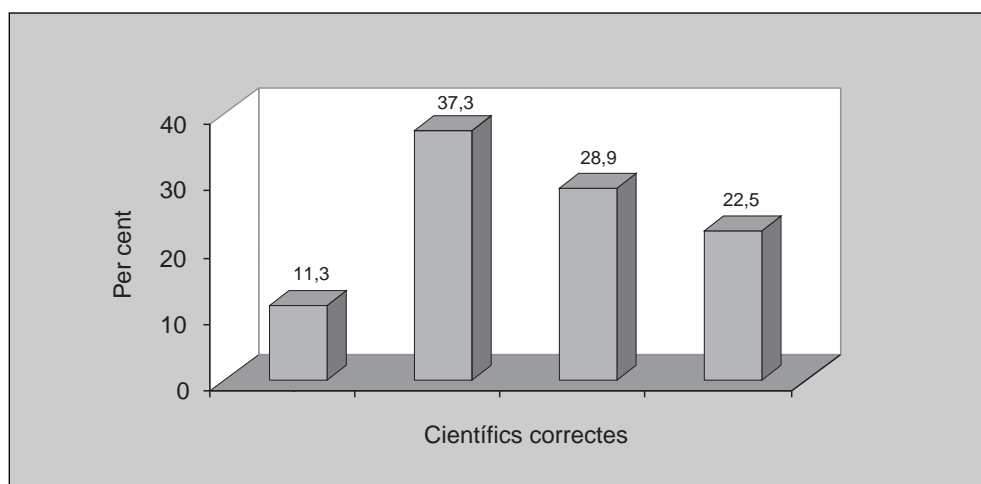


FIGURA 1. Percentatge d'alumnes que contesten el nom de cap, d'un, de dos o de tres científics.

D'aquests 462 noms dels 852 possibles, 28 foren inventats i, de la resta, Einstein fou el majoritari. També varen ser anomenats Arquímedes, Edison, Newton, Lavoisier, Darwin i d'altres. La sorpresa va ser que també s'anomenà Watson i Crick (com un únic científic) i altres noms com el rei Artús o Marco Polo. La decepció encara va ser més gran amb la col·locació aquests científics en la seva època: només en 142 casos els situaren correctament, i el resultat encara va disminuir: només en 130 casos es va explicar la importància dels seus descobriments (figura 2).

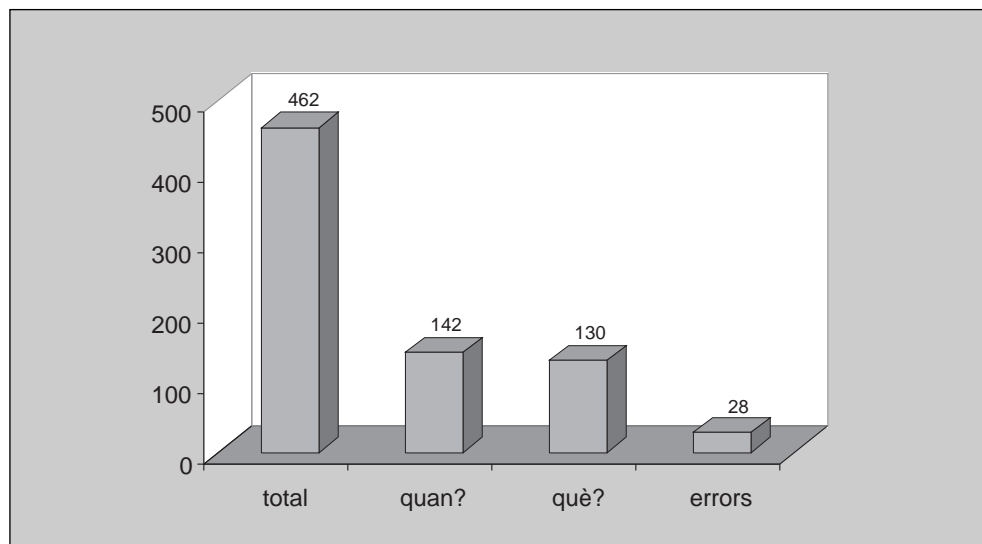


FIGURA 2. Nombre de respostes (total) i, d'aquestes, aquelles en què l'alumnat va saber col·locar els científics en la seva època (quan?), aquelles en què va saber què havien descobert (què) i les errònies (errors).

Els resultats mostren que els nostres joves no coneixen ni científics espanyols ni científics catalans: de catalans, 8 alumnes anomenaren en Monturiol, i en la darrera qüestió, només 29 alumnes sabien quelcom d'en Ramón y Cajal o d'en Severo Ochoa.

Discussió

No pot sorprendre, després d'analitzar els resultats anteriors, que en explicar les diferents teories sobre l'estructura de l'àtom donades per Rutherford i Bohr, entre l'alumnat de segon de batxillerat (una gran part del qual en acabar el curs entrarà a la universitat per fer una carrera de ciències) es produeixin, espontàniament, frases com: «Es van equivocar en donar a Rutherford el premi Nobel», «Com no veien que la teoria d'en Rutherford estava malament». Aquests resultats mostren la dificultat que tenen, la majoria dels nostres estudiants, per situar els fets científics en el seu context.

Per aprendre ciència cal que el nostre alumnat, sigui de l'edat que sigui, aprengui a estimar la ciència, i per estimar-la cal conèixer-la. L'alumnat de secundària, en general, estu-

dia l'àtom, la teoria de Darwin, la llei de la gravitació universal o el descobriment de la penicil·lina, però sense saber ni quan ni en quines condicions es produïren aquests fets.

A vegades sentim: els nois i noies als setze anys, en acabar l'ensenyament secundari obligatori, no saben qui va ser en Cervantes, és desastrós. Però si no saben qui va ser en Galileu, en Newton o en Severo Ochoa, la resposta canvia: potser no ho necessiten» o «ja ho aprendran». Està clar, per als que ens dediquem a l'ensenyament de la ciència, que cal canviar aquestes idees.

Per redreçar aquesta situació ens cal tenir biografies dels científics, antics i moderns, que expliquin la seva feina, què representà o representen els seus descobriments, com era la ciència i el pensament en el seu temps. I, sobretot, que siguin atractives i entenedores per als joves de secundària. Afegir-hi els nostres científics: des de Martí i Franquès fins a Joan Oró o des de Ramón y Cajal fins a Severo Ochoa.

Potser cal modificar la manera generalitzada d'ensenyar ciència a secundària. A còpia de repetir el llibre de text i fer mecànicament uns problemes no s'augmenta el coneixement científic dels alumnes. Cal promoure que s'expliquin els fets científics acompanyats de tot el seu procés històric.

Però fora de l'aula també tenim quelcom a dir. Es fan, a casa nostra, programes de ràdio (Fernández-Novell i Zaragoza, 2001) amb apartats divulgatius de la història de la ciència. També es fan articles amb el mateix caire històric i divulgatiu (Fernández-Novell i Zaragoza, 1998 i 2000) que intenten apropar la història de la ciència a tothom.

Totes aquestes solucions han d'empènyer les persones que es dediquen a l'ensenyament a creure fermament en «l'eina de la història de la ciència» i ajudar que l'alumnat de secundària arribi a estimar la ciència.

Bibliografia

- ASIMOV, I. (1975). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza.
- (1985). *Nueva guía de la ciencia*. Barcelona: Plaza & Janés.
- BALKWILL, F.; ROLPH, M. (1993). *Amazing schemes within your genes*. Londres: Harper Collins.
- (1992). *DNA is here to stay*. Londres: Harper Collins.
- FERNÁNDEZ-NOVELL (1990). *Química diària*. Moià: Raima.
- (1992). *Física a l'estiu*. Moià: Raima.
- (1995). *Bioquímica en viu*. Moià: Raima.
- FERNÁNDEZ-NOVELL, J. M.; ZARAGOZA, C. (1998). «La mesura del temps al llarg del temps». *L'Espirai*, 13, 16-17.
- (2000). «Tot ignorant Galileu». *L'Espirai*, 19, 11-12.
- (2001). «Badaciència i juguem amb la ciència, programes de ràdio com a recurs didàctic». *Perspectiva Escolar*, 252, 67-71.

EL LABORATORI I LA BIBLIOTECA DEL 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: *laboratori, biblioteca, Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, Eivissa al segle XIX.*

The laboratory and the library of Eivissa's Secondary School in the XIXth century

Summary: The laboratory of Physics and Chemistry of the Eivissa's Secondary School started operating because it was a legal and compulsory requirement; in spite of that, the economic entry destined to the acquisition of the scientific material was quite important. It was ordered to the French manufacturer J. Salleron, who quickly sent it in perfect conditions. The progressive deterioration of this expensive material, as it was the laboratory of Physics, Chemistry and Natural History, only can be explained by its real and effective use. Finally, it's appropriate to underline the hardly absolute poverty with regard to scientific publications (with the exception of those of Medicine), that the center library carried up. The numbers leave it patent: there is no book of Chemistry, only one of Physics, and three of Mathematics. This data allow us to suppose that sciences were not a priority interest of Eivissa's people in the XIXth century.

Key words: *laboratory, library, Eivissa Secondary School, Eivissa in the XIXth century.*

El laboratori de física i química i el gabinet de ciències naturals

El 1864, s'inaugurà a Eivissa el Col·legi de Segona Ensenyança; d'aquesta forma, es va satisfer la necessitat, llarg temps postergada, dels primers elements de caire burgès que els seus fills poguessin cursar els estudis de batxillerat a l'illa.

L'Ajuntament d'Eivissa juntament amb el director de l'Institut Provincial havien programat que, a partir del curs 1868-1869, el centre eivissenc comencés a impartir les assignatures de física i de química; però abans era necessari que comptés amb el corresponent material científic. Degut a que l'Ajuntament de Vila, que era aleshores el titular del centre, no comptava amb els recursos econòmics suficients per a la seua adquisició, de-

manà, el 31 de juliol de 1867, una subvenció a la Diputació Provincial; aquesta institució acordà destinar-hi una partida, que s'elevà a set mil reals (Habsburgo-Lorena, 1890: 249). Per raons de moment indeterminades, un any després el col·legi no disposava del material científic necessari per a poder impartir les assignatures de física i química; de fet, en el mes d'agost de 1868, el rector de la Universitat Literària de Barcelona recordà a l'Ajuntament la necessitat d'instal·lar el corresponent laboratori perquè el centre pogués continuar amb la seua activitat acadèmica al llarg del curs 1868-1869 (AHME, 22 agost 1868). L'adquisició del material científic no fou el resultat d'una necessitat expressada per cap sector de la comunitat educativa: ni el director de l'Institut Provincial (centre del que depenia el col·legi eivissenc), ni l'Ajuntament d'Eivissa, ni el director del centre, ni el professorat, ni els pares, ni els alumnes, no ens consta que elevassin cap tipus de petició en aquest sentit; tampoc fou una proposta del petit nucli de caire burgès, que havia promogut i possibilitat la creació del col·legi. Queda constatat que el material científic s'adquirí perquè constituïa un requisit de compliment obligat per la legislació vigent, que el rector de la Universitat de Barcelona s'encarregà de recordar i fer complir. Pel que fa al laboratori de ciències naturals, sabem que, a partir del curs 1870-1871, amb la inclusió de l'estudi de la història natural i fisiologia i higiene en el currículum del centre, s'impartiren al col·legi eivissenc totes les assignatures que la legislació vigent exigia per a l'expedició del títol de batxillerat (Habsburgo-Lorena, 1890: 256). El 24 d'octubre de 1871, l'alcalde d'Eivissa sol·licità a la Diputació Provincial una subvenció destinada a l'adquisició d'unes col·leccions de zoologia i mineralogia per al centre (AGCIM, 24 octubre 1871). L'esmentada institució, tenint en compte l'informe elaborat pel director de l'Institut Provincial (AGCIM, 25 novembre 1871), aprovà, el 15 de gener de 1872, concedir un ajut que ascendí a 750 pessetes (AGCIM, 9 gener 1872).

Amb la finalitat de determinar la importància de la partida econòmica destinada a l'adquisició del material científic per al centre eivissenc, seguiré dos camins. Pel que fa al primer, compararé la dotació econòmica que es concedí per a aquest concepte a l'Institut Provincial amb la que s'assignà al col·legi eivissenc, relativitzant aquestes quantitats segons el nombre d'alumnes matriculats als dos centres el primer curs en què entraren en funcionament. Pel que fa a la segona via, compararé la subvenció aprovada per posar en funcionament el centre docent amb la destinada a l'adquisició del material científic.

a) Primera via: A l'Institut Provincial es destinaren vint-i-sis mil reals a l'adquisició de material científic (Pomar Fuster, 1990: 169); al col·legi privat de segona ensenyança d'Eivissa, com ja hem indicat, se'n destinaren set mil; és a dir, al primer s'invertí, per a aquest concepte, quasi quatre vegades més que al segon. Ara bé, el centre mallorquí era molt més important, pel que fa al nombre d'alumnes, que l'eivissenc; de fet, el primer curs en què entrà en funcionament l'Institut Balear s'hi matricularen cent noranta-tres alumnes, i el nombre de matrícules a les diverses assignatures s'elevà a tres-centes setze (ibídem: 134). Per contra, al col·legi eivissenc, el primer curs en què començà la seua tasca docent s'hi matricularen disset alumnes, i s'efectuaren trenta-tres inscripcions a diferents assignatures (Habsburgo-Lorena, 1890: 251-252). Si dividim l'import total destinat a l'adquisició de material científic pel nombre d'alumnes matriculats, obtenim que a l'Institut Balear es destinaren cent trenta-cinc reals per alumne i al col·legi privat de segona ensenyança d'Eivissa, quatre-cents dotze; és a dir, al centre eivissenc s'invertí el triple. En funció de les dades anteriorment analitzades, podem arribar a la conclusió que la quantitat destinada a l'adquisició del material de

laboratori de física i química del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa fou considerable, més encara si no oblidam que l'Institut Balear fou un dels millors dotats d'Espanya (Pomar Fuster, 1990: 169).

b) Segona via: Si comparem la subvenció aprovada per posar en funcionament el Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa amb la destinada a l'adquisició del material científic, arribarem a una conclusió semblant a l'assolida anteriorment. Per al primer concepte es destinaren deu mil reals (Habsburgo-Lorena, 1890: 247) i per al segon, set mil; ara bé, si a aquesta darrera quantitat sumam els tres mil reals designats per al Gabinet d'Història Natural (ibídem: 251), obtenim que l'import total s'elevà a deu mil reals. Resulta evident que posar en funcionament un centre docent implica moltes despeses; malgrat tot, aquestes tingueren la mateixa importància que les destinades a l'adquisició del material científic, el que ens permet formar-nos una idea de la importància que s'atribuïa a l'ensenyament de la física, la química i la història natural.

Aquest fet ens deixa entreveure que, al darrer terç del segle XIX, la societat espanyola començava a ser conscient de la necessitat de potenciar l'ensenyament de la física, la química i les ciències naturals als instituts. Al països europeus més desenvolupats, la ciència era considerada com el mitjà més eficaç per alliberar el poble de la ignorància, els prejudicis i la superstició en què es trobava. L'enorme desenvolupament que experimentaren les ciències als segles XVIII i XIX portà els pensadors d'aquests segles a creure que gràcies al progrés científic es podria canviar el món, dominar la naturalesa i posar-la al servei de l'ésser humà.

En tercer lloc, és convenient preguntar-se sobre el fabricant a qui s'encarregà el material de laboratori. El 4 d'agost de 1868, el director de l'Institut Provincial, Francisco Manuel de los Herreros Schwager, encarregà el material científic a un acreditat fabricant de París, el senyor J. Salleron (ibídem: 249). Transcorreguts tres mesos i mig, arribà a Eivissa, en perfectes condicions, una capsa que pesava dos-cents quilos i que contenia els instruments de física destinats al laboratori del centre (AHME, 15 novembre 1868). El fet d'encarregar el material científic a un proveïdor francès ens permet suposar que no devia existir a Espanya cap fabricant que pogués subministrar l'instrumental requerit en igualtat de condicions; no podem oblidar l'escàs desenvolupament de la ciència a Espanya durant el segle XIX. Les comandes a proveïdors estrangers no foren una particularitat pròpia del centre eivissenc. A pesar de tot, dins dels documents classificats a «Comptes» a l'Arxiu Històric Municipal d'Eivissa he trobat algunes dades que ens permeten afirmar que, almenys, part del material científic podia ser adquirit a fabricants catalans; entre ells figuren les empreses Lascalle y Hermanos (AHME, 1865-1866) i Cabré y Casadamunt (AHME, 1869-1870).

Pel que fa al material científic adquirit, desconec quin fou, donat que en cap dels documents consultats he trobat cap inventari. El primer document d'aquest tipus que he pogut localitzar està datat el 22 de setembre de 1885; es tracta del *Catàleg dels gabinets i material científic existents en el Col·legi de Segona Ensenyança de la ciutat d'Eivissa* (AGHUB, 22 setembre 1885). Malgrat que havien passat desset anys, podem suposar que gran part del material adquirit l'any 1868 s'hi troba reflectit. De la consulta del document abans esmentat, i dels llibres d'intervenció d'entrada i sortida de cabals de la dipositaria de l'Ajuntament d'Eivissa, he pogut elaborar un inventari del material científic de física i química del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa (taula 1).

TAULA 1. Material científic de física i química del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XIX

<i>Material científic</i>	<i>Curs d'adquisició</i>
1 caixa de reactius	1869-1870
1 fogó de copel·lació	1869-1870
1 baròmetre metàl·lic	1873-1874
1 joc de corrioles i polipastos	No consta
1 aparell per demostrar la força centrífuga	Ídem
1 màquina pneumàtica	Ídem
1 tub de Mariotte	Ídem
1 bomba aspirant	Ídem
1 bomba aspirant i impel·lent	Ídem
1 flascó de Mariotte	Ídem
1 termòmetre	Ídem
1 anell de S. Gravesande	Ídem
2 miralls reflectors	Ídem
1 joc de lents	Ídem
1 prisma per a la descomposició de la llum solar	Ídem
2 imants	Ídem
1 pèndul elèctric	Ídem
1 màquina elèctrica de disc	Ídem
1 electròfor	Ídem
1 tub centellejant	Ídem
1 excitador	Ídem
1 ampolla de Leyden	Ídem
1 ampolla d'armadures movibles	Ídem
1 pila de Danielle	Ídem
1 pila de Bunsen	Ídem
1 aparell per demostrar l'existència dels corrents termoeleèctrics per influència	Ídem
1 higròmetre de Saussure	Ídem

Amb quasi total seguretat, el material científic que s'adquirí amb la subvenció de set mil reals concedida per la Diputació Provincial és el que figura a la llista anterior, sense que consti el curs d'adquisició. Comprovam que amb la partida econòmica assignada es po-

gué comprar un instrumental prou complet. El laboratori de física i química del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa no era un dels millors d'Espanya, com el de l'Institut Provincial, però comptava amb una àmplia i ben dotada col·lecció de màquines i instruments.

De la consulta dels documents abans esmentats, he elaborat un inventari del material científic de ciències naturals (taula 2).

TAULA 2. Material científic de ciències naturals del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa al segle XX

<i>Material científic</i>	<i>Curs d'adquisició</i>
1 esquelet humà	No consta
8 làmines emmarcades de zoologia i botànica	1869-1870
Alguns minerals	No consta
1 microscopi	—

Si el gabinet de ciències naturals tan sols comptava amb el material anteriorment esmentat, podem afirmar que la seua dotació era mínima. Què es va comprar amb la subvenció de tres mil reals que concedí la Diputació Provincial? De la llista hem d'eliminar les vuit làmines de zoologia i botànica, adquirides abans de la concessió de la citada subvenció (15 gener 1872), i el microscopi, comprat algun temps després; només ens resta l'esquelet humà i la col·lecció de minerals. Sembla estrany que, amb tres mil reals, es compràs tan poc material, més encara si ho comparem amb el que s'adquirí per al laboratori de física i química amb una subvenció de set mil reals.

Finalment, es pot plantejar si aquest material científic s'utilitzà realment i efectivament a les classes i a les pràctiques de laboratori o, senzillament, fou convenientment emmagatzemat. Un article publicat al setmanari *La Isla* (29 novembre 1884), òrgan d'expressió del partit conservador, ens permet pensar que la primera suposició és la correcta, donat que d'altra forma no s'explicaria que denou anys després de la inauguració del col·legi a l'esmentat article s'afirmàs: «[...] el material está deteriorado, hasta el extremo de hallarse inservibles varias máquinas e instrumentos del gabinete de física, y desgarrados e ininteligibles algunos mapas y esferas; los muebles y las paredes [...]». Un altre testimoni ens l'aporta l'escriptor eivissenc Marià Villangómez Llobet, que estudià al Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa a principis del segle XX; referint-se al material del centre afirmà: «A l'institut hi havia uns bancs vells, una taula gran i unes altres de petites, dues pissarres, alguns mapes.» (Villangómez Llobet, 1996: 5). En aquest succint inventari queda patent el mal estat de conservació i la manca de tot tipus de material didàctic. Quantes eren, en realitat, les màquines del laboratori de física, que es trobaven inservibles el 1884? Per quines raons s'espatllaren? Són preguntes que, per manca de documents, no poden tenir una resposta verificable. Podem suposar que si haguessin estat convenientment emmagatzemades no s'haurien fet malbé; també és impensable que, al segle XIX, es deterioràs, senzillament per negligència, un material tan valuós. Només la seua utilització a les classes i a les pràctiques de laboratori pot explicar congruentment el deteriorament al que es fa referència en l'article anterior.

La biblioteca del Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa

Amb la finalitat de millorar la qualitat de l'ensenyament al Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa i d'aconseguir un canvi positiu en els costums dels eivissencs, l'arxiduc d'Àustria Lluís Salvador d'Habsburg-Lorena proposà, entre altres mesures, que s'instal·làs una biblioteca pública a l'esmentat centre educatiu (Habsburgo-Lorena, 1890: 257-258). Amb tota probabilitat, aquest projecte es feu realitat a principis del mes d'abril de 1873, data en què, segons Isidor Macabich Llobet, el ministre de Foment autoritzà la creació d'una biblioteca popular al col·legi eivissenc (Macabich Llobet, 1985: 106). El seu esdevenidor estigué marcat per la manca de fons econòmics i de personal qualificat. L'any 1879, gràcies a un tracte al que arribaren el professorat del col·legi i l'Ajuntament, la biblioteca pogué seguir subsistint (ibídem: 115). Aquesta solució, sens dubte provisional, no resolgué els problemes de la manca de recursos econòmics i de personal que patia; tant és així que abans de 1884 havia deixat de funcionar, tal com es desprèn de la lectura d'un article publicat al setmanari conservador *La Isla* (29 novembre 1884). Amb les poques dades amb què comptam, només podem suposar que, el 1873, es creà una biblioteca pública al Col·legi de Segona Ensenyança d'Eivissa, que, el 1879, un professor de l'esmentat centre l'atenia de forma gratuïta i que, el 1884, ja havia deixat de funcionar. En l'actualitat, els fons de la biblioteca del Col·legi de Segona Ensenyança es conserven a l'Institut d'Ensenyament Secundari Santa Maria d'Eivissa. Un catàleg d'aquest fons es pot consultar a García Ferrer (2000: 461-468).

De totes les publicacions científiques, només es conserven quatre llibres sobre agricultura; entre ells, trobam un llibre de text escrit per Marià Tortosa Picón i, enquadrats en dos volums, els més de cent números del suplement del *Petit Journal*, on es desenvolupen diferents temes d'agricultura moderna. Tampoc es conserven gaires llibres de ciències naturals: el llibre de text escrit per Ramos i Lafuente i set toms de la col·lecció d'història natural escrits per Buffon. Les publicacions que versen sobre economia s'eleven a vuit; entre elles en trobam algunes tan curioses i dispars com un manual per accedir al cos d'oficials d'Hisenda, una biblioteca econòmica d'Andalusia, un reglament de comptabilitat per a l'Exèrcit o unes conferències del Cercle de la Unió Mercantil i Industrial. Podem destacar l'interès que despertà l'economia política al llarg del segle XIX, donat que tres obres publicades el 1833, 1865 i 1874, tracten sobre aquesta matèria. No es conserva cap publicació de química, i únicament n'he trobat una de física, un diccionari d'electricitat i magnetisme escrit en francès. Dels tres llibres de matemàtiques que podem trobar, destaca una publicació d'aritmètica, destinada als alumnes d'educació primària, escrita per Linova i publicada el 1860. Les publicacions de medicina són, juntament amb els manuals d'història, les més nombroses: en total, s'eleven a trenta-vuit. La majoria són traduccions d'obres franceses, publicades durant la dècada dels quaranta.

Bibliografia

- GARCÍA FERRER, M^a N. (2000). *Historia de la educación en la Ibiza contemporánea*. Eivissa: Can Sifre.
- HABSBURGO-LORENA, L. S. (1890). *Las antiguas Pitiusas*. Vol. I. Palma: Impr. del Comercio. «La instrucción pública en Ibiza». *La Isla*, 53 (29 novembre 1884).

- MACABICH LLOBET, I. (1985). *Historia d'Eivissa*. Vol. II. 2a ed. Art. 85. Barcelona.
- POMAR I FUSTER, J. (1990). *Assaig històric sobre el desenvolupament de la instrucció pública a Mallorca*. Palma de Mallorca: Conselleria de Cultura, Educació i Esports del Govern Balear.
- VILLANGÓMEZ LLOBET, M. (1996). «L'Institut». *Eivissa*, 29-30, 5. Institut d'Estudis Eivissencs.

Documents

- ARXIU GENERAL DEL CONSELL ÍNSULAR DE MALLORCA (AGCIM). *Dictamen emès per la Comissió d'Instrucció Pública de la Diputació Provincial de les Balears*, lligall II-709. Està datat a Palma el 9 gener 1872.
- *Informe emès per Francisco Manuel de los Herreros, director de l'Institut Provincial de Segon Ensenyament de les Balears a petició de la Diputació Provincial de les Balears*, lligall II-709. Està datat a Palma el 25 de novembre de 1871.
- *Instància dirigida per l'alcalde d'Eivissa, Bernardo Calvet, al president de la Diputació Provincial de les Balears*, lligall II-709. Està datada a Eivissa el 24 d'octubre de 1871.
- ARXIU GENERAL I HISTÒRIC DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA (AGHUB). *Catàleg dels gabinets i material científic existents en el Col·legi de Segona Ensenyança de la ciutat d'Eivissa*, lligall 22/3/3/13. Està datat a Eivissa el 22 de setembre de 1885.
- ARXIU HISTÒRIC MUNICIPAL D'EIVISSA (AHME). *Fons municipals. Compte de cabals. Dipositaria de l'Ajuntament d'Eivissa. Període econòmic de 1865 a 1866. Despeses. Capítol 4t. Instrucció pública*. A: «Comptes, anys 1865 i 1866».
- *Fons municipals. Compte de cabals. Dipositaria de l'Ajuntament d'Eivissa. Període econòmic de 1869 a 1870. Despeses. Capítol 4t. Instrucció pública*. A «Comptes, anys 1869 i 1870».
- *Ofici dirigit pel director de l'Institut Balear, a l'alcalde i ajuntament constitucional d'Eivissa*. A: «Correspondència rebuda, any 1868». Està datat a Palma el 22 d'agost de 1868.
- *Ofici dirigit pel director de l'Institut Balear, a l'alcalde d'Eivissa*. A: «Correspondència rebuda, any 1868». Està datat a Palma el 15 de novembre de 1868.

LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA A L'EDUCACIÓ SECUNDÀRIA OBLIGATÒRIA: ANÀLISI I NOVES PERSPECTIVES

Pau Gerez Alum

Col·legi Santa Maria de Blanes (Girona)

Paraules clau: *educació secundària obligatòria, ciència, tecnologia.*

History of Science and Technology at the Secondary School (11-16 years): analysis and new prospects

Summary: *The first and second level of objectives and contents at the Catalan secondary school show us little interest about the history of science and technology from the educational authorities. We will analyse this situation and we will propose its revision.*

Key words: *high school, science, technology.*

L'actual sistema educatiu en l'ensenyament secundari obligatori ha esdevingut un camp molt cobejat tant per a l'experimentació pedagògica com per al mercadeig polític. Ningú no dubta de l'hegemonia del paradigma constructivista de l'aprenentatge en aquesta etapa educativa, almenys sobre el paper. Les seves teories semblen sensates i científicament prou fonamentades. Ara bé, acceptada amb més o menys il·lusió l'estabilitat d'aquesta hegemonia, els diferents governants que hi ha hagut al front dels ministeris i departaments han anat fent i desfent lleis, decrets, resolucions i instruccions. No sabem si els diferents corpus legislatius en matèria d'educació són o no correctes, però la imatge general que es desprèn de tot plegat és d'una inestabilitat del sistema amb sacsejades de periodicitat quinquenal: LODE (1985), LOGSE (1990), LOPEG (1995), LOCFP i LOCE (2002)..., sense tenir en compte les lleis de rang inferior com els decrets, les ordres, les resolucions i les instruccions que apareixen normalment cada maig.

Per altra banda, les picabaralles polítiques entre el Departament d'Ensenyament i el Ministeri d'Educació mostren a la clara concepcions diferents de l'educació, sovint irreconciliables, que han donat lloc a lleis orgàniques, instruccions o resolucions que es matisen —quan no s'eliminen— mútuament i acaben en alguns casos al Tribunal Constitucional, si més no a causa de conflictes de competència.

Hem realitzat un buidatge del que marca el Departament d'Ensenyament com a ob-

jectius generals d'etapa, els generals i terminals de les àrees, i llurs continguts (procedimentals, conceptuals i actitudinals) en els desplegaments curriculars que va editar a principis dels anys noranta que fan referència explícita a aspectes històrics de la ciència i la tecnologia.¹ Les publicacions del Departament d'Ensenyament emprades, en un volum per àrea, contenen, a més d'una explicació sobre els fonaments de la LOGSE, de la distribució horària del currículum que ja ha estat revisada manta vegades, de l'acció tutorial, etc., el primer i el segon nivell de concreció, que esdevenen els nivells del desplegament curricular que el centre o el professor no pot triar sinó que ha de treballar ineludiblement. Sobre aquesta base, que es troba tensada per un extrem pels treballs de la Conferència Nacional sobre l'Educació i les seves conclusions sobre les capacitats bàsiques que han d'assolir els nostres protociutadans, i per l'altre extrem per la càrrega en continguts del currículum de caire uniformador que proposa el Ministeri d'Educació, les diferents propostes editorials i el professorat basteixen un tercer nivell de concreció curricular, d'implementació a l'aula, que s'adequa en funció de la demanda (de la tipologia d'alumnat amb què compta el centre). Sobre l'estudi d'aquesta base, que hem qualificat d'«ineludible»,² hem tret dues conclusions o màximes que ens permetem justificar al llarg d'aquestes ratlles:

1. Alguns avenços científics ens han estat «revelats».
2. Hi ha ciències que no són ciències.

Màxima número 1

La ciència i la tècnica pot ser que procedeixin d'un miratge, del fons d'una caverna fosca sobre les parets de la qual es projecten ombres de la veritat; pot ser que tothom tingui en el seu interior el coneixement del funcionament de l'Univers sencer i només faci falta un Sòcrates que ens porti al part; pot ser, també, que un dimoni cartesià ens faci sabedors de fal·làcies que creiem veritats; pot ser, fins i tot, que P. K. Feyerabend tingués raó i els científics només siguin una colla d'oportunistes o de venedors d'andròmines que intenten col·locar els seus productes encara que no valguin per a res. Però, sigui com sigui, l'home (i la dona, és clar) és allà, experimentant la sensació de crear ciència. Almenys és el que creiem fins ara.

De la lectura dels textos esmentats sobre què s'ha d'ensenyar als ciutadans durant la seva adolescència es desprèn que la ciència i la tècnica tenen: *a)* unes aportacions molt interessants que es deuen a homes i dones coneguts i que cal conèixer; *b)* unes altres aportacions no menys interessants també fetes per persones, a les qui no cal conèixer i, finalment, *c)* unes altres aportacions que, indubtablement, han estat «revelades», prenent la segona accepció del terme.

Com a representant del primer cas podem citar el contingut següent:

Model atòmic de Dalton. Modificacions del model atòmic de Dalton.

1. El buidatge complet es pot consultar a: <http://www.xtec.es/~pgerez/pages/histmed.htm>.

2. Actualment, el Departament d'Ensenyament ha redactat un esborrany d'interpretació de la LOCE que no hem tingut en compte, donat que encara no té forma legal definitiva. Aquest projecte de decret ja és a la web de l'esmentat Departament (<http://www.gencat.net/ense/depart/se.htm>).

Com a representant del segon cas, aquest objectiu:

Situar cronològicament aspectes rellevants relacionats amb la gènesi històrica d'alguns coneixements matemàtics que es treballen a l'etapa: la geometria grega, el problema de l'arrel quadrada de 2, els orígens de l'àlgebra i la probabilitat.

I, finalment, com a representants del tercer cas, els continguts següents:

L'aparició del càlcul de probabilitats.

Equacions. Aparició de la simbologia algebàrica.

El primer exemple convida a conèixer quelcom de l'autor d'una determinada teoria, tot i que sigui només el nom, en aquest cas la teoria atòmica de Dalton. En el segon, el redactat del Departament dóna a entendre que darrere de la geometria clàssica hi va haver una mentalitat col·lectiva: la grega. En el tercer cas, el càlcul de probabilitats i la simbologia algebàrica simplement van «aparèixer».

Sobre la base d'aquesta mena de redactats de continguts i objectius, la major part de les editorials i dels professors i professores de l'ESO posem la nostra bona fe, la nostra sapiència o els nostres interessos i afegim allò que creiem oportú. D'aquesta manera, quan treballlem la teoria de Dalton expliquem la seva formació autodidàctica, la seva afecció ocular, com va arribar a la química des de la física...; quan toca veure la geometria grega fem esment d'Euclides, de la forma narrativa dels seus postulats o axiomes, de la seva escola d'Alexandria, dels seus llibres de música... i quan arriben al tema de la probabilitat, no la tractem com una «aparició» sinó que ens referim a Fermat, Laplace i tota la colla de gals més o menys interessats en el joc, o a la sorprenent vida i mort de Galois. Però, malgrat aquesta bona fe, aquesta sapiència o aquests interessos, el redactat del segon nivell de concreció, el diguem-ne «legal», és el que és i mostra, com a mínim, una selecció *ad hoc* i molt limitada dels científics, dels contextos històrics i, en última instància, d'una metodologia concreta.

Nosaltres creiem fermament que la contextualització històrica de les aportacions científiques i tècniques i el coneixement de les mentalitats individuals i col·lectives que hi ha al darrere 1) ajuden l'alumnat a entendre-les millor, 2) no tenen per què suposar una exagerada ampliació curricular i 3) no entren en contradicció amb el principi d'objectivació científica.

Aquesta contextualització ja està plantejada en els dissenys curriculars del Departament d'Ensenyament de les diferents àrees però o bé d'una manera selectiva o bé amb una mena de declaració d'intencions final, com a l'àrea de matemàtiques, on aquests continguts:

- nocions de la gènesi històrica d'aspectes rellevants de la matemàtica,
- instruments de càlcul: àbacs, calculadores; aparició dels ordinadors,
- sistemes de numeració: decimal, romà,
- origen de l'estadística
- thales i la mesura indirecta,
- contribucions de l'escola pitagòrica: aritmètiques, geomètriques,
- equacions; aparició de la simbologia algebàrica,
- àlgebra i geometria: Descartes,
- l'aparició del càlcul de probabilitats,

es donen de cop en un mòdul al final o els treballen només alguns alumnes en crèdits variables com el de «Ciència i tècnica en l'antiguitat» o «Descobrim l'Univers».

La major part de les editorials, en els seus llibres de crèdits comuns, afegeixen en tots els temes un apèndix molt lloable sobre el context històric, però sovint no deixa de ser una mena d'afegit de segona categoria. La nostra experiència docent ens mostra l'interès dels alumnes, en general, per aquesta mena d'escadusseres aportacions i com són d'efectives des del punt de vista mnemotècnic. Conèixer alguna dada biogràfica de Ruffini, Pitàgores, Thales o Descartes, o del context social de Darwin, per posar només alguns casos, ajuda l'alumnat a vincular la «teoria abstracta» a una «cara concreta» i fixar-la mentalment mitjançant *relacions cognitives* de les que tant agraden als psicopedagogs i a les psicopedagogues. La contextualització ha de ser necessàriament significativa, però també pot ser anecdòtica.

Però per a què això sigui efectiu, a més d'una reformulació dels objectius i dels continguts curriculars s'ha de comptar amb una formació específica del professorat en aquest camp, una adaptació dels mitjans impresos i un ús efectiu de les tecnologies de la informació i la comunicació.

Pel que fa a la primera proposta som una mica escèptics, però podem confiar que en una de les reformulacions de la reforma hi càpiga el pressupòsit metodològic segons el qual als alumnes d'onze a setze anys no els «fa mal» saber que no hi ha ciències que no siguin humanes i que la seva configuració neuronal ja està a punt d'entendre-ho.

Pel que fa a la formació del professorat, està a les seves mans aprofitar o no aquest recurs; així, per posar només un exemple, la Universitat Politècnica de Catalunya ofereix enguany el programa de postgrau semipresencial, per via telemàtica, de Formació de professors de tecnologia, dins el seu Pla de Formació Permanent del Professorat. Precisament l'àmbit primer d'aquest postgrau porta per títol «Humanitat i tecnologia» i té com a objectiu:

Abordar la història de la tecnologia com a recurs, per aclarir i il·lustrar les interaccions entre ciència, tecnologia i societat.

Finalment, l'ús de les noves tecnologies està esdevenint una eina pedagògica de primer ordre que, paradoxalment, l'instruït domina tant com l'instructor o més; així que sovint hem d'afrontar el seu ús sense complexos com una codescoberta, mantenint-nos equidistants dels apocalíptics i dels integrats en què U. Eco classificava les dues postures extremes davant el fenomen informàtic.

Màxima número 2

Que les ciències siguin ciències és una tautologia, però, com la igualtat dels homes, hi ha tautologies que són més tautològiques que d'altres. Amb la incorporació del mètode científic a determinades disciplines (bàsicament, la falsabilitat de llurs teories) s'ha produït la «cientificació» d'aquestes i així han sorgit les anomenades *ciències socials*. A l'ESO, aquest epígraf queda circumscrit a la història i la geografia. Al batxillerat, per *ciències socials*, en canvi, s'entén tota una modalitat, que comprèn des de la filosofia fins a les matemàtiques aplicades a les ciències socials, passant per l'economia i l'organització d'empreses.

Centrem-nos en l'etapa que ens ocupa. Tot el que havíem dit al punt anterior sobre la història de la ciència i la tècnica aplicat a àrees tradicionalment científicotècniques (naturals —abans *ciències experimentals*—, matemàtiques i tecnologia) cal multiplicar-ho per mil quan parlem de ciències socials i per deu mil quan ens referim a l'àrea de llengua i literatura catalana i castellana, per posar dos exemples. Aquestes àrees tenen un alt grau de «cientificitat» sovint menyspreat. Així, donant un cop d'ull al currículum d'ESO de la darrera, és fàcil advertir que no existeix cap història de la ciència lingüística. Seguint la metàfora del punt anterior, tota la lingüística ens ha estat «revelada»; ni Saussure, ni Bloomfield, ni Chomsky... no han existit mai. Així com sí és important i necessari que els alumnes de secundària coneguin com a mínim el nom de Dalton, Darwin, Mendel, Thales, Descartes, Lamarck... en l'àrea de ciències socials, matemàtiques o naturals, no hi ha ni un sol nom propi en tota l'àrea de llengua.

El Departament d'Ensenyament ens diu:

La gramàtica ha de ser entesa com a reflexió general sobre l'ús dels diferents elements lingüístics, més que no pas la introducció de les teories científiques allunyades de les possibilitats dels alumnes.

Imaginem-nos el mateix redactat aplicat a una altra àrea:

La química ha de ser entesa com a reflexió general sobre l'ús dels diferents conceptes químics, més que no pas la introducció de les teories científiques allunyades de les possibilitats dels alumnes.

Dalton s'hauria evaporat del currículum!

No solament pensem que un alumne o una alumna de segon d'ESO està capacitada per a (o «té possibilitat de», en el llenguatge del Departament) entendre i aprendre que allò que se li està explicant de fonètica i fonologia es deu a Troubetzkoy o que el concepte de *signe* que apareix en el seu llibre és bàsicament la formulació que va fer un tal Saussure, sinó que creiem que pot assimilar-ho millor si sap que al darrere hi va haver una persona que li va donar forma i que va haver de lluitar amb un utilatge científic per a defensar-ho. Si creiem, doncs, que un gramàtic és una mena de científic, cal que no oblidem tampoc l'insigne enginyer científic d'aquesta casa, Pompeu Fabra, que queda «castigat» com «de cara a la paret lingüística» a l'educació secundària obligatòria.

Les mateixes observacions són vàlides per a la resta d'àrees: música, educació visual i plàstica, educació física..., el currículum de les quals no solament sembla que no requereixi contenir cap informació sobre la història de llurs respectives tecnologies, sinó que dóna a entendre que no tenen tecnologia pròpia.

Tot plegat sembla reflectir un intent de retallar continguts (si hi han estat mai) per a donar resposta al problema de la diversitat a l'aula i el fracàs escolar a l'ESO. Els continguts susceptibles de ser eliminats són sempre aquells que tenen alguna cosa a veure amb la història en particular i amb la memorització en general, amb la qual cosa es perden dos recursos pedagògics valuosíssims, al nostre entendre.

Bibliografia

- ARIAS, J. M.; ARES, E. [et al.] (1996). *Matemàtiques 2n ESO*. Barcelona: Casals.
- BESCOS, M. V.; ROMERO, C. (2002). *Ciència i tècnica en el món clàssic*. Barcelona: Castellnou.
- BONAFEU, D.; COSTA, M. [et al.] (2002). *Descobrim l'Univers*. Barcelona: Castellnou.
- CARRERAS, A.; DOLS, S. (2002). *Matemàtiques, projecte «Aritme», 1r ESO*. Barcelona: Cruïlla.
- DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT (1993). *Currículum ESO. Matemàtiques* (i totes les altres àrees del currículum d'ESO). Barcelona: Servei de Difusió i Publicacions de la Generalitat de Catalunya.
- DOMÈNECH, M. A.; DOMÈNECH, M. [et al.] (2002). *Matemàtiques 3r d'ESO*. Barcelona: Edebé.
- GUITERAS, J. M.; CAPELLA, T. [et al.] (2002). *Matemàtiques projecte «Astrolabi», 1r ESO*. Barcelona: Mc Graw-Hill.
- LÓPEZ, P.; HONRADO, A. [et al.] (2002). *Lengua y Literatura castellana; «métodos, técnicas, estrategias», 4º ESO*. Barcelona: Santillana.
- MATEU, R.; PRAT, J. (2002). *Llengua i literatura catalana, «Oronell», 4t ESO*. Barcelona: Cruïlla.
- VIZMANOS, J. R.; ANZOLA, M. (2002). *Matemàtiques, projecte «Gauss», 3r ESO*. Barcelona: Cruïlla.

LA CONVENIÈNCIA DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA EN ELS TEXTOS DE QUÍMICA A PRINCIPIS DEL SEGLE XIX: UNA REFLEXIÓ A PARTIR DE LES POSICIONS DE LAVOISIER I DE FOURCROY

Pere Grapí Vilumara

Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: *història de la ciència, ensenyament de la ciència, llibres de text, Lavoisier, Fourcroy.*

The convenience of history of science in chemistry textbooks at the beginning of the XIX century. A reflection from Lavoisier and Fourcroy's positions

Summary: A way to achieve a better understanding of the role of the history of science in science teaching is intending to put the question in its various contexts. A polemic feature of the history of science implementation in science teaching is their matching along the consecutive learning stages. This same feature was discussed by Lavoisier and Fourcroy in the turning years of the eighteenth century when considering the convenience of the history of science in chemistry textbooks. The present article pretends to deal with this problem in a particular historical and scientific context related to the status of chemistry during that period from Lavoisier and Fourcroy's preliminary discourses of their significant texts; the «Traité élémentaire de chimie» and the «Système de connaissances chimiques».

Key words: *history of science, science teaching, textbooks, Lavoisier, Fourcroy.*

Introducció

La intenció d'aquest article és presentar una reflexió entorn de la polèmica sobre la necessitat i la importància de la història de la ciència en l'ensenyament. Per fer-ho s'ha escollit un cas concret de la història de la química en un moment històric prou peculiar de la disciplina com van ser les dues dècades a cavall de finals del segle XVIII i principis del segle XIX. És un període en el qual la revolució química de Lavoisier estava pràcticament acabada i s'estava inaugurant la química moderna. Aquesta reflexió té com a punt de partida els discursos preliminars que dos químics emblemàtics de l'època, Lavoisier i Fourcroy, varen es-

criure en dues obres de referència obligada: el *Traité élémentaire de chimie* (1789) de Lavoisier, i el *Système de connaissances chimiques* (1808) de Fourcroy, i que a partir d'ara identificarem de forma abreujada amb els noms de *Traité* i *Connaissances*, respectivament. Resulta imprescindible apuntar que el *Traité* de Lavoisier cal considerar-lo com el text de referència de la revolució conceptual i metodològica que es va instaurar en la química a finals del segle XVIII. Una revolució que, per altra banda, no s'ha d'identificar amb la química moderna del segle XIX, sinó que cal entendre com una part molt important d'aquesta degut, sobretot, a la nova metodologia que Lavoisier va aportar a la química. Per altra part, cal destacar de Fourcroy la seva dimensió com a excel·lent professor, prolífic escriptor de llibres de text i home d'Estat compromès amb el desenvolupament del sistema educatiu a França durant i després del període revolucionari. De fet, els deu volums de les *Connaissances* de Fourcroy es poden considerar com una veritable enciclopèdia de la química de la primera dècada del segle XIX. Considerem tot seguit com varen percebre Lavoisier i Fourcroy el paper de la història de les ciències en els llibres de text.

Lavoisier: La història de la ciència com un obstacle per aprendre ciències

Lavoisier, en el seu *Traité*, no va aportar cap referència històrica sobre aquells altres químics que l'havien precedit —sobretot si no eren francesos— i es va limitar a donar la seva opinió sense discutir la dels altres. Les raons adduïdes per prendre aquesta determinació eren, d'acord amb Lavoisier, estrictament didàctiques, en creure que en un text elemental no hi tenia cabuda la història de la ciència. En definitiva, era recomanable que un text elemental no acumulés ni un seguit de referències històriques ni discussions sobre la història de la ciència. En cas contrari, el text perdria de vista l'objectiu que s'havia proposat, tot fent-se feixuc per a la persona que s'iniciava en l'estudi de la química. D'altra banda, Lavoisier va ser coherent amb la metodologia que ell mateix havia dissenyat per a l'ensenyament de la química: anar sempre d'allò simple a allò complex, d'allò conegut a allò desconegut, i presentar els coneixements en l'ordre més adient per facilitar-ne la comprensió. Era per aquest motiu que un text elemental havia de buscar, sobretot, la facilitat i la claredat i rebutjar tot allò que pogués desviar l'atenció de l'estudiant. Va ser sota aquesta perspectiva que Lavoisier va contemplar la presència de la història de la ciència en els textos elementals com un obstacle que podia dificultar encara més l'aprenentatge, per si mateix difícil, de les ciències (Lavoisier, 1789: 17-18). De fet, la nova nomenclatura de la química que va acompanyar la seva revolució també va deixar de reflectir la història de la disciplina, amb la qual cosa es va perdre per sempre un important referent històric.

Fourcroy: La història de la ciència com a aspecte essencial per aprendre ciències

D'altra part, les *Connaissances* de Fourcroy estaven adreçades a un públic instruït en les nocions elementals de les ciències —estudiants avançats o químics experts— que volia aprofundir els seus coneixements. Per a aquest públic, d'acord amb Fourcroy, no n'hi havia prou amb proporcionar-li uns coneixements més detallats i variats, sinó que també calia posar al seu abast tots aquells mitjans que s'havien utilitzat en el passat per assolir els coneixements.

xements de la química d'aquell moment. Fourcroy va dividir aquests coneixements en quatre parts, ordenades com: teoria, història, pràctica i aplicacions. Per Fourcroy, la història de la ciència que es trobava en les primeres pàgines, en les introduccions o en els discursos preliminars de molts textos de química eren esbossos incomplets de les principals etapes de la història de la química. En un text de química avançat, en canvi, la història de la ciència havia de ser considerada com una part essencial de la ciència que exigia un tractament més detallat i que demanava un coneixement previ dels fets, per la qual cosa el seu estudi havia d'estar precedit per l'estudi de la teoria. Des d'aquesta perspectiva positivista, els objectius que havia de complir la història de la química en un text avançat es resumien a: 1) considerar, fixar i distingir les etapes de la història de la química, 2) examinar els treballs dels químics en totes les èpoques, 3) mostrar les connexions entre els descobriments i els seus posteriors desenvolupaments, 4) conèixer els orígens de les idees i les dificultats que havien aturat les recerques, 5) fer veure els errors que havia calgut detectar per assolir un coneixement acurat i 6) conèixer la successió de teories generals amb les seves llacunes inicials i com havien arribat a desaparèixer aquestes. Amb tot aquest bagatge es pretenia no tan sols aprofundir en el coneixement de la química, sinó també contribuir a la utilitat i al reconeixement de la seva pròpia història (Fourcroy, 1800: 1, 18-21).

La situació durant el segle XIX

La lectura d'aquests dos discursos serveix per constatar la presència d'un problema recurrent a l'hora de plantejar el tema de quan cal implantar la història de la ciència en l'ensenyament de les ciències. Lavoisier va aportar raons d'índole didàctica a l'hora de desaconsellar el seu ús per als debutants en l'estudi de les ciències, en considerar que en fer-ho es corria el perill de destorbar l'aprenentatge dels continguts científics. Un argument que encara es pot escoltar en els debats sobre aquest problema. Fourcroy, en canvi, aconsellava vivament la presència de la història de la ciència en l'ensenyament per a alumnes amb certa experiència perquè, entre altres raons, conèixer la història de la ciència equivalia a conèixer la ciència que s'estudiava. Aquest també és un argument que continua esgrimint-se actualment en tractar la conveniència de la història de la ciència en els currículums de ciències. Així doncs, en èpoques i en contextos molt diferents, preguntar-se com temporitzar la implantació de la història de la ciència en l'ensenyament de les ciències és un plantejament recurrent que ha estat tractat amb argumentacions, a vegades, també recurrents. Un cop conegudes les posicions de Lavoisier i de Fourcroy, cal preguntar-se per la tendència adoptada pels llibres de text pel que fa a la presència de la història de la ciència. Val a dir, d'entrada, que aquesta sola pregunta requeriria un estudi que cau fora de la intenció i de l'abast d'aquest article.

A principis del segle XIX, la química va començar a experimentar importants avenços en aspectes com la determinació de la composició de les substàncies, tant si eren conegudes com si eren descobertes de nou, en el coneixement dels factors que modificaven el decurs de les reaccions i en les aplicacions d'aquestes a la indústria química. Aquesta transformació de la química va suposar que els textos fins aleshores més respectats i influents, com els de Fourcroy, sobretot, però també d'altres com els de Chaptal o els de Bouillon-Lagrangé, ja no fossin capaços de servir com a guia per a tots aquells que s'endinsaven en l'es-

tudi d'una ciència que, diguem-ho de passada, estava de moda. A partir del 1813 el text de Thenard *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique* es va convertir en el text de referència per a l'estudi de la química. Doncs bé, aquest text de Thenard no presentava, a diferència dels textos anteriors, cap discurs preliminar on l'autor exposés les seves reflexions sobre l'estat de la disciplina, sobre la seva història, o la seva posició filosòfica sobre els fonaments de la química. La presència de la història de la química havia canviat de format: ja no disposava d'una secció exclusiva, sinó que es trobava disseminada en diferents punts del text. Així, a tall d'exemple, Thenard, en tractar sobre l'oxigen, ofereix una referència històrica de poc més de mitja pàgina tot fent un breu resum sobre el seu descobriment (Thenard, 1834: 1, 38). Sembla, doncs, que la influència de Lavoisier en la química moderna va tenir un abast més enllà del que la història, formalment, li ha assignat.

De fet, la presència de la història de la ciència en el currículum de l'ensenyament secundari a França durant la primera meitat del segle XIX va ser més aviat testimonial ja que bona part d'aquesta presència es va concretar en simples referències bibliogràfiques. No obstant això, a partir de la bifurcació experimentada pel sistema educatiu francès el 1852, en què els estudis de secundària es varen separar en les seccions científica i literària, la presència de la història de la ciència va començar a ser més visible. El químic Jean-Baptiste Dumas, responsable de la redacció de les instruccions per a les ciències físiques (física i química), no tan sols va subratllar la necessitat de fonamentar l'ensenyament de les ciències en una exposició de la història dels seus descobriments i de les seves invencions, per així impulsar un ensenyament menys dogmàtic, sinó que, a més a més, també va precisar la incorporació dels aspectes històrics de la ciència en els estudis de la secció de lletres. Els aspectes històrics més destacats eren els relatius als invents industrials, l'astronomia, la història natural, les matemàtiques i l'electricitat.

Pel que fa a l'ensenyament en la secció de ciències, les recomanacions de Dumas estaven d'acord amb la posició defensada per ell mateix en les lliçons de filosofia química que havia impartit al Collège de France entre l'abril i el juny de 1836, i que estaven dedicades, en bona part, a la història de la química. El sentit històric d'aquestes lliçons va ser particularment emotiu pel fet d'haver servit, també, per reivindicar la figura de Lavoisier després de quasi bé quaranta anys d'oblit (Dumas, 1837). Les instruccions per a aquesta reforma de 1852 relatives a la incorporació de la història de la ciència en l'ensenyament secundari donaven força importància al treball amb textos originals, en entendre que aquests facilitaven la comprensió de les idees que s'ensenyaven. No obstant això, aquest nou impuls atorgat a la història de la ciència en l'ensenyament secundari no es va veure recolzat per una paral·lela incorporació de la història de la ciència en la formació del professorat (Hulin-Jung, 1989: 142-146). Aquesta situació va sofrir un canvi important a partir del 1869 quan la història de la ciència va ser una matèria exigible en els concursos d'agregació de matemàtiques, ciències físiques i ciències naturals per als liceus. Aquesta exigència, però, va anar desapareixent gradualment degut a què l'allau de nous coneixements científics va aconsellar alleugerir el contingut de les proves d'agregació i, en aquest sentit, la prova d'història de la ciència va anar perdent pes fins a desaparèixer del tot a partir del 1898. No obstant això, els programes de ciències a principis del segle XX van continuar recomanant el coneixement de la vida dels grans personatges de la ciència amb l'argument que servien per conèixer tant els seus treballs com la rellevància moral de la seva dedicació a les ciències (Hulin-Jung, 1989: 212-221).

Conclusió

A tall de resum, caldria considerar aquells factors que ajuden a entendre millor la sort que va córrer la història de la ciència en els textos de química a principis del segle XIX. A banda dels ineludibles contextos polítics i socials que varen marcar les diferents reformes educatives al llarg del segle XIX, els altres factors a considerar són, primer, l'espectacular augment de continguts de química, que no van deixar suficient espai per a la història de la ciència, i, segon, les seves orientacions didàctiques com a disciplina per ser ensenyada que desaconsellaven la seva presència per no pertorbar els aprenentatges «científics». En aquest sentit, restaria encara per valorar la influència metodològica de Lavoisier. Finalment, val la pena recordar que la recuperació de la presència de la història de la ciència en l'ensenyament secundari a meitats del segle XIX va venir de la mà d'un altre químic, Dumas, amb el seu interès a contemplar la història de la ciència com una eina per reorientar l'ensenyament de les ciències. En conclusió, el coneixement d'episodis com aquest —sobre la història de la «història de la ciència» en l'ensenyament— permet situar l'acoblament entre ambdues activitats en un context ampli de tipus social, polític i disciplinar que hauria de servir per disposar de bons arguments a l'hora de persuadir i convèncer els diferents estaments de la comunitat educativa de la necessitat d'una presència més efectiva de la història de la ciència en el procés educatiu.

Bibliografia

- DUMAS, J. B. (1837). *Leçons sur la philosophie chimique*. París: Bechet Jeune.
- (1972). *Leçons sur la philosophie chimique*. Reimpresió. Brussel·les: Culture et Civilisation.
- FOURCROY, A. F. (1800). *Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*. París: Moutard. 10 v.
- HULIN-JUNG, N. (1989). *L'organisation de l'enseignement des sciences: la voie ouverte par le Second Empire*. París: Comité des Travaux Historiques et Scientifiques.
- LAVOISIER, A. L. (1789). *Traité élémentaire de chimie*. París: Cuchet. 2 v.
- (2003). *Tractat elemental de química*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans: Pòrtic: Eumo.
- THENARD, L. J. (1834-1836). *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*. París: Crochard. 5 v.

L'OBTENCIÓ DE L'ESPERIT ARDENT DE SATURN: UNA ACTIVITAT PER INICIAR EL DEBAT SOBRE ELS ELEMENTS I LES SUBSTÀNCIES

Mercè Izquierdo i Aymerich

Departament de Didàctica de les Ciències. Centre d'Estudis d'Història de les Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona

Paraules clau: *ensenyament de les ciències, història de la química.*

The preparation of the burning spirit of Saturn: an activity for starting the debate on elements and substances.

Summary: *In this paper we present an experiment which comes from Nicolas Lémery's book Cours de chimie translated into Catalan. The title of the experiment is «The spirit of Saturn» and it suggests an interpretation that has to be discussed. Thus, the experiment has been adapted in a didactical way with the aim to be useful for learning chemistry.*

Key words: *science teaching, history of chemistry.*

Introducció

Estem vivint una època de canvis molt importants, que es projecten amb força, fins i tot amb dramatisme, a l'escola. Moltes persones proposen l'enfocament que ha estat anomenat CTS (ciència, tecnologia i societat) per tal d'adaptar els currículums escolars als «signes dels temps», que urgeixen una educació més vinculada al «saber fer» i no tant a coneixements escrits en un llibre de text. Des d'aquesta perspectiva, la història de la ciència pot aportar molt a l'ensenyament de les ciències. La proposta que es presenta a continuació pretén ser-ne un exemple.

Parlarem de Lémery, un adroguer (farmacèutic) que va viure al segle XVII i va morir ja al XVIII: com vivia, com va adquirir els coneixements que li varen permetre establir el seu negoci, quins conflictes socials el varen afectar, com es relacionava la seva tasca d'autor de llibres de química i d'acadèmic amb la d'home de negoci. Ens centrarem en un dels experiments que permetien obtenir l'esperit ardent de saturn (l'acetona, com diríem ara), que es venia a bon preu, i en les idees científiques que li permetien explicar-lo (Bougard, 1999).

Amb això podrem comprendre millor el significat de les entitats químiques *substància*, *element* i *àtom* i dissenyar activitats docents que permetin ensenyar alhora els aspectes pràctics i teòrics dels conceptes. I també farem una aportació que contribueixi a identificar les aportacions que pot fer la història de les ciències a l'ensenyament en les aules de ciències i a la fonamentació teòrica de la didàctica de les ciències.

Nicolas Lémery (Rouen, 1645 - París, 1715)

La vida i l'itinerari professional de Lémery són ben representatius d'una època de la qual sabem que es va produir una «revolució científica» que aparentment deixa de banda la química: aquesta ciència hauria d'esperar encara un segle per arribar a ser «moderna». Va ser així? No serà que s'ha escoltat massa Boyle i massa poc els químics de l'època? No serà que s'ha opinat sobre els coneixements químics del segle XVII amb criteris anacrònics, és a dir, comparant-los amb els actuals i sense tenir prou en compte les «bones preguntes» que es formulaven i que s'anaven responent?



FIGURA 1. Nicolas Lémery, *doctor medicus* (segons Bougard, 1999).

Nicolas Lémery neix a Rouen el 1645, fill de Julien, procurador al parlament de Normandia de religió protestant, i de Suzanne Duchesmin. És el cinquè de set germans, dels quals només cinc van arribar a l'edat adulta. França estava llavors sota la regència d'Anna d'Àustria i Mazarino era el seu primer ministre. Nicolas va estudiar a Rouen i als quinze anys és admès oficialment com a aprenent a l'apotecaria del seu oncle matern per aprendre-hi farmàcia. Al llarg de sis anys, Nicolas va aprendre l'ofici; però a París i a Montpel·lier s'ensenyava una nova química que obria noves perspectives. El jove farmacèutic va iniciar el seu *tour de France* per tal de completar la seva formació: primer a París, després a Montpel·lier i de nou, fent una volta per França, a París.

Va arribar per primera vegada a París, una ciutat plètòrica d'activitat cultural, el 1666, l'any de la fundació de l'Acadèmia de les Ciències per Lluís XIV. Va treballar i viure a pensió amb Christophe Glaser. Probablement va romandre a París fins el 1668 o més i va passar els anys següents a Montpel·lier, on va ser acollit per la comunitat protestant local, nombrosa i molt dinàmica. A mitjan 1671 marxa de nou cap a París. Li ha arribat el moment d'establir-se pel seu compte i, el 1674, compra el càrrec d'Apotecari Privilegiat del rei i s'estableix al carrer Galande, a la Porte Doré (que devia ser l'ensenyà que hi havia a la botiga). Diu Fontenelle (secretari de l'Acadèmia de les Ciències, citat per Bougard, 1999) en l'elogi que va fer de Lémery quan aquest va morir:¹

El seu laboratori no era una cambra sinó un celler i més aviat un antre màgic, il·luminat només per la claror dels forns [...] els noms més famosos entren en la llista dels seus auditors [...]. Fins i tot les dames, portades per la moda, tenien l'audàcia de venir a mostrar-se a assemblees tan sàvies. Al mateix temps el senyor de Verney feia cursos d'anatomia amb el mateix esclat i totes les nacions d'Europa li proporcionaven estudiants. Un any es varen comptar quaranta escocesos que havien vingut a París només per escoltar aquests dos mestres i que se'n tornaren quan es van acabar els cursos. Com que el senyor Lémery els prenia a pensió, calia que la seva casa fos prou gran per acollir tots els que hi volien viure, i les cambres del barri s'omplien de persones a mitja pensió, que com a mínim volien menjar a casa d'ell.

I Jean Baptiste Dumas (citat per Bougard, 1999), en les *Leçons de philosophie chimique*, de 1830, reproduceix la narració en el llenguatge del romanticisme:²

Traieu el cap a la *rue* de Garlande. Seguiu la multitud sorollosa d'estudiants que s'hi precipita; no feu cas de les vestimentes dels senyors i els prínceps ni de les cadires de mans que transporten les grans dames. Feu-vos-hi un lloc, aneu-hi. Trobareu un pati, al fons del pati una porta baixa, una escala gastada, amb la qual baixareu, i potser caureu, a un celler il·luminat per la claror vermellosa del foc. Gràcies a ella aviat descobrireu els estris de la química i veureu la multitud atapeïda, atenta, escoltant les lliçons d'un home jove, que té tot just trenta anys. Aquest home sobre el qual es fixen totes les mirades, de les paraules del qual totes les orelles estan pendents, ja ho endevineu: és una revolució personificada; és Nicolas Lémery.

1. El text ha esta traduït del francès per M. Izquierdo.

2. El text ha esta traduït del francès per M. Izquierdo.

Té cada cop més èxit, com a farmacèutic, com a químic i com a professor. El 1675 publica la primera edició del *Cours de chimie*, es casa i al llarg dels deu anys següents neixen els seus sis fills. La seva vida transcorre sense problemes i es guanya molt bé la vida: només amb la venda del seu «magisteri de bismut» (el blanc d'Espanya) ja guanyava prou per mantenir la seva llar. Però a partir de 1681 començà una persecució contra els protestants que, amb alts i baixos, va arribar a la revocació de l'edicte de Nantes el 1685, amb la qual cosa es va prohibir definitivament practicar la religió reformada i es prohibia l'exercici de la professió als metges protestants. Ha de renunciar al càrrec, vendre l'apotecaria i exiliar-se de París. La duresa de la persecució el fa abjurar de la fe protestant i ell i tota la família es converteixen al catolicisme el 1686, any en el que apareix la sisena edició del *Cours de chimie*, que es tradueix també a l'anglès, al castellà, a l'alemany i a l'holandès.

La vida de Lémery transcorre ara, de nou, de manera plàcida. El seu fill Louis l'ajuda i el substitueix cuidant els seus malalts quan cal; però encara rep un nou honor quan Lluís XIV el nomena acadèmic associat químic el 1699 i, ben aviat, pensionari químic. Participa activament a les sessions de l'Académie, a les quals presenta nombroses comunicacions (la darrera fou el 1713, quan ja estava malalt) i estableix correspondència científica amb diversos metges d'arreu, la majoria d'ells protestants.

El *Cours de chimie* es va continuar publicant després de la seva mort, fins arribar a la dotzena edició. El 1756 va aparèixer encara una edició revisada; així, les idees de Lémery varen inspirar els químics fins al començament de la «revolució química».

Les aportacions de Lémery a la ciència química

El breu repàs de la vida de Lémery que s'ha fet en l'apartat anterior ens el mostra ben integrat a la seva època; com els seus col·legues, millora els procediments experimentals i intenta explicar les transformacions de la matèria segons models útils a la química. És autor d'un llibre amb el qual es formen els químics i farmacèutics al llarg d'un segle; aquest llibre és una part molt important de la seva feina i cal dedicar-li atenció.

El llibre és semblant a d'altres llibres de química de l'època dedicats a l'obtenció de medicaments (els de Béguin, Chadras, Glaser...) que reproduïen l'esquema de l'*Alchymia* de Livabius, el qual, editat a començaments del segle XVII, ha estat considerat el primer llibre, fundacional, de química.

Segons aquest esquema, els diferents capítols d'un llibre de química es dediquen a les operacions de la química, gràcies a les quals s'obtenen els diferents cossos o materials que utilitza la química. Aquestes operacions proporcionen un primer esquema de classificació i de nomenclatura: les calçs són el resultat de la calcinació, els magisteris són el resultat d'operacions complexes, els esperits són el resultat de les destil·lacions... I sobre aquest esquema en va apareixent un altre, que ve donat per les matèries primeres que s'utilitzen: les calçs, per exemple, poden ser de mercuri, de ferro, d'antimoni... Un primer capítol mostra el model de matèria que permetrà explicar, de manera general, la transformació química i les propietats dels cossos. En ell es parla dels *principis*, que són aquells materials que formen tots els cossos i són els responsables de les seves propietats. Són els tres principis de Paracels: sal, sofre i mercuri, i d'altres: un principi universal (responsable dels canvis de la matèria), l'oli, els esperits, la terra... Tots els principis contribueixen a

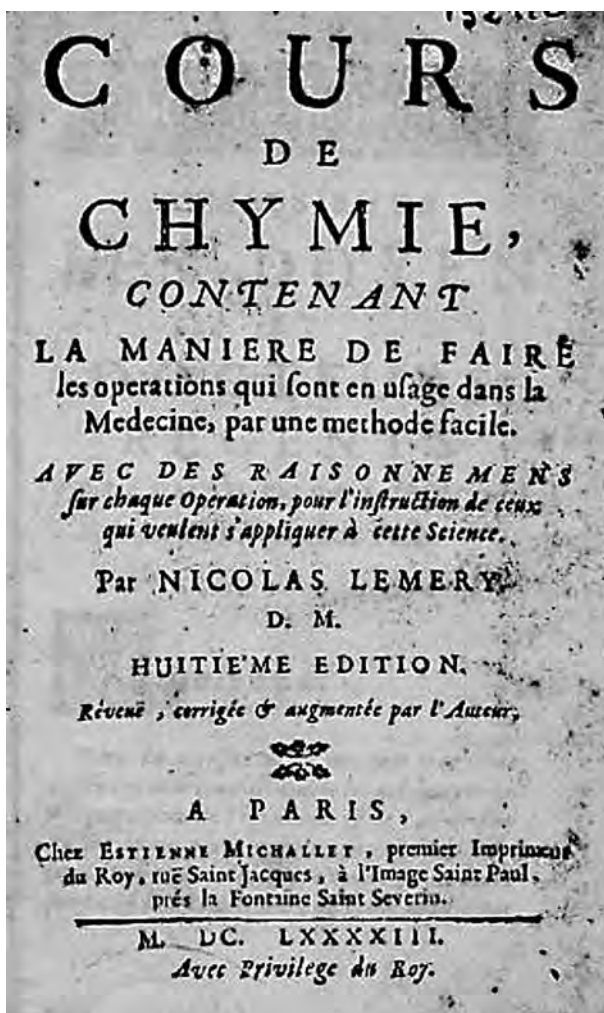


FIGURA 2. Portada del llibre de Nicolas Lémery, 8a ed.

connectar amb la diversitat de propietats que mostren els cossos quan se'ls manipula. A més a més, la teoria corpuscular de la matèria vigent en l'època aporta imatges adequades al mecanisme de les reaccions, en permetre relacionar algunes propietats amb la suposada forma de les partícules (els àcids tenen punxes que es poden entaforar en els forats de les bases, amb la qual cosa desapareixen les propietats dels uns i de les altres). Finalment, amb tot això, s'ha de poder imaginar l'acció del foc sobre els cossos i les variacions de massa que es produeixen al llarg dels canvis, evitant la creació i la destrucció de matèria, que mai han estat raonables.

El principal problema que ha de resoldre una teoria de la matèria que sigui útil per a la química és la transformació d'uns materials i, alhora, la persistència d'uns altres, ja sigui perquè apareixen de nou una i altra vegada (alguns metalls) o perquè s'associen a una pro-

pietat del cossos que apareix en molts d'ells i limita les manipulacions a les que es poden sotmetre: la volatilitat, la combustibilitat, la solubilitat... i que sembla passar dels uns als altres al llarg de les transformacions. Veurem, amb l'exemple que hem seleccionat, com utilitza Lémery aquestes idees.

L'obtenció de l'esperit ardent de saturn

L'obtenció de l'esperit ardent de saturn forma part del capítol cinquè, dedicat a les preparacions que es fan a partir del plom, anomenat també *saturn* degut a l'antiga relació astrològica entre els metalls i els planetes. Aquest experiment, ben conegut per tots els químics de l'època, consistia en la destil·lació (piròlisi) de la sal de saturn (l'acetat de plom), amb la qual s'obtenia l'esperit ardent (l'acetona). El procés està descrit amb tot detall i explicat segons el model de matèria que Lémery compartia amb altres químics, però que utilitzava, com es pot veure, de manera reflexiva (vegeu la traducció, en l'annex).

És interessant destacar els aspectes següents:

1. La relació que s'estableix entre els suposats components dels materials i el seu comportament en la intervenció: el plom queda irreconeixible per l'acció del vinagre, l'esperit ardent és inflamable perquè reté esperit de vi del vinagre.
2. La importància que es dóna als aspectes quantitius i el raonament que es fa a partir d'aquests.
3. La interpretació implícita suggerida pel nom del producte obtingut: l'esperit ardent «surt» del plom.
4. La concepció de *foc*, relacionada amb l'augment de massa del plom: el foc penetra en el plom i li fa augmentar el pes.

Aquestes consideracions permeten captar fins a quin punt les afirmacions sobre «què és la matèria» es fan amb la intenció d'explicar les seves transformacions, en la mesura que el químic les va controlant i gestionant; cal explicar la història dels materials: com es passa dels uns als altres, quins es poden recuperar i com fer-ho, com portar el balanç del conjunt dels materials, abans i després dels canvis, com seguir la pista per mitjà de les propietats que es detecten...

En aquest llarg procés històric de «donar significat químic a la matèria» el concepte d'*element* és fonamental. Com s'ha vist, en el temps de Lémery coexisteixen diverses concepcions d'element. L'episodi que presentem aquí ens permet apropar-nos a la problemàtica d'identificar on van a parar els materials: quins desapareixen, quins es mantenen. Cap experiment pot mostrar si un material és simple (element) o compost; cal anar seguint la seqüència de canvis i estar atent a la reaparició d'alguns dels materials. Aquesta actitud atenta als esdeveniments és la que va afinant la percepció i suggereix noves interpretacions. Els químics farmacèutics com Lémery, abocats al treball de laboratori i compromesos amb una professió que esdevenia cada cop més útil i respectable, iniciaven una nova tradició, en la qual els conceptes de substància i element s'anaven identificant amb els «cossos» concrets que trobaven en el laboratori. Inauguraven així una manera de pensar sobre la seqüència de canvis des d'un enfocament quantitiu que havia d'acoblar-se amb l'atomisme de manera útil per a la química.

L'obtenció de l'esperit de saturn havia estat interpretat con un procés de destrucció del metall i d'extracció de la seva essència combustible. Aquest procés havia estat utilitzat per Boyle en el seu llibre *The sceptical chemist* per mostrar que el foc no separa cossos preexistents en la mescla, sinó que en genera d'altres que no hi eren; es va oposar així als principis de Paracels i, en general, a la feina dels iatroquímics, perquè creia que no hi havia «elements materials» en la química: els àtoms eren els autèntics «elements» i no es podien conèixer les seves propietats primàries. Però els químics trobaven, en la seva feina, indicis de materials més o menys simples, més o menys relacionats amb la dinàmica química, més o menys permanents; i, sobretot, trobaven una diversitat de propietats i unes pautes en els seus canvis que difícilment es podien explicar suposant que tots els àtoms estaven fets de la mateixa «matèria primera» i diferien només en la forma, com semblava suposar Boyle.

El problema que identifiquen Lémery i els seus col·legues i també Boyle és la permanència o la desaparició del plom: si s'ha destruït en el procés o si encara «hi és» (en una nova «forma», a partir de la qual es pot tornar a obtenir).

Lémery interpreta aquest procés segons un model cartesià, influenciat també per idees que procedeixen de l'atomisme de Gassendi, i explica els canvis en termes de partícules amb una forma i una grandària específiques, que es mouen i topen les unes amb les altres. Reconeix que hi ha plom a la retorta després d'haver obtingut l'esperit volàtil i el preocupa l'augment de massa que ha experimentat el «plom» (és a dir, allò que ell sap que podrà convertir-se de nou en plom), fenomen que interpreta com una demostració de l'existència de partícules de foc que es poden incorporar als cossos. Finalment, reconeixerà en les darreres edicions del *Cours de chimie* (Lémery, 1687) que l'esperit ardent procedeix del vinagre i no pas del plom i que cal anomenar-lo de manera diferent:

Anomeno esperit de la sal volàtil del vinagre [el producte de la destil·lació de la sal de saturn] per deixar clar que aquesta substància deriva del vinagre i no del plom. És diferent de l'esperit de vi tot i que són gairebé de la mateixa naturalesa.

Cristophe Glaser (1668) diu:

El plom que està dissolt i reté per una reacció tots els esperits àcids del vinagre, que es corporifiquen [...].

Moyse Charas (1753) està d'acord i va més enllà:

El nom d'oli de saturn és impropí, perquè no és més que esperit de vinagre concentrat que ha retingut només unes poques partícules de plom, com es pot comprovar si es fon la massa que queda a la retorta; perquè aquesta no deixarà de convertir-se en un plom molt semblant al que hem utilitzat per formar la calç amb la qual hem preparat la sal de saturn.

Història de la química i ensenyament

La història de la ciència pot contribuir a rescatar el significat dels coneixements científics que resta amagat en els llibres de text de ciències però que fa comprendre que

les ciències són cultura, constitueixen una aventura intel·lectual d'un enorme interès en la qual s'hi pot participar, i no són una «veritat» que ha de ser acatada com a dogma (Izquierdo, 2000).

Es poden identificar diferents etapes que permeten al professor o a la professora apropar la història de les ciències a les aules. En primer lloc, el professorat ha d'estar interessat en estudiar-la, amb el màxim rigor possible. Aquest estudi ha de permetre identificar algun episodi que sigui rellevant per a la formació dels alumnes. L'episodi identificat ha de ser transformat en activitat docent, per a la qual cosa ha de ser reconstruït segons el format adequat a l'activitat que s'ha de fer, i, finalment, l'activitat s'ha de dur a terme i ha de ser avaluada, per esbrinar què aporta a la formació dels estudiants (Audigier i Fillon, 1991).

Els temes científics que poden ser presentats amb contribució de la història són molts i es pot fer de moltes maneres. Per tant, totes les iniciatives, totes les activitats que es facin en aquest camp, han de ser divulgades i explicades. Els aspectes científics que es poden treballar amb l'exemple de l'obtenció de l'esperit ardent de saturn que s'acaba de presentar són els següents:

- a) Ambientació en l'època (començament de l'edat moderna): naixement de les societats i revistes científiques, creació del Jardin du Roi i inici de les lliçons públiques de ciència, conflictes entre dues tradicions mèdiques i farmacèutiques, rebotigues de farmàcia que funcionaven com a laboratoris on s'aprenia química, científics i filòsofs contemporanis.
- b) Reproducció d'un experiment amb instruments de l'època i relació entre l'instrument, l'acció experimental i la interpretació de l'experiment (la manera de fer-l'ho requeriria una sessió específica i un altre context, però l'experiment funciona).
- c) Actualització del debat científic que es planteja l'autor del llibre quan relata i fa l'experiment segons la pregunta crucial que, reformulada per la classe, podria ser: hi ha plom, en l'esperit ardent de saturn?, és adequat donar aquest nom al producte obtingut en destil·lar el plom dissolt en vinagre?

Requereix llegir un petit text de l'època, traduït, que es pot contrastar amb l'original. Cal reformular la pregunta, intentar respondre-la en el seu context i amb arguments de l'època. Segons quina sigui la resposta, el llenguatge, en explicar els fets, pren un significat diferent.

Des del punt de vista pràctic, a partir d'aquesta reflexió es poden dissenyar diverses activitats docents: pot donar lloc a una simulació per ordinador, una representació teatral, un debat periodístic, una conferència amb debat del públic, amb la participació de professors de diverses matèries: ciències, història, filosofia, llengua i literatura, tecnologia...

L'experiment es pot fer al laboratori i explicar-lo de diverses maneres, per fer veure que els experiments es reconstrueixen de manera retòrica, en els textos escrits:

Com en parla Boyle? Com en parla Béguin? Com en parla Lémery?

Permet reflexionar sobre èpoques històriques que han quedat força oblidades:

Què en sabem, de Lémery i de la seva època? Com era l'entorn social de Lémery? Què ha perdurat, del seu treball (pràctic i teòric)?

A partir d'aquest episodi es pot identificar la tradició «de les substàncies» contrastada amb la tradició «dels àtoms» i la tradició quantitativa, emergent, contrastada amb la qualitativa:

Ajuden, les partícules, a entendre què passa en destil·lar la sal de plom?

Es pot transformar un episodi químic en una història interessant que permeti conèixer el pensament de l'època:

Podríem narrar la vida de Lémery de diverses maneres? Amb quina finalitat triaríem un enfocament concret? Amb quins criteris de qualitat ho faríem?

Bibliografia

- AUDIGER, F.; FILLON, P. (1991). *Enseigner l'histoire des sciences et des techniques*. París: INRP.
- BOUGARD, M. (1999). *La chimie de Nicolas Lémery, apothicaire et médecin*. Brussel·les: Brepols.
- CHARAS, M. (1676). *Pharmacopée royale galénique et chimique*. Lió: Frères Bruyset.
- GLASER, C. (1663). *Traité de la chimie enseignant par une brève et facile méthode toutes ses plus nécessaires préparations*. París: Jean d'Houry.
- IZQUIERDO, M. (2000). «Relacions entre la història i la didàctica de les ciències». A: BATLLÓ, J. [et al.] [ed.]. *Actes de les V Trobades d'Història de les Ciències i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 115- 124.
- LÉMERY, N. (1683). *Cours de chimie*. 8a ed. París: Michallet.

ANNEX

Esperit ardent de saturn

Nicolas Lémery, *Cours de chimie* (8a edició, 1693, 149)

(Traducció del francès: M. Izquierdo)

L'esperit de saturn és un licor inflamable que surt de la sal de saturn.

Ompliu de sal de saturn dues terceres parts d'una retorta de vidre ben tancat. Poseu-la en un forn, sobre un foc molt lent que permeti escalfar suaument la retorta fins fer-ne sortir una aigua flegmàtica... Quan ja no en sortirà res més, deixeu refredar els recipients i, un cop oberts, aboqueu-ne el contingut en un alambí de vidre i rectificueu-lo destil·lant a foc de sorra molt lent la meitat aproximadament del licor, que farà l'esperit de saturn inflamable com l'aigua de vida i d'un gust amarg.

(Virtuts) Aquest esperit és molt bo per resistir a la putrefacció dels humors.

(Dosi) També se'n dóna als melancòlics hipocondríacs de vuit a setze gotes en un bullit d'ou o en un altre licor apropiat per a la malaltia i es continua així durant quinze matins.

(Oli de saturn) L'altra meitat del licor que haurà quedat en l'alambí és anomenat *oli de saturn* de manera impròpia; és bona per netejar els ulls dels malalts.

(Revifament de la sal de saturn en plom) Si traieu la matèria negrosa que queda en la retorta i la poseu en una càpsula sobre carbons ardents, retornarà el plom.

Observacions

S'ha de fer atenció a omplir només dues terceres parts de la retorta i a acoblar-hi un recipient prou gran perquè, com que els esperits volàtils es desprenen amb força, podrien trencar els recipients si no trobessin prou espai per estendre's.

(Pes) Si heu posat sis unces de sal de saturn a destil·lar, retirareu una unça i sis dracmes de licor i us quedaran a la retorta sis unces i sis dracmes de matèria negrosa i grogosa; i si poseu aquesta matèria en una càpsula entre carbons roents, es fondrà i retirareu quatre unces i mitja de plom o, algunes vegades, sis dracmes d'una terra groga de color de litargiri d'or.

(Quant àcid hi ha en l'esperit de saturn) Es veu per aquesta operació que una unça i sis dracmes de les parts més àcides del vinagre són capaces de prendre quatre unces i sis dracmes de plom per reduir-lo a sal; però el que és més sorprenent és el trasbalsament que aquests àcids li produeixen, de manera que no s'assembla gens a com era abans.

(Augment sorprenent) L'augment de plom que queda en la retorta és ben visible, perquè n'hi ha sis dracmes més de les que s'havien posat de sal de saturn, tot i que s'han retirat una unça i sis dracmes de licor; així, cal necessàriament que les quatre unces i deu dracmes de plom hagin augmentat de dues unces i mitja.

Sembla ben bé que, quan més es *rarifica* el plom, més capaç és d'incorporar partícules de foc; ja que, tot i que la sal de saturn no ha estat gaire temps sobre el foc, el plom augmenta molt. També podria ser que, a mesura que surten els àcids, els corpuscles ignis entrin en multitud i obrin encara més els porus del plom pel seu gran moviment, però cal que aquests porus estiguin disposats realment de manera que es tornin a tancar més o menys com si fossin vàlvules i que impedeixin el retorn d'aquestes partícules de foc.

Quan es posa aquesta calç calcinada a foc obert, en una càpsula sense remoure, les parts de plom s'acosten i expulsen els cossos ignis, de manera que el plom es revifa i recupera el seu pes natural.

La matèria no revifaria pas si estigués tancada, per molta força que tingués el foc encès sota la retorta, perquè els cossos ignis no tindrien suficient llibertat per sortir-ne.

La terra groga que es troba dins de la càpsula sembla estar daurada: és una impuressa terrestre i bituminosa de la qual el plom s'ha lliurat. No n'hi devia haver més de dues dracmes, atès que se'n retiren quatre unces de plom; cal, doncs, que l'augment procedeixi de les partícules de foc que hi han quedat, com en una calç.

Si després d'haver destil·lat l'esperit de saturn retireu la retorta del foc mentre és ben calenta i la trenqueu tot seguit, la matèria que hi ha a dins s'encendrà com el carbó i es reduirà a una matèria groga i grisa en la qual apareixeran petits trossos de plom. Aquesta circumstància prova que el plom és molt sulfurós, ja que el plom no pot provenir més que del sofre mateix del metall.

La matèria que s'apaga a l'aire no és tan pesant com la que es refreda dins de la retorta, perquè els petits cossos de foc es dissipen i poden arrossegar una mica de sofre de plom. És també aquesta inflamació de la matèria que fa que es trobi una mica de plom revifat i que en aquella que s'ha apagat dins de la retorta no se'n trobi.

(D'on ve que l'esperit de saturn sigui inflamable) L'esperit de saturn només és inflamable per una porció d'esperit de vi que resta encara embolcallada en el vinagre i havia estat empesa pels àcids a l'interior dels porus del plom, quan es va fer la sal de saturn; ja que, quan empeny el foc per destil·lar aquesta sal, els àcids es trenquen i deixen l'esperit de vi en llibertat, així l'esperit de saturn no té cap gust d'àcid.

La matèria que queda en la retorta després de l'operació pot ser revifada fàcilment en plom, perquè ja ha estat privada dels àcids que li donaven la forma de sal.

(Un altre revifament de la sal de saturn en plom) També es pot revifar la sal de saturn en plom mesclant-la amb una sal alcalina que s'haurà fet fondre amb un gran foc, perquè aquesta darrera sal trenca els àcids que mantenien disfressat el plom; però cal remarcar que s'inflama abans d'haver estat revifat, i això a causa de l'esperit de vi que hem dit que quedava atrapat en la dissolució de la cerussa que s'ha fet pel vinagre.

SABELOTODO DE LA TABLA PERIÓDICA

Rita María Linares Lópezlage

Universidad del Valle, Cali (Colombia)

Universitat Autònoma de Barcelona

Palabras clave: *tabla periódica, juego didáctico.*

Know-everything about the Periodic Table

Summary: *This is a didactic game to learn and remember concepts related with the periodic table. It also allows the study of history, mythology, astronomy and other interesting topics through the origin of the names of the elements.*

Key words: *periodic table, didactic game.*

Sabelotodo de la tabla periódica

Es un juego diseñado para aprender, repasar y compartir conocimientos relacionados con la tabla periódica, las propiedades periódicas y las interacciones entre los elementos químicos. Además, a través del origen de los nombres de los elementos químicos, los participantes pueden ir a otros dominios del conocimiento como la mitología, la astronomía o la geografía, integrando el estudio de la química en el de otras áreas igualmente importantes en la formación de los estudiantes. Puede ser jugado por estudiantes de 4º de ESO, de bachillerato o de los primeros años de estudios universitarios en cursos generales de química o química inorgánica.

Objetivo del sabelotodo de la tabla periódica

El objetivo principal del sabelotodo de la tabla periódica es que los estudiantes se familiaricen de una manera amena con la tabla de los elementos químicos a través de una serie de preguntas y respuestas de diferentes grados de dificultad.¹ El juego consiste en:

1. En relación con el fundamento y el diseño del juego puede consultarse la bibliografía siguiente: I. ASIMOV, (1999), *Breve historia de la química*, Madrid, Alianza Editorial; D. W. BALL (1985), «Element etymology: What is in a name?», *Journal of Chemical Education*, 62 (9), 787-788; B. BENSUADE-VINCENT (1995), «Mendeleiev: Histó-

1. Un tablero, que es la tabla periódica, en donde los recuadros de los símbolos químicos aparecen en ocho colores diferentes, cada uno de los cuales representa un conjunto de elementos con un origen común para sus nombres o conocidos en una época de la historia determinada. Los elementos se encuentran agrupados de la siguiente manera:

- Recuadros rosados: Elementos nombrados por una cualidad o propiedad. Por ejemplo, el hidrógeno, productor de agua.
- Recuadros mostaza: Elementos cuyos nombres tienen su origen en un mineral. Por ejemplo, el aluminio, cuyo nombre proviene de la alúmina.
- Recuadros amarillos: Elementos conocidos desde tiempos remotos y elementos más recientes. Por ejemplo, el hierro y el ununnilio.
- Recuadros azules: Elementos nombrados a partir de cuerpos celestes. Por ejemplo, el helio, proveniente del sol.
- Recuadros morados: Elementos cuyos nombres recuerdan a personajes mitológicos o cuyos nombres tienen su origen en supersticiones populares. Por ejemplo, el mercurio y el cobalto.
- Recuadros anaranjados: Elementos denominados de acuerdo con el color de la sustancia simple o de sus líneas en el espectro de emisión. Por ejemplo, el cloro y el cesio.
- Recuadros verdes: Elementos que aluden a sitios geográficos. Por ejemplo, el europio y el americio.

2. Tarjetas de ocho colores —correspondientes a los colores del tablero— con tres preguntas de distinto grado de dificultad sobre todos y cada uno de los elementos de la tabla periódica y sobre temas relacionados con ésta de los cursos generales de química.

3. Dados y fichas para cuatro jugadores, o cuatro equipos, dependiendo del número de participantes.

Reglas del juego

El sabelotodo de la tabla periódica puede ser jugado por un mínimo de dos participantes. Para un número mayor de participantes, se podrán formar equipos de dos, de tres o de cuatro según el número de jugadores. Cada jugador o equipo lanzará el dado y el que saque el número mayor será el primero en comenzar el recorrido por el tablero. De ahí en adelante se seguirá en el sentido de las manecillas del reloj. Cada jugador lanzará un solo dado y avanzará un número de casillas igual al número obtenido en el lanzamiento. Una vez en la casilla correcta, un jugador de un equipo distinto al suyo sacará una de las tarjetas correspondientes al elemento. Para comenzar, el participante de quien sea el turno de

ria de un descubrimiento», en: M. SERRES (ed.), *Historia de las Ciencias*, Madrid, Cátedra, 502-525; ENCICLOPEDIA® Microsoft® Encarta 2001, ©1993-2000, Microsoft Corporation; J. A. PÉREZ-BUSTAMANTE DE MONASTERIO (1995), «Descubrimiento de nuevos elementos químicos en el período de vida de J. L. Proust (en conmemoración del 250 aniversario del nacimiento de Proust)», *Llull*, 18, 517-544; V. RINGNES (1989), «Origin of the names of chemical elements», *Journal of Chemical Education*, 66 (9), 731-738.

berá decir el nombre del elemento. Este será el santo y seña para comenzar a jugar. Si no lo sabe, perderá el turno.

Las preguntas de la tarjeta se irán haciendo en orden creciente de dificultad. Puesto que la finalidad del juego es aprender, en caso de que el participante no sepa la respuesta correcta, esta deberá ser leída en voz alta por quien haya hecho la pregunta. Ninguna pregunta deberá quedar sin contestar. Una vez completadas las tres preguntas, si el jugador ha respondido correctamente a la pregunta de una estrella, podrá avanzar una casilla, dos casillas por la de dos estrellas y tres por la de mayor grado de dificultad. Una vez completada una ronda, cada jugador o representante del equipo vuelve a lanzar el dado, y el procedimiento se repite. Ganará el juego quien llegue primero a la casilla 112.

Tipos de preguntas

Las preguntas tienen tres grados de dificultad. Las de grado de dificultad uno están identificadas por una estrella (*), las de grado de dificultad dos están identificadas por dos estrellas (**) y las de grado de dificultad tres, por tres estrellas (***)

Las preguntas de grado de dificultad uno corresponden a los conceptos generales de química y de la tabla periódica que pueden ser contestadas por los estudiantes a partir de 4º de ESO. Son preguntas típicas de esta categoría las siguientes:

- *¿Cuántos protones tiene en su núcleo?
- *¿Cómo se denominan cada una de las columnas de la tabla periódica?
- *¿Cómo se denominan cada una de las filas de la tabla periódica?
- *¿Qué es el número atómico?
- *¿Cuántos electrones tiene un átomo de ...?
- *¿Por qué se caracterizan los elementos del último grupo de la tabla periódica?
- *El Li^+ ¿es un anión o un catión?
- *¿Cómo se llama el grupo que encabeza el ...?
- *¿Cuántos electrones tiene el ... en su último nivel?
- *¿En qué grupo de la tabla periódica está ubicado el ...?
- *¿Cuál es el máximo número de enlaces que puede formar el ...?
- *¿Cuál es el compuesto de carbono más abundante en la atmósfera?
- *¿Qué es el hielo seco?
- *En la tabla periódica hay tres grandes bloques: el bloque principal, los metales de transición y las tierras raras. ¿A cuál de los tres pertenece el ...?
- *¿Qué porcentaje ocupa el nitrógeno en el aire que respiramos?
- *¿Cuál es el estado natural del nitrógeno?
- *¿Cuántos neutrones tiene el isótopo con número de masa 15 del nitrógeno?
- *¿Cuántos electrones tiene la especie N^{3-} ?
- *¿Cómo se llama un ión cargado negativamente?
- *¿Qué lugar ocupa el oxígeno en abundancia en nuestro planeta?
- *¿Qué porcentaje del aire que respiramos es oxígeno?
- *¿En qué período de la tabla periódica se encuentra el ...?
- *¿Qué son los isótopos?

- *¿Cuál es el número de oxidación (de valencia) del flúor en todos sus compuestos?
- *¿Qué debe sucederle al ... para parecerse al gas noble más cercano?
- *¿Qué tienen en común los elementos que están en un mismo grupo?
- *¿Cómo se llama un ión cargado positivamente?
- *¿En qué sustancia consumimos sodio diariamente?
- *¿Qué son isóbaros?
- *¿Qué significa que un elemento presente distintas formas alotrópicas?
- *¿Qué nombre reciben los elementos del bloque *d* de la tabla periódica?
- *¿Qué tienen en común los elementos que están en un mismo período?

Las preguntas de grado de dificultad dos pueden ser contestadas por los estudiantes a partir de bachillerato. Incluyen conceptos de modelos atómicos, distribución electrónica, comparación de propiedades periódicas, enlace, origen de los nombres de los elementos y algo de historia de la tabla periódica. Las siguientes son preguntas típicas de esta categoría:

- **¿Qué tienen en común el protio, el deuterio y el tritio?
- **¿En qué se diferencian los tres isótopos del hidrógeno?
- **¿Qué significa su nombre?
- **¿Qué es el número de masa de un elemento?
- **Si el número de masa del helio es 4, ¿cuántos neutrones hay en su núcleo?
- **¿Cuántos electrones de valencia tiene el ...?
- **¿Cuál es la distribución electrónica del ...?
- **Si el ... pierde su último electrón, ¿a qué gas noble se parece?
- **En las tríadas de Döbereiner, ¿cuáles eran los dos elementos compañeros del ...?
- **¿Cuál es el número de oxidación del ... en sus compuestos?
- **¿Cómo se llaman los compuestos binarios de boro y un metal?
- **¿Cuáles son las dos formas alotrópicas principales en que se presenta el carbono?
- **¿Cómo se llaman los compuestos orgánicos en los que hay carbonos unidos por enlaces dobles?
- **¿Qué es un mol?
- **¿Qué metal se encuentra en la clorofila?
- **¿Cuáles son las dos formas alotrópicas principales en que se presenta el oxígeno?
- **¿Qué significa la palabra *oxígeno*?
- **¿Cuál es la importancia del ozono en nuestra atmósfera?
- **¿Qué significa la palabra *halógeno*?
- **La notación F^- ¿significa que el flúor ha perdido un protón o que ha ganado un electrón?
- **¿Qué significa el nombre de este elemento?
- **¿Cuál es la configuración característica de la capa de valencia de los gases nobles?
- **¿Cuál es el contraión del Na^+ (ión sodio) en la sal común?
- **¿Qué tipo de enlaces forma preferentemente el magnesio?
- **El óxido de magnesio, MgO , ¿tiene carácter ácido o básico?
- **¿Cuál es el nombre común del óxido de aluminio?

- **¿Cuál es el nombre común del dióxido de silicio, SiO_2 ?
- **¿Por qué se denominó *ley de las octavas* a la propuesta del inglés John A. Newlands?
- **El compuesto binario que forma el azufre con el hidrógeno, H_2S , ¿es ácido o básico?
- **¿Qué es el bronce?
- **Cuando el galio se solidifica, ¿qué pasa con su volumen?
- **¿Cómo es el tamaño del selenio comparado con el del oxígeno?
- **¿Cuáles eran los tres elementos constituyentes de las tríada de Döbereiner en este grupo?
- **¿Cómo es la electronegatividad del antimonio comparada con la del rubidio?
- **¿En qué orbitales tienen sus últimos electrones los metales de transición interna?
- **¿Qué otro nombre recibe el bloque de los metales de transición?
- **¿En qué consistía el modelo atómico de Rutherford?
- **El ... ¿es un elemento natural o artificial?
- **¿Cómo se llama el compuesto AsH_3 ?

Las preguntas de grado de dificultad tres pueden ser contestadas por estudiantes de los primeros cursos de química universitaria (y probablemente también por los de bachillerato). Incluyen algo más sobre la historia del descubrimiento de los elementos y sobre algunas propiedades o características de las sustancias simples, así como preguntas de mayor profundidad sobre estructura atómica, propiedades periódicas o enlace. Algunas preguntas se hacen con respecto a los átomos y otras con respecto a los iones, con el fin de comprobar si los estudiantes tienen claro que los iones se forman por ganancia o pérdida de electrones y no por variación en el número de protones. Similarmente, algunas preguntas sobre nomenclatura de compuestos típicos de cada grupo piden que se dé el nombre del compuesto cuya fórmula se muestra y, otras veces, al contrario. Dentro de este tipo de preguntas están las siguientes:

- ***¿Cuántos neutrones tienen, respectivamente, el protio, el deuterio y el tritio?
- ***¿A qué se denomina *agua pesada*?
- ***¿Cómo se identificó el helio?
- ***¿Quién aisló el helio por primera vez en el laboratorio?
- ***¿Qué es una partícula alfa?
- ***¿Qué uso farmacológico tiene el litio?
- ***¿Por qué el ... se encuentra en el ... período?
- ***¿Puede el berilio formar moléculas diatómicas, Be_2 ?
- ***¿Cuál es el principal mineral que forma el berilio?
- ***¿Por qué el ... se encuentra en el ... grupo?
- ***¿Por qué el berilio es utilizado en los tubos de rayos X?
- ***¿Por qué le dieron inicialmente el nombre de *glucinio* al berilio?
- ***¿En qué piedras preciosas se encuentra el berilio?
- ***¿En qué compuesto conocido desde la antigüedad se encuentra el boro?
- ***¿Cuál es el número de oxidación del boro en el Mg_3B_2 ?
- ***¿Qué es el bórax?

- ***¿Para qué se utiliza el isótopo 14 del carbono?
- ***¿Qué lugar ocupa el diamante en la escala de dureza de Moh?
- ***¿Qué nombre recibió inicialmente el nitrógeno?
- ***¿Qué significa la palabra *nitrógeno*?
- ***¿En qué es utilizado el nitrógeno líquido?
- ***Una solución de amoníaco NH_3 ¿será ácida o básica?
- ***¿Qué hibridización utiliza el N para formar el NH_3 (amoníaco)?
- ***¿Qué es el agua oxigenada?
- ***¿Es cierto que el oxígeno es generador de ácidos?
- ***¿Cuál es el único elemento capaz de arrancarle electrones al oxígeno?
- ***¿Dónde se encontró por primera vez el neón?
- ***Si el nombre castellano de este elemento es *sodio*, ¿por qué su símbolo es Na?
- ***Cuando el sodio reacciona con el agua, ¿se forma una solución ácida o básica?
- ***¿Qué gas se desprende cuando el sodio reacciona con el agua?
- ***¿Qué es la leche de magnesia?
- ***¿Con qué nombre se conocía en la antigüedad el carbonato de magnesio?
- ***¿De dónde proviene el nombre del ...?
- ***¿Qué es un material refractario?
- ***¿En qué piedras preciosas se encuentra el aluminio?
- ***¿Cuál es la configuración electrónica del ión Al^{+3} ?
- ***¿Cuál es el principal método de producción comercial de aluminio?
- ***¿Por qué los vegetales pierden su color brillante cuando se cocinan?
- ***¿Cuál es el elemento que Mendeleiev predijo como eka-silicio?
- ***¿Cuál es el metal presente en la apatita?
- ***¿Qué significa la palabra *fósforo*?
- ***¿Por qué cuando un huevo hierva demasiado tiempo la yema se pone verdosa?
- ***¿A qué se denomina *agua dura*?
- ***¿Qué compuesto está presente en los esqueletos y las conchas de los organismos marinos?
- ***¿Qué es la calcita?
- ***¿Qué elemento predijo Mendeleiev con el nombre de dvi-manganeso?
- ***¿Cómo se obtiene el plutonio a partir del neptunio?
- ***¿Qué es la caparrosa verde?
- ***¿A qué astro asociaban los antiguos este elemento?
- ***¿Cuántos electrones desapareados tiene el ...?
- ***¿Qué es la alpaca?
- ***¿Cómo es la primera energía de ionización del zinc comparada con la primera energía de ionización del galio: mayor, menor o igual? ¿Por qué?
- ***¿Con qué nombre predijo Mendeleiev el elemento galio?
- ***¿Cuántos hijos e hijas tuvo la mitológica Níobe?
- ***Si se llama antimonio, ¿por qué el símbolo es Sb?
- ***¿Con qué metal está aleada la plata en la llamada *plata alemana*?
- ***Los halógenos ¿son buenos oxidantes o reductores?
- ***Los metales alcalinos ¿son buenos oxidantes o reductores?
- ***¿En honor a quién se nombró este elemento?

- ***¿Qué era el anillo telúrico?
- ***¿Cómo se llamaba la hija de Tántalo que originó el nombre de un elemento químico?
- ***¿Cómo se llama el mineral en el que fue hallado el radio por los esposos Curie?
- ***¿Qué elemento se obtiene cuando el radio emite una partícula alfa?
- ***¿Para qué se utiliza en radiología el sulfato de bario?
- ***¿Por qué el punto de fusión de los gases nobles aumenta al bajar en el grupo?
- ***¿Cuál es el estado natural del argón?
- ***¿Con qué elementos se combina el xenón?
- ***¿Con qué nombre se conocen los compuestos de coordinación de los metales de transición?
- ***¿Junto a qué elemento se encontró el praseodimio?
- ***¿Qué otros dos elementos son «mellizos» del neodimio?
- ***El compuesto binario del hidrógeno y el selenio ¿tiene carácter básico o ácido?
- ***¿Por qué el yodo es sólido si el flúor y el cloro son gaseosos?
- ***¿Dónde se encuentra ubicado el cinturón de Kuiper?
- ***¿En qué año fue descubierto?

Con todas estas preguntas y otras similares se arman cinco tarjetas para cada elemento, de tal manera que el juego tenga un total de 560 tarjetas.

Este sabelotodo es el complemento de «¿Cuántas cosas podemos aprender de la tabla periódica?», trabajo presentado por la autora dentro del programa de doctorado en didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas de la Universidad Autónoma de Barcelona, bajo la dirección de la doctora Mercè Izquierdo. En este trabajo se clasifican los elementos químicos de acuerdo al origen de sus nombres y se hace una pequeña descripción de cada uno, incluyendo particularidades o anécdotas. Además, se hace una breve alusión a lo que dio origen a su nombre, sea un personaje mitológico o un cuerpo celeste, un lugar geográfico o un científico famoso.

Conclusión

El sabelotodo de la tabla periódica permite aproximarse a la tabla periódica de una forma holística, de tal manera que los estudiantes pueden ver en ella una puerta y una herramienta para el aprendizaje no solo de la química, sino de otras muchas áreas del conocimiento, como la historia, la mitología, la astronomía, etc.

L'ENSENYAMENT DE LA TRIGONOMETRIA: ARISTARC DE SAMOS (310-230 aC)

M. Rosa Massa Esteve

Coordinadora del Grup de Treball d'Història de les Matemàtiques de l'Associació de Barcelona per a l'Ensenyament i l'Aprenentatge de les Matemàtiques
Centre per a la Recerca d'Història de la Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya

Paraules clau: *trigonometria, Aristarc de Samos, geometria, Sobre les mides i distàncies del Sol i la Lluna, ensenyament.*

Teaching trigonometry. Aristarchus of Samus (310-230 BC)

Summary: *History can be useful for science teaching. In this article I analyze one proposition of Aristarchus' On Sizes and Distances of the Sun and Moon as an example for using it in secondary school when trigonometry is introduced in the classroom. Aristarchus used theorems of geometry to approximate the sinus of small angles.*

Key words: *trigonometry, Aristarchus of Samus, Geometry, On Sizes and Distances of the Sun and Moon, teaching.*

Introducció

Les aportacions de la història de la matemàtica a l'ensenyament de la matemàtica són múltiples i depenen de molts factors. Per una banda, es requereixen molts esforços per part dels professors pel que fa a formació i a investigació; per l'altra, es necessiten materials adequats per no caure en el parany de l'anècdota fàcil sense cap contingut matemàtic. De fet, és una empresa molt difícil i costosa per a la societat. Tanmateix, les múltiples possibilitats d'utilització de la història de la matemàtica, com a recurs implícit i explícit, són eines que permeten millorar l'ensenyament de la matemàtica i la formació integral de l'alumnat (Massa, 2003).

La història de la matemàtica, com a recurs implícit, pot ser emprada en la fase de disseny d'una programació, per seleccionar context, problemes i fonts auxiliars, tenint en compte sempre que el més rellevant per a l'ensenyament és la gènesi dels problemes, les proves que van afavorir el desenvolupament d'una idea o d'un concepte. La clarificació d'aquest desenvolupament de les idees i les nocions pot servir també per a motivar la resolució de pro-

blemes actuals. L'evolució històrica d'un concepte matemàtic ens pot mostrar, doncs, les dificultats d'aprenentatge que pot tenir l'alumne i, alhora, ens pot indicar un possible camí per a la docència d'aquest concepte.

La història de la matemàtica també pot ésser utilitzada explícitament, sigui en els treballs de recerca dels alumnes de segon de batxillerat, en els crèdits variables de disseny propi o bé en la celebració de jornades o centenaris, tot afavorint una formació més integral de l'alumnat. Però, sobretot, la història pot ésser utilitzada per a introduir o per a assolir millor determinats conceptes matemàtics mitjançant l'anàlisi de textos històrics seleccionats.

Aquest article fa referència a aquest últim enfocament i forma part d'un projecte més ampli del Grup d'Història de les Matemàtiques¹ de l'Associació de Barcelona per a l'Ensenyament i l'Aprenentatge de les Matemàtiques (ABEAM) que investiga el naixement i desenvolupament de la trigonometria dins de les diferents civilitzacions. L'objectiu del projecte és seleccionar textos històrics rellevants dins la història de la trigonometria que ajudin l'alumne a assolir millor els conceptes trigonomètrics. La investigació se centra en el període que abasta des de l'antiguitat fins a l'època de Regiomontanus. Els textos històrics analitzats fins ara són els *Elements* d'Euclides (300 aC), l'*Almagest* de Ptolemeu (90 dC-168 dC), *Traité du quadrilatère* de Nassir al-Tusi (1201-1274) i *De triangulis Omnimodis* de Regiomontanus (1436-1476).² Aquí tractarem d'un llibre d'astronomia d'Aristarc de Samos (310-230 aC) en el qual es desenvolupen procediments geomètrics per a aproximar raons que avui identificaríem amb sinus d'angles petits. El text, que ha estat experimentat amb alumnes de primer de batxillerat, permet remarcar fonamentalment dues idees: l'aplicació de la trigonometria al càlcul de distàncies i el lligam de la trigonometria amb la seva eina base: la geometria.

Idees trigonomètriques a l'antiguitat

Com precisa Villuendas (1979: 40), cap historiador gosa fixar els inicis del desenvolupament de la ciència trigonomètrica. La trigonometria va sorgir, segurament, a través de diferents fils conductors i associada a d'altres disciplines com ara l'aritmètica, la geometria i, més tard, l'àlgebra.

Des del punt de vista cronològic, podem dir que la matemàtica «babilònica» (aprox. 1500 aC) va ser transmesa pels escribes i va ser utilitzada bàsicament per al càlcul pràctic. Els babilònics escrivien sobre tauletes d'argila en llenguatge cuneïforme. Entre aquestes n'hi ha moltes de numèriques (taules de multiplicació, taules de recíprocs, etc.). Les tècniques que feien servir per a la construcció d'aquestes taules constituïen el nexa entre els càlculs i la realitat administrativa i d'enginyeria. L'ensenyament de les matemàtiques corresponia als escribes, que eren capaços de calcular àrees de camps i volums de canals; van deixar escrites moltes tècniques de resolució de problemes, especialment en el camp de l'àlgebra. Tanma-

1. El Grup d'Història es va formar el curs 1999-2000 i pertany a l'ICE de la Universitat de Barcelona. Els membres del grup són M. Àngels Casals Puit (IES Joan Corominas), Iolanda Guevara Casanova (IES Badalona VII), Paco Moreno Rigall (IES XXV Olimpíada) i Fàtima Romero Vallhonestà (Inspecció de Barcelona-Comarques. Departament d'Educació).

2. Vegeu els articles ja publicats sobre l'*Almagest* (Massa i Romero, 2003) i sobre *De Triangulis Omnimodis* (Guevara i Casals, 2003).

teix, sembla que els babilònics no tenien un concepte quantificable d'angle i, per tant, res similar a la trigonometria.³ Se solen destacar les ternes pitagòriques que es trobaven calculades a les tauletes i la resolució de triangles rectangles. Segons Hoyrup (2002: 227-228) i Caveing (1994: 170) res semblant a les taules de cordes; mentre que tant Zeller (1944: 2) com Villuendas (1979: 40) remarquen que podien haver construït taules de cordes encara que no se n'hagin trobat ja que coneixien les tècniques per a fer-les i atès que les seves contribucions al càlcul de dades astronòmiques és molt important.

El que podem explicar sobre la matemàtica egípcia és quelcom diferent ja que s'hi troben alguns textos sobre tècniques de construcció de grans monuments, com ara les piràmides, els obeliscs i els colossos, que poden relacionar-se amb el que avui anomenem *trigonometria*. La majoria de les seves tècniques matemàtiques es troben escrites sobre papirs.⁴ Així, podem citar el paper Rhind (1650 aC), el paper de Moscou (1850 aC), el paper Reisner (1880 aC), el paper de Berlín (1850 aC) i el paper Kahun (1850 aC). Per la relació que té amb la trigonometria ens referirem al paper Rhind,⁵ en el qual l'escriba explica que es tracta d'una còpia d'un altre de dos-cents anys abans on s'intentava fer un recull del saber d'aquell moment. El paper Rhind consta de vuitanta-set problemes matemàtics de contingut aritmètic, algebraic i geomètric.⁶ Els egipcis eren capaços de calcular les àrees de triangles, rectangles i trapezoides de la manera usual actual, i també de calcular la inclinació que tindria una piràmide de base i altura donades. Així, en el problema número cinquanta-sis del paper Rhind es busca la relació entre l'altura de la piràmide i la meitat del costat de la base: l'escriba l'anomena el *seqt* de la piràmide; nosaltres en diríem la cotangent de l'angle d'inclinació d'un costat amb la base. En els problemes del número cinquanta-set al número seixanta continua buscant el *seqt* i, a més, emprant piràmides de costats proporcionals, comprova que es conserva el *seqt*. Aquesta és l'única relació que hem trobat que es pot interpretar amb llenguatge trigonomètric.

Aristarc de Samos (310-230 aC)

No hem d'oblidar la relació estreta que van tenir els inicis de la trigonometria amb l'astronomia. És per això que tractarem d'un llibre d'astronomia on es resolien problemes

3. Més informació sobre la matemàtica babilònica a Hoyrup (2002).

4. Amb el descobriment de la pedra de Rosetta el 1799 el problema d'interpretar el llenguatge egipci va ser resolt. Els egipcis tenien tres estils diferents: jeroglífic (objectes, plantes, animals...), hieràtic (utilitzat pels sacerdots) i demòtic (utilitzat pel poble). Les fonts matemàtiques que es conserven estan escrites en estil hieràtic. Més informació a Caveing (1994: 237-404).

5. El paper Rhind es troba ara al Museu Britànic de Londres; el seu nom deriva de l'anglès A. H. Rhind, que el va comprar a Luxor el 1858.

6. Existeix una transcripció amb notes del paper Rhind de 1877, 1923 i 1927. En aquest paper trobem nombrosos problemes sobre la divisió de pans entre homes en parts iguals i desiguals. Uns altres problemes són per determinar les quantitats de grans necessàries per fer pa. Però hi ha problemes que no es refereixen a objectes específics, com per exemple el número vint-i-quatre, que tracta de trobar un nombre que sumat a la seva setena part doni dinou. L'escriba utilitza el mètode de falsa posició, o sigui prova un nombre i compara la solució amb el dinou. Veient aquest tipus de problemes hom pot creure que el paper Rhind era un llibre de mà amb exercicis per a joves estudiants (Maor, 1998).

geomètrics considerant conegudes algunes relacions —que per nosaltres són trigonomètriques— entre angles i costats d'un triangle. Es tracta de l'obra *Sobre les mides i distàncies del Sol i la Lluna* (287 aC) d'Aristarc de Samos.

Segons Stahl (1971: 246), Aristarc va ser anomenat *el matemàtic* i en l'època era citat com un dels pocs homes que tenien un profund coneixement de totes les branques de la ciència: geometria, astronomia, música... Que Aristarc era un geòmetra molt capaç queda provat en el treball d'astronomia esmentat. Va escriure també sobre visió, llum i colors. Aristarc deia que els colors eren «formes estampant l'aire amb impressions de com elles mateixes eren». A més, sembla que Aristarc va ser el primer en presentar la hipòtesi heliocèntrica. Arquimedes, contemporani seu, ho afirma en un passatge de la seva obra *l'Arrenari* (216 aC), i també el cita Copèrnic (Stahl, 1971: 247). De fet, Aristarc suposa que les esferes de les estrelles i el Sol romanen en l'espai sense moure's i que la Terra gira al voltant del Sol. Aristarc compara l'esfera de les estrelles fixes amb l'òrbita de la Terra. Tanmateix, l'obra que expliquem a continuació devia ser anterior ja que no presenta la hipòtesi heliocèntrica.

La seva obra *Sobre les mides i distàncies del Sol i la Lluna* es trobava en un recull de textos anomenat *Petita Astronomia* juntament amb l'*Optica* d'Euclides, les *Sphaericae* de Teodosio i d'altres (Heath, 1913: 317-321). Constituïa un curs d'introducció a l'astronomia. Es troba escrita en grec i en àrab. Una traducció del grec a l'àrab la va fer Luqa al-Balabakki, que va morir el 912. Més tard, al-Tusi va fer una recensió de tots els llibres de *Petita Astronomia*. La primera edició de l'obra va ser una traducció llatina de George Valla el 1448 i, a partir d'aquesta data, es van succeir diverses traduccions: Commandino (1572), Wallis (edició grega, 1688), Fortia d'Urban (1810). L'edició de Heath (1913) que hem treballat és una traducció anglesa a partir d'un manuscrit grec del Vaticà, del text de Wallis i de la traducció francesa de Fortia d'Urban.

En la seva obra, Aristarc parteix de sis hipòtesis sobre les mides i distàncies dels astres i mitjançant divuit proposicions demostra tres tesis. Anticipant-se als mètodes trigonomètrics posteriors, Aristarc va ser el primer en desenvolupar procediments geomètrics per a aproximar els sinus d'angles petits. Treballa amb angles expressats com a fraccions d'angle recte i expressa els sinus com a raons dels costats dels triangles a fi de determinar els límits entre els quals es troba el valor que busca. Treballa amb raons trigonomètriques sense dir-ho ja que en aquell temps no existien les expressions actualment conegudes com a $\sin \alpha$... i, a més, utilitza resultats trigonomètrics com si els conegués.

Les hipòtesis de les quals parteix són (Heath, 1913: 353):

1. La Lluna rep la llum del Sol.
2. La Terra és com un punt al centre de l'esfera en la qual es mou la Lluna.
3. Quan la Lluna se'ns mostra partida en dues parts, el gran cercle que separa la foscor i la claror de la Lluna s'inclina cap a la nostra visió.
4. Quan la Lluna se'ns mostra partida per la meitat, llavors la mateixa Lluna s'allunya del Sol menys d'una quarta part (90°) en una trentena part d'un quadrant (o sigui, 3°).
5. L'amplada de l'ombra de la Terra se suposa com dues llunes.
6. La Lluna subtendeix una quinzena part d'un signe del zodíac (o sigui, una quinzena part de 30°).

Ara, en aplicar el teorema de Pitàgores al triangle isòsceles ($BE = FE$) format per la meitat del quadrat, es compleix que $FB^2 = 2 BE^2$. A continuació aplica proporcions als triangles semblants i arriba a la conclusió que $FG^2 = 2 GE^2$.

L'estratègia que usa tot seguit és utilitzar la raó $50 : 25 = 2 > 49 : 25$. Llavors escriu:

$$FG^2 : GE^2 = 2 > 49 : 25$$

En treure l'arrel quadrada, queda $FG : GE > 7 : 5$. En compondre la raó (*componendo*) $FG + GE = FE$ (Euclides, 1956: 114-115), resulta:

$$FE : GE > 12 : 5 = 36 : 15$$

Però com que abans havia demostrat que $GE : HE > 15 : 2$, en fer el producte de les dues raons (*ex aequali*), $FE : GE$ amb $GE : HE$, resulta:

$$FE : HE > 36 : 2 = 18 : 1$$

O sigui que $FE > 18 HE$, però com que $FE = BE$ (costats del quadrat), llavors $BE > 18 HE$. Sabem també que BH , que és la hipotenusa, és més gran que BE , que és un catet, llavors:

$$BH > 18 HE$$

Ara escriu aquest resultat en el triangle semblant a aquest, és a dir, la demostració que ha fet en el triangle BHE l'expressa en el triangle ortogonal ABC mitjançant la proporció $BH : HE = AB : CB$ i conclou que $AB > 18 CB$.

O sigui que la distància al Sol des de la Terra (AB) és més gran que divuit vegades la distància a la Lluna des de la Terra (CB).

Cal remarcar que el mètode d'Aristarc és correcte però la demostració es basa en l'angle de 87° de la hipòtesi quarta que ha obtingut mitjançant observació i que en realitat val $89^\circ 50'$ (Boyer, 1968: 212).

Conclusió

L'ús de casos històrics és un dels recursos que es pot utilitzar per a millorar la transmissió i l'assoliment dels continguts matemàtics i també per a actuar de revulsiu en aquells casos en què l'alumne no troba motivació en les matemàtiques.

En el cas de la trigonometria, a l'hora d'utilitzar aquest text podem presentar el personatge, situar-lo en l'època i intentar explicar les idees astronòmiques del moment. L'exemple que acabem de demostrar és gratificant tant pel que apren l'alumne com per l'interès que desperta en relacionar la geometria i la trigonometria amb una qüestió cabdal per a la humanitat com és conèixer millor el nostre univers. Més enllà de les idees matemàtiques l'interès d'aquesta obra d'Aristarc rau també en la presentació d'un mètode rigorós de càlcul de distàncies relatives Terra-Sol i Terra-Lluna que va contribuir a un major coneixement astronòmic.

Bibliografia

- BOYER, C. (1968). *Historia de la matemática*. Madrid: Alianza Universidad.
- CAVEING, M. (1994). *Essai sur le savoir mathématique. Dans la Mésopotamie et l'Égypte anciennes*. Lilla: Presses Universitaires de Lille.
- EUCLIDES (1956). *The Elements*. Vol. 2. Nova York: Dover. [Edició anglesa de T. L. HEATH]
- 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, 191-199.
- HEATH, T. L. (1913). *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*. Oxford: Clarendon Press.
- HOYRUP, J. (2002). *Lengths, Widths, Surfaces. A Portrait of Old Babylonian Algebra and Its Kin*. Nova York: Springer-Verlag.
- 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*, 21, 4-9.
- MASSA, M. R.; ROMERO, F. (2003). «De la geometria a la trigonometria: El teorema de Ptolemeu». A: BATLLÓ, J. [et al.] [ed.]. *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: SCHCT, 153-159.
- NEUGEBAUER, O. (1969). *The exact sciences in Antiquity*. Nova York: Dover.
- STAHL, W. H. (1971). «Aristarchus of Samos». A: GILLISPIE, C. C. [ed.]. *Dictionary of Scientific Biography*. Nova York, 246-250.
- VILLUENDAS, M. V. (1979). *La trigonometria europea en el siglo XI. Estudio de la obra de Ibn Muad «El Kitab mayhulat»*. Barcelona: Instituto de Historia de la Ciencia de la Real Academia de Buenas Letras.
- ZELLER, Sister Maria Claudia (1944). *The Development of Trigonometry from Regiomontanus to Pitiscus*. Michigan: Ann Astor: University of Michigan.

UNITAT DIDÀCTICA: HISTÒRIA DE L'ÚS DE PLANTES MEDICINALS

Francisco Pérez García

Unitat de Farmacologia i Farmacognòsia. Universitat de Barcelona
Institut d'Educació Secundària Pompeu Fabra, Martorell

Paraules clau: *plantes medicinals, farmacologia, fitoteràpia.*

Didactic lesson: History of the use of medicinal plants

Summary: History of the use of medicinal plants is a didactic lesson designed for secondary education that could be taught in the areas of Social Sciences, Natural Sciences, History and Technology. It includes a visit to the Museum of History of Pharmacy of Catalonia, a dialogue about paramedicine and the learning of several historical ideas about history of medicinal plants. It is explained the role of animist concept of nature in ancient societies, the role of ancient non occidental societies medicines (Precolombine, Chinese and others), the occidental history (from Ebers papyrus, Dioscorides, medieval Arabian contribution including Arnau de Vilanova and Ramon Llull points of view among others) until present scientific knowledge of plants based on quality, security and efficacy.

Key words: *medicinal plants, pharmacology, phytoterapy.*

L'ensenyament de la història de l'ús de les plantes medicinals a l'ensenyament secundari, tant a l'educació secundària obligatòria com al batxillerat, es pot abordar des de diferents matèries: ciències socials, història, ciències naturals i tecnologia. Aquesta unitat didàctica inclou una activitat de debat sobre paramedicina, una visita al Museu de la Farmàcia Catalana (Facultat de Farmàcia) i els següents coneixements teòrics.

El començament de la història: La matèria màgica

Des de quan va començar l'ésser humà a utilitzar plantes medicinals per guarir-se? La resposta no és molt difícil: des de temps prehistòrics. La prova més antiga de l'ús de plantes medicinals s'ha trobat en una cova a Shanidar, al sistema muntanyós del Zagros, al Nord de l'Iraq, on es va trobar un home de Neandertal enterrat fa 50.000 anys amb diverses plan-

tes medicinals (e. g. *Ephedra altissima* i d'altres dels gèneres *Achillea*, *Centaurea*, *Senecio*), algunes de les quals són utilitzades a la zona encara avui per les seves propietats medicinals (Lietava, 1992: 263). També s'han trobat plantes medicinals per tractar malalties parasitàries que patia «l'home del gel» trobat congelat des de fa més de 5.300 anys als Alps suïssos (Cassano, 1998: 1864).

L'home prenia plantes medicinals a l'atzar i seleccionava aquelles que li anaven bé gràcies a la tradició oral i també, en part, a l'observació d'altres animals. Així, s'ha observat que ximpanzés i goril·les (a més a més de la tribu humana dels tongwe) de Tanzània utilitzen la planta *Vernonia amygdalina* contra la malària i recentment s'han demostrat científicament els seus efectes antimalàrics en animals d'experimentació així com els principis actius esteroïdics derivats del vernoniol B-1 (Huffmann, 2003: 371-381). La malaltia tenia un origen sobrenatural i el seu tractament estava basat en una visió animista del món, en que tot té esperit, les forces espirituals expliquen tots els fenòmens i cada succés és una manifestació d'aquests poders. El bruixot, que té alhora funcions de sacerdot i de curandero, pot guarir amb plantes medicinals mitjançant quatre mecanismes (Carmona, 2003: 7-8):

- a) Repulsió: el malalt ingereix plantes repugnants que espanten els esperits dolents.
- b) Afalac: els productes agradables dolços atrauen l'esperit fora del cos.
- c) Transferència a un animal o un objecte.
- d) Engany: enterrament fingit d'un maniquí per enganyar l'esperit i fer que marxi.

Les civilitzacions antigues: Comença la matèria mèdica

Hem d'entendre la diversitat i la riquesa cultural no occidental en aquesta àrea, com la rica medicina inca, maia i asteca així com les medicines tradicionals xinesa i hindú, cadascuna amb més d'un miler de productes vegetals, alguns incorporats a la medicina occidental i d'altres en fase clínica II als Estats Units, com ara la planta *Coix lachryma-jobi*, per al tractament del càncer (Normile, 2003: 188).

La civilització mesopotàmica va aportar diferents tauletes. Destaquem la tauleta de Nippur, escrita per un metge sumeri de finals del tercer mil·lenni abans de Crist. Conté plantes medicinals com el senet, el perer, l'abet, la figuera i la palmera, amb la forma d'administració (en cervesa, vi o olis) i les malalties que combaten.

La civilització egípcia va aportar diferents papirs, com el d'Ebers, de 20,23 metres i amb més de set-cents fàrmacs, molts d'ells d'origen vegetal. Entre els fàrmacs identificats hi ha el conegut efecte laxant del senet, a més de pregàries religioses i dotze encanteris així com la «teràpia de les immundícies», comuna a l'edat moderna.

Les cultures precolombines eren molt riques. Els metges inques buscaven la causa de la malaltia mitjançant plantes al·lucinatòries i es feia ús de la coca com a anestèsia per a operacions de trepanació. Els asteques utilitzaven també plantes medicinals al·lucinatòries com el peiot, i existien llibres del segle XVI escrits per metges indígenes asteques: Juan Badiano i Martín de la Cruz. Els metges maies seguien la teoria de la signatura que més tard defensarà Paracels (les plantes de color groc van bé per a la icterícia; les de color vermell, per a malalties de la sang; les que tenen forma de fetge, cor o un altre òrgan, per a malalties d'a-

quell òrgan) i una doctrina de tipus pitagòric de tractament de tretze dies per a homes i nou dies per a dones. Un estudi recent ha demostrat que moltes de les quaranta-vuit plantes identificades contra diferents malalties utilitzades pels maies tenen activitats farmacològiques (Anki *et al.*, 2002: 43-52). En una revisió recent d'indígenes nord-americans s'ha trobat que les més de cent tribus índies van desenvolupar més de dues-centes drogues indígenes, moltes d'elles encara utilitzades allà i en altres parts del món (Borchardt *et al.*, 2003: 187).

Les civilitzacions clàssiques (Grècia i Roma): *Contrari contraris oponenda*

La medicina hipocràtica, i sobretot la derivada de Galè, ha tingut influència fins al segle XVIII: abans que contradir els clàssics, la natura s'equivocava. La salut s'entenia com l'equilibri entre quatre humors (flegma, sang, bilis groga i bilis negra) amb quatre qualitats (calentor, fredor, sequedat i humitat). La malaltia era el desequilibri humoral i el tractament estava basat en la doctrina de *contrari contraris oponenda*, és a dir, les plantes medicinals s'oposen a l'humor desequilibrat amb activitats evacuants (vomitiu, esternutatori, purgants, diurètics) o que milloren la qualitat de l'humor alterat (aperitiu, tònic, revulsiu, analgèsic). D'acord amb aquesta idea, els fàrmacs tenen quatre graus de virtut, de zero a quatre, que poden variar segons l'hora del dia, l'edat del pacient i l'època de l'any. Galè introduí més de cent remeis vegetals, entre els quals destacava la triaga, un dels remeis universals, que contenia fins a setanta components, entre ells opi iscil-la.

En el segle I dC, el grec Dioscòrides, amb *De materia medica*, descriu més de sis-cents plantes medicinals incloent descripció botànica, hàbitat, propietats medicinals, indicacions terapèutiques amb dosificacions, efectes col·laterals, control d'adulteracions, etc.

Medicina àrab medieval: El paper d'Arnau de Vilanova i Ramon Llull

Arnau de Vilanova i Ramon Llull van ser dos elements cabdals en la contribució catalana al món farmacèutic (Esteva de Sagra, 1973: 1-364). Arnau de Vilanova (1235-1312) era un metge valencià format a l'escola de Montpeller i amb influències d'al-Kindi, que va ser metge de reis i papes. Al-Kindi sostenia que l'acció farmacològica creix en proporció aritmètica si la qualitat de la que depèn creix en proporció geomètrica, opinió contrària a Averrois. Arnau de Vilanova va publicar *Antidotarium*, on explica com recol·lectar plantes medicinals, com preparar, moldre, coure, donar sabor i conservar-les adequadament. Cita alguns electuaris (preparats a base de mel) com a invenció seva, en especial contra «el mal de pedra», en què era gran especialista, a més de molts xarops, hieres (barreja de purgants galènics), triagues (remeis universals amb moltes plantes medicinals), vomitiu, olis, medicaments a base d'opi. A *De simplicibus* classifica els medicaments simples de forma galènica en «temperats», en els quals no predomina cap qualitat (com l'espàrrec, el lilà, el senet) i altres amb diferents graus (de zero a quatre) de les propietats bàsiques (calentor, fredor, humitat i sequedat). Així, com a exemple, la camamilla, el melilot, el xiprer i l'altea tenien el primer grau de calentor amb sequedat (*medicines calidis in primo cum succitate*). Els medicaments simples s'havien de barrejar de forma que la barreja resultant tingués un grau de qualitat contrària a la malaltia i fos capaç de contrarestar-la.

Ramon Llull va ser un savi mallorquí coetani d'Arnau de Vilanova, que va aplicar a la farmàcia un mètode combinatori peculiar anomenat *Ars Magna* que va desenvolupar gràcies a una visió. En la seva obra *L'arbre de la ciència* desenvolupa un procés terapèutic molt simplificat en quatre fases (Esteva de Sagrera, 1973: 123-125):

Fase 1. Observació del grau de la malaltia, que depèn de l'hora del dia (segons l'hora, la causa és un dels quatre elements amb un grau d'u a quatre).

Fase 2. Coneixement dels graus de les plantes medicinals. Per Ramon Llull sols hi havia quatre plantes medicinals: pebre, canyella, anís i fonoll. Com exemple, el pebre tenia el quart grau de calor (foc), el tercer grau de sequedat (terra), el segon grau d'humitat (aire) i el primer grau de fredor (aigua).

Fase 3. Elaboració dels setze electuaris generals, resultat de la combinació de les propietats de calor, sequedat, humitat i fredor de les quatre plantes medicinals esmentades.

Fase 4. Correcció de la malaltia deguda al grau n , mitjançant l'administració d'un electuari la qualitat contrària del qual sigui de grau $n + 1$.

Ramon Llull, d'acord amb això, creia la doctrina galènica de *contrari contrariis oponenda* però també la teoria diametralment oposada de *similia similibus curentor*, és a dir, curació per contraris i també per semblants.

Durant aquella època (1285-1315) apareixen els apotecaris, que a Barcelona estaven situats al carrer dels Especiers o Especiaires, actualment el carrer de la Llibreteria. A Barcelona, d'entre la vintena de coneguts destacà Pere Jutge, que va estar al servei de la casa de Jaume II i va tenir molta relació amb Arnau de Vilanova (Jordi, 1997: 15). El 1339 el rei Pere el Cerimoniós, mitjançant el mostassaf, un funcionari que anava acompanyat per un físic, un droguer i dos especiers, inspeccionava els apotecaris catalans perquè no tinguessin «herba de ballesta» (el lèbor blanc o acònit), que es feia servir per emmetzinar sagetes (Cardoner, 1973: 153). A Manresa, l'apotecari Bernat Dezpujol escriu el famós *Receptant de Manresa* entre 1291 i 1328, que recull receptes amb plantes medicinals (Cardoner, 1973: 184).

De les farmacopees al desenvolupament científic actual

Paracels va tenir un paper clau al segle xv en canviar la idea d'equilibri humoral de la salut per la de l'equilibri químic basat en tres compostos: el sofre, el mercuri i la sal. En aquells temps encara no se separa alquímia de química. Paracels defensà la teoria de la signatura, segons la qual plantes de forma similar a òrgans o de color semblant serveixen per a malalties semblants (*similia similibus curantor*). A més proposa la teoria de la quinta essència o teoria iatroquímica, segons la qual l'activitat d'un remei s'incrementa notablement si es procedeix a una sèrie de manipulacions per a l'extracció de la quinta essència. L'obtenció d'olis essencials per destil·lació a partir de plantes medicinals era una pràctica relativament freqüent en aquella època i els productes obtinguts es mostraven molt més actius que els materials de partida, cosa que corroborava les afirmacions de Paracels.

El descobriment d'Amèrica suposa diferents exploracions, com la de tres mil plantes mexicanes medicinals feta per Francisco Hernández els anys 1571-1577 i ordenada per

Felip II, publicada com *Tesoro de las cosas medicinales de la Nueva España*. Així, s'introdueixen diferents sarsaparrelles, els bàlsams de Tolú i del Perú, el tabac i la coca. Al segle XVII s'introdueix l'escorça de cincona, la quina, per lluitar contra el paludisme: segons una llegenda va curar la marquesa de Chinchón, esposa del virrei del Perú, motiu pel qual Linné va anomenar *Cinchona* el gènere botànic de les quines. Al segle XVIII el britànic William Wittering introdueix la *Digitalis purpurea* a Europa, útil per a diverses patologies, com les de tipus cardíac.

El català de Perpinyà Josep Quer (al qual Linné dedica el gènere *Queria*) va publicar el 1762 *Flora espanyola*, de sis volums, que inclou la descripció botànica de cada planta, les seves virtuts medicinals i l'anàlisi química de les parts emprades en medicina. Tant en aquest llibre com a la *Pharmacopeia matricensis*, del mateix any, es descriuen uns compostos anomenats *sals essencials*, cristalls obtinguts de sucus vegetals colats i evaporats amb propietats semblants però no idèntiques. Cal destacar que la segona farmacopea mundial existent és la farmacopea de Barcelona de 1511: *Concordiae apothecarium barcinonensis*.

Molt després, al segle XIX, es van aïllar els compostos biològicament actius de les plantes medicinals començant pel alcaloides. Finalment, al segle XX, amb els coneixements químics es va procedir a la síntesi de compostos químics naturals i d'altres totalment nous o procedents de semisíntesi d'altres compostos, que es caracteritzaven, moltes vegades, per ser més barats i més eficaços i per tenir menys efectes secundaris.

L'opi (*Papaver somniferum*) n'és un exemple: descrit com a remei per evitar que els nens plorin al papir d'Ebers (1500 aC), citat per Homer a l'Odissea (s. IX aC) com a productor de son i a Roma com a component de la *spongia somnifera* per anestesiar, fins arribar al principi actiu, la morfina, descoberta per Sertürner el 1806 i anomenada així en honor al déu Morfeu. Actualment es coneix el seu mecanisme d'acció mitjançant la unió a receptors opioides, que tenen uns lligands endògens, fabricats pel mateix cos, anomenats *endorfines*. Es tracta de petits pèptids que el cos secreta en situacions d'estrès i que tenen una acció analgèsica provocada per la unió del seu nucli comú, format per tirosina-glicina-glicina-fenilalanina, i diferents receptors opioides (Brownstein, 1993: 5391-5393).

L'Organització Mundial de la Salut estima que de les més de tres-centes mil espècies identificades de plantes superiors menys de l'1 % ha estat investigat. A més, més del 80 % de la població mundial confia en les plantes medicinals per a la seva salut. Més de la meitat dels fàrmacs actuals deriven de plantes. Podríem citar molts exemples: *a*) la quinina i la morfina, obtingudes respectivament de l'escorça de la cincona i de l'opi, amb activitats antimalàrica i analgèsica; *b*) l'àcid acetilsalicílic, desenvolupat per un mètode etnofarmacològic, és a dir, a partir del seu ús tradicional, descobert a partir de l'àcid salicílic i la salicina, present a l'escorça de salze, utilitzada tradicionalment contra dolors i inflamacions cròniques, trobats ja a taules cuneiformes sumèries i al papir d'Ebers (Jack, 1997: 437-438); *c*) el paclitaxel (taxol), i derivats, un del fàrmacs anticancerígens més venuts, obtingut pel National Cancer Institute dels Estats Units per recerca a l'atzar entre milers d'espècies vegetals i descobert a partir de l'escorça del teix, amb un mecanisme d'acció diferent (Abat *et al.*, 2003: 193).

El coneixement actual està basat en l'existència d'una base científica que sustenta la qualitat, la seguretat i l'eficàcia per a l'ús racional dels medicaments a base de plantes (Berman, Strauss, 2004: 1-16). De cara al futur hem de fer un ús sostenible dels recursos naturals com a font de medicament com és el cas de l'escorça de l'arbre *Prunus*

africana, àmpliament emprada per a la hipertròfia benigna de pròstata, i que és una entre moltes espècies vegetals d'interès farmacèutic amenaçades per la sobreexplotació humana (Stewart, 2003: 3-13)

Bibliografia

- ABAL M.; ANDREU, J. M.; BARASOAIN, I. (2003). «Taxanes: microtubule and centrosome targets, and cell cycle dependent mechanism of action». *Curr. Cancer Drug Targets*, 3, 193-203.
- ANKI, A.; HEINRICH, M.; BORK, P. [et al.] (2002). «Yucatec Mayan medicinal plants: evaluation based on indigenous uses». *J. Ethnopharmacol.*, 79, 43-52.
- BERMAN, J. D.; STRAUSS, S. E. (2004). «Implementing a research agenda for complementary and alternative medicine». *Annual Review Medicine*, 55, 1-16.
- BORCHARDT, J. K. (2003). «Native American drug therapy: USA and Canada». *Drug New Perspect.*, 16, 187-191.
- BROWNSTEIN, M. J. (1993). «A brief history of opiates, opioid peptides, and opioid receptors». *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 90, 5391-5393.
- CAPASSO, L. (1998). «5300 years ago, the Ice Man used natural laxatives and antibiotics». *The Lancet*, 352, 1864.
- CARBONER, A. (1973). *Història de la medicina a la corona d'Aragó (1162-1479)*. Barcelona: Scientia.
- CARMONA, A. M. (2003). *Història de la farmàcia*. 9a edició. Gràficas Signo.
- ESTEVA DE SAGRERA, J. (1974). *Estudio de la aportación medico-farmacéutica de Ramon Llull y Arnau de Vilanova*. Barcelona: Universitat de Barcelona. [Tesi doctoral]
- HUFFMANN, M. A. (2003). «Animal self-medication and ethnomedicine: Exploration and exploitation of the medicinal properties of plants». *Proc. Nutr. Soc.*, 62, 371-381.
- JACK, D. B. (1997). «One hundred years of aspirin». *The Lancet*, 350, 437-439.
- JORDI, R. (1997). *Aportació a la història de la farmàcia catalana (1285-1997)*. Barcelona: Fundació Uriach 1838.
- LIETAVA, J. (1992). «Medicinal plants in the Middle Paleolithic grave Shanidar IV». *J. Ethnopharmacol.*, 35, 263-266.
- NORMILE, D. (2003). «The new face of Traditional Chinese Medicine». *Science*, 299, 188-190.
- STEWART, K. M. (2003). «The African cherry (*Prunus africana*): Can lessons be learned from an over-exploited medicinal tree?». *J. Ethnopharmacol.*, 89, 3-13.

ELS INSTRUMENTS CIENTÍFICS DELS INSTITUTS D'ENSENYAMENT MITJÀ: UN EXTRAORDINARI PATRIMONI CULTURAL QUE HEM DE PRESERVAR I ESTUDIAR¹

Josep Simón Castel (1), Antonio García Belmar (2) i José Ramón Bertomeu Sánchez (1)

1) Institut d'Història de la Ciència i Documentació López Piñero. Universitat de València - Consell Superior d'Investigacions Científiques

2) Departament de Salut Pública. Universitat d'Alacant

Paraules clau: *instruments científics, patrimoni científic, cultura material de la ciència, ensenyança de la ciència.*

Scientific instruments in secondary schools: an exceptional cultural heritage to be preserved and studied

Summary: Several important collections of scientific instruments are preserved in secondary schools but just a small group have been properly catalogued and studied. Unfortunately, they are not commonly regarded as a relevant part of the cultural heritage. However, recent trends in history of science offer new perspectives to study these objects from new points of view. We review some recent studies about collections of scientific instruments in secondary schools and we offer preliminary conclusions of our current work on this topic.

Key words: *scientific instruments, scientific heritage, material culture of science, pedagogy of science.*

Els instruments científics són un dels elements més característics de la cultura material de la ciència. Per aquesta raó, existeixen nombrosos estudis sobre aquests objectes, des de catàlegs detallats de diverses col·leccions fins a estudis històrics sobre el paper d'aquests instruments en les investigacions científiques. En l'actualitat aquests treballs constitueixen una especialitat força ben definida de la història de la ciència, i hi ha una comissió particular

1. Aquest treball forma part del projecte d'investigació «La cultura material de la ciència» (BHA2000-0434).

(*Scientific Instrument Commission*) dins de la Societat Internacional d'Història de la Ciència, que s'encarrega d'organitzar congressos i editar bibliografies que reflecteixen el creixent interès per aquest tema. Existeixen catàlegs col·lectius *online* com *Epact*, que reuneix instruments anteriors al 1600 de quatre dels principals museus europeus, o l'*Online Register of Scientific Instruments* (ORSI), que inclou disset col·leccions i conté més de sis mil referències. Durant els últims anys han aparegut també diverses obres importants dedicades al tema, des d'enciclopèdies (Bud, 1998) fins a llibres col·lectius (Hankins i Helden, 1994; Holmes i Levere, 2000; Morris, 2002) i nombroses monografies i estudis (Turner, 1983) que permeten conèixer les variades tendències predominants en aquesta àrea.

Al mateix temps, la tasca realitzada per diversos museus ha permès la constitució de grans col·leccions de peces d'origen molt divers i ha donat lloc, en ocasions, a l'aparició d'importants centres de recerca en història de la ciència, com ara el Science Museum de Londres, el Deutsches Museum de Munic, el Conservatoire des Arts et Métiers de París o el Museo di Storia della Scienza de Florència. Aquestes col·leccions estan formades principalment per instruments que han estat emprats per grans figures científiques del passat o que pertanyen a destacades institucions de recerca. Són aquests instruments espectaculars els que més han atret l'atenció de conservadors de museus i historiadors de la ciència, degut als plantejaments historiogràfics, que han limitat l'anàlisi de l'activitat científica a les grans figures de la història de la ciència en el marc d'una història de grans fites. Aquest tipus d'aproximació ha perdut pes en les últimes dècades a favor d'una visió més àmplia de la ciència, donant pas a nous protagonistes, espais, contextos geogràfics i institucionals i problemes històrics. El canvi de tendència queda reflectit en la transformació dels objectius plantejats pels grans catàlegs nacionals d'instruments. Els autors del recentment publicat inventari d'instruments d'Irlanda afirmen que han pretès recollir instruments emprats tant en la recerca com en l'ensenyament de la ciència, així com els emprats en enginyeria o, fins i tot, en l'àmbit domèstic amb finalitats recreatives (Mollan, 1995). Aquests nous plantejaments han fet que certes col·leccions d'instruments, poc estudiades fins avui, hagen cobrat nou interès. És el cas dels instruments emprats en l'ensenyament de les ciències, que s'han beneficiat no només del canvi de perspectiva abans citat sinó d'un creixent interès dels historiadors per la història de l'ensenyament de les ciències. Els estudis disponibles mostren l'important paper que juguen les diverses pràctiques docents en la formació d'escoles d'investigació o de cultures de la precisió que condicionen fortament les característiques de l'activitat científica. L'ensenyament científic és, a més a més, un espai en el que les «forces socials, econòmiques i polítiques interaccionen fortament amb l'estructura i la funció del coneixement científic» (Olesko, 1991). Els professors i els estudiants són autèntics protagonistes d'un procés creatiu del que poden sorgir noves idees científiques o valors i normes de conducta que condicionen la carrera posterior dels científics. Una bona mostra d'aquesta tasca creativa són els llibres de text de ciències, els continguts dels quals estan condicionats tant per la formació dels autors com pels interessos dels lectors, els espais institucionals on s'imparteix l'ensenyament, els beneficis perseguits pels editors o les tècniques d'impressió disponibles en cada moment (Bensaude-Vicent *et al.*, 2003). L'anàlisi d'aquestes obres, junt amb la rica documentació d'arxiu que, en moltes ocasions, està albergada als instituts d'ensenyament secundari, permet reconstruir les pràctiques d'ensenyament i el paper canviant que han jugat els instruments en les aules de ciències.

Aquest fou el marc de treball que inspirà els estudis associats a l'exposició sobre

instruments científics de la Universitat de València que, sota el títol de «Obrint les caixes negres», tingué lloc a l'edifici històric d'aquesta institució entre l'octubre de 2002 i el febrer de 2003.² L'exposició no només pretenia mostrar l'extraordinària col·lecció de peces científiques que es trobava prèviament dispersa en nombrosos laboratoris i departaments universitaris. També es perseguí l'establiment d'una sèrie d'eines de treball bàsiques que han permès continuar la investigació amb altres col·leccions com les conservades als instituts valencians. De la mateixa manera que en el cas de la col·lecció universitària, el nostre projecte de treball pretén, en primer lloc, catalogar i recuperar els instruments científics de diversos instituts valencians d'ensenyament secundari per, a continuació, emprar-los com a fonts materials d'un estudi històric sobre les pràctiques d'ensenyament de les ciències en el segle XIX. El primer pas, la catalogació i restauració de les peces, resulta urgent degut a les males condicions en què es troben, fruit de l'absència de polítiques de conservació del patrimoni cultural per part de molts instituts d'ensenyament secundari, tant per als seus fons bibliogràfics i arxivístics com per a les obres d'art o els elements arquitectònics. En aquesta situació —quan ni tan sols s'ha prestat atenció als objectes que habitualment es consideren part del patrimoni cultural— no resulta sorprenent (encara que sí lamentable) que molts instruments científics de gran valor hagen desaparegut o estiguen 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 cert grau d'optimisme i al mateix temps ofereixen models de treball i abundant informació, cosa que facilita els estudis posteriors.

Un dels projectes més ambiciosos és el dirigit per Chamoux (2002) en el si de l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP), que ha aconseguit catalogar més de dos mil instruments pertanyents a cent trenta institucions d'ensenyament secundari repartides per tot el territori francès. Chamoux ha realitzat una recerca de fonts escrites, arxivístiques o publicades, en els centres d'ensenyament o altres biblioteques públiques, centrant-se en la recuperació d'inventaris, documents del Ministeri d'Instrucció Pública en relació amb l'adquisició d'instruments científics o catàlegs de fabricants d'instruments. També hi ha projectes de catalogació nacionals semblants a Irlanda (Mollan, 1993) i a Grècia (Nicolaidis *et al.*, 2002), així com molts treballs dedicats a col·leccions de centres de secundària, particularment a Itàlia.³

Al territori espanyol s'han portat a terme diverses catalogacions de col·leccions d'instruments científics en instituts d'ensenyament secundari. El 1980, en ésser creat, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología no disposava de fons propis. La primera col·lecció que li fou cedida fou la de l'Institut de San Isidro composta per unes mil peces (Sebastián, 1999; Guijarro, 2002). El 1988, en el marc del IV Congrés de la Societat Espanyola d'Història de la Ciència i de la Tecnologia, es van presentar comunicacions sobre catalogacions realitzades en els instituts de Múrcia i Segòvia. L'Institut Alfonso X el Sabio de Múrcia fou un dels primers instituts d'ensenyament secundari creats a l'Estat espanyol, prèviament a la majoria de

2. El catàleg (Bertomeu i García Belmar, 2002) inclou nombrosos treballs, estudis particulars i una abundant bibliografia. També es va editar un cd-rom amb les fotografies de tots els instruments i les seves fitxes. A través de la pàgina web <<http://www.uv.es/=bertomeu/>> es poden consultar també la majoria d'aquests materials: l'inventari dels instruments, alguns texts del llibre de l'exposició, les guies didàctiques realitzades i diferents seleccions bibliogràfiques amb fonts primàries i secundàries sobre els instruments científics.

3. El museu de la Universitat d'Urbino té una bona pàgina d'enllaços a moltes d'aquestes col·leccions: <<http://www.uniurb.it/PhysLab/On-line4.htm>>. Vegeu també Brenni (1997).

centres, que sorgiren després de la llei Pidal de 1845. Disposà de gabinets d'història natural, física, química i agricultura i d'un jardí botànic. Actualment l'institut posseeix un museu d'història natural i un museu que recull els instruments de física i química dels seus antics gabinets i laboratoris. La col·lecció de física està formada per 305 instruments, dels quals 197 foren catalogats amb motiu de l'aniversari de l'institut celebrat el 1987 (Vidal de Labra, 2002). L'institut de Segòvia, creat el 1845, ha conservat una part dels seus instruments gràcies a un grup de professors d'aquest institut que han treballat per recuperar les peces d'aquest important llegat. També a Galícia ha estat realitzat un estudi sobre les col·leccions d'un institut d'ensenyament secundari, l'Institut Xelmírez, el més antic de Santiago, que conserva 423 peces, la major part de les quals són de física, amb un petit grup (44) de química i 38 d'història natural (Sisto, 1999).

Malauradament, malgrat aquests interessants treballs sobre col·leccions particulars, són pocs els intents de coordinar els projectes de recerca existents. Recentment, el Servei de Patrimoni Històric de la Diputació Foral de Biscaia ha desenvolupat un projecte de catalogació d'instruments de diferents institucions educatives, incloent alguns interessants aparells que es troben en mans privades. El grup Espiral ha dirigit un equip multidisciplinari de científics, professors, historiadors, informàtics i dissenyadors que ha elaborat una exposició (OCNI), oberta al públic entre el gener i el març de 2003, junt amb un espectacular catàleg imprès i un cd-rom amb abundant informació històrica i gràfica al voltant de les col·leccions (Espiral, 2003). Un altre treball molt interessant en aquest sentit és el catàleg col·lectiu de les col·leccions dels instituts d'Andalusia. Fins ara s'han catalogat 1.775 instruments en setze centres d'ensenyament, la majoria instituts d'ensenyament secundari fundats durant la segona meitat del segle XIX o els inicis del segle XX (García del Real, 2001, 2002). El treball abordà inicialment les col·leccions d'història natural conservades als instituts per passar a continuació a les col·leccions de física i química. En aquesta tasca ha tingut la col·laboració de nombrosos professors que en cada centre s'havien ocupat anteriorment de conservar les peces. En alguns casos aquests professors han realitzat publicacions individuals en relació amb les col·leccions dels seus instituts, han realitzat activitats pedagògiques amb els seus alumnes o, recolzats per la direcció del centre, han pogut constituir museus dins dels instituts.

També al País Valencià la recuperació dels instruments científics ha estat possible gràcies a la tasca desenvolupada per professors dels centres. A l'IES Jorge Juan d'Alacant existeix també una important col·lecció que inclou instruments de física i química, models d'agronomia i diferents objectes d'història natural, a més d'una extraordinària col·lecció paleontològica (García Molina, 2002; García Molina i Villada, 2002). L'institut de Castelló posseeix actualment una sala museu on es troben en vitrines molts dels instruments conservats, i de vegades s'organitzen visites pedagògiques per als alumnes del centre (Aparici *et al.*, 2002). Els dos instituts participaren en l'exposició «Obrint les caixes negres» juntament amb l'altre institut més antic del País Valencià: l'IES Lluís Vives de València. La col·lecció d'aquest últim ha estat estudiada amb profunditat en els últims anys i, en conseqüència, disposem d'un catàleg de més de sis-cents peces repartides a parts iguals entre els àmbits de la física i la química. La col·lecció de física té una gran presència d'instruments d'electricitat i magnetisme, i també un gran nombre de peces relacionades amb la mecànica de fluids de la física vuitcentista. Es conserven peces de grans dimensions i clara vocació pedagògica, com un aparell de Morin, i peces delicades i pioneres en el seu moment, com un galvanòmetre de Deprez fabricat per Carpentier. La majoria de les peces signades són de fabricació francesa,

amb una bona representació dels millors fabricants d'instruments científics de l'època. Hi ha també una petita, però sens dubte interessant, contribució de fabricants espanyols, l'estudi de la qual ens ha de permetre calibrar històricament la presència de la fabricació i del comerç d'instruments científics a les nostres terres. Aquesta investigació ha pogut aprofitar el treball realitzat en altres col·leccions espanyoles per començar a construir un marc comparatiu que permetrà reconstruir les pràctiques experimentals i docents associades als instruments i contribuir, així, a una història de la física i la química en l'Espanya del segle XIX (Simón, 2002).

Aquesta revisió indica l'existència de nombroses col·leccions d'instruments als instituts d'ensenyament secundari en millor o pitjor estat de conservació. A falta de l'aplicació d'una legislació específica que protegeix aquest tipus de patrimoni, les col·leccions han sobreviscut gràcies a l'interès dels professors de ciències en cada centre. Hi ha diversos projectes en marxa de recuperació d'aquest patrimoni però molt poca coordinació entre ells, la qual cosa suposa una mala rentabilització dels recursos existents i, en moltes ocasions, la repetició inútil de treballs. El personal implicat en aquests projectes és variat: professors d'institut, llicenciats en història, professors d'universitat, científics de diferents disciplines, historiadors de la ciència, museòlegs, investigadors en didàctica, etc. Aquesta varietat, que podria donar molts bons fruits, produeix en molts casos l'efecte contrari: els resultats es dispersen en publicacions d'àmbits molt diferents i bastant impermeables entre si i es troba a faltar en general un marc comú de treball. En conseqüència, les fonts i la metodologia emprades varien segons els grups de treball tot i tenir de vegades punts en comú. Aquest fet dificulta la realització d'anàlisis comparades de les col·leccions i les diverses situacions i fins i tot, en una fase anterior 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.

Resulta evident que l'espai institucional que proporciona la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica és un lloc idoni per a superar aquesta lamentable situació. Molts dels seus socis treballen en centres amb importants col·leccions d'instruments o han col·laborat en la catalogació i l'estudi d'aquestes peces. Resultaria molt convenient, tal com diferents participants en aquest congrés defensaren, la creació d'una comissió per tal de coordinar els projectes de tots els qui treballen en aquest tema als territoris de llengua catalana.

Bibliografia

- APARICI SOS, J. [et al.] (2002). «La col·lecció d'instruments científics de l'IES Fco. Ribalta de Castelló». A: BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.; GARCÍA BELMAR, A. [ed.]. *Obrint les caixes negres: Els instruments científics de la Universitat de València*. València: Universitat de València.
- BENSAUDE-VICENT, B.; GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2003). *L'émergence d'une science des manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)*. París: Editions des Archives Contemporaines.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.; GARCÍA BELMAR, A. [ed.] (2002). *Obrint les caixes negres: Els instruments científics de la Universitat de València*. València: Universitat de València.
- BRENNI, P. (1997). *Le collezioni scientifiche del Ginnasio Liceo Giovanni Prati di Trento. A. Gli strumenti scientifici*. Trento.
- BUD, R.; WARNER, J. D. [ed.] (1998). *Instruments of science: an historical encyclopædia*. Nova York: Science Museum.

- CHAMOIX, H. (2002). «L'inventari descriptiu sistemàtic dels instruments científics als liceus i universitats de França». A: BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.; GARCÍA BELMAR, A. [ed.]. *Obrint les caixes negres: Els instruments científics de la Universitat de València*. València: Universitat de València.
- ESPIRAL [ed.] (2003). *OCNI – Objetos científicos no imaginados. Fisikaren irakaskuntzarako tresnak Bizkaian*. Bilbao.
- GARCÍA DEL REAL, M. (2001). «Un gran patrimonio al descubierto: Los materiales científicos utilizados para la enseñanza en los institutos andaluces». *Andalucía Educativa*, 25, 18-20.
- GARCÍA DEL REAL, M. (2002). «El patrimonio científico de los institutos andaluces. Los laboratorios de física y química». *Azimut*, 7.
- GARCÍA MOLINA, R. (2002). «Recuperación de los instrumentos antiguos de física del Instituto Jorge Juan, de Alicante». *Azimut*, 2.
- GARCÍA MOLINA, R.; VILLADA LOBETE, L. A. (2002). «Un gabinet de física a cavall entre dos segles: els instruments antics de física de l'Institut Jorge Juan d'Alacant». *Quaderns de Migjorn: Revista d'Estudis Comarcals del Sud del País Valencià*. Alacant: Quaderns de Migjorn, 1-29.
- GUIJARRO MORA, V. (2002). *Los instrumentos de la ciencia ilustrada: Física experimental en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid (1770-1835)*. Madrid: UNED.
- HANKINS, T. L.; HELDEN, A. (1994). «Instruments». *Osiris*, 9, 1-243.
- HOLMES, F. L.; LEVERE, T. (2000). *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*. Cambridge: MIT Press.
- MOLLAN, Ch. (1995). *Irish National Inventory of History Scientific Instruments*. Dublín: Samton Limited.
- MORRIS, P. J. T [ed.] (2002). *From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*. Cambridge: Royal Society of Chemistry-Science Museum.
- NICOLAIDIS, E.; VLAHAKIS, G.; KRITIKOS, T.; MATSOPOULOS, N.; XENAKIS, C.; KARAS, Y. (2002). *The Hellenic Archives of Scientific Instruments* [en línia] <<http://www.weblab.gr/hasi/>>.
- OLESKO, K. M. (1991). *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*. Ithaca: Cornell University Press.
- SEBASTIÁN, A.; JIMÉNEZ, M. (1999). «Learned institutions: sources for unknown scientific instruments». *Nuncius*, 14, 491-504.
- SENDRA MOCHOLÍ, C. [et al.] (2002). «Los instrumentos científicos de la Universidad de Valencia: Primeros resultados de un catálogo de la cultura material de la ciencia». *Cronos*, 4 (1-2), 29-61.
- SIMÓN CASTEL, J. (2002). *Els instruments científics de l'IES Lluís Vives: Primers resultats d'un catàleg de la cultura material de la ciència*. València: Universitat de València. [Treball d'investigació doctoral]
- SISTO EDREIRA, R. (1999). *O patrimonio histórico-científico do Instituto Xelmírez*. La Coruña: Deputación Provincial da Coruña.
- TURNER, G. E. (1983). *Nineteenth-Century Scientific Instruments*. Berkeley: University of California.
- VIDAL DE LABRA, J. A. [coord.] (2002). *Conservación, actualización y divulgación del patrimonio histórico-científico-social del Instituto Alfonso X el Sabio de Murcia*. Murcia: Consejería de Educación y Cultura.

HISTÒRIA I ENSENYAMENT DE LA CIÈNCIA AL MUSEU D'HISTÒRIA DE LA MEDICINA DE CATALUNYA

Alfons Zarzoso

Museu d'Història de la Medicina de Catalunya

Paraules clau: *història, ciència, tècnica, medicina, museologia científica, didàctica de la ciència, instruments científics.*

History and teaching of science at the Catalan Medical History Museum

Summary: This article is intended to offer a bridge regarding the existing gaps between several kind of professionals —teachers, historians and curators— interested in the values of antique scientific instruments. By taking antique scientific instruments as a cornerstone and giving a key role to their historical context of production, the Catalan Medical History Museum is now developing a research project, that will be fulfilled soon at the new building, centred on providing useful materials and elements to secondary school teachers in order to understand scientific concepts and to foster health education.

Key words: history, science, technology, medicine, scientific museology, teaching of science, scientific instruments.

Els instruments científics antics: un problema per a la didàctica de la ciència?

D'antuvi, convé assenyalar que, per tal d'ajustar-nos a la realitat, caldria considerar la present comunicació com una declaració o afirmació de voluntats futures. Això, en bona mesura, és així a causa de la peculiar situació en què es troba actualment el Museu d'Història de la Medicina de Catalunya (MHM). És a dir, en una fase de rehabilitació i de construcció dels projectes damunt dels quals es crearà el futur MHM.

Un d'aquests projectes de treball es fonamenta en la decisió d'aconseguir que el museu i les seves col·leccions esdevinguin un àmbit d'interès per als professors i estudiants de secundària i batxillerat i un recurs formatiu complementari de l'educació científica i sanitària. Aquests objectius es pretenen portar a terme a partir del diàleg entre el passat i el present, és a dir, a partir de l'ús combinat de la història de la ciència i de l'anàlisi de la recerca

científica actual. Des d'aquesta òptica, les eines bàsiques que ens han de permetre aquesta aproximació són els instruments científics antics.

En els darrers anys, historiadors, mestres i museòlegs han donat compte de la potencialitat explicativa dels instruments científics antics. En aquest sentit, s'ha destacat el valor dels instruments científics antics com a categoria d'anàlisi històrica per tal d'ampliar els horitzons de la història de la ciència; també la seva capacitat per a estimular la reflexió crítica com a eina complementària al servei de l'ensenyament formal de les ciències; i, en darrer lloc, l'oportunitat de transformar aquells objectes museogràfics en eines de divulgació científica.

Si bé existeix acord quant a les característiques esmentades, una ràpida ullada a la bibliografia recentment publicada sobre aquesta matèria ens mostra també l'existència d'un cert pessimisme. Des de la perspectiva dels museus d'història de la ciència —així es manifesta als treballs de Jim Bennett, director del museu d'Oxford—, encara continua vigent la necessitat d'incorporar els instruments científics antics entre els recursos emprats pels historiadors per a la construcció de la història de la ciència, tot i que aquest àmbit resulta cada cop més transitat pels historiadors interessats en la cultura material de la ciència. D'altra banda, Liba Taub, directora del Museu d'Història de la Ciència de Cambridge, ha assenyalat la concurrència d'un conjunt divers d'interessos que estan obligant en l'actualitat a reconsiderar i redefinir les funcions dels museus i, en especial, les d'aquells que centren la seva existència en les col·leccions d'instruments científics antics. En aquest sentit, la funció educativa, dirigida tant als estudiants com a la gent gran, esdevé un objectiu destacat, si bé la creació d'un programa d'activitats i de materials educatius resta condicionada a les capacitats de cada museu.

D'altra banda, els instruments científics antics apareixen com a innecessaris des de l'òptica dels més recents centres de ciència. En aquests llocs, els objectius d'explicar conceptes científics i d'infondre respecte per l'empresa científica han portat a la pràctica desaparició de la intervenció humana i del context social en què aquella empresa ha tingut i té lloc. De manera que els instruments científics antics o bé no apareixen en ser considerats motiu de distracció dels objectius principals, o bé quan apareixen ho fan per a suggerir una història molt poc crítica de progrés lineal.

Des de la perspectiva dels professionals de la didàctica de les ciències i dels mestres de secundària i de batxillerat, resulta evident que no hi ha acord a l'hora de considerar el valor de la integració de la història de la ciència, la tècnica i la medicina en els continguts de les matèries d'estudi tipificades. Mentre que uns afirmen la pèrdua de temps que implicaria aquesta integració a l'hora de mantenir l'ordre d'un ensenyament dogmàtic i axiomàtic de les ciències, altres consideren que aquesta assimilació podria constituir un mitjà alternatiu per a fomentar la reflexió i l'esperit crític dels alumnes, que tal vegada podria també contribuir a disminuir el fracàs de l'orientació pedagògica dominant.

Un element de trobada dels interessos dels professionals esmentats, implicats en l'educació científica, el podria constituir l'anomenat *enfocament ciència, tecnologia i societat* (CTS) en l'aplicació relativa a l'ensenyament de les ciències (Luján i López, 1996). És a dir, un enfocament que cerca, a partir de temes concrets, l'adquisició d'un coneixement científicotècnic amb una clara orientació de preparació per a la participació social, tot destacant els valors i les conseqüències socials de la ciència i la tecnologia i tot fent possible que s'analitzin els problemes socials relacionats amb la ciència i la tecnologia en un context real. Convé assenyalar que l'ordenació actual del batxillerat a Catalunya no ha contemplat, a di-

ferència d'altres comunitats, l'existència d'una matèria optativa tipificada centrada en la relació entre ciència, tecnologia, medicina i societat. Donat que han estat pocs els centres que han creat matèries optatives d'aquestes característiques, cal cercar els continguts relacionats amb aquest àmbit d'estudi en d'altres matèries, particulars i comunes, de les modalitats de ciències de la naturalesa i de la salut i de tecnologia. Un estudi recent (Tomàs, 2002) sobre els continguts de CTS introduïts en els llibres de text de les assignatures de ciències i de tecnologia de batxillerat mostra, de nou, la imatge pessimista abans esmentada. En resum, les conclusions a què s'ha arribat mostren:

1. Una presència evident, però escassa, de la història de la ciència i de la tecnologia i d'alguns temes relatius a l'enfocament CTS.
2. El desconcert actual en matèria d'elecció i prioritització dels continguts conceptuals i procedimentals dels temes de l'enfocament CTS i la pràctica absència dels continguts actitudinals, és a dir, d'organització completa o en part del programari oficial a partir de les actituds, els valors i les normes que es volen fomentar.
3. La persistent provisió d'una imatge idealitzada de la ciència i de la tecnologia, independent de la realitat social i, per tant, neutral, on el mètode científic és presentat com l'aplicació rigorosa que dona lloc a la veritat, tot evitant el caràcter problemàtic de determinades recerques i innovacions.
4. Si bé l'impacte damunt la realitat social és destacat —bàsicament, en presentar els efectes que un artefacte, procés o descobriment científic ha tingut, té o tindrà damunt la vida dels éssers humans—, no s'acaba de superar la tendència al determinisme tecnològic i, per tant, no s'insisteix en la participació de la societat en la construcció de la ciència i de la tecnologia (Aibar, 2000 i 2001).

Davant d'aquest complex panorama, resulta difícil trobar solucions amb la capacitat de resoldre per complet aquests problemes. Des de la nostra òptica, considerem que els museus que preserven instruments científics antics poden contribuir a millorar la situació en constituir un dels llocs adequats per a plantejar la necessitat de recórrer a la història de la ciència, la tècnica i la medicina, no només com a ajut per a la didàctica de les ciències sinó també com a mitjà per a situar la ciència, la tècnica i la medicina en el context social, històric o present, de la nostra cultura.

Des del nostre punt de vista, una experiència prou satisfactòria sobre els usos didàctics dels instruments científics antics en la qual cal insistir ha estat efectuada per un equip d'historiadors de les universitats de València i d'Alacant, a partir de l'estudi, inventari i exposició de la col·lecció d'instruments científics històrics de la Universitat de València (Bertomeu i García Belmar, 2002a). Un dels aspectes fonamentals que ha guiat el treball d'aquell equip ha estat el rescat de la valoració informativa que els instruments científics antics, a diferència en bona mesura dels actuals, proporcionen «sobre els supòsits teòrics implicats en la seva concepció, disseny i ús». Aquest fet resulta de gran importància ja que situa aquests objectes com un recurs didàctic de primera magnitud per a l'ensenyament de les ciències. En aquest sentit, el concepte de caixes negres, aplicat als instruments científics moderns, on els processos materials que s'efectuen al seu interior i els processos conceptuals que els han originat desapareixen amagats pel seu disseny extern, resulta prou explicatiu de la necessitat de

recórrer al patrimoni científic històric, atès que permet l'obertura d'aquestes caixes i la revelació dels principis teòrics i del context social en què es produí i es produeix la pràctica i els usos científics.

Tal com han afirmat els historiadors de l'esmentada experiència, més enllà dels avantatges didàctics i estètics d'aquest patrimoni, «interpretar un instrument antic o les pràctiques experimentals associades a ell en el passat i integrar-lo amb rigor en el context de l'ensenyament actual és tot un repte, que només podrà aconseguir-se a través de projectes d'investigació històrica i didàctica en què, per força, hauran de col·laborar persones amb formació molt diferent» (Bertomeu i García Belmar, 2002b: 4). Des de l'MHM hom treballa en un projecte, les primeres versions del qual seran virtuals i es trobaran a la nostra pàgina web, que intenta contribuir a aquesta via de treball, malgrat les dificultats que comporta la impossible, ara per ara, visita física complementària de l'exposició de la col·lecció d'instruments científics del nostre museu.

Una proposta didàctica: la termometria clínica

Per tal d'il·lustrar breument aquesta iniciativa podríem haver optat per plantejar uns dels temes de l'enfocament CTS, una possibilitat de treball que tenim en compte per a un futur proper. En comptes d'això, hem cregut interessant mostrar la capacitat explicativa d'un instrument científic, el termòmetre, l'aparent simplicitat del qual amaga tot un arsenal de recursos que es poden explorar i explotar per part del professorat i de l'alumnat de les assignatures de física, química, biologia i tecnologia.

La domesticació de la temperatura corporal constitueix una realitat prou evident en la nostra societat. No obstant això, la disposició domèstica d'aquesta tecnologia resulta un fenomen força recent. Em limitaré, a continuació, a donar compte dels diferents elements que podrien integrar una guia educativa destinada a l'ús de mestres i alumnes en relació amb el termòmetre. D'antuvi, com en qualsevol tipus d'instrumentació d'ús actual i quotidià, convé evitar el risc de traçar una història lineal —determinisme tecnològic, autonomia de la tecnologia—, en aquest cas des dels termoscopis d'aire clàssics fins als termòmetres «termistor» o els de radiació electromagnètica per infraroig d'ús habitual a les cases amb infants.

La primera qüestió que permet de plantejar aquest instrument és la de la terminologia científica. Un aspecte que ens permet d'accedir a la història de l'objecte i a les pràctiques experimentals associades al mateix. En aquest sentit, d'una banda, convindria destacar la diferència entre les arrels gregues del nom de l'objecte (*thermes-metron*: la mesura de la calor) i l'ús real de l'objecte (la mesura de la temperatura i no de la quantitat de calor). Aquesta definició ens permetria alhora d'introduir el concepte de dilatació dels cossos a partir de la variació de la temperatura. D'altra banda, el mateix nom de l'objecte ens assenyala l'existència de diferències amb el termoscopi del segle XVII —aleshores anomenat *vitrum calendare* o *speculum calendarium*—, període en què el termòmetre esdevé objecte de recerca teòrica i pràctica entre els filòsofs naturals a partir de l'estudi experimental de fenòmens meteorològics, químics i també de la temperatura del cos humà. Un dels aspectes de disputa en aquella recerca estava relacionat amb un element visible en el disseny d'aquell instrument: la definició dels punts extrems de les escales o l'establiment d'un únic punt fix. Aquesta qüestió ens

permetria d'introduir la qüestió de les escales termomètriques i la seva aparent arbitrietat. Un tema força disputat al llarg de tot el segle XVIII, període en què es produïren algunes de les escales que, amb múltiples modificacions, han arribat fins als nostres dies (Fahrenheit, Réaumur, Celsius).

La recerca portada a terme al llarg del segle XVIII contribuï a l'extensió de l'adquisició dels nous aparells, en especial termòmetres i baròmetres, entre les classes benestants de determinades contrades europees. Un fenomen que es traduí en la domesticació de la temperatura ambiental. Aquesta qüestió ens permetria de plantejar el tema dels públics dels instruments: en aquest cas, del trànsit dels usos experimentals «professionals» als usos domèstics. Aquest fenomen no tingué els mateixos ritmes en matèria de domesticació de la temperatura corporal. Això no vol dir que l'ús del termòmetre com a instrument per a l'establiment del diagnòstic de les malalties no es produís o no fos objecte de disputa entre alguns metges des del segle XVII i sobretot des de principis del segle XVIII. En aquest període ja es manifestà el recurs als conceptes de les ciències naturals per part de determinats metges. De fet, es tracta d'una qüestió que ens permetria de parlar, des del punt de vista de la medicina, del galenisme i l'humoralisme clàssics i de la disputada implantació d'aquest instrument com a eina d'exploració regular del cos en les malalties. També ens permetria de parlar de la construcció de la història clínica al llarg d'aquest període i de les diferències existents entre els conceptes de símptoma —com a manifestació subjectiva d'alteració dels processos vitals— i de signe —com a fet objectiu, susceptible de ser mesurat. L'aplicació experimental del termòmetre a la medicina esdevingué sistemàtica al llarg del segle XIX i, més enllà de les escales termomètriques, dels diferents models experimentals desenvolupats i dels diversos components emprats, aquesta pràctica es traduí en descripcions i classificacions de malalties a partir dels registres o les inscripcions produïdes per aquells instruments; és a dir, en la creació d'un altre element característic d'aquella pràctica científica. No fou sinó al llarg de la segona meitat del segle XIX quan el termòmetre esdevingué una eina de mesura precisa per a la quantificació dels fenòmens orgànics cada cop més acceptada entre els metges, tot qüestionant la subjectivitat del concepte de *febre*. Els canvis fonamentals, a nivell tecnològic, es produïren a finals d'aquella centúria a partir d'una modificació tècnica —l'estrangulació de la cubeta de mercuri— que permeté la reducció del tamany dels termòmetres —de 25-30 cm a 7-14 cm—, la limitació del temps de determinació de la temperatura del malalt —de 20 minuts a 5 minuts— i una lectura constant de la temperatura en l'escala en evitar el descens immediat del mercuri a causa del trencament del fil per l'estrangulació creada; és a dir, les condicions de comoditat i fiabilitat necessàries per a procedir a la fabricació industrial de l'instrument.

Aquesta darrera qüestió també ens permetria de parlar dels fabricants d'aquests instruments i de la transferència de tecnologia d'un lloc a un altre. La col·lecció de termòmetres de l'MHM, produïts entre el darrer decenni del segle XIX i el primer terç del segle XX, donen compte d'algunes diferències relacionades amb els dissenys i els usos finals, els materials de construcció o les fórmules emprades per a resoldre la incorporació de les inscripcions de les escales. Es tracta d'una tecnologia que es mantingué durant molts anys en mans d'artesans especialistes en la manipulació del vidre. La col·lecció ens parla, en aquest sentit, de la distribució i venda d'instruments de factura estrangera als comerços d'objectes científics de Barcelona i també de la diversitat experimental al llarg d'aquest període en relació amb les cubetes de mercuri. Alguns d'aquests instruments foren fabricats amb notable precisió per fabricants locals com ara Güell a principis del segle XX.

Són aquests, sense ànim d'exhaustivitat, alguns dels aspectes que podrien formar part d'una guia educativa dirigida a mestres i estudiants de secundària centrada en la termometria a partir dels instruments antics de les col·leccions de l'MHM.

Bibliografia

- AIBAR, E. (2000). «El cambio tecnológico desde la perspectiva constructivista». A: *Ciencia, tecnología y sociedad: la investigación científica y la innovación tecnológica en la sociedad de la información. Documentos de lectura*. Vol II. Barcelona: UOC, 531.
- (2001). *Fatalisme i tecnologia: És autònom el desenvolupament tecnològic?* [en línia]. <<http://www.uoc.es>>.
- ÁLVAREZ LIRES, M. (2000). «Papel de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Química: situación actual y perspectivas». A: *Educación abierta. Aspectos didácticos de física y química (Química)*. Saragossa: UZ-ICE, 9, 29-69
- BENNETT, J. (1997). «Museums and the establishment of the history of science at Oxford and Cambridge». *British Journal for the History of Science*, 30, 29-46.
- BERTOMEU, J. R.; GARCÍA BELMAR, A [ed.] (2002a). *Obrint les caixes negres. Col·lecció d'instruments científics de la Universitat de València*. València: Universitat de València.
- (2002b). *Guia didàctica. Obrint les caixes negres*. València: Universitat de València.
- BRAGANÇA, F. (1999). «Museos de ciencia: Su importancia en la formación de la cultura científica». *Revista Española de Física*, 13, 7-13.
- CUESTA, M. [et al.] (2002). «Centros interactivos de ciencia: su papel en el aprendizaje de la física». A: *Educación abierta. Aspectos didácticos de física y química (Física)*. Saragossa: UZ-ICE, 10, 81-112.
- FERNÁNDEZ SANTARÉN, J. (1999). «Museos de Historia de la Ciencia». *Arbor*. [Número monogràfic]
- GOLINSKI, J. (1999). «Barometers of change: meteorological instruments as machines of Enlightenment». A: CLARK, W.; GOLINSKI, J.; SCHAFFER, S. [ed.]. *The sciences in Enlightened Europe*. Chicago: CUP, 69-93.
- GRAU, R. (2003). «L'enfocament ciència, tecnologia i societat per a l'ensenyament de les ciències naturals». *La Talaia*, 13 (setembre).
- LAFUENTE, A.; PESET, J. L. (1985). «Museo o la lucha por las ciencias». *Arbor* (juny), 33-57.
- LUJÁN, J. L.; LÓPEZ, J. A. (1996). «Educación CTS en acción: Enseñanza secundaria y universidad». A: GONZÁLEZ, M.; LUJÁN, J. L.; LÓPEZ, J. A. [ed.]. *Ciencia, tecnología y sociedad*. Madrid: Tecnos.
- Medicina nei Secoli* (2000), 12-2. [Número monogràfic dedicat als museus d'història de la medicina]
- PINCH, T. (1992). «Opening black boxes: science, technology and society». *Social Studies of Science*, 22, 487-510.
- REISER, S. J. (1978). *Medicine and the reign of technology*. Cambridge: CUP.
- SENDRA, C.; CATALÀ, J.; GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU, J. R. (2001). «Los instrumentos científicos de la Universidad de Valencia: Primeros resultados de un catálogo de la cultura material de la ciencia». *Cronos*, 4 (1-2), 29-61.

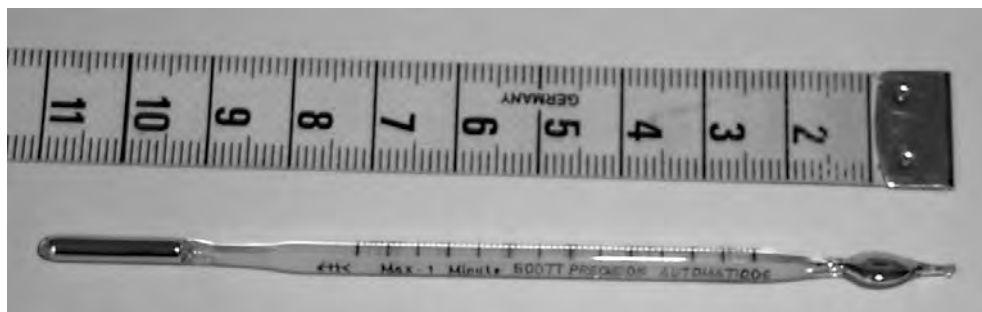
- TAUB, L. (1998). «On the role of museums in history of science, technology and medicine». *Endeavour*, 22 (2), 41-43.
- TOMÀS I JUSTRIÓ, S. (2002). «La relació entre ciència, tecnologia i societat als llibres de text de ciències i tecnologia de batxillerat». *Athenea Digital*, 1 (juny).
- WAGENSBERG, J. (2000). «Principios fundamentales de la museología científica moderna». *Alambique*, 26, 15-19.

Alguns dels instruments de la col·lecció de l'MHM

FOTOGRAFIA 1.
Termòmetre del
doctor Paul,
fabricat per Galante a París,
ca. 1912. Cubeta de
mercuri en espiral
amb protecció de
cautxú (inv. 278).



FOTOGRAFIA 2. Termòmetre per a prendre temperatures rectals, de fabricació alemanya,
ca. 1910. Escala termomètrica manuscrita en paper dins del tub (inv. G-48-3).



FOTOGRAFIA 3. Termòmetre de constricció amb doble cubeta de mercuri, en cilindre per a exploracions axil·lars i aplanada per a exploracions superficials. Fabricat per Scott Precision, ca. 1890. Escala termomètrica exterior, gravada al capil·lar (inv. G-47-2).



FOTOGRAFIA 4. Estoig de termòmetres fabricats per M. D. Güell, a l'empresa de Barcelona Vidrio Clínico, creada el 1918 (inv. 2.477).

ENTITATS COL·LABORADORES

Institut d'Estudis Catalans



XARXA TEMÀTICA D'HISTÒRIA
DE LA CIÈNCIA I DE LA TÈCNICA

Setmana de la Ciència



Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació

LLISTA D'INSCRITS

PILAR ALCÓN BAIGES
IES Montserrat
Copèrnic, 84
08006 BARCELONA

JOSEP ALSINA CALVÉS
IES Galileo Galilei
Moli, 57
08016 BARCELONA

JOSÉ ANTONIO ALTEMIR LASCORZ
IES de Torredembarra
Av. Sant Jordi, 64
43830 TORREDEMBARRA

JOAN ARIAS LÓPEZ
IES Terra Alta
Villalba, 30
43780 GANDESA

FRANCESC XAVIER BARCA SALOM
ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

PASQUAL BERNAT LÓPEZ
IES Cirviànum
Ausias March, s/n
08570 TORELLÓ

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ
Universitat de València
Facultat de Medicina
Blasco Ibáñez, 17
46010 VALÈNCIA

MÒNICA BLANCO ABELLÁN
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona
EUETAB
Campus del Baix Llobregat
Av. del Canal Olímpic, s/n
08860 CASTELLDEFELS

MONTSERRAT BRAVO VERGEL
Ciudad Cooperativa, 90
08830 SANT BOI DE LLOBREGAT

XAVIER CALVÓ MONREAL
La Solana, 20
08470 VALLGORGINA

AGUSTÍ CAMÓS CABECERAN
IES Miguel Martí i Pol
Verge de Montserrat, s/n
08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT

SÍLVIA CANTIERI HUGUET
IES Montmeló
Av. del Mil·lenari, 19
08160 MONTMELÓ

M. ÀNGELS CASALS PUIT
IES Joan Coromines
Ctra. de la Bordeta, 39
08014 BARCELONA

FRANCESC CATENA FERNÁNDEZ
Escola Sagrada Família-Horta
Peris Mencheta, 26
08032 BARCELONA

AGUSTÍN CEBA HERRERO
IES Joan Maria Thomàs
Pablo Iglesias, 93
07004 PALMA

REGINA CIVIL SIERRA
Escola Sadako
Collserola, 42
08035 BARCELONA

ROSA COSTA-PAU I GARRIGA
Societat d'Estudis i Investigacions
Comunitàries
Viriat, 43
08014 BARCELONA

JOSEP CUELLO SUBIRANA
IES Montjuïc
Cisell, 19
08038 BARCELONA

PERE DE LA FUENTE I COLLELL
IES Terra Roja
Circumval·lació, 45-57
08923 SANTA COLOMA DE
GRAMENET

JOSEP M. FERNÁNDEZ NOVELL
Universitat de Barcelona
Martí i Franquès, 1, 7a planta
08028 BARCELONA

M. NEUS GARCÍA FERRER
IES Santa Maria d'Eivissa
Av. d'Ignasi Wallis, 33
07800 EIVISSA

ÁLVARO GARCÍA MARTÍNEZ
Facultat d'Educació
Universitat Autònoma de Barcelona
Edifici G
08193 BELLATERRA

JOAN GARIN CASANOVAS
Departament d'Ensenyament
Generalitat de Catalunya
Via Augusta, 202-226
08021 BARCELONA

PAU GEREZ ALUM
Col·legi Santa Maria
Sta. Bàrbara, 1
17300 BLANES

XAVIER GOL PERLASIA
IES M. Martí Pol
Verge de Montserrat, s/n
08940 CORNELLÀ DE LLOBREGAT

LUIS GONZÁLEZ MAZÓN
IES Forat del Vent
Pizarro, 35
08290 CERDANYOLA

PERE GRAPÍ VILUMARA
IES Joan Oliver
Armand Obiols, 2-30
08207 SABADELL

SHEILA HERNÁNDEZ PORTA
Av. Diagonal, 313
08009 BARCELONA

MERCÈ IZQUIERDO AYMERICH
Facultat d'Educació
Universitat Autònoma de Barcelona
Edifici G
08193 BELLATERRA

RITA MARÍA LINARES LOPEZLAGE
Departament de Didàctica de les Ciències
Experimentals i les Matemàtiques
Universitat Autònoma de Barcelona
Edifici G
08193 BELLATERRA

JOSEP LLOMBART PALET
Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU
Departamento de Física Teórica e Historia
de la Ciencia
Apartat de correus 644
48080 BILBAO

SALVADOR LÓPEZ ARNAL
IES Puig Castellar
Anselm del Riu, s/n
08924 SANTA COLOMA DE
GRAMENET

GLORIA MAESTRE ESCRIVÀ
IES Apel·les Mestres
Zuloaga, 7
08096 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT

MARCO-ANTONIO MARTÍN DE LA
VEGA
IES Gal·la Placidia
Príncep Astúries, 23
08012 BARCELONA

ALEJANDRO MARTÍNEZ CASTRO
IES Montserrat Miró i Vilà
Carrerada, s/n
08110 MONTCADA I REIXAC

MARIA MARTÍNEZ GUARRO
Escola Sant Gregori
Bellesguard, 48
08035 BARCELONA

M. DOLORS MARTÍNEZ NÓ
Inspecció Educativa
Laureà Miró 328-330
08980 SANT FELIU DE LLOBREGAT

ROSA MARTÍNEZ-MÁRQUEZ
EPSS
Pg. de Sant Joan Bosco, 42
08017 BARCELONA

M. ROSA MASSA ESTEVE
IES Vall d'Hebron
Pg. de la Vall d'Hebron, 93
08035 BARCELONA

ROSA M. MELIÀ AVIÀ
IES Sant Adrià de Besòs
Carme, 126
08930 SANT ADRIÀ DE BESÒS

CRISTIAN GONZALO MERINO
RUBILAR
Facultat d'Educació
Universitat Autònoma de Barcelona
Edifici G
08193 BELLATERRA

JESÚS M. MONTSERRAT SANGRÀ
IES Emperador Carles
Enric Bargés, 9
08014 BARCELONA

XAVIER MORENO RICO
IES Argentona
Peons Caminers, 25
08310 ARGENTONA

FRANCISCO MORENO RIGALL
IES XXV Olimpíada
Dàlia, s/n
08004 BARCELONA

JOSÉ PARDÓ TOMÀS
Institució Milà i Fontanals, CSIC
Egipcíaques, 15
08001 BARCELONA

JOSEP MANEL PARRA SERRA
Departament de Física Fonamental
Facultat de Física
Universitat de Barcelona
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

FRANCISCO PÉREZ GARCÍA
IES Pompeu Fabra
Fèlix Duran Cañameras, 3
08760 MARTORELL

NÚRIA PÉREZ PÉREZ
La Solana, 20
08470 VALLGORGUINA

SERGI PITARCH GONZÁLEZ
IES Terra Alta
Villalba, 30
43780 GANDESA

ROSA PONS SAYOLS
IES-SEP la Garrotxa
Ctra. Ridaura, 110
17800 OLOT

MERCÈ POTAU TORRAS
IES Montserrat
Copèrnic, 84
08006 BARCELONA

M. JOSÉ PRIETO VILLANUEVA
Departament de Microbiologia
Facultat de Biologia
Universitat de Barcelona
Av. Diagonal, 645
08028 Barcelona

CARLES PUIG PLA
ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

JORDI PUJOL GONZÁLEZ
Escola Superior d'Enginyeria
Colom, 11
08222 TERRASSA

EDUARD RECASENS GALLART
Facultat de Matemàtiques i Estadística
Universitat Politècnica de Catalunya
Pau Gargallo, 5
08028 BARCELONA

M. PILAR RICOL ESCANDÓN
IES Salvador Dalí
Pare Andreu de Palma, 1-3
08820 EL PRAT DE LLOBREGAT

ARNAU RÍOS HUGUET
Departament d'Estructura i Constituents de
la Matèria
Facultat de Física
Universitat de Barcelona
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

ANTONI ROCA ROSELL
ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

ADRIÀ ROCA TRESCENTS
IES Enric Borràs
Ptge. Encants, s/n
08914 BADALONA

FÀTIMA ROMERO VALLHONESTA
Inspecció d'Ensenyament
Generalitat de Catalunya
Casp, 15
08010 BARCELONA

CARLES ROSELL BARRACHINA
CEIP Jaume Balmes
Zona esportiva, s/n
08182 SANT FELIU DE CODINES

MERINO RUBILAR
Facultat d'Educació
Universitat Autònoma de Barcelona
Edifici G
08193 BELLATERRA

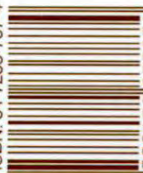
HÉCTOR RUÍZ MARTÍN
Facultat de Biologia
Universitat de Barcelona
Av. Diagonal, 645
08028 BARCELONA

JOAN SALES CODERCH
IES Margarida Xirgu
Travessera de Collblanc, 56
08904 L'HOSPITALET DE LLOBREGAT

EMMA SALLEN DEL COLOMBO
Departament de Física Fonamental
Facultat de Física
Universitat de Barcelona
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA

- MONTserrat SÁNCHEZ LLADÓ
IES Ausiàs March
Ctra. d'Esplugues, 38-42
08034 BARCELONA
- GEMMA SANTACANA ALMIRALL
IES Santiago Sobrequés
Joan Reglà, 2-4
17003 GIRONA
- PAU SENRA PETIT
Institució Qualitat Kultura
Ptge. Ròmul i Bosch, 9-11
08012 BARCELONA
- VÍCTOR M. SERRA RAVENTÓS
IES Pau Claris
Pg. Companys, 18
08018 BARCELONA
- JORDI SERVAT SUSAGNE
Facultat Formació Professorat
Pg. de la Vall d'Hebron, 171
08035 BARCELONA
- ANDREU SOBREVIA CLAVERA
IES Torre Vicens
Av. de Torre Vicens, 3
25005 LLEIDA
- RAMON SUCARRATS RIERA
Col·legi Sant Miquel
- Rosselló, 175
08036 BARCELONA
- RAMON TARRÓS I ESPLUGAS
FPCEE
Universitat Ramon Llull
Císter, 34
08022 BARCELONA
- JOSEP M. TENA MULLET
IES Montsià
Madrid, 35-49
43870 AMPOSTA
- ROSA MARIA TRIAS CAPELLA
IES Manuel Blancafort
Av. de l'Onze de Setembre, 29
08530 LA GARRIGA
- JAUME VALENTINES ÀLVAREZ
Fígols, 27, 5è 2a
08028 BARCELONA
- ROSA VILALTA I ALPENS
Rei Martí, 46
08014 BARCELONA
- ALFONS ZARZOSO ORELLANA
Museu d'Història de la Medicina de
Catalunya
Ptge. Mercader, 11
08008 BARCELONA

ISBN: 84-7283-787-4



9 788472 837874



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