



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

“Antoni Quintana Marí”

Coordinació:

Pere GRAPÍ VILUMARA

Maria Rosa MASSA ESTEVE

Barcelona, 20 i 21 de novembre de 2015



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

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

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

“Antoni Quintana Marí”

Coordinació

Pere GRAPÍ VILUMARA
María Rosa MASSA ESTEVE

Barcelona, 20 i 21 de novembre de 2015



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

Dibuix de la coberta: *Els ambaixadors* (Jean de Dinteville i Georges de Selve) és una pintura de 1533 de Hans Holbein el Jove, actualment a la National Gallery de Londres.

© dels autors de les ponències
© 2016, 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: juliol de 2016

Compost per Anglofort, SA



Aquesta obra és d'ús lliure, però està sotmesa a les condicions de la llicència pública de *Creative Commons*. Es pot reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada. Es pot trobar una còpia completa dels termes d'aquesta llicència a l'adreça: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>.

SUMARI

P. GRAPÍ VILUMARA; M. R. MASSA ESTEVE: Presentació	7
A. ADÚRIZ-BRAVO: «Modos de racionalidad» en la historia de la ciencia para la enseñanza de las ciencias	9
M. CALPE; A. PLARROMANÍ; M. TURA PUIGVERT; V. VILLAR: Ciència viscuda, una exposició per a contextualitzar els objectes antics	17
I. GUEVARA CASANOVA: L'ús de contextos històrics a l'aula de matemàtiques de secundària: el cas concret de la visualització en la connexió geometria-àlgebra	25
J. NAVARRO LOIDI: Los números enteros en las aritméticas en castellano del siglo XVII .	33
N. SOLSONA; M. QUINTANILLA; L. CUELLAR: Banc de dades per a incorporar la història de la ciència des d'una perspectiva didàctica	41
M. BLANCO: El mètode de Newton-Raphson... i Simpson: una aplicació d'eines de programació per a analitzar textos matemàtics històrics	47
L. Moreno Martínez: La historia de la química en ESO y bachillerato. Del currículo al libro de texto	55
F. ROMERO VALLHONESTA; M. R. MASSA ESTEVE: Història de les matemàtiques per a l'ensenyament de les matemàtiques. Analitzant les fonts	59
J. A. PARIENTE SILVÁN: Los cambios en las prácticas de enseñanza de la química en el siglo XIX. El profesor Mariano Santisteban	71
A. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ: Historia de la ciencia y la tecnología en la formación del profesorado de tecnología	77
P. GRAPÍ: El repte de les narracions històriques en l'ensenyament de les ciències. El cas de la pila de Volta	85
M. J. TRAVER RIBES; J. SOLBES MATARREDONA: Com es poden introduir aspectes d'història de la ciència en la formació del professorat de ciències	93
J. R. BERTOMEU SANCHEZ: La ciència a les aules (1800-2000): noves tendències, perspectives i usos didàctics	105

PRESENTACIÓ

Ens complau poder tornar a presentar-vos de nou l'edició de les *Actes de la Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament*. Sens dubte, això és un símptoma de la bona salut de la Jornada. Les diferents sessions de comunicacions de la tretzena jornada van cobrir tots els àmbits temàtics proposats, posant en relleu l'estat actual de les recerques que es duen a terme en la nostra àrea i mostrant aportacions d'intervenció directa a l'aula per a fer visible la història de la ciència en els ensenyaments secundaris i universitaris. La conferència a càrrec del professor Agustín Adúriz Bravo va permetre visualitzar algunes aproximacions didàctiques basades en diferents «modes de racionalitat» presents en materials d'història de la ciència utilitzats com a recursos d'aprenentatge.

Aquesta jornada va servir també per a explorar la conveniència d'introduir sessions temàtiques. En aquest sentit, es va vehicular la posada en marxa de la sessió sobre «Altres formats per a la història de la ciència a l'aula» per a constatar la idoneïtat d'altres espais alternatius a l'aula com ara: exposicions (reals o virtuals) i itineraris urbans per a recuperar el patrimoni material de la ciència i, també, itineraris educatius virtuals per a abordar la temàtica ciència-gènere amb el fil conductor de la història de la ciència.

La iniciativa de dur a terme aquesta sessió va propiciar, al seu torn, la proposta d'una altra sessió temàtica sobre «La història de la ciència als màsters de secundària». La presentació de les experiències dels cursos d'aquest màster per a la formació del professorat de secundària a la Universitat de València, la Universitat de Barcelona, la Universitat Autònoma de Barcelona i la Universitat Politècnica de Catalunya no tan sols va permetre conèixer les diferents aproximacions didàctiques de cada universitat sinó, també, les dificultats estructurals en l'organització dels cursos. La sessió va propiciar un intens debat en el qual les aportacions dels alumnes d'aquests cursos van resultar força enriquidores.

Finalment, voldríem destacar que enguany el lliurament del Premi Antoni Quintana Marí per a treballs de recerca al batxillerat en l'àmbit de la història de la ciència, la tècnica i les matemàtiques, va anar acompanyat d'una breu i excel·lent presentació del treball premiat. L'èxit d'aquesta presentació ens obliga a repetir aquest format en les properes edicions del premi.

«MODOS DE RACIONALIDAD» EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO

CONICET / CeFIEC - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CENTRO DE FORMACIÓN
E INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE BUENOS
AIRES / IEC - INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y CONOCIMIENTO. UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TIERRA DEL FUEGO. ARGENTINA. E-mail: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

Palabras clave: *racionalidad, modos, evidencias, abducción, historias de la ciencia*

‘Modes of Rationality’ in the History of Science for Science Teaching

Summary: *I explore the use of ‘logical rationality’ and ‘narrative rationality’ when teaching science in the different educational levels, under the hypothesis that these two ‘modes’ of rationality can be recognised in ‘science stories’. I relate the first mode to the syntactic structure of the scientific disciplines and the ‘context of justification’, and the second to the historical development of the disciplines and the ‘context of discovery’. When examining those two modes of rationality as they appear in the materials of history of science that science teachers use in their classes, I recognise a third, ‘hybrid’ mode of abductive nature, analogous to ‘detective thinking’.*

Keywords: *rationality, modes, evidence, abduction, science stories*

Modos de racionalidad

En este trabajo exploro el uso de lo que llamo «modos de racionalidad» dentro de la enseñanza de las ciencias experimentales para los distintos niveles educativos (con énfasis en la secundaria obligatoria y postobligatoria: estudiantes de 12 a 18 años). Mi objetivo es hacer foco en las «formas de pensar» que los científicos y científicas ponen en juego durante la producción («descubrimiento») y validación («justificación») de las ideas, enfatizando su «parecido de familia» con otras formas de pensar que pueden tener valor educativo. Todo ello se enmarca en el propósito más general de encontrar, en la interacción fructífera entre la filosofía y la historia de la ciencia, «pistas» para una educación científica de calidad.

Siguiendo de cerca a Mercè Izquierdo-Aymerich (2014), parto de la hipótesis de que es posible reconocer dos modos de racionalidad principales (el «lógico» y el «narrativo») en las «historias de la ciencia», es decir, en las narraciones construidas con base en las aportaciones de la historia de la ciencia que se utilizan en la enseñanza de las ciencias. Esos modos de racionalidad, sin embargo, pueden aparecer disjuntos, en tensión o reconciliados según el abordaje historiográfico al que se recurra para la construcción de las historias de la ciencia.

Entiendo por modo de racionalidad el conjunto de raciocinios, inferencias y argumentaciones científicas (individuales o colectivas) históricamente situadas en una época y en un lugar determinados. En este sentido, el constructo se identificaría con las «maneras de averiguar» («ways to find out») de las que habla Ian Hacking (2002). Me ubico así en una tradición importante en la interfaz entre la filosofía y la historia de la ciencia que ha buscado patrones y recurrencias en el quehacer intelectual de los científicos. En esa tradición de construcción de lo que Winther (2012) llama «categorías analíticas de las culturas científicas» se incluirían, para el nivel de análisis macrohistórico, la noción de *paradigma* de Thomas Kuhn o los *estilos de pensamiento científico* definidos por Alistair Crombie; para el nivel mesohistórico, los *estilos de pensamiento* («Denkstile») de Ludwik Fleck, y para el nivel microhistórico, los estudios de dinámica del *cambio conceptual* científico de Nancy Nersessian.

Entre todos estos antecedentes encuentro particularmente relevante para mi trabajo la propuesta de «estilos de razonamiento científico» de Ian Hacking (2002), que él hace expandiendo y reinterpretando diversas exposiciones de las categorías clásicas de Crombie. Presento aquí mi propia lectura de esa propuesta, que incluye siete estilos: 1. el *axiomático*, que procede por postulación; 2. el *experimental*, que observa, mide y controla; 3. el *analógico*, que consiste en la hipotetización de modelos análogos; 4. el *taxonómico*, que ordena la variedad por comparación; 5. el *probabilístico*, que analiza estadísticamente regularidades; 6. el *genealógico*, que hace un «racconto» histórico del desarrollo, y 7. el *laboratoril*, que se caracteriza por la construcción de aparatos para aislar fenómenos existentes y crear otros nuevos.

Si bien al marco teórico de Hacking subyace una «periodización» –heredada de Crombie– que queda formada por la sucesión de estilos dominantes en cada época histórica de la ciencia, conviene recordar que

cada estilo se ha hecho independiente de su historia [...], se ha transformado en lo que creemos ser cierto canon de objetividad, un estándar o modelo de lo que debe ser razonable acerca de este o ese tipo de conocimiento. (Hacking, 2002: 188)¹

Lo que Hacking denomina «estilo» en su propuesta original (formulada en la década del 1980 y refinada en su texto canónico de 1992 (Hacking, 2002)) se va acercando progresivamente a lo que yo llamo «modo», que es una nomenclatura que él también usa:

En estos momentos [...] «métodos de argumentación» o «modos de indagación» me van bien. El [nombre] que más me gusta es «maneras de averiguar» porque [mi] proyecto es una aproximación a la cuestión de cómo hemos averiguado las maneras de averiguar en lo que hoy en día llamamos las ciencias. (Hacking, 2012: s/p; cursivas en el original)

1. A partir de aquí todas las traducciones son del autor.

Mi estudio de los modos principales de racionalidad se sustenta teóricamente en contribuciones de Jerome Bruner, Howard Gardner, Walter Fisher y Mercè Izquierdo-Aymerich, «visitadas» desde la didáctica de las ciencias. Como dije, me interesa vincular los modos de racionalidad a la construcción de buenas «historias de la ciencia» para la enseñanza.

De acuerdo con Bruner, la forma principal que tenemos los seres humanos de organizar tanto nuestra experiencia como nuestra memoria de los acontecimientos es la *narrativa* (esto es, contar cuentos o historias): «La narrativa es una forma convencional, culturalmente transmitida y consagrada por el nivel de maestría de cada individuo (...)» (Bruner, 1991: 4).

Ahora bien, la narrativa se diferencia fuertemente de las construcciones generadas mediante procedimientos *lógicos* e identificadas tradicionalmente con el pensamiento científico desde una mirada positivista. Sobre estas construcciones se pueden aplicar las nociones de verdad y falsedad, mientras que de las narrativas solo cabe predicar «verosimilitud»:

Las narrativas, entonces, son una versión de la realidad cuya aceptabilidad está gobernada por la convención y la «necesidad narrativa» más que por la verificación empírica y los requerimientos lógicos [...]. (Bruner, 1991: 4)

Con base en estas distinciones, defino el «modo de racionalidad lógico» como aquel asociado a la estabilización de la estructura sintáctica de las disciplinas científicas en su «forma final»; así, lo relaciono con una concatenación del conocimiento bajo la forma de proposiciones nomotéticas o formalizadas. Este modo hace énfasis en los aspectos lógico-lingüísticos «duros»; por ello lo sitúo dentro del famoso «contexto de justificación» de las teorías. El modo lógico se impuso en las disciplinas tradicionalmente llamadas «deductivas» —tales como la mecánica y la astronomía clásicas—, que pretendían apoyarse en explicaciones nomológico-deductivas (por «cobertura legal»).

Por su parte, defino el «modo de racionalidad narrativo» como aquel vinculado al devenir histórico de las disciplinas científicas y a sus procesos de construcción, y lo relaciono con la puesta en valor de los aspectos «argumentativos» de la ciencia, que se encuadrarían en el «contexto de descubrimiento». El modo narrativo sería así más característico de la retórica de las disciplinas que en el siglo XIX se reconocieron a sí mismas como «inductivas» (la geología o la biología evolutiva serían ejemplos), con preferencia por las explicaciones de carácter teleonómico, funcional o genético.

Racionalidad en las historias de la ciencia

Mercè Izquierdo-Aymerich, apoyándose en sus análisis de las retóricas presentes en los libros de texto de ciencias, reconoce que las dos racionalidades principales son ampliamente utilizadas en la «ciencia escolar». La explicación del arcoíris sería un caso paradigmático de racionalidad lógica: se enuncia la ley de Snell y se hacen consideraciones geométricas para dar cuenta de su forma y de la distribución de colores; por su parte, la racionalidad narrativa tendría su ejemplo típico en el relato del «descubrimiento» de la radiactividad por Becquerel, quien, debido a un «accidente» afortunado, se dio cuenta de que las sales de uranio velaban placas fotográficas aun en ausencia de luz solar.

Resulta sugerente que, a fin de hacer entendibles la naturaleza y dinámica de las racionalidades, Izquierdo-Aymerich las homologa a dos épocas bien distinguibles de la novela policiaca. Según ella, la racionalidad lógica correspondería al período «clásico», ejemplificado por Arthur Conan Doyle, y

la racionalidad narrativa se vería en la novela policiaca contemporánea, con autores tales como el sueco Henning Mankell o el italiano Andrea Camilleri.

Esta analogía entre el pensamiento científico y el detectivesco es un heurístico muy conocido, pero que generalmente ha sido utilizado con baja potencia; aunque es usual mencionar elementos clave como el trabajo a partir de un *problema* o la búsqueda de *pruebas*, luego se enfatizan solo aspectos superficiales como la observación minuciosa que llevan adelante científicos y detectives. En mi opinión, la analogía puede aprovecharse más a fondo si se comparan las inferencias que se hacen en ambos casos, es decir, si se estudian más cuidadosamente los modos de racionalidad subyacentes.

Para mi análisis me valgo del constructo de prueba («evidencia») y modelizo los «modos de averiguar» no solo deductivamente sino también con razonamientos *ampliativos* (es decir, no demostrativos), que serían «paralógicos» respecto de la lógica clásica, en la que se identificaban como falaces. Encuentro así que el pensamiento científico y el detectivesco son, en muchos casos, *abductivos* (generadores de hipótesis), basados en modelos teóricos, «arrastrados por problemas» («problem-driven») y «apoyados en evidencias» («evidence-based»). Este parecido de familia queda capturado en los verbos que se usan para describir ambas actividades: *investigar* (buscar «vestigios» o huellas), *indagar* (conectado con «perseguir» y «dar caza»), *inquirir* y *pesquisar* (relacionados con «querer», en el sentido de «preguntar») e incluso «*recercar*» («volver a rodear/buscar») que no existe en castellano pero sí en casi todas las lenguas romances.

El análisis previo me lleva a proponer una tercera racionalidad, «híbrida», que «suelta» toques centrales de las otras dos. La llamo racionalidad «evidencial» y la identifico con el período de apogeo de la novela policiaca, cuyo «epítome» sería Agatha Christie. La racionalidad evidencial quedaría definida por su objetivo de hacer ver como plausible la «mejor explicación» para un determinado *estado de cosas* que se asume como problemático y a partir de una determinada *base de conocimiento* que se tiene por aceptada. Estas dos características *pragmáticas* acercarían el pensamiento científico al pensamiento detectivesco, policiaco, médico y forense.

Actividades didácticas basadas en material histórico

Entiendo que la expresión «historia de la ciencia» tiene al menos cuatro significados que conviene distinguir. Así, ella refiere a: 1. aquello que pasó en la ciencia de cada época; 2. una lectura intencionada («teórica») de eso que pasó; 3. una disciplina académica que investiga eso que pasó y que produce tales lecturas, y 4. una forma determinada de «contar» esa producción disciplinaria. Las historias de la ciencia de las que hablo en este trabajo se sitúan en el significado 4: son narrativas que usan fuentes de la historia de la ciencia mirada a través de las lentes de la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias para evitar que ella se torne «ciega», según la tan citada advertencia de Imre Lakatos.

Ahora bien, ¿qué lugar cabe dar a la racionalidad evidencial en la producción de historias de la ciencia que el profesorado de ciencias pueda usar en sus clases? Haré aquí algunas consideraciones sobre este tema utilizando para ello como contexto la postulación del modelo del «átomo planetario» por Ernest Rutherford. Las presentaciones canónicas de este modelo en los libros de texto hacen hincapié en aspectos como los siguientes:

1. El núcleo atómico se «descubre».
2. Los experimentos de Geiger y Marsden llevan al descubrimiento.
3. Los resultados de tales experimentos son inesperados y contradicen el modelo de Thomson.
4. Se «demuestra» que las dispersiones de ángulo grande se deben a un pequeño núcleo carga-

do positivamente y situado en el centro del átomo, y por tanto se «deduce» que la mayor parte del átomo es espacio vacío.

Sin embargo, el trabajo con fuentes históricas primarias y secundarias nos lleva a derrumbar rápidamente estas cuatro «certezas». Los experimentos de Geiger y Marsden no eran los únicos intentos de investigar la estructura de la materia por dispersión de partículas alfa (¡y beta!). Por lo menos desde 1908 James A. Crowther realiza intervenciones similares, y Thomson utiliza su modelo del «pudín de ciruelas» para explicar satisfactoriamente los resultados. Todo ello no es desconocido por el propio Rutherford:

Se ha supuesto generalmente que la dispersión de un haz [«pencil»] de rayos α o β pasando a través de una placa delgada de material es el resultado de una multitud de pequeñas dispersiones en los átomos de la materia atravesada. (Rutherford, 1911: 669)

Son entonces *tanto* la puesta en duda de la base de conocimiento de la época utilizado en la modelización de la dispersión *a la* Thomson (dispersión compuesta, debida a múltiples rebotes) *como* el intento de ajustar mejor los juegos de datos que se iban obteniendo al refinarse progresivamente los experimentos (probabilidades de dispersión para cada ángulo) los que llevan a Rutherford a abducir (*suponer*) la idea de la existencia de una divergencia de carga:

La teoría de Sir J. J. Thomson [...] no admite una deflexión grande de la partícula alfa atravesando un único átomo, *a menos que se suponga que* el diámetro de la esfera de electricidad positiva es diminuta comparada con el diámetro de influencia del átomo. (Rutherford, 1911: 670; la cursiva es del autor)

En una carta a William H. Bragg del 9 de febrero de 1911, Rutherford acusa a Crowther de usar demasiada imaginación y de ser incapaz de darse cuenta de dónde la teoría estándar es inaplicable; así prepara el camino para poder afirmar que su osada propuesta constituye lo que podríamos considerar la «mejor explicación»:

He inspeccionado el artículo de Crowther sobre dispersión con cuidado, y cuanto más lo examino más me maravillo de la manera en que él hizo que se ajustara [...] a la teoría de J. J. [Thomson]. De hecho, creo que yo puedo explicar la primera parte de su curva de dispersión [...]. (Eve, 2013 [1939]: 195)

A su vez, un testimonio muy posterior de Hans Geiger, rememorando su trabajo con Rutherford en el invierno de 1910 a 1911, nos permite ver cómo la postulación del modelo se vuelve sobre los experimentos, requiriendo refinarlos a la luz de la nueva idea para encontrar mejores ajustes:

Un día Rutherford [...] vino a mi despacho y me dijo que ahora sabía cómo era el átomo [«what the atom looked like»] y cómo explicar las deflexiones grandes de partículas- α . Ese mismo día comencé un experimento para poner a prueba la relación esperada por Rutherford entre el número de partículas dispersadas y el ángulo de dispersión. (Eve, 2013 [1939]: 198)

Por último, es bien conocido que en la propuesta original contenida en el artículo de 1911, *que es de fuerte carácter hipotético*, Rutherford no usa aún la palabra «núcleo» y todavía oscila entre interpretar el centro de carga como positivo o negativo (cf. Dahl, 1997).

Con estas breves notas podemos volver ahora a los cuatro «hitos» de más arriba, repetidos acríticamente en muchos libros de texto, y hacer una reconstrucción muy diferente y con mayor valor didáctico (ver también Niaz, 2009):

1. El núcleo atómico se «inventa» en un intento de proveer una «mejor explicación» (más parsimoniosa, precisa, elegante, fructífera, etc.) para la acumulación de resultados de experimentos de dispersión.
2. Hay una gran cantidad y variedad de esos experimentos, que van aportando datos que servirán como «evidencia» a distintos modelos atómicos. La relación entre esa evidencia y cada modelo es compleja: se van apoyando y constriñendo mutuamente.
3. El modelo de Thomson (como todo modelo científico) ajusta *en ciertos grados y aspectos* los resultados experimentales, por lo menos hasta tanto no se rediseñan los montajes con la intención de «poner de relieve» la hipótesis de Rutherford.
4. El análisis matemático de la dispersión no «demuestra» la presencia de un núcleo: esta relación no puede ser jamás deductiva (por la llamada «infradeterminación de la teoría por la evidencia empírica»). La relación es más bien abductiva: se propone la idea del núcleo para dar cuenta de los hechos y luego esa idea va imponiéndose a sus rivales merced a su valor epistémico y a factores de contexto.

Así, el episodio histórico de Rutherford reconstruido con mi «modo de racionalidad evidencial»

muestra que los datos de los experimentos no llevan sin ambigüedades a la formulación de teorías, y que datos experimentales similares pueden ser interpretados de varias maneras diferentes. (Niaz, 2009: 86)

Una narrativa de este estilo, por una parte, resulta mucho más respetuosa de los hallazgos de los historiadores de la ciencia y, por otra, permite enseñar al estudiantado contenidos importantes de la llamada «naturaleza de la ciencia».

Referencias bibliográficas

BRUNER, J. (1991), «The narrative construction of reality», *Critical Inquiry*, 18, **1**, 1-21.

DAHL, P. F. (1997), *Flash of the cathode rays: A history of J.J. Thomson's electron*, Bristol, Institute of Physics Publishing.

EVE, A. S. (2013), *Rutherford: Being the life and letters of the Rt Hon. Lord Rutherford*, O.M., Cambridge, Cambridge University Press. (Edición original de 1939.)

HACKING, I. (2002), *Historical ontology*, Cambridge, Harvard University Press.

HACKING, I. (2012), «Language, truth and reason: 30 years later: Abstract» [en línea] <http://www.cilt.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/160/Conference%20abstracts.pdf> (Último acceso: 01.04.2016.)

IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2014), «Pasado y presente de la química: Su función didáctica». En: MERINO, C.; ARELLANO, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (eds.). *Avances en didáctica de la química: Modelos y lenguajes*, Valparaíso, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 13-36.

NIAZ, M. (2009), *Critical appraisal of physical science as a human enterprise: Dynamics of scientific progress*, Dordrecht, Springer.

RUTHERFORD, E. (1911), «The scattering of alpha and beta particles by matter and the structure of the atom», *Philosophical Magazine*, Series 6, **21**, 669-688.

WINTHER, R. G. (2012), «Interweaving categories: Styles, paradigms, and models», *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 43, **4**, 628-639.

CIÈNCIA VISCUDA, UNA EXPOSICIÓ PER A CONTEXTUALITZAR ELS OBJECTES ANTICS

**MERCÈ CALPE;^{1,3} ANNA PLARROMANÍ;^{2,3} M. TURA PUIGVERT;^{2,3,4}
VÀNGELIS VILLAR³**

¹ DELEGACIÓ DE LA SERRALADA LITORAL CENTRAL DE L'ICHN.

² ASSOCIACIÓ DE PROFESSORS DE FÍSICA I QUÍMICA DE CATALUNYA.

³ GRUP PATRIMONI CIENTÍFIC ESCOLAR DE MATARÓ.

⁴ SOCIETAT CATALANA DE QUÍMICA.

Paraules clau: *patrimoni científic escolar, història de la ciència, instruments històrics, col·leccions d'història natural, gabinets de física, fabricants d'aparells científics*

Lived Science, an Exhibition to Show Old Objects in its Historical Context

Summary: *Review of a local exhibition based on a large variety of old objects, designed in the past centuries to teach several branches of sciences during the secondary education. The purpose from the very beginning, as well as the exhibition itself and its further prospects, altogether, are addressed to protect our public heritage in science education.*

Key words: *school scientific legacy, history of science, historical instruments in the secondary education, natural history collections, laboratory instruments*

Introducció

L'exposició «Ciència viscuda» ha sorgit de la preocupació que comparteixen molts docents quan es pregunten què cal fer amb objectes que es troben en els laboratoris dels centres d'ensenyament secundari i que ja no són utilitzats en les activitats pràctiques actuals. Si fem un repàs als laboratoris i magatzems de centres que van ser equipats fa més de cinquanta anys, podem trobar molts elements que actualment ja no s'utilitzen i que algun dia formaven part del material de suport per a les activitats d'ensenyament i aprenentatge de les ciències experimentals.

Considerem que els diferents elements científics que es poden trobar en els centres docents formen part del patrimoni en tant que il·luminen parts de la his-

tòria de l'educació dels nostres centres educatius. El conjunt il·lustra com s'han ensenyat, de manera pràctica, les ciències experimentals des dels inicis de la conformació de plans d'estudis, a mitjan segle XIX (Sánchez, 2010).

Esmentem la relació d'elements que hem treballat amb la consideració de patrimoni: estris utilitzats en les activitats pràctiques; entrevistes a persones seleccionades per expressar les seves vivències; fotografies de les instal·lacions, de professors i alumnes en acció, de muntatges pràctics, de sortides de camp, i documents que es guarden en els centres o en arxius externs.

Hem pretès que aquest treball arribés en forma d'exposició dinamitzada a tota mena de públic i, en particular, hem volgut atraure l'interès de tota la comunitat educativa. L'edició del catàleg i l'actualització dels enllaços virtuals van donant continuïtat a la tasca inicial.

El patrimoni científic escolar

Al llarg de la història, els laboratoris dels centres han estat testimoni de l'ús d'un ampli conjunt de recursos didàctics que el professorat emprava com a suport a l'estudi pràctic de les disciplines de ciències experimentals (Ruiz, 2010).

El canvi d'equipaments que s'ha viscut en els laboratoris dels centres històrics, des dels antics gabinets (Fig. 1) fins als laboratoris actuals, ha originat l'acumulació d'objectes que no sempre han estat valorats encertadament pel professorat.



FIGURA 1. Aparells dels Gabinets de Física i Química. Col·legis de Mataró.

En alguns centres encara s'hi poden trobar elements d'origen molt variat, des dels artesanals fins als fabricats expressament per la indústria especialitzada. Moltes col·leccions de minerals i d'espècimens biològics són fruit de la iniciativa individual de recol·lecció en un entorn proper però també hi ha espècimens exòtics procedents de les antigues colònies espanyoles. Aquests materials formatius

ara han anat perdent el seu ús. Alguns d'ells s'han arraconat per raons ètiques o pràctiques i d'altres han estat superats per la tecnologia o bé per raons de seguretat.

Aquest patrimoni permet relacionar els canvis en l'ensenyament de les ciències experimentals amb els dels contextos històrics i socials que s'han anat succeint. Permet dur a terme altres tipus d'activitats docents relatives a la ciència i al patrimoni escolar, ja sigui dins la pròpia escola o en altres àmbits. Es pot qüestionar per què van ser dissenyats aquests elements, i en quin entorn van ser creats i utilitzats (Delgado *et al.*, 2010). També permet reconèixer el recorregut històric de cada centre. Pel que fa a la metodologia de treball amb l'alumnat, la recerca sobre un objecte concret pot fomentar la curiositat i desenvolupar les seves competències analítiques. Aquests tipus d'activitats ressituen els objectes antics en el marc dels corrents educatius actuals (Bernal *et al.*, 2009).

Per a iniciar la posada en valor del patrimoni científic escolar, ha estat primordial la constitució d'un grup de treball amb membres que coneixíem de prop quin era l'estat de conservació dels objectes relacionats amb l'ensenyament de les ciències. Per raons pràctiques s'ha restringit l'actuació als centres històrics de secundària del nostre entorn geogràfic.

Contactes inicials

En un principi, davant la necessitat d'obtenir informació sobre algunes actuacions similars, es va establir contacte amb persones que ja havien dut a terme algun tipus de museïtzació d'objectes científics: la Universitat de Barcelona, el Col·legi Nacional de Buenos Aires, el Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, la Universitat de Múrcia i la Universitat Autònoma de Madrid. Amb aquest intercanvi d'idees vam consolidar la nostra iniciativa.

Per a contactar amb les persones que coneixen les qüestions relacionades amb el patrimoni escolar i posteriorment establir una xarxa de treball amb el professorat dels centres, ens adreçàrem als Serveis Territorials del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Es va procedir a autoritzar-nos el treball amb les direccions dels centres escolars i molt especialment amb el professorat de ciències.

El patrimoni científic catalogat és molt variat, des d'aparells i instruments de mesura fins a una gran quantitat d'animals dissecats, col·leccions d'història natural, treballs fets pels mateixos alumnes en diverses èpoques, làmines i maquetes, llibres de text antics i catàlegs i guions de pràctiques. Alguns d'ells es troben relativament museïtzats i guardats en vitrines, d'altres estan emmagatzemats sense cap mena de protecció ni manteniment o bé s'han disposat com a objectes decoratius.

Els centres històrics escollits a Mataró i comarca són: Cor de Maria, Salesians Sant Antoni de Pàdua, Escola Pia de Mataró, Institut Alexandre Satorras, Institut Damià Campeny, Institut Miquel Biada, Maristes Valldemia i Institut Bisbe Sivilla.

Inicis del projecte i muntatge de l'exposició

Acabada la fase prèvia, consistent en la confecció d'arxius de documentació i l'establiment de contactes, el projecte va ser assumit per la Direcció de Cultura de l'Ajuntament de Mataró, amb el suport tècnic del Museu de Mataró. Inicialment, l'Ajuntament va subvencionar la fotografia dels objectes que ja s'havien seleccionat i classificat de cara a la futura exposició. Es va obrir un blog per a allotjar i anar actualitzant el museu virtual.¹

1. Blog: <<http://patrimonicientificeducatiu.wordpress.com>> (darrer accés: 20.03.16).

Seqüència de tasques:

- a) Descripció detallada de cadascun dels objectes seleccionats i edició de fitxes publicables segons la catalogació estàndard utilitzada en els museus.
- b) Realització de fotografies de qualitat dels objectes i dels ambients escolars.
- c) Preparació del guió de l'exposició i disseny de la seqüència d'àmbits històrics i didàctics on aniríem ubicant els objectes.
- d) Selecció de 34 testimonis significatius per ser entrevistats i edició de 12 vídeos,² tres d'ells temàtics.
- e) Recopilació i digitalització de fotografies antigues dels centres educatius.
- f) Disseny, edició i difusió d'un díptic divulgatiu.

La Direcció Municipal de Cultura va assumir les despeses del muntatge de l'exposició, la qual es va ubicar a Can Serra, l'edifici històric del Museu de Mataró, lloc prou ampli, molt cèntric i fàcilment accessible des de tots els centres escolars de la comarca.

El projecte ha culminat en l'exposició «Ciència Viscuda, l'ensenyament de les ciències experimentals a través dels objectes», oberta al públic durant tres mesos. Ha estat una exposició activa que, a part dels plafons i dels objectes catalogats, s'ha acompanyat d'audiovisuals, demostracions pràctiques i tallers.



FIGURA 2. Antic laboratori de Ciències. Col·legi Cor de Maria, Mataró.

2. Vídeos: <<https://vimeo.com/channels/923825>> (darrer accés: 20.03.16).

Contingut de l'exposició i seccions que la componen

Amb la finalitat d'apropar el discurs de l'exposició a la ciutadania, s'ha construït un relat històric de cada centre, il·lustrat amb imatges retrospectives on es poden identificar persones i ambients (Fig. 2), i s'ha acompanyat d'un resum cronològic des dels inicis de la institució a Mataró. Aquesta ambientació ha servit de fil conductor i de guia per a la ubicació de les vitrines d'objectes.

Els materials de cada vitrina es troben classificats per àmbits, que representen els canvis que s'han anat succeint en l'ensenyament de les ciències.

Paral·lelament a l'estudi dels centres educatius de secundària, públics i privats, des del seu establiment al Maresme, hem explicat l'evolució dels objectes científics en funció de la metodologia que s'ha practicat en cada època per a ensenyar ciències. Hem remarcat la diversitat d'animals dissecats mitjançant el procés de taxidèrmia i les col·leccions d'història natural, tan valorats en el segle XIX, juntament amb la varietat de làmines i maquetes, que actualment s'han substituït per reportatges gràfics i imatges virtuals. Es pot observar també una diferència notable en la presentació i en la mida dels instruments de física destinats a pràctiques magistrals respecte als que serveixen per a dur a terme experiments en grups reduïts. Un altre canvi destacable és el que s'observa en els instruments de mesura, per l'evolució de les mesures analògiques envers les mesures digitals.

Un recorregut per la història de les lleis educatives ens permet reconèixer la incidència dels canvis sociopolítics en la planificació general de l'ensenyament i, en particular, sobre com s'han concebut la metodologia i la didàctica de les ciències. També hem volgut ressaltar el tractament diferenciat que s'ha donat a la formació de les dones limitant-los a bastament l'accés a molts camps del coneixement.

L'exposició consta de vuit àmbits, cadascun d'ells amb els seus corresponents plafons explicatius; vitrines amb objectes ordenats per temàtiques científiques; pantalles amb col·leccions de fotos històriques de cada centre, i muntatges audiovisuals amb les entrevistes a professors, a historiadors locals (Florensa, 2012; Gurrera, 2012), a antics professors i a alumnes dels centres de referència.

Àmbit 0: Introducció a l'exposició i mostra dels seus objectius.

Àmbit 1: Ensenyaments científics vinculats a les activitats professionals. L'ensenyament anterior al segle XIX.

Àmbit 2: Època de gabinets i col·leccions. L'ensenyament al segle XIX. L'educació de les dones i la ciència.

Àmbit 3: Temps de renovació pedagògica i ciències per a la vida. L'ensenyament en les primeres dècades del segle XX.

Àmbit 4: Experiències magistrals al laboratori. L'ensenyament al segle XX: la postguerra i el franquisme.

Àmbit 5: Pràctiques de laboratori en grup. L'ensenyament al segle XX: el període democràtic.

Àmbit 6: Sèries d'evolució d'objectes.

Àmbit 7: La ciència fora de l'aula.

Activitats paral·leles a l'exposició

Visites guiades per als escolars i per a la població en general

Un equip de monitors feia les explicacions sobre els continguts temàtics i amenitzava el recorregut amb demostracions senzilles, posant en funcionament alguns aparells de l'exposició.

Tallers d'experiments per a l'alumnat

Es va redactar una guia didàctica d'edició lliure, que el professorat podia modificar i adaptar a cada grup d'alumnes. Les experiències demostratives s'oferien adaptades als nivells de l'alumnat. El professorat escollia les que més s'ajustaven a la seva programació i comunicava la seva tria abans d'assistir a la visita concertada.

Conferències simultànies

Coincidint amb el període de tres mesos que va durar l'exposició, es programaren les conferències següents: «El llegat d'Angeleta Ferrer, impartida per Elvira Rocha i Marina Mir; l'ensenyament de la ciència i la tècnica a Mataró des dels anys 60 fins començament del segle XXI, impartida per Eugeni Romeu; «Els inicis dels ensenyaments secundaris a Mataró, impartida per Joan Florensa, i «El patrimoni escolar, impartida per Vàngelis Villar.

Catàleg

El catàleg de «Ciència viscuda» constitueix un element de consulta sobre els objectes que es troben en els laboratoris, el seu funcionament i el seu ús dins el marc educatiu en què s'utilitzaven. Conté una introducció general firmada pel regidor de Cultura, cinc articles de fons i una explicació detallada dels continguts de l'exposició. La part central consta d'una descripció científica resumida de cadascun dels objectes de l'exposició amb la seva fotografia. S'hi ha inclòs també una cronologia de cada centre i un resum de les lleis successives que han regit l'ensenyament de les ciències en aquest període històric. S'ha il·lustrat amb abundants fotografies antigues i modernes, tot combinat amb una alta qualitat estètica.

Perspectives de futur

Un cop acabada l'exposició hem constatat que hi ha molts camps de recerca (Simon *et al.*, 2005) que es poden treballar més a fons: característiques històriques dels centres i del professorat de ciències; història de l'ensenyament secundari a Mataró; història de l'ensenyament de les ciències a través dels objectes; la discriminació de gènere implícita en les lleis d'educació fins a l'actualitat; de l'estudi de l'invent a la història de l'inventor; estudi de l'evolució de les empreses constructores d'objectes; els processos de museïtzació.

Conclusions

Molts instruments científics que en el seu moment s'havien emprat en docència han perdut el seu significat original i corren el risc de desaparèixer. En l'exposició «Ciència viscuda» la seva posada en valor ha representat un triple paper: la construcció d'un significat més enllà del disseny original; el descobriment de la utilitat d'uns estris que actualment gairebé només són decoratius, i, finalment, la vinculació amb un passat més o menys remot per als diferents visitants que, en major o menor mesura, els haurien conegut en les classes pràctiques.

Amb aquesta actuació s'ha volgut valorar els objectes científics antics, catalogant-los de manera que cada centre pugui arribar a la museïtzació interna dins del propi context històric. Al mateix temps s'ha aconseguit la protecció i la restauració del material esmentat.

En alguns centres ja s'han fet exposicions internes i demostracions amb objectes científics diversos dins del marc de la Setmana de la Ciència. També s'han dirigit alguns treballs de recerca per

a estudiar i posar en marxa aparells antics, cercant tota la documentació teòrica i pràctica possible.

Amb finalitat divulgativa, s'han programat les conferències impartides per professors que en el seu dia van exercir la docència a Mataró i que disposen d'un ampli coneixement històric del nostre entorn. Tots ells han aportat un testimoni inestimable en tot allò referent a l'ensenyament de les ciències dins la història local.

Pel que fa a la projecció didàctica de l'exposició ressaltem: el contingut i la seva presentació; la restauració i posada en funcionament d'alguns instruments pels mateixos alumnes dels centres; les visites guiades per a tothom i per als grups d'estudiants així com per a grups de professionals, i les demostracions realitzades al llarg de la visita guiada explicant el funcionament d'alguns aparells i la seva utilitat per a generar coneixement científic.

Els objectius aconseguits en l'exposició i els materials que ha generat, com són el museu virtual en el blog, l'edició del catàleg i la difusió dels vídeos enregistrats, són: oferir a la ciutadania l'oportunitat de conèixer una part de la història local; apropar a tots els escolars el conjunt d'instruments i objectes antics que ja no existeixen en els laboratoris moderns però que encara es conserven en alguns centres; ajudar a valorar la història interna de cada centre, i conèixer els canvis que hi ha hagut en l'educació secundària de la nostra ciutat.

Hem constatat que cal reconèixer com una tasca col·lectiva la importància d'anar documentant el present pel fet que contínuament es genera patrimoni històric. La destrucció indiscriminada de material és una pràctica freqüent que pot dificultar la interpretació dels fets en el futur. La idea de patrimoni i la necessitat de conservar els béns patrimonials hauria de ser present de manera més explícita en la vida quotidiana dels centres.

Referències bibliogràfiques

BERNAL, J. M.; LÓPEZ, J. D. (2009), *El patrimonio científico en los IES. Un recurso didáctico en las Ciencias para el Mundo Contemporáneo*, Madrid, UNED.

DELGADO, M. A.; LÓPEZ, J. D.; MARTÍNEZ, V.; ROMERA, M. I. (2010), *El gabinete de física del instituto de Lorca. Guía didáctica. Consejería de Educación*, Murcia, Campobell S.L.

FLORENSA, J. (2012), *Escola Pia. 275 anys a Mataró*, Mataró, Ed. Escola Pia de Mataró.

GURRERA, M. (2012), *Els orígens de la xarxa escolar de Mataró (1808-1868)*, Mataró, Caixa d'Estalvis Laietana.

RUIZ, J. (2010), *El patrimonio histórico-educativo. Su conservación y estudio*, Madrid, Biblioteca Nueva, Museo de Historia de la Educación Manuel B. Cossio.

SÁNCHEZ TALLÓN, J. (2010), *Los instrumentos de física en los manuales y en los gabinetes del siglo XIX en España. Estudio de caso: El gabinete del IES Padre Suárez de Granada*, Granada, Ed. Universidad de Granada.

L'ÚS DE CONTEXTOS HISTÒRICS A L'AULA DE MATEMÀTIQUES DE SECUNDÀRIA: EL CAS CONCRET DE LA VISUALITZACIÓ EN LA CONNEXIÓ GEOMETRIA-ÀLGEBRA

IOLANDA GUEVARA CASANOVA

DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA.
DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES MATEMÀTIQUES I CIÈNCIES EXPERIMENTALS DE LA UAB.

Paraules clau: ensenyament/aprenentatge de l'àlgebra, connexió geometria-àlgebra, visualització, context històric, al-Khwarizmi, Liu Hui

Using historical contexts in the secondary mathematics classroom: the case of visualization connecting geometry with algebra

Summary: The teaching and learning of algebra in the stage of compulsory secondary education includes structures, relationships and language, but the introduction and use of this language is difficult for most students by degree of abstraction involved.

This article presents the results of research that has studied the extent to which the introduction of geometric diagrams historical related to the curriculum of secondary education, encourages students solve certain problems. That is, identify potential opportunities for learning and their respective effects on introducing geometrical diagrams historic tasks of students.

Key words: teaching / learning of algebra, geometry-algebra connection, visualization, historical context, al-Khwārizmī, Liu Hui

Introducció

En l'etapa de l'educació secundària obligatòria l'ensenyament-aprenentatge de l'àlgebra inclou estructures, relacions i llenguatge, però la introducció i l'ús d'aquest llenguatge és difícil per a la majoria de l'alumnat pel grau d'abstracció que comporta.

L'àlgebra és el bloc de continguts més extens del currículum de matemàtiques (Catalunya. Decret 143/2007), per aquesta raó s'ha centrat l'estudi en un camp de treball més acotat: la visualització d'alguns processos matemàtics. La decisió s'ha pres perquè hi ha moltes teories sobre els avantatges d'aquest mètode, dins de l'àmbit educatiu i en particular en l'àmbit educatiu matemàtic (Arcavi, 2003; Burgués, 2008; (Giaquinto, 2007; Mason *et al.*, 2005), i també pel paper que té en el món d'avui dia.

En el treball es planteja la idoneïtat de relacionar el llenguatge simbòlic de l'àlgebra amb la geometria, amb la intenció de potenciar el pensament i el raonament visual dels alumnes, per a millorar l'aprenentatge d'aquest nou llenguatge a base de fer-lo més significatiu i lligat a l'adquisició de les competències bàsiques de l'àmbit matemàtic (Burgués & Serramona, 2013). L'eina utilitzada per a establir la connexió geometria-àlgebra són els diagrames.

La introducció de diagrames pretén connectar el pensament simbòlic propi de l'àlgebra amb el pensament visual relacionat amb les figures geomètriques. Historiadors, pedagogs (Katz & Barton, 2007) i molts especialistes en didàctica de la matemàtica (NCTM, 2000; Niss, 2002; 2011) defensen la connexió entre continguts aparentment diferents com una de les accions integrades en els processos matemàtics.

Fa uns anys havia estudiat alguns diagrames que provenien de la història de les matemàtiques, i els havia dut a l'aula (Guevara *et al.*, 2006; Guevara, 2009; Guevara & Massa, 2009), però no havia analitzat fins a quin punt la seva introducció havia millorat l'aprenentatge dels alumnes. Ara era l'ocasió de posar-los en el punt de mira perquè s'ajustaven perfectament a determinats continguts del currículum d'àlgebra sobre els quals es volia incidir.

Els problemes proposats als alumnes corresponen a situacions on intervenen triangles rectangles o bé a la resolució d'equacions de $2n$ grau. En tots els casos, la proposta passa perquè els alumnes transfereixin el raonament expressat en forma lingüística (expressions algebraïques de $2n$ grau) al raonament visual amb diagrames (figures amb quadrats i rectangles) que són la interpretació geomètrica de



FIGURA 1. Diagrames dels *Nou capítols* en l'edició de Bao Huanzhi (1213) segons Chemla & Shudrun (2005).

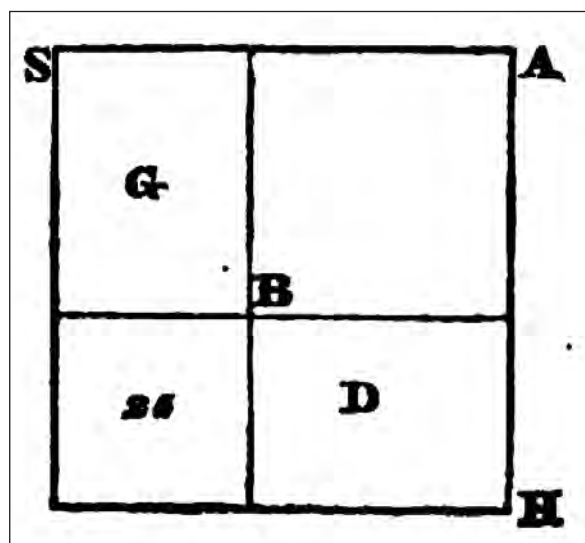


FIGURA 2. Al-Khwārizmī (813), *Tractat d'àlgebra* (edició de F. Rosen, 1831).

les expressions algebraiques de $2n$ grau. Per tant, la recerca està centrada en el procés d'aprenentatge dels alumnes, específicament en els resultats aconseguits pels alumnes utilitzant aquests diagrames.

Els problemes en els quals intervenen triangles rectangles corresponen al capítol 9 dels *Nou capítols*, problemes 1-13 i 24 en la versió de Chemla & Shuchun (2005). En la figura 1 es reproduïx un d'aquests diagrames. El que interessa destacar és la justificació del procediment de càlcul del text clàssic (s. I) amb raonaments geomètrics que fa Lui Hui en l'edició de l'any 263. Aquests raonaments geomètrics han estat estudiats i transcrits en forma de figures per diferents historiadors de la matemàtica xinesa antiga (Cullen, 1996; Chemla & Shuchun, 2005; Dauben, 2007).

La resolució d'equacions de segon grau completant quadrats geomètrics s'ha desenvolupat a partir del text d'al-Khwarizmi, segons l'edició de F. Rosen (1831), en la reedició de 1986, i de les aportacions de Massa (2005), Guevara (2009) i Guevara i Massa (2009). En la figura 2 es reproduïx un d'aquests diagrames.

La resolució d'un problema amb diagrames de càlcul, en la línia de classificació dels diagrames de Giardino (2009), conté dos tipus d'elements, els diagrames i les accions diverses que intervenen en relació amb els diagrames: construcció, transformació, interpretació i lectura. El fil conductor de l'anàlisi duta a terme ha estat identificar aquestes quatre accions en els treballs dels alumnes. A partir dels resultats obtinguts s'han elaborat les conclusions del treball i s'han classificat i organitzat en quatre blocs: traducció, transformació, raonament diagramàtic i avantatges en l'ús de diagrames.

Traducció

En aquest apartat es recullen conclusions sobre les equivalències que estableixen els alumnes entre el llenguatge algebraic i la seva representació geomètrica; com reconeixen les dades del problema i les transfereixen damunt del primer diagrama, i com identifiquen les relacions entre les dades del problema i les traslladen al diagrama de dades i després al primer diagrama de càlcul.

De les sis conclusions que es recullen en el treball referides a la traducció (Guevara, 2015: 428-435) destacaríem com a més rellevant la tercera: els alumnes associen els termes de $1r$ grau amb coeficients unitaris (x) a longituds, els de $1r$ grau amb altres coeficients ($6x$) a àrees i els de $2n$ grau també a àrees. Els valors numèrics, amb longituds o amb àrees.

En la figura 3 es poden observar les equivalències que estableix una alumna entre els termes $6x$, x i 40 i els costats i les àrees de la figura, mitjançant les etiquetes corresponents que situa dins de la figura, quan es tracta de valors que corresponen a àrees, o damunt del costat, quan es tracta de longituds.

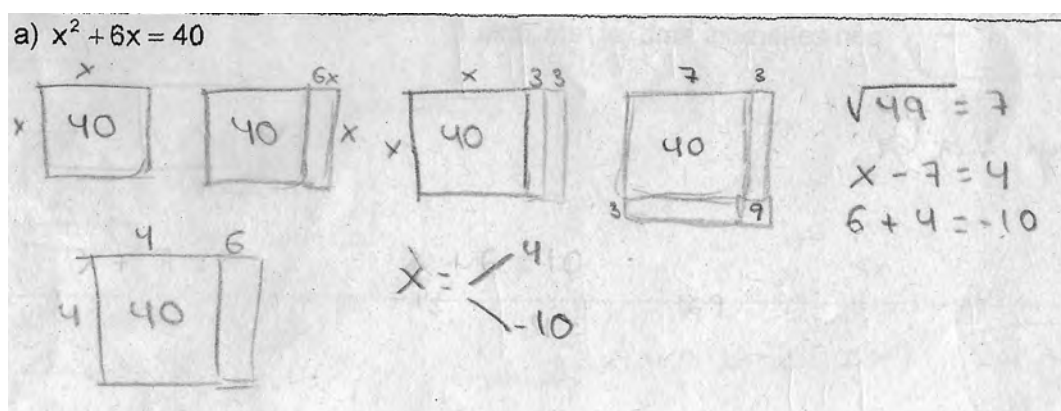


FIGURA 3. Producció d'una alumna amb $6x$, x i 40 .

Transformació

En aquest apartat es recullen les conclusions sobre els processos de transformació dels diagrames; quines són les sèries clau de transformació dels diagrames per a la resolució del problema i la seva predictibilitat; el nombre de diagrames que conté la sèrie associada a un tipus de problema; el nombre de diagrames que fa un alumne determinat per resoldre un determinat tipus de problema, i, finalment, l'estructura i el sentit de les transformacions.

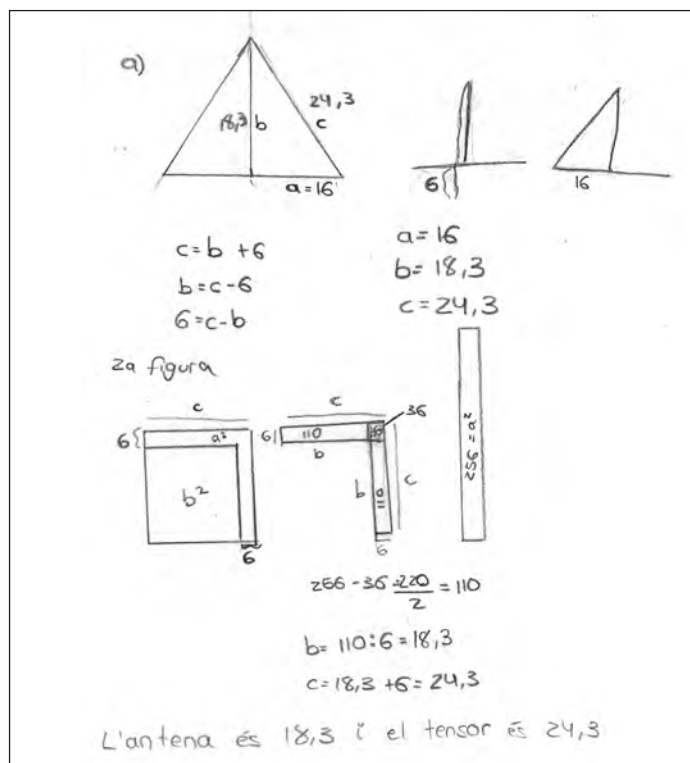


FIGURA 4. Resolució completa de l'alumna 1.

De les quatre conclusions que recull el treball referides a la transformació (Guevara, 2015: 435-445) destacariem com a més significativa la primera: el fil conductor que guia els processos de transformació dels diagrames és la transformació de les àrees de les figures (quadrats i rectangles) que contenen els diagrames.

En la figura 4 es pot veure la resolució d'una alumna en un problema de triangles rectangles en què el fil conductor del procés és la transformació de l'àrea 256. En la figura 5, una altra alumna resol l'equació $x^2 + 6x = 40$ i ara el fil conductor del procés és la transformació de l'àrea 40.

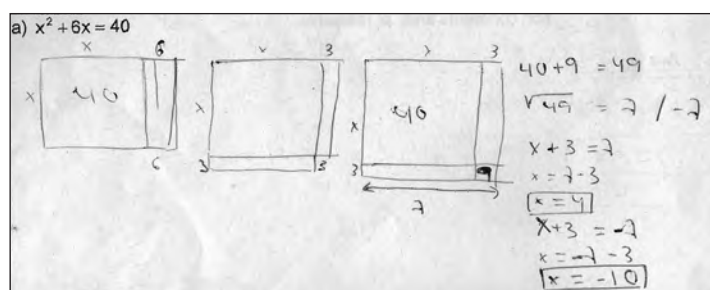


FIGURA 5. Resolució completa d'una alumna.

Raonament diagramàtic

En aquest apartat es recullen les conclusions del treball pel que fa al raonament estratègic diagramàtic; s'identifiquen els elements clau dels diagrames per a la resolució dels problemes i el que representen en el raonament fet pels alumnes.

Mancosu (2005) diferencia entre visualització i raonament diagramàtic. Utilitza el terme visualització en parlar dels treballs de Giaquinto (1992), que defensa els diagrames com a eina de descobriment. En canvi, parla de raonament diagramàtic quan es refereix al treball de Barwise i Etchemendy (1996), que avalen els diagrames com a eina de demostració. En la recerca, els alumnes descobreixen la solució del problema mitjançant la transformació (demostració) dels diagrames.

De les tres conclusions referides al raonament diagramàtic (Guevara, 2015: 445-451) destaquem com a més rellevant la segona: les etiquetes essencials que utilitzen els alumnes són les etiquetes numèriques per davant de les algebraïques. Sense elles, el diagrama no fa de fil conductor.

En la figura 6 es pot veure el procés de resolució d'una alumna per a l'equació $x^2 + 6x = 40$ en el qual no utilitza cap etiqueta algebraica:

a) $x^2 + 6x = 40$

40 33 3 40 3

$\sqrt{49} = \begin{cases} +7 \\ -7 \end{cases}$ $x + 3 = 7$ $x + 3 = -7$

$x = 7 - 3 = 4$ $x = -3 - 7 = -10$

$40 + 9 = 49$

FIGURA 6. Resolució d'una alumna sense cap etiqueta algebraica.

Avantatges en l'ús de diagrames

En aquest apartat s'inclouen conclusions més globals referides als avantatges i inconvenients en l'ús de diagrames per a la resolució de problemes a l'ESO que es corresponen amb la finalitat última de l'estudi presentat.

Giardino (2014) afirma que l'avantatge cognitiu d'utilitzar diagrames no està determinat únicament pel fet que els diagrames són «més visuals» que les frases lingüístiques, sinó que els diagrames representen un avantatge cognitiu no per principi, sinó que depèn del problema plantejat. Per això s'han considerat els avantatges relacionats amb les tasques proposades i també quins conceptes ha de tenir assolits l'alumnat per tal de ser capaç d'utilitzar aquests diagrames que relacionen l'àlgebra amb la geometria.

Sobre els avantatges de l'ús de diagrames s'han obtingut quatre conclusions. La primera: els alumnes han optat majoritàriament pel mètode geomètric perquè se senten més còmodes amb el raonament visual. La segona: amb el raonament visual els alumnes són més eficaços, hi ha més alumnes que ho resolen bé, i a més ho resolen millor. La tercera: per a manipular amb soltesa els diagrames de càlcul els alumnes han de distingir entre perímetre i àrea, i entre mesura de longitud i de superfície. La quarta: perquè els alumnes puguin connectar geometria amb àlgebra han de tenir desenvolupades com a mínim dues capacitats. La primera, identificar i distingir de quantes figures està construïda una determinada figura; la segona, interpretar i traduir dades d'una relació algebraica a

longituds i àrees d'una figura geomètrica i viceversa, des de la figura geomètrica llegir les relacions entre dades que conté o expressar-les a través d'una fórmula o equació (Guevara, 2015: 452-458).

De les quatre conclusions referides als avantatges en l'ús de diagrames destacariem com a més significativa la tercera.

a) $x^2 + 6x = 40$

x x^2 $6x$ $\Rightarrow$ 40 $\Rightarrow$ x x^2 $3x$ $\Rightarrow$ x x^2 $3x$ $\Rightarrow$

$9 + 6 = 15$
 $15 + 40 = 55$
 $x = \sqrt{55} = 7.4$

$-15 - 40 = -55$
 $x = \sqrt{-55} = \sqrt{7.4}$

$x = 7.4$

FIGURA 7. Suma d'àrees i longituds en la resolució d'una alumna.

En la figura 7 es pot veure la resolució d'una alumna que suma valors corresponents a àrees i a longituds. Aquest fet li impedeix arribar al resultat final correctament.

Implicacions pedagògiques per a l'ensenyament i l'aprenentatge de l'àlgebra

Els resultats recollits en l'anàlisi de les activitats dels alumnes i les conclusions generades ens permeten afirmar que l'ensenyament de l'àlgebra en els primers cursos s'hauria de fer amb activitats que promoguin el raonament visual, i una eina adequada per a fer-ho són els diagrames. És a dir, que la introducció de l'àlgebra, a més de ser una generalització de l'aritmètica, un model on les regles amb nombres passen a ser regles amb lletres, hauria de tenir també un component visual, el que dona la interpretació geomètrica de les fórmules de l'àlgebra. En aquest paradigma les expressions lineals es poden interpretar, en funció de la situació, com a àrees o com a longituds de segments, i les expressions quadràtiques s'interpreten com a àrees. Totes les operacions i les regles per a dur-les a terme tenen la seva interpretació en el model geomètric. D'aquesta manera les propietats de les operacions no es justifiquen únicament amb unes regles o amb una gramàtica dels símbols, sinó que tenen un equivalent en el model geomètric.

Passar de l'aritmètica a l'àlgebra saltant-se la geometria es pot considerar com un error didàctic-històric, que té explicació en el context del segle XVII quan la força del nou llenguatge simbòlic va desplaçar el raonament geomètric visual, però no en el segle XXI (Katz & Barton, 2007). Al llarg de molts segles la humanitat, en absència del llenguatge formal de l'àlgebra i només amb les quatre operacions bàsiques de l'aritmètica, ha estat capaç de resoldre problemes que ara es resolen amb equacions. Avui en dia, una part important dels alumnes no arriben a resoldre aquests problemes perquè no han comprès amb profunditat les regles d'aquest llenguatge i són analfabets, des del punt de vista de les matemàtiques. Potser, en els inicis de l'aprenentatge de l'àlgebra, cal retornar al raonament dels matemàtics antics, ja que ells resolien problemes i feien càlculs però es basaven en models geomètrics per a justificar la validesa de les seves operacions.

Referències bibliogràfiques

- AL-KHWARIZMI (1986), *The Algebra of Mohammed ben Musa*. A: ROSEN, F. (ed. i trad.), (1a ed., Londres, 1831) Hildesheim/Zürich/Nova York, George Olms Verlag.
- ARCAVI, A. (2003), «The role of visual representations in the learning of mathematics», *Educational Studies in Mathematics* **52**, 215-241.
- BARWISE, J.; ETCHEMENDY, J. (1996), «Visual Information and Valid Reasoning». A: ALLWEIN, G.; BARWISE, J. (eds.), *Logical Reasoning with Diagrams*, New York, Oxford University Press, 3-23.
- BURGUÉS, C. (2008), «La representación de las ideas matemáticas». A: HERVÁS-ASENJO, M. M. (coord.), *Competencia matemática e interpretación de la realidad*, Madrid, Secretaría General Técnica del MEC, 23-40.
- BURGUÉS, C.; SERRAMONA, J. (coord.) (2013), *Competències bàsiques de l'àmbit matemàtic*, Barcelona, Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya [en línia] <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/competencies_basiques/competencies_mates_eso.pdf> (Darrer accés: 31/01/16.)
- CATALUNYA. DECRET 143/2007, de 26 de juny, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. Annex 2. Currículum de l'educació secundària obligatòria. Àmbit matemàtiques (DOGC, núm. 4915, 29-6-2007, p. 21927-21935) [en línia] <<http://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/4915/914189.pdf>> (Darrer accés: 31/01/16.)
- CHEMLA, K.; SHUCHUN, G. (eds.) (2005), *Les Neuf Chapitres, le classique mathématique de la Chine ancienne et ses commentaires*, París, Dunod [edició crítica bilingüe].
- CULLEN, C. (1996), *Astronomy and Mathematics in Ancient China: The Zhou bi suan jing*, Cambridge / New York, Cambridge University Press.
- DAUBEN, J. W. (2007), «Chinese Mathematics». A: KATZ, V. J. (ed.), *The Mathematics of Egypt, Mesopotamia, China, India and Islam. A sourcebook*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 187-384.
- GIAQUINTO, M. (1992), «Visualizing as means of geometrical discovery», *Mind and Language*, **7**, 382-401.
- GIAQUINTO, M. (2007), *Visual Thinking in Mathematics*, Oxford, Oxford Univ. Press.
- GIARDINO, V. (2009), «Towards a diagrammatic classification», *The Knowledge Engineering Review*, **00**, (0), 1-13.
- GIARDINO, V. (2014), *Diagram Based Reasoning* [en línia] <<https://diagrambasedreasoning.wordpress.com/>> (Darrer accés: 31/01/16.)
- GUEVARA, I.; MASSA, M. R.; ROMERO, F. (2006), «Textos históricos para la enseñanza de las matemáticas». A: PÉREZ-BUSTAMANTE, J. A., et al. (coords.), *Actas del IX Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Cádiz, SEHCYT, 1301-1304.
- GUEVARA, I. (2009), *La història de les matemàtiques dins dels nous currículums de secundària: La introducció de contextos històrics a l'aula, un recurs per a millorar la competència matemàtica* [en línia] <<http://www.xtec.cat/sgfp/llicencies/200809/memories/1864m.pdf>> (Darrer accés: 31/01/16.)
- GUEVARA, I.; MASSA, M. R. (2009), «La història de les matemàtiques en els nous currículums de secundària», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, volum 2 (1), 379-390.
- GUEVARA, I. (2015), *L'ús de contextos històrics a l'aula de matemàtiques de secundària: El cas concret de la visualització en la connexió geometria-àlgebra*. (Tesi doctoral). Universitat de Barcelona [en línia] <<http://hdl.handle.net/10803/301766>> (Darrer accés: 31/01/16.)
- KATZ, V. J.; BARTON, B. (2007), «Stages in the history of algebra with implications for teaching», *Educational Studies in Mathematics*, **66**, 185-201.
- MANCOSU, P. (2001), «Mathematical Explanation: problems and prospects», *Topoi*, **20**, 97-117.
- MANCOSU, P. (2005), «Visualització en Logic and Mathematics». A: MANCOSU, P. et al. (eds.), *Visualització, Explicació i Raonament en Matemàtiques*, Netherlands, Springer, 13-30.
- MASON, J.; GRAHAM, A.; JOHNSTON-WILDER, S. (2005), *Developing Thinking in Algebra*, SAGE Publications.
- MASSA, M. R. (2005). «Les equacions de 2n grau al llarg de la història», *Biaix*, **24**, 4-15 [en línia] <<https://5>

ffae0819e4690bb429ba787c40104e2d48658f9.googledrive.com/host/0B-nqW6g1Bd5iWxFnOUNtYUhCaVU/biaix24/equacions.pdf> (Darrer accés: 31/01/16.)

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

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

Denmark [en línia] <<http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/CTH/mve375/1213/docs/KOMkompetenser.pdf>> (Darrer accés: 31/01/16.)

NISS, M.; HOJGAARD, T. (eds.) (2011), *Competencies and Mathematical Learning. Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*, Roskilde University, Department of Science, Systems and Models, IMFUFA tekst nr. 485 [en línia] <http://diggy.ruc.dk/bitstream/1800/7375/1/IMFUFA_485.pdf> (Darrer accés: 31/01/16.)

LOS NÚMEROS ENTEROS EN LAS ARITMÉTICAS EN CASTELLANO DEL SIGLO XVII

JUAN NAVARRO LOIDI

CÁTEDRA MIGUEL SÁNCHEZ MAZAS UPV-EHU.

Palabras clave: *números negativos, cero, aritmética elemental, España, siglo xvii*

Integers in Spanish Arithmetical textbooks during the 17th century

Summary: In this paper the different opinions about integers held in arithmetic textbooks in Spain during 17th century are considered, showing their slow, but clear evolution to the extension of the set of numbers.

Key words: negative numbers, zero, elementary arithmetic, Spain, 17th century

En este artículo se comentan las dificultades que tuvieron los matemáticos para ampliar el concepto de número, estudiando la evolución de dicho concepto en el siglo xvii, y observando la forma en que se va incluyendo el cero, el uno o los números negativos. Es cierto que los problemas que se suscitaron en el siglo xvii no se parecen mucho a los que se presentan ahora en la enseñanza, porque estuvieron en buena parte relacionados con la importancia que se daba en aquel tiempo a la geometría y a los *Elementos* de Euclides. Pero siempre pueden servir para entender que lo que se considera hoy evidente entre los profesores de matemáticas no tiene por qué serlo para sus alumnos, y que, al menos en lo que a los números se refiere, lo que ahora se enseña no era incuestionable para gente muy sabia en el siglo xvii.

El planteamiento teórico

En el siglo xvii se aceptaba como fundamento teórico de la aritmética la doctrina desarrollada en los libros VII, VIII y IX de los *Elementos* de Euclides. Respecto a la definición de número en el libro VII se dice:

1. Una unidad es aquello en virtud de lo cual cada una de las cosas que hay es llamada una. [.../...]
2. Un número es una pluralidad compuesta de unidades. (Euclides, 1994: 111-112)

Con esas definiciones el cero no es número y los números negativos no tienen cabida. Además, el uno tiene un tratamiento diferente al del resto de los números.

Junto a este planteamiento erudito había otro enfoque práctico, propio de los que aplicaban la aritmética a cuestiones mercantiles, para los que se trataba de contar monedas o bienes. Aunque no criticaran a Euclides, para ellos el uno era una cantidad como otra cualquiera, quedar a cero era un resultado posible en sus operaciones mercantiles, y usaban el haber y el deber como cantidades positivas y negativas, sin hablar de números negativos.

En el libro *Arte y Uso de Arquitectura* (1639, 1665) del agustino descalzo Lorenzo de San Nicolás aparecen juntas esas dos formas de orientar la aritmética. Al comienzo del primer tomo tiene un apartado de aritmética práctica, que incluye lo necesario para los cálculos arquitectónicos posteriores. En esa parte se introducen los números, su escritura y las operaciones con ellos, siguiendo lo que se dice en los *Elementos* y, en las explicaciones, el cero se presenta como un signo utilizado en la escritura de los números y no se acepta que sea el resultado de una resta, que es «conocer la desigualdad que hay de un número a otro, que siendo iguales no habría qué restar» (San Nicolás, 1639: f. 5 v.). Tampoco se acepta que en una resta el resultado sea una cantidad menor que cero, ni que el uno sea un número. Sin embargo, para cuestiones mercantiles se propone, si el sustraendo es mayor al minuendo, hacer la resta «trocando el gasto en recibo, y el recibo en gasto» (San Nicolás, 1639: f. 5 v.), de esa forma el resultado no es un número negativo sino una deuda.

En el segundo tomo se incluye una traducción del libro VII de los *Elementos* de la que se dice: «El septimo libro de Euclides en romance lo hube de Don Juan de la Rocha, [...], que segun supe traduxo del padre Clavio» (San Nicolás, 1665: 266). Efectivamente, el texto que contiene es una buena traducción al español de *Euclid elementorum* de Cristóbal Clavius (Roma, 1589), una obra pedagógica, fiel en lo fundamental a Euclides.

La primera mitad del siglo

En el siglo XVII siguieron siendo muy populares algunos manuales de aritmética escritos en el siglo anterior. Entre ellos el más famoso fue el del andaluz Juan Pérez de Moya *Aritmética práctica y especulativa* (Salamanca, 1562), que llegó a tener seis ediciones en el siglo XVII.

Las definiciones de número y unidad que se dan en ese libro son las de los *Elementos*. El cero no se admite como resultado, tampoco los negativos; pero en el cálculo mercantil se propone, como en *Arte y Uso*, cambiar entre sí gasto e ingreso para hacer todas las restas posibles.

Este libro tiene una parte dedicada al álgebra elemental. En ella se definen las operaciones suma, que se indica con «p», y resta «m»; pero los números negativos no se mencionan, aunque varias expresiones compuestas que aparecen pueden tomar valores negativos para valores positivos de la incógnita.

Otra aritmética que se escribió en el siglo XVI, pero se imprimió al menos nueve veces en el XVII, es el *Dorado Contador* (Madrid, 1594), del valenciano Miguel Gerónimo de Santa Cruz. Este libro es más práctico que el de Pérez de Moya. No se explica el álgebra, en cambio se da importancia a los problemas de reglas de tres, regla de compañía, cambios de monedas y otros semejantes. Las definiciones que se dan son las que daba Euclides, y se insiste en que: «siendo la unidad indivisible no

tiene composición alguna, ni es número, más principio o fuente y madre de todo número» (Santa Cruz, 1643: f. 1 v.). Pero el uno sólo es indivisible para la definición de número, porque luego se trabaja con fracciones sin problemas.

Gerónimo Cortes, que fue famoso sobre todo por su *Lunario perpetuo* (1594), publicó también una *Arithmetica practica* (Valencia, 1604). Esta aritmética pertenece al género de los manuales de «cuentas». Su autor era «Maestro de Contar» y no se plantea en este libro explicar aritmética teórica, o «especulativa». Pese a ello, al comienzo se dan las definiciones de los *Elementos*, aunque de forma menos fiel a Euclides que las anteriores. Cortés admite el cero como resultado: «quitar un numero igual de otro igual es propio de esta regla, y a ella toca y pertenece la tal operación: pero porque no queda nada, y por ser tan llana, y facil de operar, no la admiten los Arihmeticos, ni comprehenden debaxo la difinicion desta regla del restar lo que yo no apruebo» (Cortés, 1659: 40). En cuanto al uno, acepta que es un número, pero dice que es un número especial porque «La unidad dize Boecio en su Arithmetica es mas perfecta que todos los numeros juntos» (Cortés, 1659: 4).

Más práctica todavía es la aritmética de Francisco Ochoa de Samaniego, un vitoriano que trabajó en Nápoles y publicó *Arismetica guarisma* (Lecce, 1644) para cubrir, según dice, la falta de libros sobre cálculo mercantil que había en castellano. El libro tiene cuatro partes: la primera es de aritmética, la segunda sobre el funcionamiento de los bancos, la tercera de comisiones, cambios y envío de dinero y la cuarta sobre monedas, pesos y medidas. En la parte dedicada a la aritmética se explica cómo operar con las siete Reglas «de sumar, restar, multiplicar, medio partir, partir por entero, reglas de tres, y con tiempo, que son las maestras de saber hacer todas las que se reduzen a cuenta» (Ochoa, 1644: 1). No da definiciones, e incluye muchos ejemplos en los que opera con el cero y el uno, o con deber y pagar, sin plantear problemas teóricos.

Aunque las aritméticas prácticas en su mayoría eran aritméticas comerciales, hubo alguna dedicada a otros oficios como el *Libro de arithmetica con un tratado de las quatro formas de esquadrones* (Bruselas, 1608) de Sebastián Fernández de Eyzaguirre. De las 230 páginas que tiene dicha obra, la aritmética ocupa doscientas y el tratado de esquadrones sólo treinta. Para la definición de número se cita a Euclides y a Boecio. Se explican las operaciones entre números, la regla de tres y sus aplicaciones y algunos problemas de raíces cuadradas que se aplican luego a los esquadrones. No se discute sobre la unidad, el cero o los negativos.

Se pueden encontrar otros libros de esquadrones o arte militar que tienen algún capítulo de aritmética, pero no discuten sobre la definición de número ni pretenden ser libros de aritmética.

También había manuales que se presentaban como textos de aritmética aplicada, pero que la utilizaban poco, como la *Arithmetica seraphica* (Zaragoza, 1695) que publicó fray Jerónimo de Lorte para gloria de la orden franciscana, o el *Arte de Canto llano [...] fundado en principios de aritmética y música* (Madrid, 1699), escrito por un cisterciense para enseñar canto a sus correligionarios.

Los Libros de Cuentas

Como aritméticas exclusivamente prácticas estaban los libros de cuentas que tuvieron mucho éxito en estos siglos. Eran una especie de antepasados de las calculadoras, con los que se podía conocer el resultado de una operación por medio de tablas sin saber mucho de aritmética. Como se trataba de hacer cálculos prácticos y las monedas y las unidades de medida cambiaban de un reino a otro, se editaron libros de cuentas para el reino de Castilla, de los que el más utilizado fue el de Antonio Rodríguez, y para el reino de Aragón, donde quien más vendió fue el catalán Pablo Cerdán.

Pablo Cerdán era contador en Tortosa y publicó *Breve y compendioso tratado de arismetica* (Tortosa, 1624) y *El Nuevo Maestro Contador* (Tortosa, 1634).

La *Arismetica* tiene al comienzo ocho páginas de explicaciones sobre el uso de las tablas y la forma de utilizarlas en algunos problemas de regla de tres, porcentajes, reglas de compañía, o regla de falsa posición. No dice lo que son los números. Luego van 240 páginas con tablas, en las que dado el precio en dineros, sueldos o libras de una unidad se da el coste de una a mil unidades de dicho artículo, en las páginas pares, y los costes de diversas cantidades de palmos de cana o de arrobas de libra catalana para ese precio unitario en las impares. Después de otra breve explicación van otras 120 páginas de tablas con los precios para medidas en libras o varas de Aragón o Valencia.

El Maestro Contador es todavía más sencillo en lo que a la aritmética utilizada se refiere. En su mayoría son tablas de las anualidades, mensualidades o pagos diarios en que debe dividirse el pago total de una renta, un alquiler, un sueldo, etc.

Antonio Rodríguez fue maestro de aritmética de la Universidad de Salamanca y publicó *Arte subtilissima practica y theorica para contar guarismos* (Salamanca, 1595), que tenía una utilidad parecida a la de los libros de Cerdán. La edición original tuvo tres impresiones, una en el siglo XVII, y en 1731 Pedro Enguera publicó una versión actualizada que tuvo más de veinte. La edición original tiene veinte páginas con explicaciones de las tablas y, a continuación, 140 páginas de tablas de multiplicaciones, que no se plantea que sean precios como en Cerdán. Luego van otras 127 páginas con cambios de monedas, equivalencias entre unidades de Castilla y de otros reinos o el reparto en mensualidades de un censo o de un alquiler. Acaba con una tabla sobre «La manera que se ha de tener en formar un escuadrón desde cien soldados hasta 12250» (Rodríguez, 1595: s.p.).

La segunda mitad del siglo

En la segunda mitad del siglo XVII comenzaron a aparecer aritméticas en castellano que adoptaban perspectivas más innovadoras. Entre ellas, la que sigue más de cerca los *Elementos* de Euclides es la *Arithmetica Especulativa, y Practica, y Arte de Algebra* (Barcelona, 1672) de Andrés Puig. Este autor era natural de Vich, pero trabajó como profesor de matemáticas en Barcelona. A lo largo de dicho texto se utilizan los *Elementos* para justificar muchos resultados, y el libro sexto es una «explicación del libro 10 de Euclides», en la que se estudian los irracionales de una forma bastante original. La definición de número que se da no es muy diferente a las que figuran en las aritméticas más teóricas anteriores. En la parte dedicada al álgebra emplea los signos «p» y «m»; pero para representar operaciones no como signos de cantidades, y no considera que los coeficientes o las incógnitas puedan valer una cantidad negativa.

Dentro del movimiento de renovación de las matemáticas españolas que hubo al final del siglo XVII jugó un papel fundamental el jesuita José Zaragoza. Entre los libros que publicó está *Arithmetica Universal* (Valencia, 1669), que tiene cuatro partes: la primera sobre aritmética elemental, la segunda sobre las raíces, la tercera de algebra y la cuarta de problemas. Las definiciones son las habituales tomadas de Euclides; pero planteadas de forma más abstracta. Así, como ejemplo para el número cuatro, pone que «dos hombres y dos ángeles hacen el número cuatro» (Zaragoza, 1669: 1), aceptando una unidad abstracta que vale para seres celestes y terrestres. Los signos + y – se introducen en el apartado sobre la falsa posición, para indicar exceso o defecto en las soluciones parciales encontradas. También se utilizan los signos + y – para indicar operaciones en el álgebra, justificando las reglas para utilizarlos en las operaciones. Además al final del álgebra se dice que «Numeros falsos,

o fingidos son los que llevan el signo $-$ y procede quando se resta el numero maior del menor, como $2-5$ es lo mesmo que -3 , esto es tres menos que cero o nada. Estos numeros son de mucho uso» (Zaragoza, 1669: 329). Pero en los problemas sólo se dan las soluciones positivas, aunque se reconoce que: «se hallan algunas veces dos raíces una verdadera y otra falsa; que es número falso, y sirve para determinar la raíz verdadera» (Zaragoza, 1669: 329).

Por su parte Juan Corachan publicó la *Arithmetica demonstrada theorico-practica* (Valencia, 1699), un libro fundamentalmente pedagógico, que abarca desde las operaciones elementales y la regla de tres o las raíces hasta las progresiones y la combinatoria; pero sin incluir el álgebra. Las definiciones generales de número y unidad que se dan se diferencian poco de las de Euclides, aunque en los números se pide que sea un conjunto de unidades con «orden y distinción». Se acepta el cero como resultado de una operación y en las cuentas se aceptan pagos o deudas. Se introducen los signos $+$ y $-$ en el aparatado dedicado a la regla de la falsa posición diciendo: «El uno es este $+$ que significa Mas y Suma, o Exceso; El otro es este $-$ que denota Menos, Resta o Defecto» (Corachan, 1699: 326). También se definen los números negativos al tratar de las progresiones: «la Arithmetica Descendente no se puede continuar por términos positivos, sino por negativos, de este modo 6, 4, 2, 0, -2 , -4 , -6 , &c, en la qual los números que tienen esta señal $-$ son negativos, que son menos que nada como lo explican los que tratan de Algebra, y de los Logarithmos» (Corachan, 1699: 419).

En la segunda mitad del siglo XVII se editaron algunos cursos generales de matemáticas en los que se incluía un apartado de aritmética. Uno de ellos es el titulado *Theses Mathamaticas* (Cádiz, 1691) firmado por el joven Íñigo de la Cruz Manrique de Lara, aunque probablemente sea el curso de matemáticas que impartía el jesuita Jacobo Kresa en el Colegio de Cádiz de la Compañía de Jesús. En dicho libro, en la parte dedicada a la aritmética, las definiciones de número y unidad son las de Euclides y en el apartado dedicado a los logaritmos se evita trabajar con cantidades negativas. Pero en el álgebra se introducen las «cantidades negadas», y se justifican las reglas de los signos que se enuncian diciendo por ejemplo «Pero si entrambas son negadas, el producto es afirmado: como si $-B$. se multiplica por $-C$. el producto es $BinC$ »¹ (Manrique, 1691: 165).

El libro anónimo *Escuela de Palas* (Milán, 1693) es un grueso volumen que tiene dos partes, la primera es un curso de matemáticas, en el que se sigue mayoritariamente a José Zaragoza, y la segunda es un tratado de fortificación. De dicho libro interesan «Tratado I De la Arithmetica», «Tratado VIII Del Arte Analitica o Algebra» y «Tratado IX Del Algebra Analitica o Algebra Especiosa». Los tratados primero y octavo están tomados de la *Arithmetica* de Zaragoza, pero simplificándolos y eliminando entre otras cosas lo que se refiere a los números «falsos», aunque en un problema, en el que la solución final es positiva y los valores intermedios negativos, se acepta trabajar con ellos, diciendo: «siendo en esto dignos de admiracion los secretos de esta ciencia, pues de cosas menores que nada se viene a formar algo» (Anónimo, 1693, Trat. VIII: 166).

En el Tratado de álgebra especiosa se sigue a Viète, en lugar de a Zaragoza, y la incógnita y las restantes magnitudes son segmentos, áreas o volúmenes, por lo que no pueden ser negativos, ni cero.

El libro que se nuestra más abierto en esta cuestión es la *Architectura Civil Recta, y Obliqua* (Vigevano, 1678, 3 v.). Su autor Juan Caramuel Lobkowitz había publicado en latín *Mathesis Biceps* (Campagna, 1670) y en castellano dedicó a las matemáticas una parte importante del tomo 1º del libro mencionado. Del concepto de número se trata en el «Tratado II En que se enseña L'Arithmetica» y en

1. Escritura del autor para «B por C». Esta notación para indicar un producto la utilizaba tambien Viète.

el «Tratado III En que se enseña la Logarithmica». Para definir número se dice: «Es el número un agregado intelectual de unidades» (Caramuel, 1678, v. 1, Trat II: 34). Es decir, además de un conjunto y una unidad se necesita una parte «intelectual». Los signos más y menos se definen al comienzo del apartado sobre aritmética, y también los números positivos y negativos: «Llamanse positivos los número que son más que Nada; y negativos aquellos que son menos que nada» (Caramuel, 1678, v. 1, Trat II: 34). Además tiene un apartado, «Artículo IX De los Números Negativos» (Caramuel, 1678, v. 1, Trat II: 52-53), en el que se justifica su existencia con segmentos a derecha e izquierda de un origen, el debe y el haber del cálculo mercantil, o comparándolos con el movimientos en una dirección y la opuesta. Pero no se utilizan los negativos en los cálculos, y se evitan en los logaritmos.

Para tener una referencia de lo que proponían los matemáticos más avanzados de la época se puede considerar lo que decía Isaac Newton en su *Arithmetica Universalis* (Cambridge, 1707), obra basada en las clases que dio en Cambridge a finales del siglo anterior. En él se dice para definir número: «Número no es tanto una multitud de unidades como la razón abstracta de una cantidad a otra del mismo tipo, que se toma por unidad».² Se advierte que los números pueden ser enteros, fracciones o irracionales; también positivos o negativos, de los que se dice: «Las cantidades son afirmativas o mayores que cero o negativas o menores que cero».³ El párrafo continúa explicando que se podría considerar los haberes positivos y los deberes negativos, o mover hacia adelante positivo y hacia atrás negativo, o en una línea la derecha positiva y la izquierda negativa, explicación que no es muy distinta a la que da Caramuel.

2. «Per numerum non tam multitudinem unitatum quam abstracta quantitatis cujusvis ad aliam ejusdem generis quantitatem quæ pro unitate habetur rationem intelligimus» (Newton, 1707: 2).

3. «Quantitates vel affirmativæ sunt seu majores nihilo, vel negativæ seu nihilo minores» (Newton, 1707 : 3).

Referencias bibliográficas

ANÓNIMO (1693), *Escuela de Palas*, Milán, Malatesta.

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

CORACHAN, J. (1699), *Arithmetica demonstrata theorico-practica*, Valencia, Bordazar.

CORTES, G. (1659), *Arithmetica Practica*, Valencia, Cabrera (1ª edición 1604).

EUCLIDES (1994), *Euclides Elementos Libros V – IX*, Madrid, Gredos (Traducción M. L. Puertas).

MANRIQUE DE LARA I. de la C. (1691), *Theses Mathamaticas*, Cádiz, Requena.

NEWTON, I. (1707), *Arithmetica Universalis*, Cambridge, Academia.

OCHOA DE SAMANIEGO, F. (1644), *Arismetica guarisma*, Lecce, Micheli y Russo.

PÉREZ DE MOYA, J. (1643), *Aritmética Práctica y Especulativa*, Madrid, Díaz de la Carrera (1ª edición 1562).

RODRÍGUEZ. A. (1595), *Arte subtilissima practica y theorica para contar guarismos*, Salamanca, Renaut.

SAN NICOLÁS, L. (1639-1665), *Arte y Uso de Arquitectura [...]. Primera Parte*, s. l., s. a., s.e. (1639 por la Tasa). *Segunda Parte*, Madrid, s. a., s. e. (1665 por las censuras).

SANTA CRUZ, M. G. (1643), *Libro de arithmetica es-peculativa y practica intitulado el Dorado Contador*, Madrid, Martínez (1ª edición 1594).

ZARAGOZA, J. (1669), *Arithmetica Universal*, Valencia, Vilagrasa.

BANC DE DADES PER A INCORPORAR LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA DES D'UNA PERSPECTIVA DIDÀCTICA

NÚRIA SOLSONA;¹ MARIO QUINTANILLA;² LUIGI CUELLAR³

¹ UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

² PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA, SANTIAGO DE CHILE, CHILE.

³ UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSSIMA CONCEPCIÓN, CONCEPCIÓN, CHILE.

Paraules clau: *història de la ciència, didàctica, recursos, narratives*

Database of resources to join History of Science in Science Education

Summary: This article tries to establish the relationship between resources in History of Science and Science Education following a sociocultural model of History of Science. The main goal is to enrich the reconstruction of sociocultural contexts in which the History of Science had developed, as wider and more contextualized field. The aim is join historical research to historical metanarratives, that is to say the general short stories made by the History of Science. The article also shows different kind of historical sources and resources for teaching purposes in order to use in science education.

Key words: *History of science, Science education, Resources, Narratives*

1. Introducció

La comunicació segueix l'enfocament que reforça les contribucions que les metaciències, entre elles la història de la ciència, poden fer a l'anomenat coneixement professional (Aduriz-Bravo, 2013: 10-16). La història de la ciència s'ha apropat a l'estudi dels processos pels quals s'estructura la memòria col·lectiva, amb temes nous que fins ara només s'havien abordat de forma puntual. L'objectiu és enriquir la reconstrucció dels contextos socioculturals en què es desenvolupa la història de les ciències, com un camp més ampli i contextualitzat. I incorporar les investigacions històriques a la metanarrativa històrica, és a dir als relats generals que la història de la ciència ha creat i consolidat.

Per això cal treballar amb una visió diacrònica de la història de la ciència, vinculant les institucions, els valors i els contextos, connectada al currículum i a la gestió social de l'aula. Una història de la ciència intencionada, capaç de seleccionar episodis «paradigmàtics», que sigui emocionant, emotiva i afectiva, problematitzadora i amb diversitat metodològica per a comprendre-la (Quintanilla *et al.*, 2014b: 53-96).

L'objectiu és desenvolupar les relacions entre la història de les ciències, la ciència escolar i l'actuació en el món; per a replantejar els processos d'ensenyament i aprenentatge a les aules cal crear un banc de dades per temes i/o tipologies de recursos que sigui útil al professorat. Per això proposem diferents instruments adequats a la intervenció docent, que cal presentar classificats i agrupats al professorat per tal de facilitar-ne el seu ús.

2. Alguns exemples

Proposem una classificació dels recursos sobre història de la ciència en funció de les característiques del recurs i de la relació entre el recurs i la intervenció didàctica que genera.

En primer lloc, l'ús didàctic de textos històrics contextualitzats pot ser útil per a introduir conceptes i models científics, motivar, promoure actituds i relacionar coneixements de diferents àrees, fonamentant activitats interdisciplinàries i ajudant a pensar de forma unitària la ciència, els valors i la vida (Badinter, 2006; Figueiras & Clavero, 2009).

La lectura de textos històrics expressament seleccionats, de forma similar a la lectura de textos literaris, mostra que els llibres s'escrueixen pensant en el públic lector i que reflecteixen els valors i la cultura d'una època. Per això no calen grans fonts bibliogràfiques, sinó que cal fer una selecció d'imatges i textos originals amb qualitat científica.

En aquest primer grup de recursos, l'ús de «petites històries» o «casos històrics» de format narratiu (Grapí, 2000) és una de les millors vies per a contextualitzar històricament l'aprenentatge de la ciència. Entenem per «petites històries» textos històrics, de tipologia textual variada, narratives i il·lustracions que estructurin el fil argumental i que promouen el desenvolupament de competències científiques rellevants per a l'educació científica. L'ús de «petites històries» en tots els nivells educatius pretén construir una imatge més robusta de la ciència com a activitat profundament humana. Fomentar processos cognitivo-lingüístics paradigmàtics de les ciències i fomentar la discussió a l'entorn de l'ensenyament de la naturalesa de la ciència.

Un segon grup de recursos agrupa les simulacions o dramatitzacions de situacions històriques amb debats en els quals noies i nois puguin argumentar. Per exemple, per a explicar la «història de la sang» un grup de la classe serà partidari de les idees de Gal·lè, mentre que un altre grup defensarà les idees de Harvey. Altres exemples poden ser la reproducció d'una part de l'obra de teatre *Copenhagen*, de Michael Frayn, sobre la trobada de Niels Bohr, la seva dona Margrethe Bohr i Heisenberg el 1941, on van discutir sobre el problema ètic de l'ús dels avenços en física teòrica per al desenvolupament d'armament nuclear, durant la Segona Guerra Mundial. I la reproducció escenificada de la conversa V, «Sobre els agents químics de l'electricitat», del llibre que porta el títol de *Converses sobre química*, de Jane Marcet (Solsona, 2013).

Un tercer grup de recursos es refereix a la identificació i la descripció d'instruments antics mitjançant làmines o esquemes de reproduccions de llibres o de la xarxa. Reflexionant sobre els materials utilitzats, les dificultats de construcció, quina aportació va suposar la construcció de l'instrument, les idees o polèmiques que van suposar, etc., es poden extreure algunes idees de l'anàlisi

comparativa dels instruments de vidre de Nicaise Le Fèvre i Marie Meurdrac (Solsona, 2015). També es pot proposar la repetició adaptada de pràctiques experimentals rellevants (García, 2007).

Un quart grup de recursos inclou l'ús de pel·lícules històriques o presentacions multimodals amb suport digital i/o audiovisual. Són una via que permet comprendre els contextos socials, culturals, científics i polítics de determinades èpoques i com això va influir en la producció de coneixement i va impactar en la societat del seu temps. Alguns exemples són les pel·lícules *Agora*, sobre Hipàtia d'Alexandria, d'Alejandro Amenábar; *Vision*, de Margaret Von Trotta, que permet contextualitzar les aportacions d'Hildegarda de Bingen, i el vídeo *The Blazing World* sobre Margaret Cavendish. També el vídeo de la Royal Society sobre Caroline Herschel i Mary Somerville, que recull la carta que Herschel va escriure a Somerville quan li fou concedida la Medalla d'Or de la Royal Astronomic Society of London. I *Les palmes de Monsieur Schulz*, sobre les aportacions de Marie Skłodowska i Pierre Curie.

3. L'ús de biografies

Finalment, l'ús de biografies interpretatives amb les següents categories d'anàlisi: el context històric, la formació científica, les condicions de treball, les relacions entre col·legues masculins i femenins en els equips científics i institucions de l'època, l'autoritat científica, la mediació científica, la genealogia científica, la recepció de la seva obra, etc. Hem fet l'anàlisi de la biografia de Marie Curie seguint les categories esmentades (Quintanilla & Solsona, 2012).

Una altra possibilitat és l'anàlisi de biografies de fonts diverses en el context del treball a l'aula seguint una metodologia innovadora que implica: a) lectura i anàlisi de documents, identificació i selecció preliminar de persones científiques d'interès per als estudiants; b) elaboració de biografies i identificació de fonts i criteris d'elaboració; c) resignificació de biografies, i d) presentació de biografies des de diverses propostes creatives. Així, en el món de la química s'han pogut identificar evidències a l'entorn de diferents categories d'anàlisi en la implementació d'una perspectiva biogràfica en relació amb les idees sobre la naturalesa de la ciència, en la implementació a l'aula, en l'aprenentatge de les nocions científiques i en el disseny de propostes creatives.

Seguir aquesta perspectiva suposa una nova visió de les biografies científiques, amb la reelaboració dels criteris abordats en la investigació: noves fonts de referència, identificació i selecció de la informació, identificació de criteris personals i col·lectius producte de la discussió grupal, i de noves propostes de divulgació. També genera noves formes de pensar la ciència des de dimensions humanes, personals i de col·lectivitat, lligades al desenvolupament de l'activitat científica. Tot això representa una oportunitat d'innovació didàctica, atès que implica la identificació, selecció i seqüenciament de la nova tipologia d'informació sobre la comunitat científica, i fins i tot la necessitat de capgirar les tradicionals biografies científiques.

En relació amb l'aprenentatge de la química, la inclusió de la història de la ciència, més enllà del reconeixement de la dimensió *humana* de la ciència, requereix del professorat una especial atenció en no permetre un *gir desnaturalitzat* en la concepció de la química a l'aula, ja que no es tracta de desvincular els *aspectes disciplinaris* de la ciència, sinó que cal abordar-los i analitzar-los en el seu context. Les biografies científiques només adquireixen sentit quan es vinculen al desenvolupament de les nocions científiques, i són una oportunitat per a 'pensar sobre la ciència'.

Una última modalitat d'ús de la història de la ciència en l'aprenentatge és el cas que s'incloguin textos històrics per al conjunt d'una seqüència didàctica. En aquest cas es pot arribar a construir una

unitat didàctica completa. Un exemple es troba en el treball de continguts bàsics per a la iniciació a la química en l'Ensenyament Secundari, des de les mesures de massa i pes, passant per les mescles i dissolucions, canvis d'estat i canvis químics fins al model atòmic-molecular, tot acompanyat de la part experimental amb instruments i informes de laboratori (Solsona, 2009). Algunes d'aquestes experiències es poden trobar en publicacions com la de Quintanilla et al. (2014a).

Referències bibliogràfiques

- ADURIZ-BRAVO, A. (2013), «La historia de la ciencia en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: Marie Skłodowska-Curie y la radiactividad», *Educación, Química*, **16**, 10-16.
- BADINTER, E. (2006), *Las pasiones de Émilie. La marquesa de Châtelet una mujer excepcional*, Madrid, Nivola.
- FIGUEIRAS, L. (adap.); CLAVERO, M. (2009), *Discursos de Galileo Galilei. Resistencias de los cuerpos a la fractura*, Madrid, Sirius.
- GARCÍA, Á. (2007), «Prácticas experimentales e instrumentos científicos en la construcción de conocimiento científico-escolar». A: QUINTANILLA, M. (ed.). *Historia de la ciencia. Propuestas para su divulgación y enseñanza*. Vol. II, 13-46.
- GRAPÍ, P. (2000), «El potencial educatiu de la història de la ciència: El cas de la revolució química». A: FUENTE CULLELL, P. de la (coord.), *Actes de la V Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 111-114.
- QUINTANILLA, M.; DAZA, S.; CABRERA, H. (2014a), *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una «nueva aula de ciencias», promotora de ciudadanía y valores*, Santiago de Chile, Bellaterra Ediciones [en línea] <www.laboratoriogrecia.cl> (Darrer accés: 05/01/2015.)
- QUINTANILLA, M.; SOLSONA, N.; GARCÍA, Á.; ALVAREZ, M. (2014b), «Uso de la Historia de la Química como dispositivo teórico y praxiológico para promover Competencias de Pensamiento Científico». A: QUINTANILLA, M. (ed.). *Las Competencias de Pensamiento Científico desde las 'emociones, sonidos y voces' del aula*, Santiago de Chile, Bellaterra, 53-96.
- QUINTANILLA, M.; SOLSONA, N. (2012), La historia de la ciencia en contexto escolar: un ejemplo de uso didáctico de biografías científicas». *VIII ENPEC* [en línea] <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0949-1.pdf>> (Darrer accés: 05/01/2015.)
- SOLSONA, N. (2009), «El uso didáctico de textos históricos en clase de química». A: QUINTANILLA, M. (ed.). *Unidades Didácticas en Química y Biología*, Santiago de Chile, Conocimiento, 181-206.
- SOLSONA, N. (2013), «L'ús de textos de la història de la química d'autoria femenina a classe», *Educació Química*, **16**, 38-46.
- SOLSONA, N. (2015), «Los instrumentos de vidrio en los tratados de Nicaise Le Fèvre y Marie Meurdrac», *Educación Química*, **26**, 152-161.

EL MÈTODE DE NEWTON-RAPHSON... I SIMPSON: UNA APLICACIÓ D'EINES DE PROGRAMACIÓ PER A ANALITZAR TEXTOS MATEMÀTICS HISTÒRICS

MÒNICA BLANCO

DEPARTAMENT DE MATEMÀTIQUES, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

Paraules clau: *mètode de Newton-Raphson, Thomas Simpson, programari matemàtic, textos històrics matemàtics*

The methods of Newton, Raphson... and Simpson: an application of programming tools to analyse historical mathematical texts

Summary: *The Newton-Raphson method is a well-known numerical method for finding approximations to the real roots of a real-valued function. It is named after Isaac Newton (1643-1727) and Joseph Raphson (1668-1715), who, towards the end of the 17th century, elaborated their methods for finding the approximate roots of polynomial equations. However, from the original sources, it is clear that both methods differ not only from each other, but also from the algorithm used at present. The main differences concern the approach, the algorithmical power and the use of differential expressions. It was actually Thomas Simpson (1710-1761) who, in 1740, published the method in its current form. This contribution focuses on the design of a classroom activity concerning the historical development of the so-called Newton-Raphson method. It also explores the application of programming tools to analyse and compare the methods of Newton, Raphson and Simpson, using the original sources.*

Key words: *the Newton-Raphson method, Thomas Simpson, mathematical software, historical mathematical texts*

1. Introducció

El mètode de Newton-Raphson és un mètode numèric per a trobar, de forma aproximada, les arrels reals d'una funció d'una variable, $f(x)$, partint d'una estimació inicial, x_0 :

$$\begin{aligned}
 x_1 &= x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \\
 x_2 &= x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \\
 &\dots \\
 x_{n+1} &= x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}
 \end{aligned}$$

Porta aquest nom en honor a Isaac Newton (1643-1727) i a Joseph Raphson (1668-1715), qui, a finals del segle XVII, elaboraren sengles mètodes per a trobar de manera aproximada les arrels reals d'equacions polinòmiques (Cajori, 1911; Goldstine, 1977: 64-68). Tanmateix, si consultem les fonts originals de seguida ens adonem que no tan sols els dos mètodes no són idèntics, sinó que també difereixen del mètode tal com el coneixem actualment. Les diferències rauen principalment en l'enfocament, la potència algorísmica i en la presència, o absència, d'expressions diferencials. De fet, fou Thomas Simpson (1710-1761) qui, el 1740, publicà el mètode en la seva forma actual (Kollers-trom, 1992).

L'objectiu principal d'aquesta contribució és presentar una activitat per a analitzar a l'aula el desenvolupament històric de l'anomenat mètode de Newton-Raphson a partir de les fonts originals. Aquesta activitat pretén explorar l'aplicació d'eines de programació informàtica per a analitzar i comparar els mètodes de Newton, Raphson i Simpson, amb el suport de programari matemàtic escaient, com, per exemple, algun *software* orientat a la resolució de problemes matemàtics. A partir de la implementació de rutines que executin els tres mètodes, es poden contrastar aspectes com el grau d'exactitud dels resultats obtinguts, la capacitat iterativa i l'àmbit d'aplicació del mètode emprat. D'altra banda, l'activitat proposada permet discutir i reflexionar sobre la relació entre àlgebra i càlcul, en un moment en què el càlcul encara no estava completament consolidat.

2. Descripció de l'activitat proposada

En principi, l'activitat proposada està dissenyada per a ser desenvolupada en el context de l'assignatura d'Història de les Matemàtiques del Grau de Matemàtiques de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), amb una durada aproximada de 3 hores. Però també es podria implementar en assignatures de l'àrea de matemàtiques, de nivell avançat, d'altres àmbits. L'activitat s'estructura en les parts següents:

a) *Lectura i anàlisi dels textos originals corresponents als tres mètodes.*

Els estudiants llegiran els textos originals corresponents als mètodes de Newton, Raphson i Simpson. Per a la seva posterior anàlisi, els estudiants es poden guiar per algunes de les preguntes proposades per Wardaugh (2010: 1-20): Què diu el text, i com ho diu? Quins conceptes matemàtics hi apareixen? Es pot traduir el text en termes moderns? Quines són les diferències principals entre la versió moderna i l'original? Quina notació s'utilitza?

b) *Implementació en Maple dels tres mètodes per a trobar de manera aproximada la solució real de l'equació $y^3 - 2y - 5 = 0$.*

En aquesta contribució s'ha utilitzat el programa Maple 18, desenvolupat i distribuït per Maplesoft. Es tracta d'un programa enfocat a la resolució de problemes matemàtics, amb el qual

es poden fer càlculs simbòlics, algebraics i computacionals. S'ha escollit aquest programa perquè es troba disponible a les aules informàtiques del centre de la UPC, on s'ha de desenvolupar part de l'activitat, però es podrien utilitzar altres eines de programació similars.

c) *Discussió i comparació dels tres mètodes.*

Prenent com a referència el treball de Kollerstrom (1992), es proposa als estudiants que, per a discutir i comparar els tres mètodes, tinguin en compte aspectes com la capacitat iterativa de cada mètode, l'àmbit d'aplicació, la presència (o absència) d'expressions diferencials o l'elecció del punt inicial.

d) *Valoració de l'activitat per part dels estudiants.*

Aquesta contribució se centra en la descripció i la discussió de les tres primeres parts.

2.1. El mètode de Newton

Un dels problemes matemàtics estudiats en el segle ^{xvi} fou la resolució d'equacions polinòmiques, tasca que presentava dificultats enormes quan es tractava d'equacions de grau 3 o superior. Per aquesta raó calia trobar procediments numèrics per a resoldre de manera aproximada les equacions polinòmiques de qualsevol grau. Així, a començaments del segle ^{xvii} François Viète (1540-1603) desenvolupà un mètode per a trobar una aproximació numèrica d'una arrel d'una equació polinòmica, mètode sobre el qual van continuar treballant Thomas Harriot (1560-1621) i, més endavant, William Oughtred (1574-1660) (Stedall, 2011: 29-31, 35-42, 153).

En la dècada de 1660, Newton proposà un mètode per a resoldre equacions numèricament, basat en la idea que l'expansió decimal era, essencialment, una sèrie de potències en potències decreixents de 10. Newton il·lustrà el seu mètode amb dos exemples a l'obra *De Analysis* (1669), no publicada fins al 1711 (Stedall, 2011: 153-157). Aquests exemples van ser publicats per primer cop per John Wallis (1616-1703) en el seu tractat d'àlgebra de 1685. En particular, Newton aplicà el seu mètode per a trobar la solució aproximada de l'equació $y^3 - 2y - 5 = 0$, exemple que també es troba a *The Method of Fluxions and Infinite Series* de Newton (1736: 6). Serà aquesta versió la que es treballarà a classe i que, de manera esquemàtica, es mostra a la Figura 1. D'aquesta manera, prenent $y = 2$ com a aproximació inicial i sense fer servir expressions fluxionals, Newton troba la solució aproximada $y = 2.09455148$, amb vuit decimals exactes. A continuació, seguint el text original, s'implementa en Maple una rutina que executi el mètode de Newton (Fig. 2). Tal com s'observa a la Figura 3, els resultats de l'algorisme coincideixen pas a pas amb l'algorisme de Newton. Tanmateix, el procediment no és exactament el mateix. Mentre que Newton a cada pas obté una nova equació, per a poder implementar el mètode en Maple de manera iterativa, al final de cada iteració s'ha de retornar a l'equació inicial.

$y^3 - 2y - 5 = 0$
 $y = 2 + p \rightarrow (2+p)^3 - 2(2+p) - 5 = 0$
 $p^3 + 6p^2 + 10p - 1 = 0 \rightarrow 10p - 1 = 0 \rightarrow p = 0.1$
 $p = 0.1 + q$
 $(0.1+q)^3 + 6(0.1+q)^2 + 10(0.1+q) - 1 = 0$
 $q^3 + 6.3q^2 + 11.23q + 0.061 = 0 \rightarrow 11.23q + 0.061 = 0$
 $q = -0.0054$
 $y = 2.09455148$
 $6.5r^2 + 11.16196r + 0.000541707 = 0$
 $r = -0.0004754$
 $y = 2.09407608$

FIGURA 1. Transcripció del mètode de Newton.

```

> reset
> Y:=x^3-2x-5;
> x:=2;
>
for i from 0 to 3 do f:=expand(Y/(x+p));
u:=coeff(f,x,1);
b:=coeff(f,x,0);
f2:=u*p+b; if b=0 then f2:=f;
x:=x-q;
end do

```

FIGURA 2. Rutina en Maple del mètode de Newton.

```

f1 := 1, + 10, p + 6, p^2 + p^3
a := 10,
b := -1,
f2 := 10, p - 1,
q := 0.1000000000
v := 2.100000000
f1 := 0.061000000 + 11.23000000p + 6.30000000p^2 + p^3
a := 11.23000000
b := 0.061000000
f2 := 11.23000000p + 0.061000000
q := -0.005431878896
v := 2.094568123
f1 := 0.000185723 + 11.16164684p + 6.283704365p^2 + p^3
a := 11.16164684
b := 0.000185723
f2 := 11.16164684p + 0.000185723
q := -0.00001663939086
v := 2.094551482
f1 := 6, 10^9 + 11.16143773p + 6.283654446p^2 + p^3
a := 11.16143773
b := 6, 10^9
f2 := 11.16143773p + 6, 10^9
q := -5.37565154710^-93
v := 2.094551481

```

FIGURA 3. Sortida en Maple del mètode de Newton.

2.2. El mètode de Raphson

Raphson va publicar el seu mètode a l'*Analysis aequationum universalis* (1690) (Stedall, 2011: 157-159; Bicanic & Johnson, 1978). En aquesta obra, Raphson presentava la resolució numèrica de diversos tipus d'equacions. En particular, el Problema IX s'ocupa del tipus d'equació $aaa - ba = c$, que s'aplica al cas concret $aaa - 2a = 5$. La Figura 4 presenta de manera esquemàtica el procediment seguit per Raphson, també prenent 2 com a aproximació inicial. Resulta evident que el denominador de l'expressió x correspon a la derivada de l'equació, tot i que Raphson no parla explícitament d'expressions fluxionals (diferencials). Però, a diferència de Newton, al final de cada iteració Raphson torna a l'equació original, la qual cosa facilita la implementació de la rutina en Maple (Fig. 5).

```

aaa - ba = c
Si a = g + x :
ggg + 3ggx + 3gxx + xxx - bg - bx = c
x = (c + bg - ggg) / (3gg - b) ← TEOREMA
aaa - 2a = 5
g = 2
x = (5 + 4 - 8) / (12 - 2) = 1/10
g = 2.1
x = (5 + 2·21 - (21)^3) / (3(21)^2 - 2) = -0.0054
g = 2.1 - 0.0054 = 2.0946

```

FIGURA 4. Transcripció del mètode de Raphson.

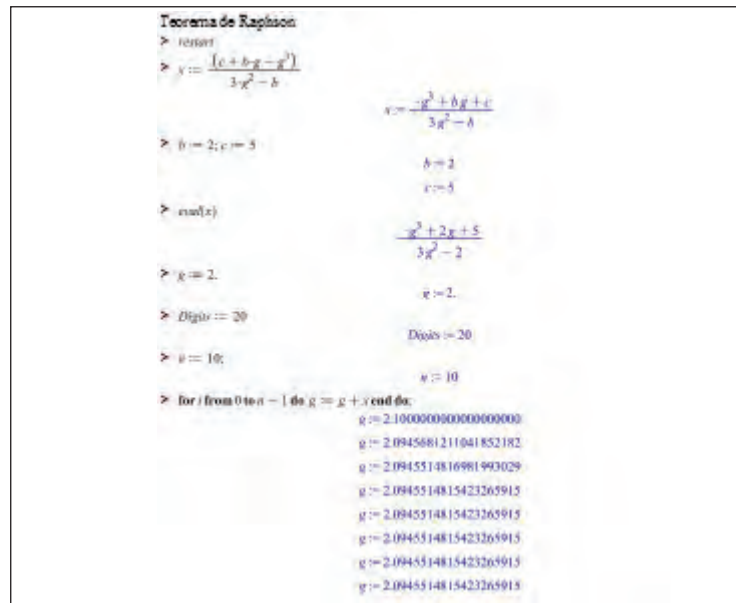


FIGURA 5. Rutina i sortida en Maple del mètode de Raphson.

2.3. El mètode de Simpson

El 1740 Simpson publicà el recull *Essays on several curious and useful subjects*, que conté, entre d'altres, un article sobre un nou mètode per a la solució numèrica d'equacions algebraiques. Simpson comença per donar un mètode general, on, de manera explícita, utilitza el mètode de fluxions (l'equivalent actual seria el càlcul diferencial) per a resoldre equacions algebraiques (Fig. 6). A continuació aplica el mètode general per a resoldre l'equació $300x - x^3 - 1000 = 0$. A més de la presència d'expressions fluxionals, del mètode de Simpson cal remarcar que comença discutint la selecció del punt inicial a partir del que ara anomenem mètode de bisectió. Més encara, Simpson també il·lustra el seu mètode amb exemples d'equacions no algebraiques. Per poder tenir la resolució de la mateixa equació emprant els tres mètodes, les Figures 7 i 8 reproduïxen com s'aplicaria el mètode de Simpson a l'equació $y^3 - 2y - 5 = 0$ i la seva implementació i execució en Maple, respectivament, molt similar ja a la forma actual del mètode de Newton-Raphson.



FIGURA 6. Reproducció del «nou mètode» de Simpson (1740: 81), digitalitzat per Google Books.

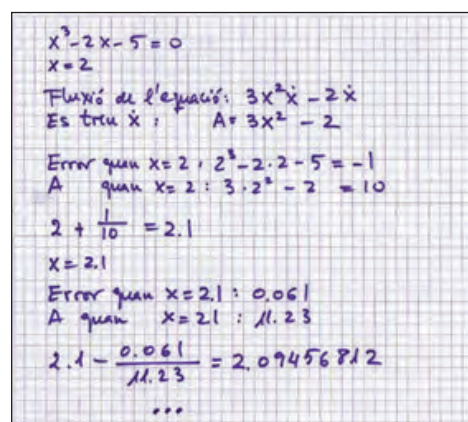


FIGURA 7. Transcripció del mètode de Simpson.


```

> x := 2.000000000
Mètode nou per determinar la solució numèrica de l'equació (en x):
> reset
> f := x -> x^3 - 2*x - 5;          f := x -> x^3 - 2*x - 5
> A := D(f);                        A := x -> 3*x^2 - 2
> x := 2.0;                          x := 2.0
> Digits := 20;                      Digits := 20
> n := 10;                           n := 10
> for i from 0 to n-1 do x := x - f(x)/A(x); end do;
x := 2.10000000000000000000
x := 2.0945681211041852182
x := 2.0945514816981995029
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915
x := 2.0945514815423269915

```

FIGURA 8. Rutina i sortida en Maple del mètode de Simpson.

3. Algunes reflexions finals

De la lectura dels tres mètodes estudiats es dedueix que el mètode de Newton és el que resulta més difícil d'implementar en Maple, a nivell iteratiu. De fet, paradoxalment el mètode de Simpson és el que s'apropa més a la forma actual del mètode de Newton-Raphson. D'una banda, és l'únic que utilitza explícitament expressions fluxionals (diferencials). D'altra banda, a diferència de Newton i Raphson, Simpson presenta un mètode general per a la resolució numèrica d'equacions, tant algebraiques com no algebraiques. A més, abans d'aplicar el seu mètode, Simpson comença amb una discussió sobre l'elecció de l'aproximació inicial. L'anàlisi i la discussió dels tres textos escollits pot ajudar a copsar el desenvolupament històric de l'anomenat mètode de Newton-Raphson. Però la discussió pot anar més enllà d'aquest mètode en concret, afavorint la reflexió sobre l'ús, i abús, de la reinterpretació matemàtica d'un resultat històric des del punt de vista matemàtic actual. Finalment, aquesta activitat pot aportar una nova perspectiva a l'anàlisi dels textos matemàtics estudiats, complementant-la amb les eines de programació emprades.

Agraïments

Vull donar les gràcies a la Dra. Marta Ginovart per haver-me ajudat a revisar la implementació i execució en Maple dels mètodes estudiats.

Referències bibliogràfiques

BICANIC, N.; JOHNSON, K. H. (1978), «Who was ‘-Raphson’?», *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, **14** (1), 148-152.

CAJORI, F. (1911), «Historical note on the Newton-Raphson method of approximation», *American Mathematical Monthly*, **18**, 29-32.

GOLDSTINE, H. H. (1977), *A History of Numerical Analysis from the 16th through the 19th Century*, New York, Springer.

KOLLERSTROM, N. (1992). «Thomas Simpson and ‘Newton’s method of approximation’: an enduring myth», *British Journal for the History of Science*, **25**, 347-354.

NEWTON, I. (1736), *The Method of Fluxions and Infinite Series...* [Traducció i notes de John Colson.] London, imprès per H. Woodfall.

RAPHSON, J. (1690), *Analysis Æquationum universalis seu ad æquationes algebraicas resolvendas methodus generalis et expedita, ex nova infinitarum serierum doctrina deducta, etc.*, London, imprès per A. Swall.

SIMPSON, T. (1740), *Essays on Several Curious and Useful Subjects, in Speculative and Mix’d Mathematics, etc.*, London, imprès per H. Woodfall.

STEDALL, J. (2011), *From Cardano’s great art to Lagrange’s reflections: filling a gap in the history of algebra*, Zurich, European Mathematical Society.

WARDAUGH, B. (2010), *How to Read Historical Mathematics*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA EN ESO Y BACHILLERATO. DEL CURRÍCULO AL LIBRO DE TEXTO

LUIS MORENO MARTÍNEZ

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS, FACULTAD DE FORMACIÓN
DE PROFESORADO Y EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.

Palabras clave: *historia de la química, educación secundaria, currículo, libros de texto*

History of Chemistry at Secondary Education. From Curricula to Textbooks

Summary: *This communication reviews the role of history of chemistry at national curriculum and some textbooks of secondary education.*

Key words: *history of chemistry, secondary education, curriculum, textbooks*

La utilidad de la historia para la enseñanza de la química

La historia de la ciencia constituye una valiosa herramienta para su enseñanza por diversos motivos:

- Constituye una herramienta útil para que el alumno valore cómo se construye el conocimiento científico, favoreciendo un aprendizaje significativo (Driver *et al.*, 1989).
- Puede ser un posible criterio de secuenciación didáctica (Lloréns, 1991) y ayudar a la selección de los principales contenidos de la disciplina escolar (Gagliardi & Giordan, 1986).
- Ayuda a generar en el alumno una visión relativa, abierta y dinámica del conocimiento científico (Solbes & Traver, 1996).
- Muestra que la ciencia no es ajena al contexto histórico en el que se desarrolla (Solaz, 2010).

Además, dado el carácter central de la química dentro de las ciencias naturales, la historia de la química permite establecer nexos de unión con otras disciplinas científicas como la física o la biología (Herradón & Moreno, 2014), algo que también ocurre con las materias escolares, tal y como se puede comprobar a la luz del currículo (LOE).

El currículo y la historia de la química

Tras la revisión del currículo de ESO¹ y bachillerato,² es posible encontrar referencias a algunos episodios de historia de la química, pero no a otros. Así, entre los principales episodios históricos presentes en las materias escolares de química (Física y Química, Química) encontramos (Moreno, 2015):

- La evolución histórica de los modelos atómicos y el descubrimiento de las partículas subatómicas.
- Las contribuciones de científicos como Antoine L. Lavoisier (1743-1794) o Amadeo Avogadro (1776-1856) al estudio de las reacciones químicas.
- Los distintos intentos de clasificación de los elementos químicos.
- La evolución de las teorías ácido-base.
- El fin del vitalismo y el nacimiento de la química orgánica.

También podemos encontrar elementos curriculares de interés en otras materias que revelan la historia de la química y de la ciencia como un interesante marco interdisciplinar en el que convergen materias científico-tecnológicas, humanísticas y del ámbito de ciencias sociales y filosofía. Algunos ejemplos son:

- El estudio de las contribuciones de los filósofos presocráticos y de Aristóteles (teoría de los elementos...) en Filosofía.
- El análisis de textos académicos con valor histórico y científico en Lengua y Literatura.
- El estudio de las bases de física cuántica y su importancia para el conocimiento de la estructura atómica (y para la química) en Física.
- La elucidación de la estructura del ADN en Biología.

Los libros de texto y la historia de la química

Cómo están presentes algunos de los episodios de la historia de la química anteriormente citados en los libros de texto fue uno de los temas presentados en la comunicación, el cual está siendo tema de investigación actualmente. Así, además de determinadas imprecisiones históricas, se abordó la importancia de mostrar en el aula las dudas y «callejones sin salida» a los que científicos como Lavoisier (presentado frecuentemente en los libros de texto como «el padre de la química») llegaron en su trabajo, sin que ello suponga minusvalorar sus contribuciones a la química. De este modo será posible mostrar una visión de la ciencia más realista (en la que además de aspectos científicos, se tiene en cuenta el contexto social, político, cultural...) y coherente con las investigaciones historiográficas

1. MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA. Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

2. MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA. Real Decreto 1476/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

(minimizando la dicotomía historia-didáctica en ocasiones existente), al mismo tiempo que se muestra al alumno que la ciencia no avanza a base de «grandes golpes de genios aislados», sino que se trata de una actividad humana colectiva en la que tanto aciertos como fallos deben ser tenidos en cuenta (Bertomeu & García, 2006), aspectos de la naturaleza de la ciencia que el propio currículo recoge. Por ejemplo, para la materia de química de segundo curso de bachillerato se incluye entre los objetivos que «el alumno comprenda y valore el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, evitando posiciones dogmáticas y apreciando sus perspectivas de desarrollo».

No sólo las presencias fueron revisadas, también las ausencias de determinados elementos históricos, pudiendo destacarse:

- El papel poco destacado de épocas anteriores a la química científica, como la alquimia.
- La ausencia del desarrollo histórico de determinados conceptos, como el estudio de las configuraciones electrónicas de los átomos.
- La ausencia frecuente de referencias a científicos de nuestro país, como Antoni Quintana Marí (1907-1998) o Enrique Moles Ormella (1883-1953), entre otros.
- El papel olvidado de las mujeres en la historia de la ciencia, como el caso de Marie Anne Paulze (1758-1836).

Sin duda, temas de investigación actual en didáctica e historia de la ciencia que necesitan la colaboración y el trabajo en equipo de expertos de distintas áreas (Matthews, 2014) a fin de lograr potenciar la imbricación de ciencia e historia en las aulas y diluir las clásicas barreras en las que tradicionalmente se ha dividido el conocimiento, revelando la ciencia como un elemento más de la cultura.

Referencias bibliográficas

BERTOMEU, J. R.; GARCÍA, A. (2006), *La revolución química. Entre la historia y la memoria*, Valencia, Publicaciones de la Universidad de Valencia.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHUEN, A. (1989), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid, Morata/MEC.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. (1986), «La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza», *Enseñanza de las Ciencias*, **4**, 3, 253-259.

HERRADÓN, B.; MORENO MARTÍNEZ, L. (2014), «Los avances de la química y su impacto en la sociedad», *Educació Química*, **18**, 12-20.

LLORÉNS, J. A. (1991), *Comenzando a aprender química*, Madrid, Visor.

MATTHEWS, M. R. (2014), *International Handbook of research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht, Springer.

MORENO MARTÍNEZ, L. (2015), «La evolución histórica de la química y su utilidad didáctica», *Anales de Química*, **111**, 4, 230-238.

SOLAZ, J. J. (2010), «La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión», *Educación XXI*, **13**, 1, 65-80.

SOLBES, J.; TRAVER, M. J. (1996), «La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y la Química», *Enseñanza de las Ciencias*, **14**, 1, 103-112.

HISTÒRIA DE LES MATEMÀTIQUES PER A L'ENSENYAMENT DE LES MATEMÀTIQUES. ANALITZANT LES FONTS

FÀTIMA ROMERO VALLHONESTA;¹ M. ROSA MASSA ESTEVE²

¹ CENTRE DE RECERCA PER A LA HISTÒRIA DE LA TÈCNICA. UNIVERSITAT
POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

² DEPARTAMENT DE MATEMÀTIQUES. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

Paraules clau: *història de les matemàtiques, ensenyament, fonts històriques originals*

History of Mathematics in the Learning of Mathematics. Analysis of the Sources

Summary: *In recent decades the use of history of mathematics, as a resource for the teaching of mathematics, has raised in Catalonia. The formative role of the history of mathematics in the learning for either teaching math or achieving a global view of mathematics, is indisputable. In the different courses of history of mathematics imparted these recent years, both in the initial and permanent training of teachers, we have analyzed several activities implemented in the classroom related to certain historical contexts of the curriculum. These historical cases already studied should be published in order to serve as a model for designing new activities. The aim of this paper is, from the analysis of the used sources in the activities, to propose criteria for their choice so that they are appropriate for the learning of mathematics. This analysis allows us to present some historical activities that verify these criteria.*

Key words: *history of mathematics, teaching, original historical sources*

Introducció¹

El coneixement de la història de la matemàtica pot contribuir a enriquir la tasca docent (Calinger, 1996). Aquest enriquiment té una doble vessant: proporcionar una visió diferent de la matemàtica a l'alumnat i facilitar-ne el seu aprenentatge.

1. Aquesta investigació compta amb el suport del projecte HAR2013-44643-R i de l'ABEAM (Associació de Barcelona per a l'Ensenyament i Aprenentatge de les Matemàtiques).

La història de la matemàtica aporta al professorat una nova perspectiva més completa de la matèria, que el capacitarà per a oferir una formació científica molt més àmplia. L'ús de casos històrics és un dels recursos que es poden emprar per a millorar la transmissió i assoliment dels continguts matemàtics i també per a actuar de revulsiu en aquells casos en què l'alumne no troba motivació en la matemàtica. El professor coneixedor de la història de la matemàtica tindrà elements al seu abast per a transmetre als alumnes una percepció d'aquesta disciplina com a ciència útil, dinàmica, humana, interdisciplinària i heurística (Massa Esteve, 2003).

Les matemàtiques han estat una ciència útil per al desenvolupament de les diferents civilitzacions. Actualment són fonamentals en tots els camps de la ciència. Són una ciència dinàmica, en constant evolució, que sap adaptar-se a les noves situacions que es produeixen i sap treure profit de les noves eines tecnològiques. La matemàtica és una ciència fruit d'una activitat humana i, si aconseguim que els alumnes la vegin així, probablement la percebran com a més propera i assequible. És important fer notar, sempre que sigui possible, les connexions de la matemàtica amb altres ciències. És aquesta interacció la que ha permès sovint el desenvolupament de totes elles. L'anàlisi de problemes històrics resolts amb mètodes diversos permeten fomentar en l'alumnat l'interès per la recerca (Weeks, 1997).

També cal remarcar que no tan sols com a professors, sinó també com a matemàtics, la història de la matemàtica aporta una millor comprensió dels fonaments i de la naturalesa d'aquesta disciplina (Jahnke *et al.*, 1996). La història de la matemàtica proveeix els amants d'aquesta ciència d'elements de comprensió més profunda dels conceptes i les tècniques matemàtiques d'ús quotidià a les aules (Katz, 2000). Ajuda a comprendre com i per què s'han format les diferents branques de la matemàtica: l'anàlisi, l'àlgebra, la geometria, etc., les seves diferents interrelacions i les relacions amb les altres ciències.

La història mostra que les matemàtiques s'han emprat per a resoldre problemes relacionats amb l'activitat humana i per a donar significat al món. A més, permet observar com les seves parts s'han anat forjant en una reiterada interacció aplicació-desenvolupament. Així, la geometria, que va néixer per mesurar, va evolucionar amb els problemes de mesures; la trigonometria es va anar desenvolupant per resoldre problemes d'astronomia i també de navegació; l'àlgebra, que va rebre un impuls important en solucionar problemes d'aritmètica mercantil, durant el Renaixement va esdevenir una eina imprescindible en la resolució de problemes geomètrics, de teoria de nombres, etc. Sense cap mena de dubte, tots aquests coneixements històrics faran que s'enriqueixi la formació matemàtica de l'alumnat.

Com a membres del Grup d'Història de les Matemàtiques de l'ABEAM, hem dissenyat diverses activitats que hem experimentat a l'aula (Romero & Massa, 2003; Romero *et al.*, 2006; Guevara *et al.*, 2008) i hem constatat, que si bé la majoria han estat interessants per a l'alumnat, no totes elles han contribuït d'igual manera a l'aprenentatge de les matemàtiques.

L'objectiu d'aquesta comunicació és, a partir de l'anàlisi de les fonts que hem utilitzat en les diverses activitats, proposar criteris per a la seva tria de manera que aquestes siguin rellevants per a l'aprenentatge dels conceptes o dels processos matemàtics.

La història de les matemàtiques en el currículum de matemàtiques

L'ús de la història de les matemàtiques com a recurs per a l'ensenyament de les matemàtiques ha experimentat un gran impuls a Catalunya durant les darreres dècades. En el currículum de 2007

(Decret 143/2007), després dels blocs de continguts ja es proposaven per a cada curs una sèrie de contextos històrics relacionats amb els continguts del curs corresponent.

En el cas de 3r d'ESO, per exemple, la llista incloïa, entre d'altres, la resolució geomètrica d'equacions i el naixement de la teoria de probabilitats.

En el currículum de 2015 (Decret 187/2015), aquestes possibles aproximacions històriques han passat a formar part dels blocs de continguts.

Per exemple, entre els continguts de 4t curs corresponents al bloc d'*Espai i Forma*, hi figuren: «El naixement i primer desenvolupament de la trigonometria al llarg de la història i la història de la introducció a les coordenades cartesianes».

Per tant, en els continguts es fa clara referència a la història de les matemàtiques de la qual els alumnes n'han de conèixer alguns episodis al mateix nivell que han de saber, per exemple, resoldre triangles rectangles.

Consideracions sobre la introducció de la història de les matemàtiques per a l'aprenentatge de les matemàtiques

Els continguts del currículum relacionats amb la història de les matemàtiques es poden impartir atenent només a l'evolució al llarg del temps del concepte involucrat, que pot il·lustrar una mica el que es coneix com a *principi genètic*, que considera que l'intel·lecte humà reproduceix els passos que ha seguit l'evolució històrica dels conceptes matemàtics. Però potser el més interessant és utilitzar fonts originals o traduccions reconegudes per tal de dissenyar activitats que contribueixin a aprendre conceptes i processos matemàtics a través de la seva història. Mostrar les dificultats que hi ha hagut al llarg de la història per tal de donar resposta a determinades preguntes que s'ha fet la humanitat o per a resoldre determinats problemes, pot contribuir a motivar alguns estudiants que a vegades, pel tipus d'ensenyament que han rebut, creuen que les matemàtiques consisteixen a aplicar una sèrie de fórmules sovint complicades, la comprensió de les quals està reservada només a ments privilegiades.

Com que es tracta que l'alumnat aprengui matemàtiques a través de la història, i no solament història de les matemàtiques, no tots els episodis històrics ni totes les fonts són apropiades per a dissenyar activitats per a implementar a l'aula.

Per tal de triar una activitat basada en textos històrics que contribueixi a l'aprenentatge de conceptes o al desenvolupament de processos matemàtics, proposem fer-nos les preguntes següents:

- La font està relacionada amb el contingut històric del currículum?
- Contribueix de manera significativa a la millora de l'aprenentatge de les matemàtiques?
- Ha representat la resposta a alguna pregunta clau que s'ha fet la humanitat?
- És cabdal per a entendre l'origen del concepte que s'ensenya?
- Estimula la reflexió matemàtica?
- Desperta la curiositat? Potencia el raonament? Ensenya nous mètodes?

Presentarem tot seguit una sèrie d'activitats que pretenen il·lustrar la resposta afirmativa a cadascuna de les preguntes.

La font està relacionada amb el contingut històric del currículum?

La següent activitat està relacionada amb el contingut històric del currículum, concretament amb el que s'especifica a 3r d'ESO com:

Mesures indirectes (CC11, CC12).² Estimació. Precisió, exactitud i error. Història de la mesura del cel (radi de la Terra, distància Terra-Lluna...). Ús de les mesures indirectes per a la resolució de problemes en contextos diversos.

La font que emprem és una obra d'astronomia: *Sobre les mides i les distàncies del Sol i la Lluna*, d'Aristarc de Samos (ca. 310 aC - 230 aC). L'obra suposa un intent de calcular les distàncies Sol-Terra i Terra-Lluna amb un mètode original, rigorós i correcte, malgrat que, a causa de la imprecisió de les mesures, el resultat no ho va ser (Aristarco de Samos, 2007).

Aristarc parteix de sis hipòtesis sobre les mides i les distàncies als astres i mitjançant divuit proposicions demostra tres tesis. La tesi més important és la que es demostra a la Proposició 7: «La distància al Sol des de la Terra és més gran que divuit vegades, però més petita que vint vegades, la distància a la Lluna des de la Terra».

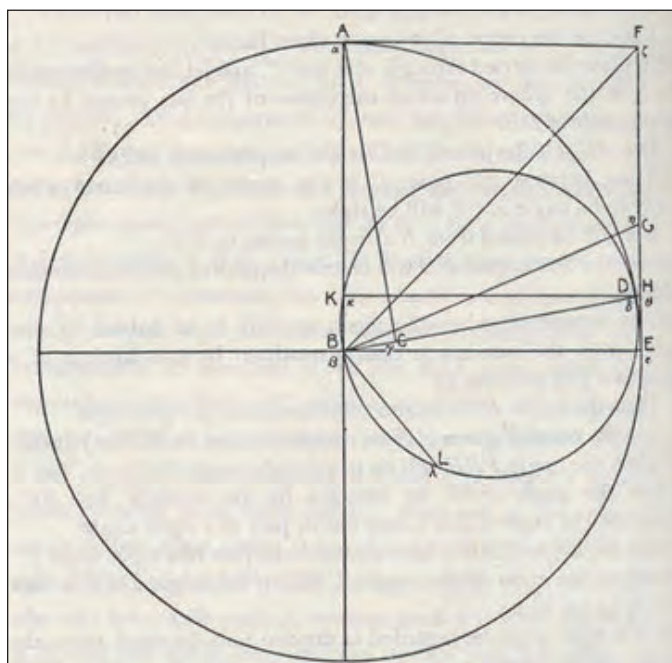


FIGURA 1. Il·lustració de la Proposició VII (Aristarco, 2007: 109).

A partir de la Fig. 1, prenem A com el centre del Sol; B, el centre de la Terra, i C, el centre de la Lluna quan se'ns mostra partida per la meitat; aleshores, CB representa la distància a la Lluna des de la Terra i AB representa la distància al Sol des de la Terra. Hem de demostrar que: $18 CB < AB < 20 CB$. Aquesta demostració és la que treballem amb els alumnes a l'activitat d'aula (Massa Esteve, 2005b).

Les estratègies matemàtiques emprades en la demostració són: traslladar el problema del triangle Sol-Terra-Lluna a un triangle semblant construint una circumferència adequada; utilitzar com si fos coneguda la relació entre els angles i les seves tangents; emprar la proporció establerta entre els segments que determinen la bisectriu d'un angle d'un triangle i els seus costats, i, finalment, aproximar $\sqrt{2}$ per $7/5$.

2. Aquest tipus de sigles fan referència als continguts clau que són una novetat d'aquest currículum i estan identificats per a cadascuna de les àrees del coneixement. El contingut clau CC12, per exemple, és: *relacions mètriques i càlcul de mesures en figures*.

Contribueix de manera significativa a la millora de l'aprenentatge de les matemàtiques?

La matemàtica grega, basada en la geometria, pot fer també la seva aportació a l'aprenentatge de les matemàtiques. En els *Elements* d'Euclides (300 aC) es recullen els coneixements matemàtics de diferents escoles gregues i es demostren moltes proposicions geomètriques. Aquesta obra, que es creu que pot ser col·lectiva, és la que ha tingut més edicions després de la Bíblia (més de mil) i és una de les que més influència cultural ha tingut al llarg de la història. Va ser emprada com a llibre de text a les universitats durant molts segles i va influir extraordinàriament en els grans autors de les revolucions científiques, com ara Galileo Galilei (1564-1642), Isaac Newton (1643-1727) i d'altres. Els *Elements* consten de tretze llibres: els sis primers dedicats a la geometria plana; els tres següents a l'àritmètica (o teoria de nombres); el desè tracta dels incommensurables, i els tres últims, de la geometria de sòlids.³ Pel que fa a l'estil de l'obra podem qualificar-lo d'ordre axiomàtic i rigorós. Cada llibre té la mateixa estructura, primer els axiomes i/o postulats, seguidament les definicions i, després, les proposicions, cadascuna amb la seva demostració. Es demostra tot a partir d'hipòtesis clares i de propietats explícitament establertes, anotant al marge les proposicions i les definicions que està emprant. Cal remarcar que en el text d'Euclides no hi ha símbols, ni nombres, ni expressions algebraïques, només figures i relacions entre els costats i les figures; és a dir, només hi ha geometria: segments que s'afegeixen i que quan es multipliquen donen figures geomètriques. L'activitat està preparada a partir de la proposició III.20 que relaciona la mesura de l'angle inscrit amb la de l'angle central que abasta el mateix arc (Fig. 2).

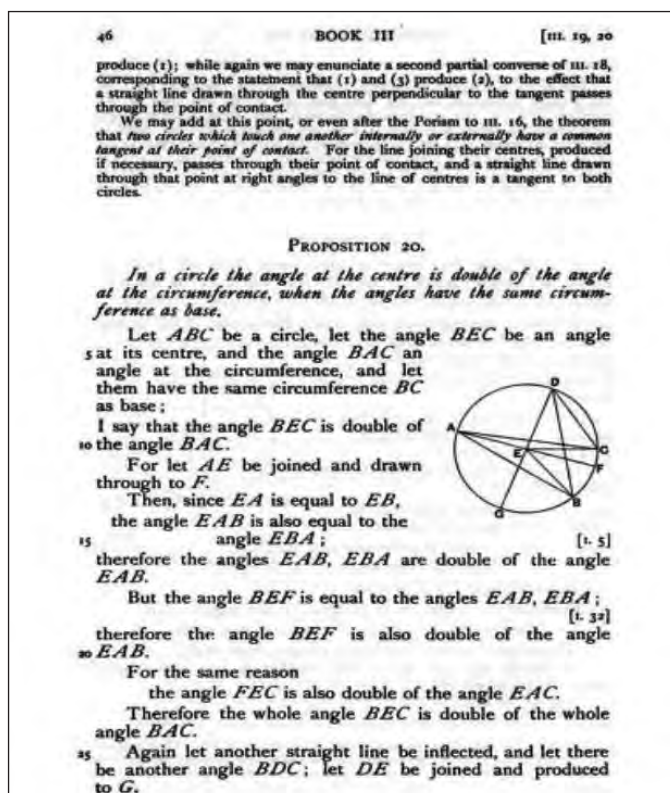


FIGURA 2. Proposició 20 del llibre III (Euclid, 1956: 46).

3. Els quatre primers són deguts als pitagòrics, el V i el VI són deguts a Eudox. Els llibres VIII i IX són també dels pitagòrics. El X és degut a Teetet. El llibre XI procedeix de l'escola jònica. El XII, té diversos precursors però el mètode d'exhaustió, que és el que permet demostracions rigoroses, és d'Eudox. Finalment, el llibre XIII és degut a Teetet (Dou, 1986: 68).

Ha representat la resposta a alguna pregunta clau que s'ha fet la humanitat?

En aquest cas, hem triat com a exemple la mesura sorprenentment acurada del radi de la Terra per Eratòstenes (ca. 276 aC - ca. 194 aC). Els detalls d'aquest càlcul estaven en una obra intitulada *Sobre el mesurament de la Terra* que s'ha perdut. Però tenim notícia d'aquesta obra per alguns treballs de Cleomedes, Teó d'Esmirna i Estrabó. Tot i no disposar en aquest cas de la font original, creiem que l'interès de l'activitat compensa aquesta mancança. Eratòstenes va comparar l'ombra al migdia d'un objecte a Siena (l'actual Assuan) i a Alexandria. Va suposar que els rajos del Sol eren paral·lels i, relacionant angles, va trobar que la longitud de la circumferència de la Terra era de 250.000 estadis.

Amb aquesta activitat,⁴ en la qual els alumnes han d'explicar els fonaments del mètode d'Eratòstenes, poden aprendre com l'observació, la creativitat i l'enginy poden contribuir a crear coneixement que permeti respondre preguntes que la humanitat s'ha plantejat al llarg del temps.

És cabdal per a entendre l'origen del concepte que s'ensenya?

L'activitat d'aula que respon a aquest criteri emprà com a font el text d'Arquimedes *La mesura del cercle* (ca. 287 aC), on es calcula una aproximació al nombre π que ajuda a entendre'n el seu origen. La proposició III del llibre demostra que la relació entre la longitud de la circumferència i el seu diàmetre està compresa entre $3 \frac{10}{71}$ i $3 \frac{1}{7}$, que representa una aproximació del nombre π entre 3,1408 i 3,1428 (Heath, 1897). Arquimedes comença inscrivint i circumscribant triangles en un cercle i doblant el nombre de costats arribant a polígons de 96 costats. Per tal de trobar l'aproximació utilitza el teorema de la bisectriu, el teorema de Pitàgores i la relació entre els angles inscrits i l'angle central, entre d'altres propietats de la circumferència (Fig. 3).

Aquesta activitat es pot pautar de manera diferent en funció de l'objectiu que vulguem aconseguir, de manera que se'n pot donar una visió general, sense aprofundir en les demostracions, però també es pot guiar l'alumnat en la demostració deixant que completi els aspectes que creguem convenients, en funció dels continguts concrets que volem que aprengui o de les seves capacitats.

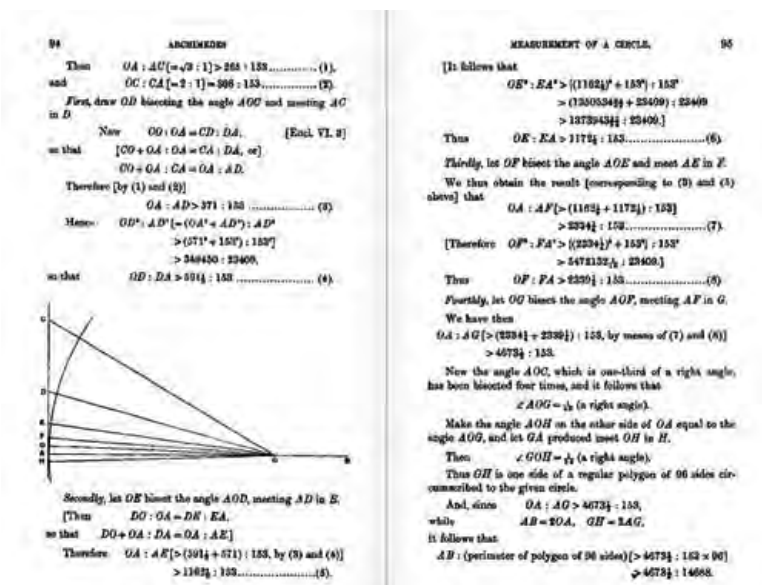


FIGURA 3. Demostració amb els polígons inscrits (Heath, 1897: 94-95).

4. Vegeu una de les possibles implementacions d'aquesta activitat a l'aula (Romero & Massa, 2012).

Estimula la reflexió matemàtica?

Aquesta activitat fa reflexionar els alumnes sobre les relacions entre l'àlgebra i la geometria en la història de la construcció de la solució de l'equació de segon grau (Massa, 2005a). Encara que ja es pot intuir un algorisme de resolució d'equacions de segon grau a les tauletes babilòniques (1800 aC), correspon als àrabs el pas decisiu en el desenvolupament de les regles de l'àlgebra. Mohamed Ben-Musa al-Khwarizmi (850 dC), matemàtic, astrònom i membre de la Casa de Saviesa de Bagdad, va escriure *Hisâb al-jabr wal-muqabala* (813 i 830), on classificava les equacions fins a segon grau en sis tipus diferents, explicava el mètode per a resoldre-les i justificava les solucions amb quadrats i rectangles. Qui va difondre en el món occidental tots aquests coneixements va ser Leonardo de Pisa, fill de Bonacci (1180-1250), més conegut pel nom de Fibonacci, amb la seva obra *Liber abaci* (1202). L'obra de Luca Pacioli (1447-1517) titulada *Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni & Proportionalità* (1494), que va tenir gran difusió a la seva època, va influir en les àlgebres renaixentistes, com ara la de Girolamo Cardano (1501-1576), tot i que la relació entre l'àlgebra i la geometria pel que fa a l'obtenció de les solucions en aquesta obra es feia utilitzant també quadrats i rectangles.

Amb l'obra *In Artem Analyticen Isagoge* (1591), de François Viète (1540-1603), que va constituir un punt clau per a la utilització de símbols, no només per a representar les incògnites, sinó també per a representar les quantitats conegudes, les relacions van canviar. Viète va presentar nous procediments algebraics relacionant la teoria de proporció euclidiana amb les equacions, i va fer palesa la seva utilitat per a resoldre equacions a l'àritmètica, a la trigonometria, però sobretot a la geometria.

També més tard René Descartes (1596-1650), en la seva obra *La Géométrie* (1637), on va construir una àlgebra de segments, emprà el teorema de Pitàgores i un cercle en la construcció que fa de la solució de l'equació de segon grau (Fig. 4).

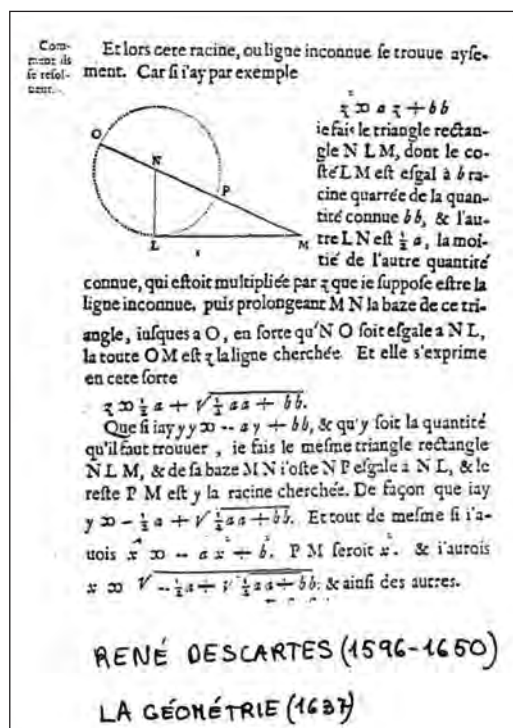


FIGURA 4. Solució de l'equació de segon grau (Descartes, 1954: 12-15).

Cal assenyalar que a l'obra de Descartes ja apareix la fórmula de l'equació de segon grau que emprem actualment.

Desperta la curiositat?

En aquest cas la font que hem triat és una obra del segle XVI, *Arithmetica Practica y Speculativa* (1562), de Juan Pérez de Moya (1513-1597), que va arribar a les 30 edicions. El llibre novè d'aquesta obra està escrit en forma de diàleg i tracta diferents punts de vista sobre la utilitat de les matemàtiques i els motius que aconsellen el seu estudi. Consta de dues parts en la primera de les quals Antimacho visita Sophronio, que està malalt, i el troba llegint un llibre d'aritmètica. Aquest serà per a l'autor el pretext per a parlar de la necessitat de l'estudi d'aquesta disciplina. Antimacho representa un home del seu temps que s'estranya que hi hagi persones que s'entretinguin llegint llibres d'aritmètica. Nega que els principis de l'aritmètica puguin constituir una ciència i afegeix que si no hi ha diners per comptar, no hi ha cap necessitat d'estudiar aritmètica; i si n'hi ha, l'interès, l'avarícia o el costum poden substituir el coneixement científic.

L'activitat està centrada en un dels problemes que posa Sophronio a Antimacho i consisteix a entendre l'engany que fa un comprador a un venedor (Fig. 5). Es tracta d'un mosso que va a comprar espàrrecs i porta una corda per lligar-los. Demana al venedor què li cobraria pel manat que es pot lligar amb la corda, que fa un pam. Acorden que el preu serà de mig ral. El mosso torna al cap d'una estona amb una corda de dos pams i paga 1 ral pels espàrrecs que hi pot lligar. Igual que el venedor, Antimacho va trobar que el càlcul era correcte. Sophronio li explica l'engany.

(So) Ello dezis? pues esperad vn poco, q̄ respõdereys a esto que os pregũtare que es caso q̄ acaescio pocos dias ha por vn moço de vn soldado, el q̄l yẽdo a cõprar prouision para su amo, llego a vn labrador q̄ vendia esparragos, y le dixo. Quanto quereys por los esparragos que pudiere atar en esta cuerda, que tiene vn palmo de largo, en fin se concertarõ por medio real, a poco de tiempo boluio este moço al q̄ vẽdia esparragos, diziẽdo. Hermano biẽ se os acuerda, q̄ me distes por medio real los esparragos q̄ ate en vna cuerda de vn palmo de largo, al presente quiero comprar mas, y traygo vna cuerda de dos palmos de largo, que es el doblo q̄ la otra, dad me la de esparragos y pagar os he vn real, q̄ es a razon de como primero nos concertamos. El labrador respondio que era conẽto. Pido si en esta compra se ha hecho algun agrauio, y quien engaño a quien, y en quanto?

FIGURA 5. Problema sobre la proporcionalitat (Pérez de Moya, 1562: 701).

Aquesta activitat a partir d'un text del segle XVI, el llenguatge del qual es pot entendre perfectament, permet als alumnes adonar-se que la raó de proporcionalitat entre figures semblants no és la mateixa per a longituds que per a superfícies.

Potencia el raonament?

Aquí hem triat com a punt de partida la correspondència entre Pascal i Fermat amb relació a com s'han de repartir les apostes en una partida inacabada per tal de ser justos en el repartiment (Romero, 2012). Aquest problema és conegut com el problema dels punts i va ser proposat a Pascal i Fermat probablement el 1654 i va donar lloc a un intercanvi epistolar entre Pascal i Fermat que va ser fonamental per al desenvolupament dels conceptes moderns de teoria de probabilitats. En aquesta correspondència es posen de manifest els dubtes que tenien aquests grans matemàtics per a resoldre una qüestió aparentment simple.

La situació és la següent: dos jugadors juguen a un joc en què per cada partida guanyada obtenen 1 punt. El primer que arriba a 6 punts s'emporta el premi, que són 24 ducats. El joc s'interromp per causes desconegudes en un moment en què el jugador A ha obtingut 5 punts i el jugador B n'ha obtingut 3. Com s'han de repartir els 24 ducats de manera justa?

LXX. — 29 JUILLET 1654. 295

Si on joue chacun 256 en

	6 parties.	5 parties.	4 parties.	3 parties.	2 parties.	1 partie.
1 ^{re} partie.....	63	70	80	96	128	256
2 ^e partie.....	63	70	80	96	128	
3 ^e partie.....	56	60	64	64		
4 ^e partie.....	42	40	32			
5 ^e partie.....	24	16				
6 ^e partie.....	8					

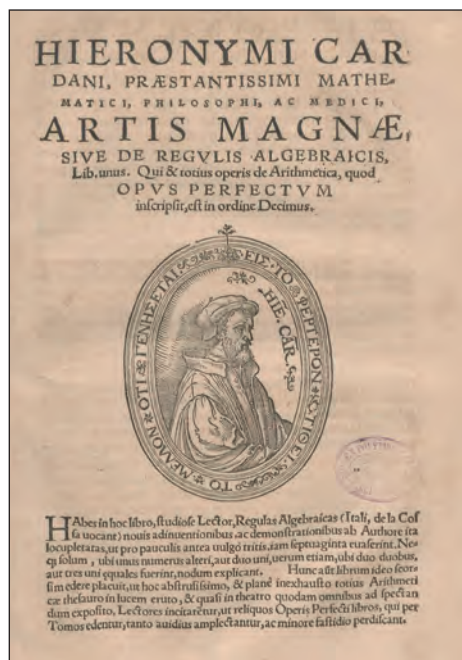
Il m'appartient, sur les 256 pistoles de mon joueur, pour la

FIGURA 6. Esquema de Pascal per a la solució del problema dels punts en la correspondència amb Fermat (Fermat, 1894: 295).

Es plantejarà el problema als alumnes sense parlar-los del seu origen i el portaveu de cada grup exposarà la solució a la qual han arribat (Fig. 6). Aquesta primera part de l'activitat té com a objectiu que els alumnes s'hagin familiaritzat amb el problema. Després es lliura als alumnes el text amb fragments de la correspondència de Pascal i Fermat. Es tracta que entenguin els raonaments dels dos matemàtics i que s'adonin de la dificultat d'arribar a un repartiment que satisfaci les dues parts.

Ensenya nous mètodes?

Hem triat en aquest cas la resolució de l'equació de tercer grau en l'*Ars Magna* (1545) per Girolamo Cardano (1501-1576) (Fig. 7).

FIGURA 7. Portada *Ars Magna* (Cardano, 1545).

La resolució d'equacions ha estat un motor potent per a la recerca matemàtica que ha anat potenciant la creativitat dels matemàtics, de manera que s'han hagut d'anar creant noves formes de raonar quan en augmentar la complexitat d'un problema les antigues no hi podien donar resposta. La resolució d'equacions polinòmiques de graus 1 i 2 és present al currículum de secundària obligatòria i alguns casos particulars de grau superior es tracten a batxillerat. Poques vegades, però, s'explica que hi ha fórmules per a resoldre les equacions de tercer i quart grau i, en canvi, no n'hi ha per a les de grau 5.

Els alumnes han d'aprendre que no hi ha fórmules per a resoldre qualsevol tipus d'equacions i que, fins i tot, per alguns casos per als quals n'hi ha es poden aplicar mètodes més efectius.

Es tracta en aquesta activitat que els alumnes transformin, degudament guiats, una equació de tercer grau en una altra sense terme quadràtic, de la forma: , i la resolguin aplicant la fórmula:

$$x = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} - \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}$$

Hauran de resoldre després la mateixa equació per mètodes aproximatius, com el de Newton-Raphson o d'altres, i escriure les seves conclusions.

Algunes reflexions

La realització d'activitats d'aquest tipus, havent triat les fonts de manera acurada, pot aportar a l'alumnat una visió holística de les matemàtiques que està en la línia competencial del nou decret de currículum. Les activitats s'introdueixen normalment a partir de preguntes i es relacionen amb el context i amb les inquietuds o necessitats de l'època corresponent.

El fet que en algunes activitats es relacionin continguts de diferents blocs com són la geometria i l'àlgebra, per exemple, dona coherència a aquests continguts que no es veuen com parts aïllades de la matèria, sinó connectades entre elles.

La metodologia emprada en la realització d'aquestes activitats té l'alumne com a centre de l'aprenentatge, ja que el professor introdueix l'activitat i l'alumne, de manera més o menys guiada, ha de reflexionar i donar resposta a la pregunta que s'hi formula.

La mostra d'activitats que hem relacionat en aquest text fa palesa la riquesa de la matemàtica com a ciència i, alhora, dóna a l'alumnat una visió d'aquesta disciplina més connectada amb la realitat i, per tant, més propera.

Referències bibliogràfiques

- ARISTARCO DE SAMOS (2007), *Sobre los tamaños y las distancias del Sol y la Luna*, Intr., trad. y notas de M. Rosa Massa Esteve, Cádiz, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- CALINGER, R. (ed.) (1996), *Vita Mathematica. Historical research and Integration with teaching*, Washington, The Mathematical Association of America.
- CARDANO, G. (1545), *Artis magnae, sive de regulis algebracis*, Nürnberg, John Petreius.
- DESCARTES, R. (1954), *The geometry of René Descartes*, SMITH, D. E.; LATHAM, M. L. (eds.), Nova York, Dover.
- DOU, A. (1986), «Euclides». A: *Historia de la Matemática hasta el siglo XVII*, Madrid, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 61-78.
- EUCLID. (1956), *The Thirteen books of The Elements*, trad. T. Heath, Nova York, Dover, vol. 2.
- FERMAT, P. (1894), *Oeuvres*, TANNERY, P.; CHARLES, H. (eds.), Gauthier Villars, París, volum II.
- GUEVARA, I.; ROMERO, F.; MASSA, M. R. (2008), «Geometria i trigonometria en el Teorema de Menelau (100 dC)», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT-IEC, **2**, 39-50.
- HEATH, T. L. (ed.) (1897), *The Works of Archimedes*, Cambridge, Cambridge University Press.
- JAHNKE, H. N.; KNOCH, N.; OTTE, M. (1996), *History of Mathematics and Education: Ideas and Experiences*, Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht.
- KATZ, V. (ed.) (2000), *Using History to Teach Mathematics. An International Perspective*, Washington, The Mathematical Association of America.
- MASSA ESTEVE, M. R. (2003), «Aportacions de la història de la matemàtica a l'ensenyament de la matemàtica», *Biaix*, **21**, 4-9.
- MASSA ESTEVE, M. R. (2005a), «Les equacions de segon grau al llarg de la història», *Biaix*, **24**, 4-15.
- MASSA ESTEVE, M. R. (2005b), «L'ensenyament de la trigonometria. Aristarc de Samos (310-230 aC)». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. (eds.), *Actes de la I Jornada sobre la història de la ciència i l'ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 95-101.
- PÉREZ DE MOYA, J. (1562), *Arithmetica practica, y especulativa*, Salamanca, Mathias Gast.
- ROMERO, F.; MASSA, M. R. (2003), «El teorema de Ptolemeu», *Biaix*, **21**, 31-36.
- ROMERO, F.; MASSA, M. R.; CASALS, M. A. (2006), «La trigonometria en el món àrab. Tractat sobre el quadrilàter complet de NASIR AL-DIN AL-TUSI (1201-1274)». A: BATLLÓ, J. et al. (eds.), *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, SCHCT-IEC, 569-575.
- ROMERO, F. (2012), «The importance of games of chance at the inception of probability theory». A: BRUNEAU, O. et al. (eds.), *Innovative Methods for Science Education: History of Science, ICT and Inquiry Based Science Teaching*, Berlín, Frank & Time GmbH, 337-354.
- ROMERO, F.; MASSA, M. R. (2012), «Anàlisi de materials d'història de la matemàtica per a l'aula». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. (eds.), *Actes de la IX Jornada per a la Història de la Ciència i l'Ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 95-105.
- WEEKS, C. (trad.) (1997), *History of Mathematics, histories of problems*, Inter-Irem commission, París, Ellipses.

LOS CAMBIOS EN LAS PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL SIGLO XIX. EL PROFESOR MARIANO SANTISTEBAN

JOSÉ-ANTONIO PARIENTE SILVÁN

ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN «ESTUDIOS HISTÓRICOS Y SOCIALES EN CIENCIA,
MEDICINA Y COMUNICACIÓN CIENTÍFICA» DEL INSTITUTO LÓPEZ PIÑERO.
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

Palabras clave: *disciplinas escolares, física y química, problemas, Mariano Santisteban*

Changes in the Practices of Chemistry Teaching in the Nineteenth Century. Professor Mariano Santisteban

Summary: The first laws that led to the establishment of secondary education in Spain were published during the first half of the nineteenth century. At the same time «physics and chemistry» was defined as a single subject. This discipline had no equivalent outside of the Spanish educational context. It was the use of laboratory practices undertaken by teachers, together with the new teaching tools created by them what joined the two disciplines. We are going to know, thanks to the training and teaching career of Mariano Santisteban, the relationships among his practical demonstrations in the laboratory, the progress of the manual that he wrote and the appearance of new teaching tools like paper and pencil problems. It was in this period that science became decisive in the secondary education. This incorporation produced debates related with the role of science in the general education of citizens, which are still ringing in our ears.

Key words: *school disciplines, physics and chemistry, paper and pencil problems, Mariano Santisteban*

Introducción

En los últimos años la imagen de los manuales en la historia de la ciencia se ha renovado gracias al gran número de trabajos publicados (Bensaude, 2006; Simon, 2011). La situación privilegiada de los libros de texto, tanto en el terreno de la historia de la ciencia o de la historia de la educación, como en la historia del libro,

sirve para unir los campos de interés de estos tres temas, lo que abre un amplio abanico de posibilidades para su estudio (Olesko, 2006).

En esta renovación de las imágenes sobre el libro de texto, la obra de Thomas S. Kuhn ha jugado un papel determinante. De acuerdo con su concepción acerca de la «ciencia normal», el aprendizaje mediante problemas era para Kuhn uno de los rasgos distintivos de la enseñanza científica (Kuhn, 1977). Los estudios posteriores han revisado las conclusiones de Kuhn y han introducido nuevos problemas y cuestiones. Por ejemplo, en el terreno de los exámenes, diversos estudios posteriores han señalado la importancia del paso del examen oral y público a las pruebas escritas y privadas (Warwick, 2003). Es evidente que estas transformaciones, todavía poco estudiadas, también estuvieron relacionadas con la generalización del tipo de pruebas que se discuten en este trabajo.

En este trabajo se muestra la aparición de los problemas de lápiz y papel a partir de un caso concreto: la labor del profesor Mariano Santisteban (Alcalá de Henares, 1821 - Madrid, 1886). Fue catedrático del Instituto San Isidro de Madrid y uno de los principales autores de publicaciones químicas del siglo XIX (Portela & Soler, 1992), gracias al manual de Física y Química que, junto con Manuel Rico Sinobás, publicó entre 1856 y 1887. El manual de Mariano Santisteban puede servir para conocer la génesis de esta disciplina escolar en un período en el que en España se estaba desarrollando la estructura moderna del sistema de enseñanza secundaria.

El profesor Mariano Santisteban

La formación de los primeros profesores de ciencias fue muy variada. Los autores de la reorganización de 1836 (que se conoce como el plan del Duque de Ribas) quisieron romper con esta heterogeneidad y especificaron la necesidad del grado de Licenciado en Ciencias o en Letras para una plaza de profesor en institutos elementales (el grado exigido era de doctor en institutos superiores). El caso de Santisteban muestra que los cambios fueron más complicados. Comenzó su carrera docente en segunda enseñanza ocupando varios puestos provisionales durante la década de 1840.¹ Sin embargo, no obtiene el grado en Ciencias hasta 1850.² Para conseguir la plaza en propiedad algunos regentes debían acreditar especiales circunstancias de actitud y mérito científico (Benso, 2002: 302). Es así como Santisteban fue nombrado titular de la cátedra en el Instituto San Isidro de Madrid el 1 de septiembre de 1850. Y con posterioridad obtuvo el grado de doctor en la Facultad de Filosofía (sección físico-matemáticas) siendo ya propietario de la plaza de catedrático del Instituto San Isidro. Su discurso de doctorado abordó el tema de la polarización atmosférica de la luz (Santisteban, 1854). Fue el creador del laboratorio de química del instituto San Isidro.³ El director del centro le recomendó una investigación sobre el gabinete de física y sus instrumentos (Santisteban, 1875). Como se verá, los instrumentos pedagógicos fueron una parte sustancial de sus propuestas en el terreno de la enseñanza de la física y química.

1. Hojas de Servicios de Mariano Santisteban de la Fuente. 30 de diciembre de 1870 y 1 de Mayo de 1877. Expediente personal de Mariano Santisteban de la Fuente, catedrático de Física. Archivo general de la Administración (AGA). Alcalá de Henares. IDD (05)017.000. Caja 32/08527. Expediente 5912-2.

2. Expediente académico universitario de Mariano Santisteban de la Fuente. Archivo Histórico Nacional (AHN). Madrid. Sección Universidades. Legajo 6173. Expediente 11.

3. Hojas de Servicios de Mariano Santisteban de la Fuente. 30 de diciembre de 1870 y 1 de Mayo de 1877. Expediente personal de Mariano Santisteban de la Fuente, n. 17.

El manual de física y química

Los primeros manuales de física y química empleados en el sistema educativo español fueron, por regla general, traducciones de libros franceses como el texto de Adolphe Ganot que fue traducido en 1856 por José Molau y alcanzó quince ediciones más hasta llegar a casi mediados del siglo xx (Simon, 2011; Muñoz, 2015). A mediados del siglo xix aparecieron ya textos populares escritos por autores españoles. Entre ellos figura en lugar destacado el *Manual de Física y nociones de Química* (1847), de Manuel Rico (profesor de física en la Universidad de Valladolid) y Mariano Santisteban (catedrático del Instituto San Isidro de Madrid) (Bertomeu *et al.*, 2011; Muñoz, 2015).

El cambio en el perfil biográfico de los autores está relacionado con los mecanismos de control de los libros de texto por el Estado. Estos sistemas de control variaron en esos años y según los países: listas cerradas, exigencia de autorización previa o posibilidad de retirar un manual si no se consideraba adecuado (Bertomeu, 2009). Durante los años en que se publicó el libro de Santisteban se utilizó el sistema de listas de libros entre los que los profesores debían seleccionar sus manuales para las clases. Estas listas incluyeron siempre en esos años el texto de Santisteban (López Martínez, 1999; Villalain Benito, 1997).

Es evidente que la inclusión del manual de física y química de Santisteban en estas listas de libros recomendados fue la principal causa de su gran número de reediciones. Por otra parte, la obra estaba en la línea de la importancia otorgada en la época al uso de instrumentos y demostraciones en la enseñanza. Gil de Zárate, uno de los principales inspiradores de la reforma que propició la creación de los institutos de segunda enseñanza, defendió la necesidad de estudiar las ciencias físicas mediante experimentos con el fin de mostrar sus supuestas aplicaciones. Sus viajes sirvieron para organizar las compras de instrumentos e inspiraron las nuevas reformas y los catálogos modelo que se propusieron en los años siguientes. Todo ello debía servir de base para las prácticas docentes en las que el profesorado de instituto fundamentó su labor diaria en las demostraciones y experiencias de cátedra para corroborar las teorías y leyes físicas (López Martínez, 1999).

Las seis ediciones del manual de Santisteban nos permiten tener una visión suficiente de su evolución.⁴ Comparándolo con el texto de Ganot, el esquema de la parte de física es prácticamente el mismo (Ganot, 1868). Se observa, sin embargo, una adaptación paulatina del manual al nivel de la segunda enseñanza (López, 2012). Las primeras ediciones contenían más contenidos que los que se desarrollaban en un curso de este nivel. Si bien la primera edición no dice nada al respecto, se puede observar que la segunda y tercera ediciones del manual especificaban los contenidos necesarios para la asignatura (de acuerdo con el programa establecido por Instrucción Pública) con diferente tipo de letra o con asteriscos. En la tercera edición especificaba que la diferenciación en contenidos mostraba aquellos que eran necesarios para un curso elemental y cuales debían estudiar los que hicieran estudios de aplicación. Esta diferenciación desapareció en las siguientes ediciones, porque desaparecieron los contenidos que en ediciones anteriores no se consideraban necesarios para la asignatura, e incluso vemos como se fue reduciendo el número de páginas —en más de cien entre la primera edición y la octava— dedicadas a las ocho primeras partes (las de física).

El manual se fue haciendo más y más descriptivo conforme avanzaron sus ediciones, desapareciendo gran parte de los desarrollos matemáticos iniciales. Por ejemplo, al tratar los espejos

4. Manuales de Rico y Santisteban de 1856, 1858, 1862, 1865, 1869 y 1873 que corresponden a las ediciones 1ª, 2ª, 3ª, 5ª, 7ª y 8ª, respectivamente.

cóncavos en la edición de 1856 mostraba fórmulas matemáticas que en la edición de 1869 habían desaparecido. Por el contrario, en la parte de química del libro de Santisteban se produjo un aumento paulatino del número de páginas, a pesar de que algunos contenidos desaparecieron. La primera edición y la segunda contienen unas pocas páginas sobre química orgánica que desaparecen a partir de la tercera. Las páginas de química pasaron de representar algo más del 16 % del manual en la edición de 1856 a un 28 % en la de 1873, mientras el número total de páginas descendió en unas sesenta. El aumento procedía de la adición de nuevas sustancias que incrementaban el peso de la parte de química en el manual. Incluso podemos ver otro cambio típico en la química del siglo XIX, como es la adopción de las fórmulas de Berzelius, que darían lugar a las nuevas ecuaciones químicas.

Los problemas de física y química

Las demostraciones que se usaban en el aula hay que encuadrarlas dentro de una tradición experimental que venía de años anteriores. Los demostradores de la Ilustración recorrían las ciudades europeas con una gran cantidad de demostraciones espectaculares que atraían la atención de un público amplio y diverso. Para estas demostraciones se diseñaron instrumentos científicos específicos (máquina de Atwood o bomba de vacío) que luego perduraron en las aulas de ciencias, con versiones más o menos adaptadas al nuevo escenario: públicos más homogéneos y cautivos, espacio escolar del aula y legislación educativa que marcaba los contenidos y los mecanismos de evaluación (Bertomeu *et al.*, 2011).

Los instrumentos se unían así a una batería de recursos pedagógicos mucho más amplia, incluyendo lo que James C. Maxwell denominaba «familiares instrumentos de pluma, tinta y papel». Se trataba de toda una serie de recursos teóricos que tuvieron diferente protagonismo según el nivel de enseñanza y el contexto educativo del siglo XIX. El papel de las matemáticas en la enseñanza de las ciencias físicas fue también un tema debatido ampliamente en estos años. Algunos autores como Ganot afirmaban que la enseñanza de las ciencias físicas (mediante la demostración experimental) no exigía ningún tipo de formación matemática previa (Simon, 2011). En el otro extremo se situaban autores como Maxwell para los que la enseñanza de la matemática era un requisito indispensable para avanzar en el estudio de la física teórica (Warwick, 2003). En esta discusión, los problemas de física y química significaban un territorio intermedio de batalla. Muchos de estos problemas estaban basados en instrumentos de demostración (como la máquina de Atwood) y, en cierto modo, suponían su reemplazamiento en el aula por protocolos con un mayor o menor aparato matemático. Por otra parte, en más de un caso, análisis matemático e instrumentos de laboratorio fueron de la mano, tal y como lo demuestran las prácticas didácticas del seminario de Königsberg analizado en el famoso estudio de Kathryn Olesko (1991).

Dentro de estos debates y tendencias, las colecciones de problemas de Mariano Santisteban presentan un interés particular porque se trata de una de las primeras obras de este tipo que se publicaron para la segunda enseñanza en España. Como parte de la tesis doctoral del autor, se está realizando un estudio sobre estos problemas para conocer sus principales temas y objetivos didácticos, así como las estrategias sugeridas para resolverlos (incluyendo así la formación matemática requerida). Se pueden avanzar, aunque sea de modo provisional, algunas conclusiones de los primeros análisis. En primer lugar, resulta evidente que los problemas establecen conexiones entre la física y la química, mucho más intensas que el propio manual, en el que aparecen tratadas como dos disci-

plinas científicas diferentes. Estas conexiones son posibles gracias al amplio uso de instrumentos. Se presentan también cálculos matemáticos relacionados con los mismos. Es más complicado conocer su relación con los métodos de evaluación y los exámenes, pero es de esperar poder seguir avanzando en este tema en el futuro.

Conclusiones

Las reformas educativas a partir de 1836 buscaron que los profesores que impartían clase en la segunda enseñanza tuvieran titulación determinada (requisito de la licenciatura en ciencias para obtener la plaza en propiedad). El caso de Mariano Santisteban muestra las dificultades para aplicar este requisito desde el principio. Se ha visto también que un análisis biográfico permite abordar cuestiones tales como la producción de manuales, las razones de su éxito editorial, las prácticas didácticas basadas en la demostración, la cultura material de aula y los instrumentos didácticos. Otro aspecto también de interés para las nuevas investigaciones sobre la historia de la enseñanza de las ciencias son los cuadernos de problemas de física y química realizados por Santisteban. A través de estas colecciones se pueden investigar en el futuro cuestiones tales como el papel de las matemáticas en la enseñanza de las ciencias, la transformación de los instrumentos de latón en problemas de lápiz y papel, y la variación de los procedimientos de evaluación de las ciencias físicas. Es de esperar que todos los elementos antes mencionados arrojen luz sobre nuevas características de la «física y química» como disciplina escolar durante la segunda mitad del siglo XIX. El objetivo de la investigación doctoral que se ha resumido aquí es ofrecer nuevos datos para ampliar y clarificar estas cuestiones, sin perder de vista la persistencia de algunos de estos debates en nuestros días, pero evitando siempre anacronismos y falsas linealidades.

Referencias bibliográficas

- BENSAUDE-VINCENT, B. (2006), «Textbooks on the map of science studies», *Science and Education*, **15**, 667-670.
- BENSO CALVO, C. (2002), «Ser profesor de Bachillerato. Los inicios de la profesión docente (1836-1868)», *Revista de Educación*, **329**, 291-310.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2009), «Llibres de text i pràctiques d'ensenyament de la química (1700-1900). Part I: Manuals, disciplines escolars i protagonistes de l'educació científica», *Educació Química*, **3**, 37-46.
- BERTOMEU, J. R.; CUENCA LORENTE, M.; GARCÍA BELMAR, A.; SIMON CASTEL, J. (2011), «Las colecciones de instrumentos científicos de los centros de enseñanza secundaria del siglo XIX en España», *Historia de la educación*, **30**, 167-193.
- GANOT, A. (1868), *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée et de météorologie*, Paris, Chez l'Auteur éditeur.
- KUHN, T. S. (1977), *The Essential Tension*, Chicago, The University of Chicago Press.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D. (1999), *La enseñanza de la física y la química en la educación secundaria en el primer tercio del siglo XX en España*, Universidad de Murcia [en línea] <<http://www.tdx.cat/handle/10803/11071>> (Último acceso: 24.05.13.)
- LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D. (2012), «La enseñanza de la Física en la enseñanza secundaria en España: algunas propuestas desde una perspectiva histórica», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Nova Època*, **5**, 25-49.
- MUÑOZ BELLO, M. ROSA (2015), *Los manuales de química en España (1788-1845): Protagonistas, terminología, clasificaciones y orden pedagógico*, Valencia, Universitat de València.
- OLESKO, K. M. (1991), «Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg Seminar for Physics», Ithaca, Cornell University Press, 15-16.
- OLESKO, K. M. (2006), «Science Pedagogy as a category of Historical Analysis: Past, Present and Future», *Science & Education*, **15**, 863-880.
- PORTELA, E.; SOLER, A. (1992), «La química española del siglo XIX», *Ayer*, **7**, 85-107.
- SANTISTEBAN, M. (1865), *Programa de física y química*, Madrid, Imprenta de Manuel Minuesa.
- SANTISTEBAN, M. (1875), *Breve historia de los gabinetes de física y química del Instituto de San Isidro de Madrid*, Madrid, Imprenta de la Viuda de Aguado e Hijo.
- SIMON, J. (2011), *Communicating Physics: The Production, Circulation and Appropriation of Ganot's Textbooks in France and England, 1851-1887*, London, Pickering & Chatto.
- VILLALAIN BENITO, J. L. (1997), *Manuales Escolares en España. Tomo I. Legislación (1812-1939)*, Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- WARWICK, A. (2003), *Masters of theory: Cambridge and the rise of mathematical physics*, Chicago, Chicago University Press.

HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE TECNOLOGÍA

ANTONI HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ

COMPLEXITY AND QUANTITATIVE LINGUISTICS LAB. LARCA RESEARCH GROUP.
INSTITUT DE CIÈNCIES DE L'EDUCACIÓ, UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA (UPC).
ESCOLA MUNICIPAL D'ART I DISSENY DE TERRASSA.

Palabras clave: enseñanza de la tecnología, clase invertida, formación del profesorado de tecnología, historia de la tecnología, predocente

History of Science and Technology in Training Technology Teachers

Summary: The pre-service teacher (pre-teacher) of technology, a student who enrolls in the master course of teacher training (for secondary education, specialised in technology), has a solid technical background, as these students come primarily from the various degrees of engineering and architecture, but a less humanistic education, especially in the field of history of science and technology.

This communication presents our experience as teachers of the subject «Complements for the education in technology» of the master's degree in Secondary and Upper Secondary Education and Vocational Training Teaching of our University. Some of the educational experiences carried out are exposed briefly. Our goal is to provide pre-teachers with a general training in history of science and technology, as well as skills and tools to encourage interest in it in their future high school students.

Key words: teaching of science and technology, training technology teachers, history of technology, secondary school teachers, pre-teacher

Introducción: el contexto de los predocentes de tecnología

La materia de tecnología en el sistema educativo español, ya en sus orígenes, se planteó el reto de formar a los ciudadanos del siglo XXI en la cultura tecnológica, a la vez que se pretendió integrar a la historia en su enseñanza, más allá del apren-

dizaje de tecnologías y técnicas concretas (Font Agustí, 1996). A tal efecto, Jordi Font Agustí (1996: 3) nos alertaba de que:

(...) la Tecnología no es una materia académica que transmita un cuerpo de conocimiento libresco, homogéneo e invariable, sino que se refiere a una actividad humana que es inseparable de la historia, de la cultura y del medio donde vive la sociedad que la genera y recibe sus efectos.

Por otra parte, aunque los cambios legislativos —tanto estatales como autonómicos— han sido diversos y no necesariamente para reforzar esta materia, pues en algunos casos ha disminuido su carga horaria y se ha acabado con la obligatoriedad en todos los cursos de secundaria, se sigue reivindicando su valor cultural y educativo, y su influencia fundamental en la historia de la Humanidad (Utiel, 2010), o incluso su centralidad evolutiva y su inherencia al género *Homo* (Carbonell & Sala, 2002).

Pese a cierta ideología que pretende *desconectar* la tecnología de nuestra inherente humanidad (Sábado, 2000), la última encuesta sobre la percepción social de la ciencia y la tecnología en España (FECYT, 2015) recoge un descenso en la percepción negativa de la tecnología: los datos presentan un claro corte generacional en el interés por la tecnología entre jóvenes y mayores, y sin embargo también un salto preocupante entre el interés espontáneo suscitado entre hombres (20,4 %) y mujeres (9,9 %).

En definitiva, ante este panorama, es necesario *humanizar* la tecnología y que se comprenda como parte integral de nuestra especie; conectar la tecnología en sus diversas manifestaciones con la historia humana; implicar más a las mujeres en ella; plantear sin duda los dilemas tecnoéticos que se han producido a lo largo de la historia, en aras de la mejora de la convivencia en una sociedad tecnológica en cuanto humana; y, por último, dotar a los *predocentes* (futuros docentes, alumnos en tránsito a la enseñanza, que ahora son nuestros alumnos de máster) de herramientas para desarrollar el pensamiento crítico del alumnado, empezando por el suyo propio (Boada *et al.*, 2008).

Historia de la tecnología en la formación del profesorado

Nuestros *predocentes* en la Universitat Politècnica de Catalunya provienen mayoritariamente de estudios de grado de ingeniería o arquitectura, y en menor medida de otras especialidades, y por tanto su formación humanística, en historia, se remonta a la educación secundaria (Fig. 1). Hay, por ende, una necesidad formativa inicial clara.

La materia de Complementos para la formación disciplinar en tecnología (CFDT), del Máster de formación del profesorado de secundaria (MFPS), se ha planteado como una oportunidad de actualizar y completar la formación de los *predocentes*, en aquellos aspectos en los que pueden mostrar algunas carencias formativas. Una ventaja es que el nivel inicial de conocimientos de historia y filosofía es homogéneo y mínimo en la práctica totalidad del alumnado. Queda para otro momento la discusión de si debería ser o no así, si no debería ser imprescindible para un arquitecto o un ingeniero el formarse al menos en unos rudimentos de historia o de filosofía de la tecnología, aunque esta última esté todavía en pañales (Bunge, 2013: 49).

Es esencial que los *predocentes* reflexionen más allá de planteamientos meramente histórico-teóricos, por lo que las actividades que se realizan y analizan en CFDT tienen un enfoque práctico. Se tratan casos reales que se dan en la secundaria, en conexión con otras materias del MFPS. Uno de

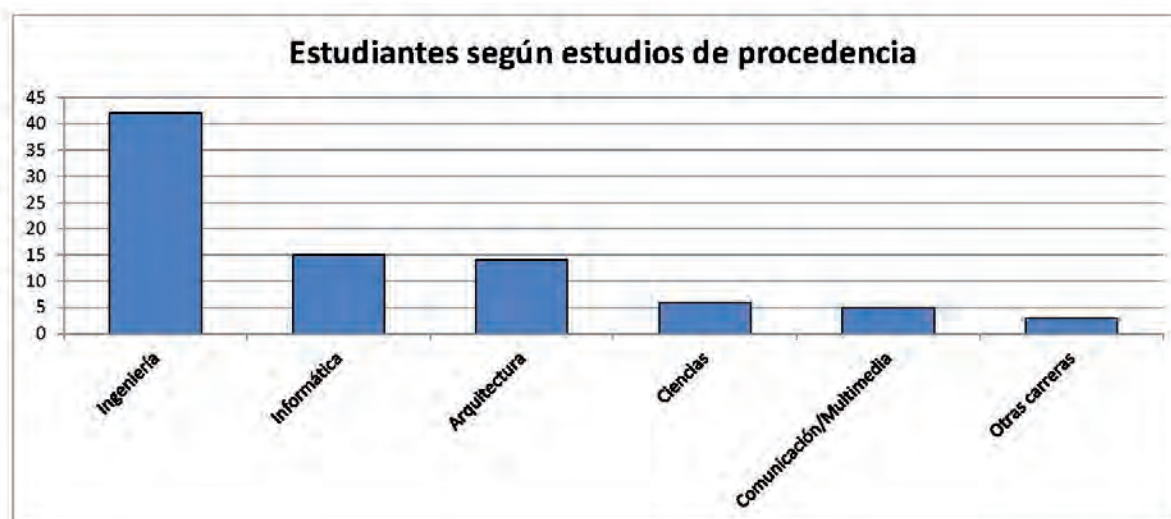


FIGURA 1. Ejemplo de estadística de la procedencia del alumnado de máster de formación de profesorado (especialidades de Tecnología y Formación profesional). Datos del curso 2015-2016.

los objetivos establecidos de CFDT es dotar a los *predocentes* de una mínima formación en historia de la tecnología, y de herramientas para fomentar el interés por la misma en su alumnado (Cervera, 2010).

El tiempo es limitado, pues la temporización presencial se reduce a catorce sesiones que, descontando la sesión final de evaluación, se quedan en trece, de tres horas cada una, y en las que además hay que abordar el resto de amplios objetivos de la materia.¹ A historia de la ciencia y la tecnología se dedican tres sesiones específicas, a las que cabe añadir dos sesiones iniciales sobre ciencia, tecnología y sociedad, en las que se expone la relevancia y centralidad de la tecnología desde una perspectiva evolutiva (Carbonell & Sala, 2002). Además, una de las tres visitas programadas se realiza al Museu Nacional de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya (mNACTEC), que posee un carácter propio vinculado a la historia de la técnica. El enfoque de buena parte de la materia es humanístico y está íntimamente relacionado con la historia.

La evaluación de CFDT comprende diversos elementos y evidencias:

- *Trabajo individual de historia de la ciencia y la tecnología.* Consiste en el desarrollo de una doble página infográfica (Fig. 2), y del material docente complementario, enfocada a un curso y a una parte específica del currículo de secundaria, en la que el alumnado presenta un invento, personaje o tecnología relevante en la historia de la ciencia y la tecnología. Se defiende oralmente.
- *Proyecto de tecnología.* Se trata de un proyecto en grupo a desarrollar en el aula taller. Los estudiantes de máster presentan en clase un prototipo, la memoria y el material educativo complementario.
- *Evaluación continua.* Comprende las diversas actividades de aula, lecturas que se valoran mediante cuestionarios *gamificados*, intervenciones en la plataforma *Moodle* del curso (Atenea), etc.

1. La guía docente completa puede consultarse en la página web del máster: <https://mfp.masters.upc.edu/ca/informacio-academica/guias_docents> (último acceso: 15.03.16).

- *Examen*. El alumnado tiene desde el principio de curso 50 preguntas sobre el temario a preparar para el examen, 20 de ellas de historia de la ciencia y la tecnología. Se selecciona un número reducido (de 4 a 6) para la prueba y además hay un comentario de texto de una de las lecturas del curso.

Bajo un marco constructivista (Papert, 1991; Kafai & Resnick, 1996) se efectúa una evaluación diversificada (McDonald, 2008) con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la tecnología como elementos centrales (Becker *et al.*, 2010; Hernandez-Ramos & De La Paz, 2009), y la perspectiva histórica como eje vertebrador de la materia: la historia se usa más que explicarse.

Se potencia por tanto el aprendizaje colaborativo y cooperativo, mediante proyectos, así como la clase invertida «*flipped classroom*» (Bergmann & Sams, 2012), pero sin ceder el testigo a una única metodología didáctica durante toda la materia. La diversificación, tanto en actividades y herramientas de evaluación como en dinámica y organización del aula, es clave: se pretende que los *predocentes* aprendan de la propia experiencia educativa que viven en el MFPS, dotándolos del máximo de ingredientes posibles, de recursos variados con los que puedan decidir por sí mismos cómo *cocinar* sus clases futuras. Por otra parte, como profesorado del máster, esta mezcla nos permite obtener evidencias de las competencias que esperamos del futuro docente de enseñanza secundaria y que se deberán valorar (Gorard, 2012).

Concreciones

Uno de los objetivos de la materia de CFDT es lograr en el *predocente* de tecnología una perspectiva global de la historia de la ciencia y la tecnología. En las primeras ediciones del máster se impartían varias sesiones magistrales donde se sintetizaban las diferentes épocas históricas y se focalizaba sobre algunos de los personajes e inventos principales que, a juicio del docente, habían supuesto un hito o habían implicado cambios cruciales en la historia humana. Las encuestas internas pasadas a los estudiantes al final de estos cursos evidenciaron la necesidad de cambiar de estrategia en aquellas sesiones magistrales: era ciertamente el último reducto del enfoque educativo tradicional que contrastaba con el resto de sesiones de CFDT.

En consecuencia, se decidió pasar el testigo al alumnado y hacer que fueran ellos los que fuesen generando el relato histórico de la tecnología a través de un trabajo individual. Para ello, en la primera sesión se presenta el trabajo, fechas de entrega y demás requisitos, y se orienta al grupo-clase para que los diversos periodos históricos estén representados en los temas que elijan,² y en un par de semanas —a lo sumo— tengan escogido el tema de su trabajo (Tabla 1). En caso contrario el docente asigna el tema al alumno, intentando consensuarlo con sus preferencias.

2. Aunque las divisiones históricas son polémicas entre los historiadores, se toma parte por una de ellas. Véase Ayala-Carcedo (2001) para un ejemplo de periodos histórico-tecnológicos.

Primera sesión	Explicación general del trabajo individual (motivación, entregables, evaluación, temporización...).
Segunda/Tercera sesión	Selección de temática por parte del alumnado y adjudicación de fechas de presentaciones orales.
Sesiones historia	Presentación oral de la doble página y del material complementario. Planteamiento de mejoras.
Presentación virtual	Subida de los archivos finales del trabajo, en la plataforma <i>Moodle</i> del curso.

TABLA 1. Temporización orientativa del proceso del trabajo individual de historia de la tecnología.

La elección de temática histórica no es un asunto baladí. Se insiste, por ejemplo, en que aparezcan mujeres como personajes históricos relevantes (discriminación positiva), y se fomenta la creatividad. Otro aspecto planteado es la reflexión sobre la necesidad de cuestionarse la evolución de tecnologías, técnicas y elementos desarrollados por múltiples investigadores y tecnólogos, huyendo del tópico clásico del gran inventor solitario o del invento que emerge como por generación espontánea o mágica (Fig. 2), y haciendo de la tecnoética otro de los ejes de sus trabajos. Esta infografía incluye algunas actividades competenciales (análisis, investigación, reflexión) que debería poder realizar un alumno de secundaria, del nivel escogido. La temática debe asociarse a alguno de los contenidos curriculares del curso correspondiente.

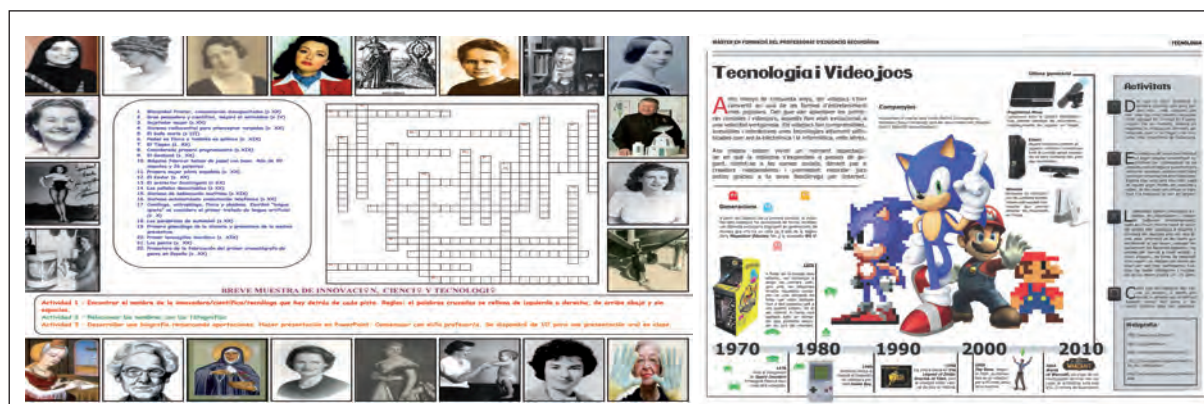


FIGURA 2. Ejemplos de dobles páginas presentadas en el trabajo individual de historia de la ciencia y la tecnología.

Sobre mujeres destacadas en la historia de la tecnología (izquierda, autora Antonia Sánchez Vigil) y la evolución de los videojuegos (derecha, autor Marc González Capdevila).

El profesorado de CFDT marca un hilo conductor cronológico, de manera que los trabajos se presentan siguiendo un orden histórico coherente, pero sin rigidez, pues nos saltamos la norma cuando se trata de infografías sobre la evolución histórica de alguna tecnología o técnica. El rol docente es de coordinador del repaso histórico, de hilvanador de contenidos que el alumnado va exponiendo, y de relleno de los vacíos históricos que quedan para, de forma sucinta (por ejemplo mediante presentaciones de tipo PechaKucha), poder mostrar un panorama general, de periodos históricos en los que se sitúan los tópicos destacados por los estudiantes (Ayala-Carcedo, 2001; González *et al.*, 2008).

En la presentación oral se evalúan las competencias comunicativas de los *predocentes*, y se focaliza en la dimensión comunicativa y lingüística de la historia de la tecnología (Beacco, 1988; 2010). Las exposiciones son de diez minutos, más cinco minutos para preguntas y propuestas de mejora que

realizan tanto el docente de CFDT como el resto de la clase. Estas mejoras pueden ser incorporadas a su trabajo, si así lo considera el estudiante, por lo que el trabajo final se presenta, revisado y aumentado, en la plataforma virtual Atenea (*Moodle*) para su evaluación definitiva. Los *predocentes* tienen un foro de participación virtual en el que poder realizar nuevas aportaciones a sus compañeros con posterioridad a la defensa oral.

Por otra parte, cabe destacar la presencia de la historia de la ciencia y la tecnología en otras actividades de la asignatura. En el caso de las salidas, es especialmente relevante la focalización en los aspectos evolutivos de la tecnología en la visita que se realiza a Cosmocaixa (Barcelona), donde se revisa la conexión entre la forma y la función, tanto en la naturaleza como en la tecnología (Waggenberg, 2003). No obstante, quizá el vínculo histórico es más claro en la visita al mNACTEC (Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, Terrassa), donde desde la arquitectura modernista industrial hasta los procesos involucrados en la fabricación textil del siglo XIX pueden contemplarse en directo, haciendo partícipe al futuro profesorado de secundaria de lo importante de la vivencia de la historia en la educación y de la interacción y el análisis objetual. Porque puede que, como nos ha sucedido a todos, olvidemos buena parte de los contenidos que nos explican nuestros esforzados docentes, pero sin embargo suelen persistir las vivencias y experiencias en nuestra memoria, seguramente por su contenido emocional y su conexión con algunas estructuras neuronales (Phelps, 2004; Medina, 2005).

Discusión

En definitiva, se ha realizado una transición desde el modelo tradicional de clase magistral, en el que el docente de CFDT asumía la mayor parte de la exposición oral de las tres sesiones específicas de historia de la ciencia y la tecnología, hacia un modelo en el que su presencia es de coordinación y apoyo, al ser el alumnado el que va presentando sus trabajos paulatinamente. Porque en esta clase invertida el repaso general a la historia recae sobre el *predocente*, el estudiante de máster que en breve potencialmente hará su tránsito hacia la docencia.

Aunque el trabajo individual de historia de la ciencia y la tecnología es quizá, tanto por su peso en la evaluación como por el número de sesiones invertidas en CFDT, el elemento más importante del curso en esta temática, hay otros menos voluminosos pero muy importantes a la hora de generar la dinámica histórica del curso. La clave es fomentar la reflexión crítica de los *predocentes* sobre qué es la tecnología y qué ha supuesto para la humanidad. Se conecta la definición de tecnología con nuestro pasado evolutivo, o incluso con el futuro de la especie (Carbonell & Sala, 2002) o el posthumanismo (Cortina & Serra, 2015). Eso nos permite reflexionar sobre la presencia de elementos prototecnológicos o pretecnológicos en otras especies (Schumaker *et al.*, 2011), y su conexión con los orígenes y cambios prehistóricos de la tecnología humana.

En las sesiones sobre ciencia, tecnología y sociedad se plantea la relación tecnoética existente entre el alumnado actual de secundaria y la tecnología, incidiendo en la reflexión sobre los usos de la tecnología y sus cambios recientes. Así, por citar un ejemplo, se aprovecha una problemática presente en nuestras aulas, como puede ser el acoso escolar (Salmivalli, 2010), para estudiar la (r)evolución de las tecnologías de comunicación y su relación con dicho problema. El estudio histórico reciente se convierte, en estos casos, no solo en una mirada pasiva a los hechos acaecidos ordenados cronológicamente, sino en una mirada activa, diacrónica, de análisis y síntesis, a su influencia social en el contexto del aula.

Además, la presencia de un porcentaje elevado de preguntas sobre historia en el examen de CDFT obliga, sin duda, al menos a un repaso a los contenidos trabajados en clase. Porque, aunque la diversificación en la evaluación disminuye notablemente el peso del examen en la nota final, la experiencia nos indica que la autoexigencia de los *predocentes* (o quizá la inercia de su experiencia como alumnado tradicional) les conduce a preparar a conciencia la prueba.

Porque, para finalizar, si pretendemos que la historia sea relevante y tenga un peso importante en la formación del profesorado, debemos ser consecuentes con el porcentaje de la evaluación (nota) que supone en cada materia. Porque los *predocentes*, aunque en tránsito, todavía siguen siendo y sintiéndose alumnos y rigiéndose por parámetros pragmáticos.

Agradecimientos

Queremos dar nuestro especial agradecimiento a todos los docentes y alumnos que han pasado por la asignatura de CDFT. Gracias a Maica Sanz por los datos suministrados sobre el máster y a Antonia Sánchez Vigil y a Marc González Capdevila por la cesión de su material gráfico para la figura 2. Este trabajo ha sido apoyado por el Ajuntament de Terrassa, la ayuda 2014SGR 890 (MACDA) de AGAUR (Generalitat de Catalunya) y TIN2014-57226-P de MINECO (Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España).

Referencias bibliográficas

- AYALA-CARCEDO, F. (ed.) (2001), *Historia de la tecnología en España*, Madrid, Valatenea ediciones, Tomo I.
- BEACCO J-C. (1988), *La rhétorique de l'historien. Une analyse linguistique de discours*, Sciences pour la communication, Berna, Peter Lang Editions.
- BEACCO, J-C. (2010), *Items for a description of linguistic competence in the language of schooling necessary for learning/teaching history*, Strasbourg, Council of Europe Editions.
- BECKER, J. D.; HODGE, C. A.; SEPELYAK, M. W. (2010), *Assessing Technology Literacy: The Case for an authentic, Project-Based-Learning approach* [en línea] <http://scholarscompass.vcu.edu/edlp_pubs/3> (último acceso: 10.12.15).
- BERGMANN, J.; SAMS, A. (2012), *Flip Your Classroom: Talk To Every Student In Every Class Every Day*, Washington, ISTE.
- BOADA, M.; GONZÁLEZ, J.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A.; ROIG, F. (2008), *Tecnología 4t ESO*, Barcelona, Editorial Castellnou.
- BUNGE, M. (2013), *Pseudociencia e ideología*, Pamplona, Laetoli.
- CARBONELL, E.; SALA, R. (2002), *Encara no som humans*, Barcelona, Empúries.
- CERVERA, D. (coord.) (2010), *Tecnología. Complementos de formación disciplinar*, Barcelona, Graó.
- CORTINA, A.; SERRA M. A. (coords.) (2015), *¿Humanos o posthumanos? Singularidad tecnológica y mejoramiento humano*, Barcelona, Fragmenta Editorial.
- FECYT (2015), *VII Encuesta de percepción social de la ciencia* [en línea] <http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Prensa/NOTAS_PRENSA/2015/Dossier_PSC_2015.pdf> (último acceso: 10.12.15).
- FONT AGUSTÍ, J. (1996), *La enseñanza de la tecnología en la ESO*, Barcelona, Eumo Editorial.
- GONZÁLEZ, M.; AGEA, A.; BALLESTEROS, F.; GARCÍA, M. E.; HERNÁNDEZ, A. (2008), *Ciències pel món contemporani*, Madrid, Pearson Educación.
- GORARD, S. (2012), «Mixed Methods Research in Education: Some Challenges and Possibilities». A: NORWEGIAN EDUCATIONAL RESEARCH COUNCIL (ed.), *Mixed Methods Research in Education*, Oslo, RCN.
- HERNANDEZ-RAMOS, P.; DE LA PAZ, S. (2009), «Learning history in middle school by designing multimedia in a project-based learning experience», *Journal of Research on Technology in Education*, **42**, 2, 151-173.
- KAFAL, Y.; RESNICK, M. (eds.) (1996), *Constructivism in practice: Designing, thinking and learning in a digital world*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- MCDONALD, B. (2008), «Assessment for Learning in project-based learning», *The International Journal of Learning*, **14**, 10, 15-27.
- MEDINA, J. (2005), «The biology of memory extinction», *Psychiatric Times*, **22**, 2, 23-25.
- PAPERT, S. (1991), «Situating Construction». A: HAREL, I.; PAPERT, S. (eds.), *Constructionism*, Norwood, Ablex Publishing.
- PHELPS, E. (2004), «Human emotion and memory: interactions of the amigdala and hippocampal complex», *Current Opinion in Neurobiology*, **14**, 198-202.
- SÁBATO, E. (2000), *La resistencia*, Buenos Aires, Seix Barral.
- SALMIVALLI, C. (2010), «Bullying and the peer group: A review», *Aggression and Violent Behavior*, **15**, 112-120.
- SCHUMAKER, R. W.; WALKUP, K. R.; BECK, B. B. (2011), *Animal Tool Behaviour*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- UTIEL, C. (2010), *Las materias de Tecnologías y Tecnología en la Educación Secundaria Obligatoria*. A: CERVERA, D. (coord.), *Tecnología. Complementos de formación disciplinar*, Barcelona, Graó, cap. 1.
- WAGGENSBERG, J. (2003), *La rebelión de las formas*, Barcelona, Tusquets.

EL REPTE DE LES NARRACIONS HISTÒRIQUES EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES. EL CAS DE LA PILA DE VOLTA

PERE GRAPÍ

CEHIC-UAB.

Paraules clau: història de la ciència, ensenyament de les ciències, activitats d'aprenentatge, pila de Volta

The Challenge of the Historical Narratives in Science Teaching. The Case of Volta's Pile

Summary: This paper is intended to discuss the active involvement of historians to ease the history of science in science education. In this regard, a proposal is aimed at making historians to assume the role of mediators in the development of learning activities incorporating the history of science. The discovery of Volta's pile is presented as a representative case of this proposal.

Keywords: history of science, science education, learning activities, Volta's pile

Els historiadors com a mediadors en la presència de la història de la ciència a les aules

En una *Newsletter* de la *History of Science Society*, Alan Rocke (2008) es preguntava per quines raons un historiador de la ciència hauria de contribuir als articles de la Wikipèdia. Sense entrar en detalls sobre els seus comentaris al respecte, val la pena retenir la seva reflexió final sobre l'impacte que tenen les contribucions dels historiadors en la Wikipèdia com a institució informativa que avança a passes gegantines i acull un nombre creixent de públic. Aquesta reflexió serveix per a posar a l'aparador la qüestió de la implicació dels historiadors de la ciència en àmbits extraacadèmics per a contribuir a fer accessible la història de la ciència a audiències diverses que poden abastar des de persones

adultes o joves fora dels circuits educatius fins a persones no expertes però amb un cert nivell de formació. Aleshores, caldria també preguntar-se de la mateixa manera sobre la necessitat que els historiadors de la ciència contribuïssin a la presència de la història en l'ensenyament de les ciències.

Les dificultats amb què sovint s'enfronta un historiador per a elaborar una narració exhaustiva d'un episodi històric són degudes, bàsicament, al fet que l'historiador s'ha d'accontentar capturant d'un episodi històric només allò que és intrínsecament susceptible d'una reconstrucció verbal (Holmes, 1981: 63). Per això, acaba proporcionant narracions relativament comprimides i simplificades de l'episodi. L'accés a la història de la ciència per part d'un públic no especialitzat implica disposar de diferents nivells narratius per als diferents públics. En particular, la incorporació de la història de la ciència en l'ensenyament de les ciències requereix narracions històriques simplificades i dimensionades d'acord amb les demandes de la situació educativa (Grapí, 2012: 45-46). De la mateixa manera que l'historiador de la ciència es veu obligat a simplificar, tot preservant aquells esdeveniments essencials per al resultat final d'una narració acadèmica, també hauria de ser capaç de tirar endavant aquesta simplificació amb finalitats educatives. Aquestes narracions històriques amb intencionalitat educativa serien fonts secundàries de referència perquè els professors poguessin elaborar relats que contessin un episodi històric.¹ Aquests relats podrien contenir elements de ficció persuasius (escenaris, contextos, actors...) i adoptar els formats més adients (diàlegs, vinyetes, *timelines*, dramatitzacions, jocs de rol, simulacions d'experiments, debats, presentacions...) per tal de captar millor l'atenció dels alumnes. No és exigible que aquests relats siguin històricament precisos. En tot cas, no haurien de distorsionar la narració històrica fins al punt de convertir-la en anhistòrica. Ras i curt, no cal que expliquin tota la veritat però sí cal que allò que contin sigui cert.²

Les narracions històriques són inevitablement teleològiques, tenen sempre alguna o algunes finalitats. L'historiador sempre selecciona els esdeveniments i els detalls que contribuiran al desenllaç de la narració. En el cas que ens ocupa, l'historiador no pot eludir el propòsit educatiu de la seva futura narració i, per tant, hauria de completar la seva contribució explicitant la seva intencionalitat didàctica. Caldria que destaqués, a tall de guia per al professorat, aquells punts de la seva narració que incidissin en aspectes amb un potencial valor educatiu com poden ser, per exemple, els relatius a la naturalesa de la ciència i al context sociocultural de l'episodi narrat. En definitiva, cal que hi hagi historiadors de la ciència que facin de mediadors per a proporcionar narracions històriques que puguin esdevenir activitats d'aprenentatge en l'ensenyament de les ciències. Probablement, aquells historiadors més implicats en l'ensenyament secundari o en la formació del professorat són els més ben posicionats per a aquesta empresa.

1. Utilitzo el terme 'relat' com a sinònim de 'conte', com una narració d'esdeveniments reals però que incorpora elements ficticis per a fer-la més entretinguda de cara al públic oient o lector. En aquest sentit, en el món anglosaxó s'utilitza sovint el terme 'story' per a diferenciar-lo del terme 'history', més acadèmic.

2. Sobre com adaptar una narració històrica per a fer-ne un relat didàctic vegeu Clough (2011). També pot ser força útil el tutorial elaborat pel projecte *Storytelling@Teaching Model* (S@TM). Vegeu <<http://science-story-telling.eu/en/node/592>> (Darrer accés: 14/01/2016).

Una narració històrica del descobriment de la pila de Volta

La següent narració sobre el descobriment de la pila de Volta cal contemplar-la amb un cas de font secundària elaborada amb el propòsit de posar a les mans del professorat un material a partir del qual puguin generar-se activitats d'aprenentatge.³ L'inici d'aquest episodi històric cal situar-lo el 1781, quan Luigi Galvani, professor d'anatomia a la Universitat de Bolonya, va observar com les anques de granota es contreïen en rebre impulsos de guspires elèctriques distants produïdes per una màquina elèctrica (Fig. 1).

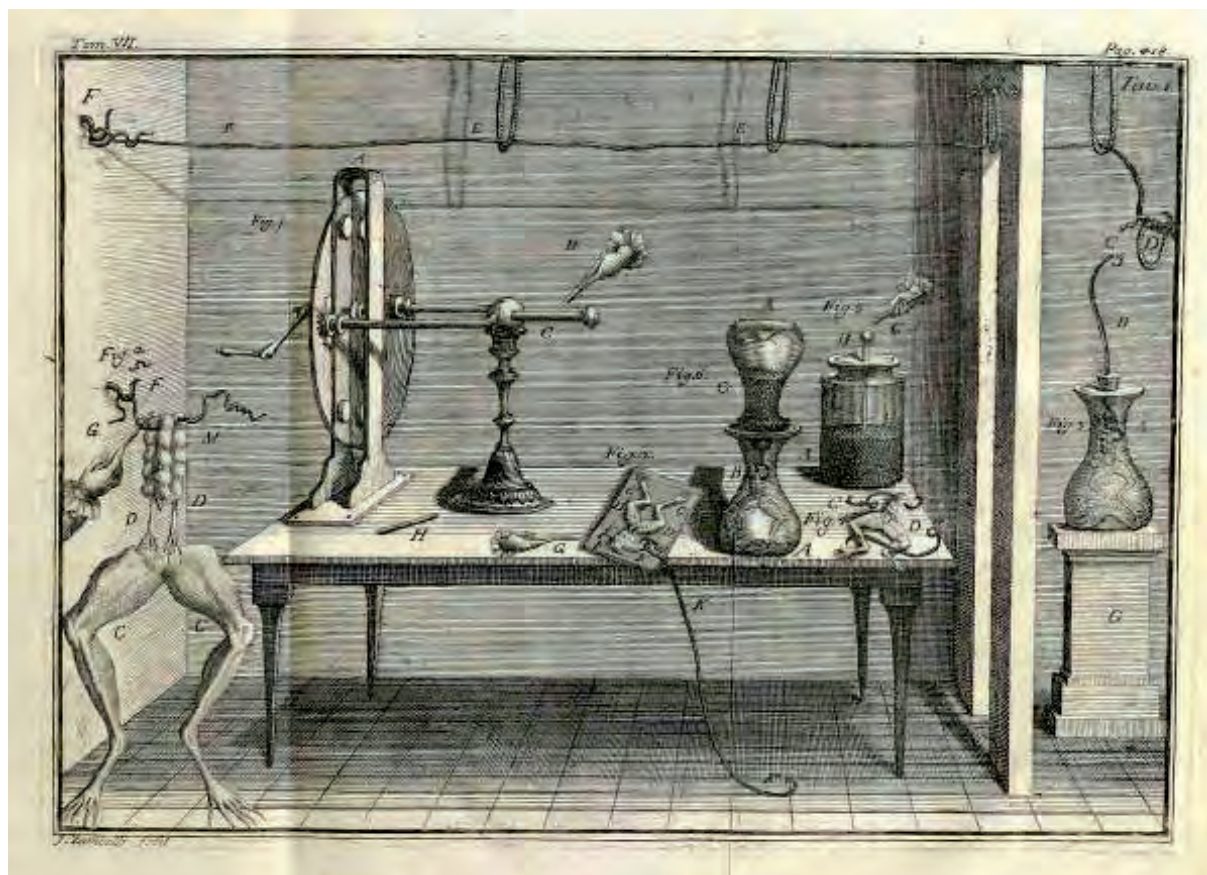


FIGURA 1. El primer experiment de Galvani (Galvani, 1791: Tab. 1).

Després d'un segon experiment dut a terme en 1786, Galvani va detectar que la contracció muscular també es produïa quan el nervi i el múscul de la granota es tocaven mitjançant un arc conductor bimetàl·lic (Fig. 2). Per a Galvani aquests experiments van confirmar l'existència d'electricitat animal innata. Per altra banda, Alessandro Volta, futur professor de física experimental a la Universitat de Pavia, es va posar inicialment a favor de la posició de Galvani, però les seves idees van evolucionar fins a adoptar una actitud més incrèdula.

A finals de 1792 Volta va apostar que un fluid elèctric originat a partir del contacte entre els dos metalls de l'arc bimetàl·lic i les parts humides, com ara els nervis i els músculs de la granota, era el responsable de les contraccions musculars en les granotes.

3. Aquesta narració s'ha elaborat a partir dels estudis acadèmics sobre Galvani i Volta duts a terme per Marcello Pera (1992) i Giuliano Pancaldi (2003), respectivament.

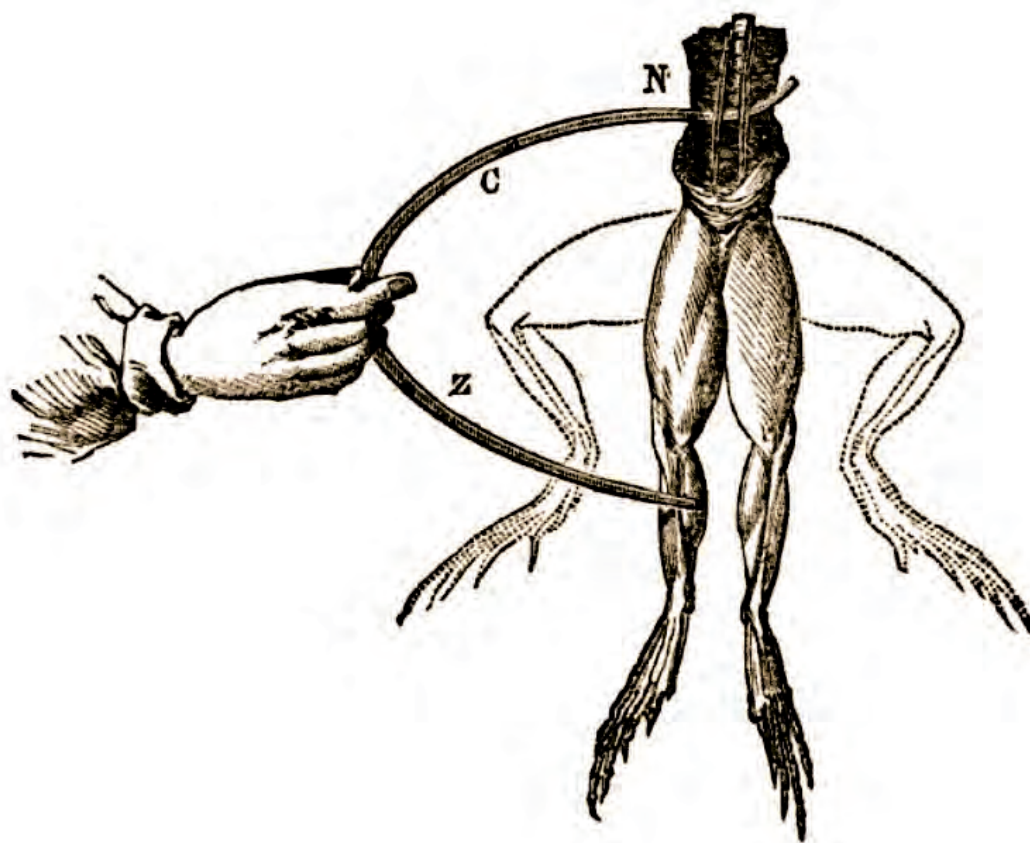


FIGURA 2. Arc bimetàl·lic de coure (C) i zinc (Z) (Wells, 1859: 290).

Però, per altra part, Volta havia estat detectant la presència d'electricitat feble a l'atmosfera utilitzant les contraccions d'una anca de granota o, fins i tot, la seva pròpia llengua. No obstant això, des del 1796 va deixar de sentir-se còmode utilitzant anques de granota com a detectors d'electricitat feble, justament en experiments dissenyats només per mostrar que els animals no eren una font de cap tipus especial d'electricitat. Per tal de resoldre el problema de la detecció de l'electricitat feble, Volta, entre 1796 i 1797, va reemplaçar les granotes per una versió d'aquest instrument: el duplicador elèctric de la Nicholson (Fig. 3). Tanmateix, Volta es va adonar que aquest duplicador generava certa electricitat residual a causa del contacte entre els seus discs metàl·lics i, per tant, aquest fet inhabilitava l'instrument com a detector adequat d'electricitat feble o residual.

El 1797, un nou actor —el peix torpede— va entrar en escena. Galvani va publicar una memòria descrivint el peix torpede com una prova vivent de la seva hipòtesi sobre l'existència d'una electricitat animal innata. D'aquesta manera, per tant, va desafiar l'opinió de Volta. El 1799, Volta va conèixer el model de Nicholson per a l'estructura de l'òrgan elèctric del peix torpede. Nicholson va descriure aquest òrgan com un grup de tubets o columnes laminades. Vegeu la part inferior dreta de la Fig. 4. El fet important era que aquest model es basava en el seu propi duplicador elèctric (Fig. 3), que Volta coneixia força bé.

Llavors, amb aquest model a la seva ment, Volta va poder comprovar com apilant discs de diferents metalls en una certa seqüència podria produir electricitat. Així, entre desembre de 1799 i març de 1800, Volta va desenvolupar la seva bateria elèctrica sota les dues formes bàsiques de «corona de

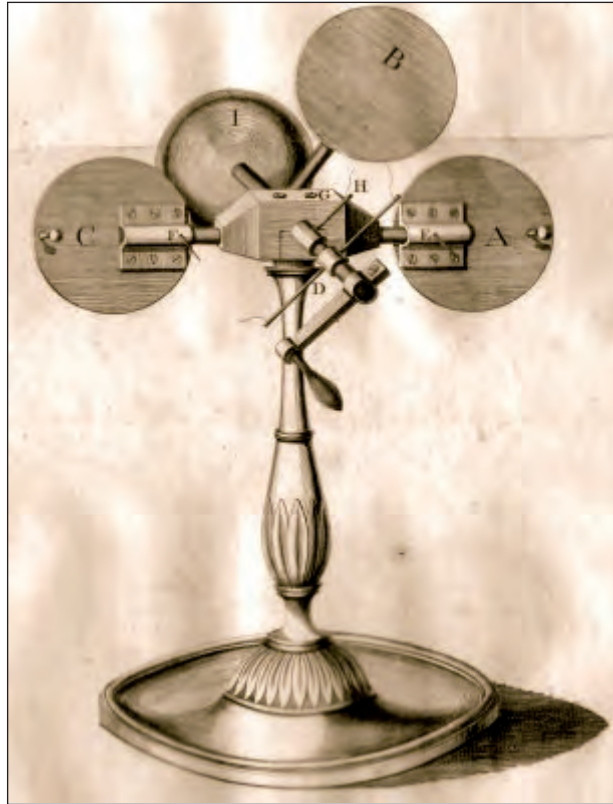


FIGURA 3. Duplicador de Nicholson (Colwell, 1922: 102).

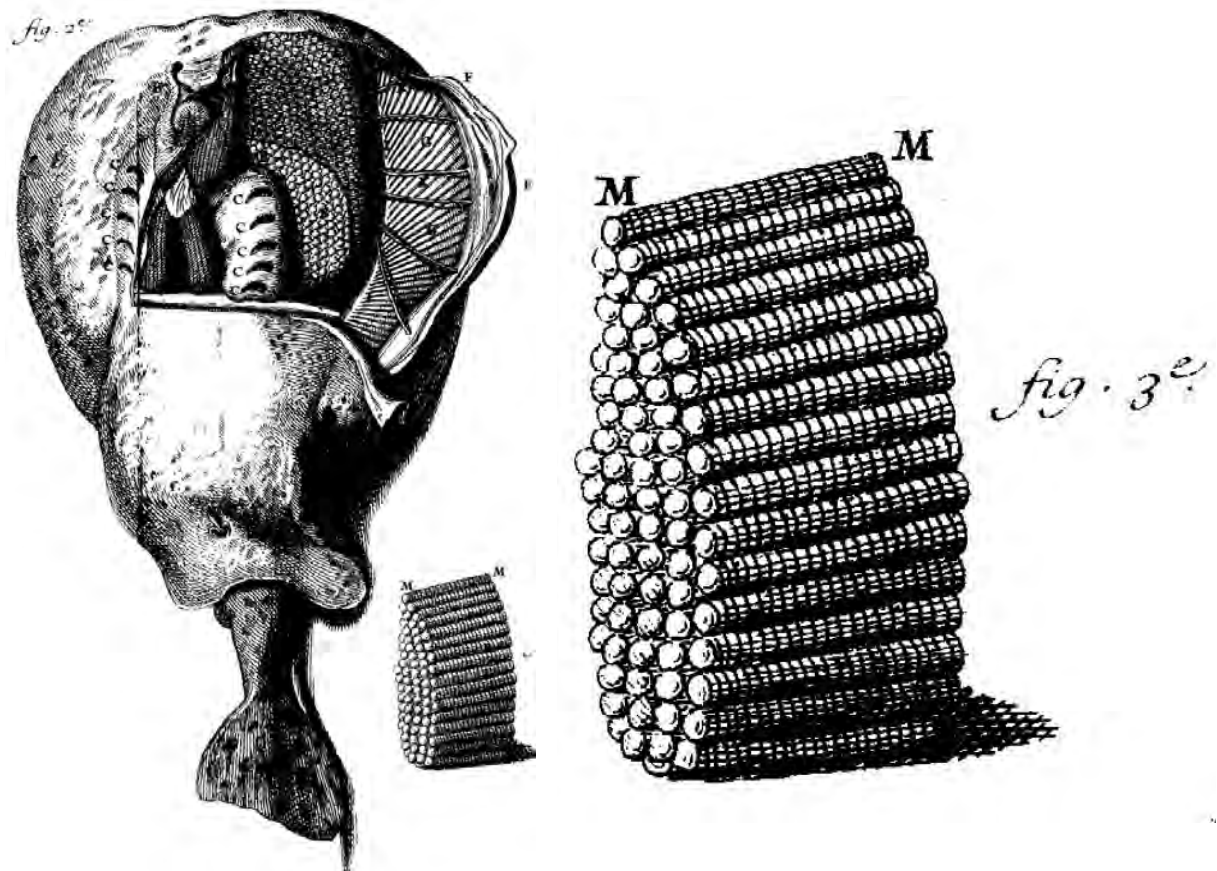


FIGURA 4. El peix torpede amb detalls dels seus òrgans elèctrics (Réamur, 1717: planche 13).

tasses» i de «columnes de discs» (Fig. 5). En aquest últim cas, la connexió entre cada parell de discs de plata i coure es feia amb peces intercalades d'un material no conductor humit, com ara cartró impregnat amb salmorra.

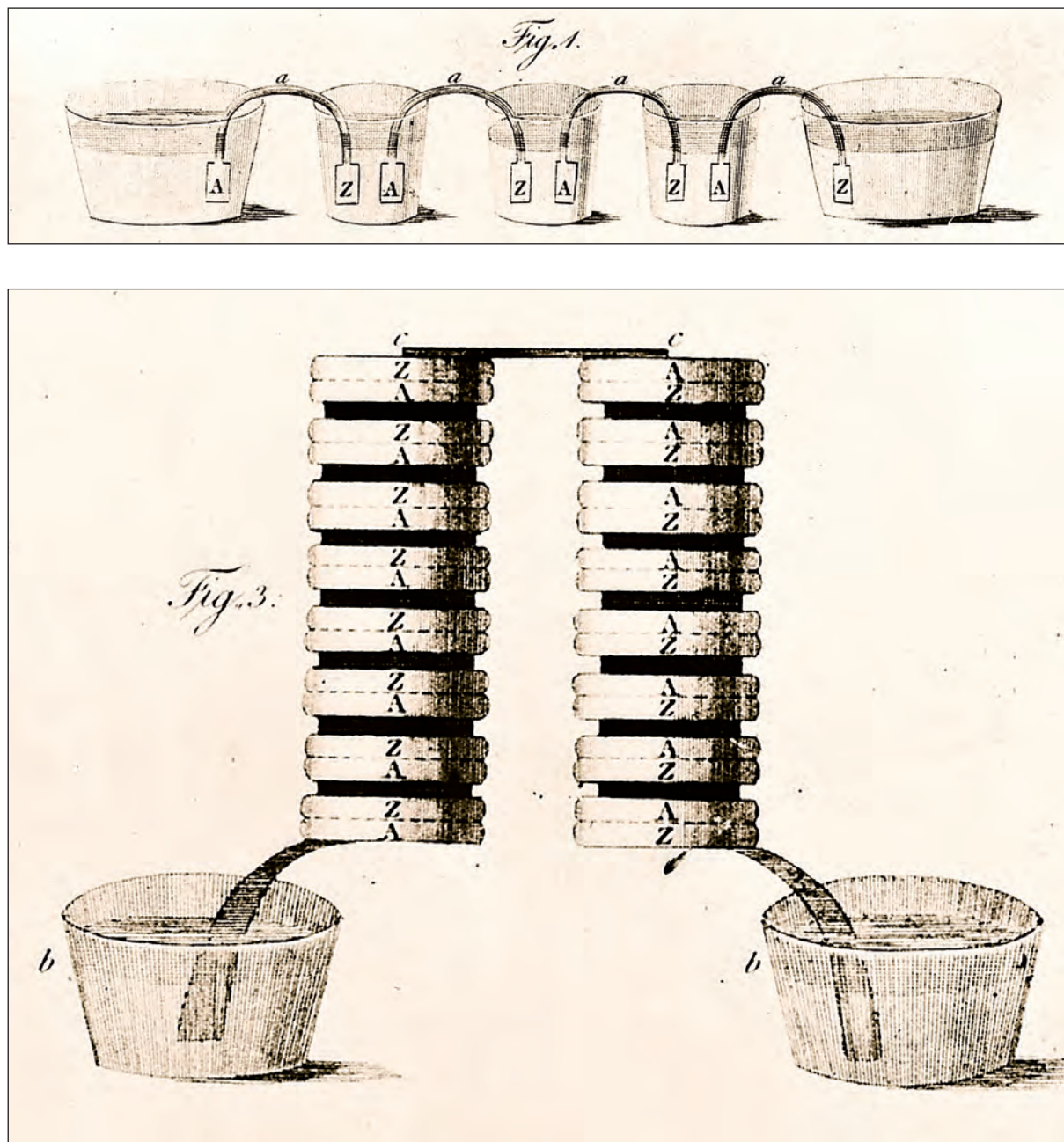


FIGURA 5. Les dues formes bàsiques de la bateria de Volta: corona de tasses (dalt) i columnes de discs (baix)
(Volta, 1800: 430, fig. 3, 4).

Per tant, l'elaboració d'un nou model per a explicar les descàrregues elèctriques del peix torpede va ser clau perquè Volta en no més quatre mesos demostrés el seu enginy creant, d'alguna manera, la seva pila elèctrica.

Per a acabar

Aquesta narració històrica hauria d'anar acompanyada d'una proposta de reflexions que, a parer de l'historiador, podrien tenir cert valor didàctic per una activitat d'aprenentatge centrada en aquest episodi. En aquest sentit, per exemple, caldria:

- Diferenciar entre les dades experimentals i les explicacions en els experiments tant de Galvani com de Volta.
- Destacar la controvèrsia entre Galvani i Volta sobre l'origen de l'anomenada «electricitat animal».
- Denominar els instruments implicats en aquests experiments com a generadors o com a detectors d'electricitat.
- Identificar moments de creativitat en el procés que va dur Volta a descobrir la seva pila.
- Adonar-se dels diferents àmbits de coneixement en què treballaven Galvani i Volta.
- Descriure algun dels processos experimentals de la narració.

Referències bibliogràfiques

CLOUGH, M. (2011), «The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-secondary Science Education», *Science & Education*, **20**, (7-8) 701-717.

COLWELL, H. A. (1922), *An Essay on the History of Electrotherapy and Diagnosis*, London, W. Heinemann.

GALVANI, L. (1791), *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, Bononiae, Bononiensi Archigymnasio & Instituto Scientiarum.

GRAPÍ, P. (2012), «Trets de la naturalesa de la ciència accessibles als estudiants de secundària. El cas de la teoria atòmica de Dalton». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. (coords.), *Actes de la IX Jornada sobre la Història de la Ciència i l'Ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 41-54.

HOLMES, F. L. (1981), «The Fine Structure of Scientific Creativity», *History of Science*, **19**, 60-70.

PANCALDI, G. (2003), *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.

PERA, M. (1992), *The Ambiguous Frog. The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity*, Princeton, Princeton University Press.

RÉAMUR, R. A. F. (1717) [1714], «Des effets que produit le poisson appelé en François Torpille», *Académie Royale des Sciences, Histoire*, 344-360.

ROCKE, A. J. (2008), «Letters to the Editor», *Newsletter of the History of Science Society*, **37**, (2) 3.

VOLTA, A. (1800), «On the Electricity Excited by the Mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 90, Part I, 403-431.

WELLS, D. A. (1859), *The Science of Common Things: a Familiar Explanation of the First Principles of Physical Science. For Schools, families, and Young Students*, New York, Ivison & Phinney.

COM ES PODEN INTRODUIR ASPECTES D'HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA EN LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE CIÈNCIES

MANEL JOSEP TRAVER RIBES;¹ JORDI SOLBES MATARREDONA¹

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

Paraules clau: història de la ciència, aprenentatge de ciències i ensenyament, ciència i societat, ciència i literatura, formació de mestres

Introducing Aspects of History of Science in Science Teachers Training

Summary: Our paper will show two examples of introducing aspects of History of Science in regular Science Teachers Training, in both Primary and Secondary Schools. In the first case the training takes place in an optional matter called History of Ideas and Curriculum in Science and Mathematics, coursed in the Teacher Degree. In order to understand the importance of permanent training in History of Science, we also show some examples regarding future Secondary Science Teachers, as a part of a chapter devoted to explore STS relations, in the subject of Learning and Teaching of Physics and Chemistry. We will also present some results of the knowledge that future teachers have about issues and characters from History of Science through cinema or literature and how we could improve their teaching practise in Science.

Key words: History of Science, Science Learning and Teaching, Science and Society, Science and Literature, Teacher Training

Introducció. La història de la ciència en l'ensenyança de les ciències

La investigació didàctica ha mostrat el caràcter motivador de la introducció d'aspectes històrics en l'ensenyament de les ciències (Izquierdo, 1994; Matthews, 1994; Solbes & Traver, 1996; 2001; 2003), en particular l'ús d'una història contextualitzada que tinga en compte les relacions de la ciència amb la tecnologia i la societat. En aquesta línia, a diferència de les històries de la ciència narrades només

des d'una perspectiva científica, les històries més recents de la ciència (Bowler & Morus, 2005; Sánchez Ron, 2006; Kragh, 2007) combinen aquesta aproximació amb una perspectiva social i institucional. Per això, pensem que la història de la ciència pot contribuir a contrarestar l'increment de valoracions negatives de la ciència que existeixen en la societat (Dunbar, 1999; Solbes, 2002; Elias, 2008).

Així, doncs, ens plantegem com presentar els aspectes històrics d'una manera que ajude a millorar l'aprenentatge de les ciències i a mostrar-ne una imatge més pròxima a la manera com es construeixen els coneixements científics i com evoluciona la ciència en el context sociohistòric i quines repercussions socials tenen els avenços científics. D'aquesta manera, la introducció d'aspectes històrics millorarà també l'actitud dels alumnes cap a aquesta matèria d'estudi i el seu interès per a participar en el procés d'ensenyament-aprenentatge. Sota aquesta perspectiva, assenyalarem que els rols (Solbes & Traver, 2011) que pot exercir un enfocament històric de l'ensenyament de les ciències poden ser els següents:

1. Permet ser *crítics amb la imatge tòpica* de la ciència, sobretot amb les tergiversacions i interpretacions històriques que apareixen en els textos i contribueixen a aquesta imatge.
2. Malgrat que la idea del paral·lelisme entre les preconcepcions dels alumnes i les concepcions vigents tot al llarg de la història ha estat qüestionada, encara es pot *extraure de la història informació sobre les dificultats dels estudiants* a partir de les resistències i dels obstacles que es manifesten al llarg de la història de la ciència.
3. Afavoreix la *selecció de continguts fonamentals de la disciplina* en funció dels conceptes estructurants, per a introduir nous coneixements i superar obstacles epistemològics.
4. Permet *extraure de la història els problemes significatius* i posar l'alumne en situació d'abordar-los, tot plantejant situacions d'aprenentatge que permeten als alumnes, en certa mesura, reconstruir els coneixements científics. Així, es pretén evitar l'errori plantejament empirista que introdueix els experiments sense tenir en compte el problema històric que els va motivar ni les successives hipòtesis que es plantejaren per a interpretar-los.
5. Permet *mostrar l'existència de grans crisis en el desenvolupament de les ciències* i fins i tot l'interior d'una teoria. Es tracta d'introduir algunes idees no vigents, no només per a mostrar el caràcter temptatiu de la ciència, sinó per a mostrar també la semblança amb les preconcepcions dels alumnes o per a constituir obstacles epistemològics. Açò pot afavorir els canvis conceptuals dels alumnes, tot ajustant-los als grans canvis de conceptes, models i teories en la ciència.
6. Possibilita *mostrar el caràcter hipotètic i temptatiu de la ciència* i palesar les limitacions de les teories i els problemes pendents de solució. Així es presenta als alumnes l'aventura de la creació científica, tot evitant visions dogmàtiques.
7. Es pot *mostrar la ciència com una construcció humana, col·lectiva*, fruit del treball de moltes persones, per a evitar la idea d'una ciència feta bàsicament per genis, majoritàriament homes.
8. Permet *presentar les contribucions a la ciència dutes a terme en el nostre país*, igual com els obstacles que se li han plantejat tot al llarg de la història.
9. Permet *mostrar les interaccions CTS no només en el present sinó també al llarg de la història*, cosa que facilita la comprensió de la seua evolució. Així, s'ha passat de la persecució ideològica i religiosa a què fou sotmesa la ciència a la constitució d'aquesta com un dels elements de la ideologia dominant (des de l'optimisme cientista vuitcentista fins a l'actual tecnocràcia).
10. Contribueix a *millorar les actituds de l'alumnat cap a la ciència i el seu aprenentatge*.

La història de la ciència també pot afavorir, juntament amb l'educació CTS, el canvi de valors (Hodson, 1994; Solbes, 1999) i fins i tot l'argumentació dels estudiants (Jiménez Aleixandre, 2010), ja que aquesta es veu afavorida quan se'ls plantegen a classe qüestions controvertides relacionades amb les ciències (Solbes *et al.*, 2010). Aquest canvi de valors i actituds es pot propiciar si es treballen a l'aula aspectes històrics i culturals de la ciència (Solbes, 2002; 2009) com aquests:

- Mostrar com els valors de *la ciència i la seua contribució a la racionalitat han destruït mites*, han canviat la visió del món (Copèrnic, Galileu) i *han proporcionat un pensament crític* davant de qualsevol mena de fonamentalisme i pseudocientisme (com l'astrologia, la ufologia, el creacionisme o el disseny intel·ligent). Cal no oblidar que durant segles les ciències ens han alliberat de nombrosos prejudicis i ho poden continuar fent (com ara que les descobertes en el genoma humà palesen que no hi ha cap base científica per al racisme).
- Difondre exemples de *responsabilitat social de científics i científiques*, com ara la mobilització en contra de l'ús bèl·lic de la ciència, que posa en perill no només la pau entre les nacions sinó la subsistència mateixa de l'espècie humana a la Terra. Moltes recerques han mostrat, malgrat l'oposició de multinacionals o governs, alguns dels greus problemes que ens afecten, les «veritats incòmodes» (el deteriorament mediambiental, l'esgotament de recursos, el canvi climàtic antròpic o l'explosió demogràfica), i ens han fet conscients de com es pot contribuir a solucionar-los (tecnologies i energies alternatives, control de natalitat, etc.).

Tanmateix, resulta difícil que aquestes propostes i perspectives docents, que són força interessants, arriben al professorat, i per tant es facen efectives a les aules, si no es mostren ja en els programes de formació tant inicial com permanent; per això mostrarem tot seguit la manera com s'estan introduint alguns aspectes de la història de la ciència en la formació del professorat.

Els autors d'aquesta comunicació participen en el programa de formació reglat del Grau de Mestre en Educació Infantil i Primària, així com en el Màster de Professorat de Secundària, en l'àrea de Física i Química, des de fa uns quants cursos, tal com es desenvolupen a la Facultat de Magisteri de la Universitat de València. Per això s'han continuat els treballs de recerca encetats fa uns anys a fi de millorar l'aplicació de continguts d'història de la ciència així com analitzant les relacions ciència-societat a través d'articles de divulgació com els recentment publicats en la revista *Mètode* (Solbes & Traver, 2014), en sintonia amb prestigiosos divulgadors de la ciència com Xavier Duran (2015).

Grau de Mestre en Educació Primària

Els aspectes d'història de la ciència es presenten en les diferents assignatures impartides en el nostre departament tot al llarg dels cursos del Grau de Mestre de Primària. En el segon curs s'imparteix l'assignatura Ciències Naturals per a Mestres, de 90 crèdits, amb continguts com ara: «La Terra en l'Univers»; «L'energia i la seua transferència»; «La matèria i les seues transformacions»; «La Terra, un planeta canviant»; «La biodiversitat»; «El cos humà» i «La salut i la sostenibilitat». En aquests continguts més conceptuals, aprofitem aquells temes on es poden proposar aspectes de l'anomenada història interna (com el debat entre els models geocèntric i heliocèntric i l'adveniment de les teories que significa la síntesi newtoniana, o la superació de les hipòtesis obsoletes com el calòric per a explicar les transferències d'energia, els debats al voltant del darwinisme, etc.). En el tercer curs l'assignatura impartida és Didàctica de les Ciències, de 45 crèdits, que permet abordar alguns aspectes més detallats en el tractament d'un tema sobre valors i actituds, necessaris per a produir un canvi actitu-

dinal en l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències. En aquesta assignatura es tracten temes com el paper de les dones en la ciència, les aportacions dels científics en països fora de l'òrbita WASP (white Anglo-Saxon protestant) i el paper ètic i la responsabilitat socials dels científics, entre d'altres. Finalment, en el quart curs es proposa una assignatura optativa específica amb el títol Història de les Idees i del Currículum de Ciències i Matemàtiques, de 60 crèdits, la meitat dels quals es dedica específicament a la història de la ciència, incloent-hi aspectes tant d'història interna (l'evolució de les idees científiques al llarg del temps) com d'història externa (les repercussions socials d'aquestes idees: el cas Galileu, el cas Darwin, els efectes de les revolucions industrials, el projecte *Manhattan* i les primeres bombes atòmiques...).

Màster de Professor de Secundària - Física i Química

Pel que fa a la formació del professorat de Secundària, s'imparteix l'assignatura Aprenentatge i Ensenyament de la Física i Química, que per la seua extensió s'organitza en diferents mòduls. Un dels mòduls (uns 25 crèdits) s'orienta específicament a les relacions ciència-tecnologia-societat i s'hi reflexiona sobre el paper de la ciència en la societat, l'origen incert de les diferències entre la ciència i la tecnologia i el paper que poden tenir els aspectes esmentats en les actituds de l'alumnat cap a la ciència. A continuació es proposa treballar en aspectes concrets d'història interna (origen i construcció d'un concepte científic, com ara el concepte d'element químic) i en aspectes d'història externa (reflexió sobre la ciència en la història hispànica: relació entre les condicions sociopolítiques i la vitalitat de la producció científica a Espanya; ciència i gènere: dones científiques ocultes; responsabilitat social dels científics...). Aquesta formació s'arrodoneix amb l'assignatura Complements de Matèria, 20 crèdits de la qual estan dedicats a la història de la ciència, a càrrec de l'Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència López Piñero de la Universitat de València.

Imatge dels científics en la literatura i en els mitjans audiovisuals

Malgrat que la majoria dels alumnes hagen rebut una formació en els aspectes d'història de la ciència abans presentats, pensem que pot haver-hi d'altres factors que influeixen en la imatge que tenen de la ciència i els científics.

A fi de conèixer el nivell de coneixements i expectatives del professorat en formació, hem proposat una primera investigació sobre les visions que tenen els estudiants en formació com a futurs mestres i professors respecte d'alguns aspectes que poden influir en la imatge de la ciència que presenten i que, per tant, podrien transmetre en el futur als seus alumnes. Els aspectes concrets fan referència als mitjans audiovisuals (cinema, TV) i la literatura (novel·les i llibres en general) i la seua influència en la imatge de la ciència i els científics.

Qüestionari i mostra

Per això s'ha elaborat un qüestionari que s'ha proposat a una primera mostra de 37 alumnes de 4t curs del Grau de Mestre a la Universitat de València, a començament del curs 2014-2015.

El qüestionari complet es presenta tot seguit i a continuació es mostraran els resultats obtinguts i els comentaris corresponents:

QÜESTIONARI SOBRE HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

a) Nom

b) Modalitat de Batxillerat cursada

Centre

c) Per què has triat l'itinerari de Ciències i Matemàtiques?

La història de la ciència i dels científics la podem trobar no sols en els llibres amb aquest nom sinó en altres mitjans:

1. Quines pel·lícules que tracten temes o personatges d'història de la ciència coneixes?
2. Quines novel·les i obres de teatre que tracten temes o personatges d'història de la ciència coneixes?
3. Quins llibres d'història de la ciència o de divulgació científica amb elements històrics coneixes?
4. Creus que als diferents mitjans de comunicació i difusió es mostra una imatge encertada i fiable dels personatges científics i la seua activitat? Per què?
5. Quins personatges científics has conegut a través de mitjans com el cinema, les sèries de TV o les novel·les i obres de teatre de tema històric i t'has interessat per conèixer millor?
6. Creus que es podria utilitzar la presència de personatges científics als mitjans de comunicació a fi d'interessar més els alumnes per l'aprenentatge de les ciències? Com?

Resultats i anàlisi

En els quadres següents es presenten els resultats numèrics i qualitatius obtinguts després de passar el qüestionari. Cada qüestió s'acompanya dels comentaris corresponents.

Quadres de resultats

a) Mostra: N = 37 Alumnes de 4t curs del Grau de Mestre en Educació Primària (UV) Assignatura: Història de les Idees i del Currículum de Ciències i Matemàtiques			
a) Gènere:	Xics: 2 5,41 %	Xiques: 35 94,59 %	
b) Modalitat de Batxillerat cursada:	Ciències/Tecnològic: 7 18,92 %	Social/Humanitats: 29 78,38 %	Altres: 1 2,70 %
c) Per què has triat l'itinerari de Ciències i Matemàtiques?	Motiu	Respostes	%
	Perquè m'agrada	24	57,14
	Ho trobe interessant	6	14,29
	Pensant en el futur	5	11,90
	Com un repte	4	9,52
	Única opció disponible	3	7,14
	Altres	3	7,14
	TOTAL RESPOSTES	42	100

Com veiem, es tracta d'una mostra bastant significativa (37 qüestionaris contestats), on predominen les xiques (35), tal com sol ser més freqüent en l'alumnat del Grau de Mestre. Aquests estudiants de l'itinerari de Ciències i Matemàtiques cursen l'assignatura que s'indica, de caràcter optatiu, que se centra en la història de la ciència, per tant deuen ser alumnes amb un cert interès pel tema. Una gran majoria procedeixen del Batxillerat de Ciències Socials i Humanitats (29), com sol ser ha-

bitual en els estudiants de Magisteri, i menys procedeixen del Batxillerat de Ciències i Tecnologia (7), malgrat tractar-se de l'esmentat itinerari. La motivació per a triar l'itinerari de Ciències i Matemàtiques és bàsicament per gust (24 respostes, perquè els agrada). Les opcions d'expectativa positiva (interessant, futur, repte) sumen 15 respostes i superen les incertes (única opció disponible i altres sumen 6 respostes).

1. Quines pel·lícules que tracten temes o personatges d'història de la ciència coneixes?	Pel·lícula	Respostes	%
	<i>2001: Una odisea del espacio</i>	13	18,84
	Agora	10	14,49
	<i>Frankenstein</i>	9	13,04
	Apol·lo 13	5	7,25
	<i>Érase una vez el hombre</i>	4	5,80
	<i>The Big Bang Theory</i>	3	4,35
	Una mente maravillosa	3	4,35
	Altres	17	24,64
	CAP	5	7,25
	TOTAL RESPOTES	69	100

En el tema del cinema i la història de la ciència es barregen pel·lícules de ciència-ficció amb d'altres que mostren aspectes històrics. Entre les més pròpiament històriques apareixen només *Agora*, (14,49 %), *Apol·lo 13* (7,25 %) i *Una mente maravillosa* (4,35 %), mentre que destaquen algunes pel·lícules de ciència-ficció, com ara *2001: Una odisea del espacio* (18,84 % de respostes) i *Frankenstein* (13,04 %). La resta són menys nombroses i disperses amb cites que inclouen títols de sèries de TV, com *The Big Bang Theory*, i fins i tot de dibuixos animats, com *Érase una vez el hombre*, que té un enfocament més general. Hi ha 5 respostes que no indiquen cap títol. Les nombroses cites de *2001* resulten sorprenents si es comparen amb d'altres estudis fets en els nivells de Secundària sobre el tema de la influència de la ciència-ficció en l'ensenyament de la ciència (Petit & Solbes, 2012) on aquest títol no s'esmenta. Hi ha un cert nombre de pel·lícules de ciència ficció més recents (*Gravity*, *Interstellar*...) que són ignorades, per tant podem suposar que la influència del cinema en la imatge de la ciència és poc representativa i, en tot cas, es limita a alguns títols entre els molts possibles. Tot i això aquestes respostes resulten ser de les millors del qüestionari.

2. Quines novel·les i obres de teatre que tracten temes o personatges d'història de la ciència coneixes?	Novel·la	Respostes	%
	<i>Frankenstein</i>	5	12,50
	Breve historia de casi todo	4	10,00
	<i>El hereje</i>	2	5,00
	La vuelta al mundo en 80 días	2	5,00
	Altres	2	5,00
	CAP	25	62,50
	TOTAL RESPOTES	40	100

Les novel·les i obres de teatre conegudes pels enquestats són molt limitades i una gran majoria (62,50 %) no coneix cap obra que tracte temes d'història de la ciència. Els únics títols destacats són poc esmentats, *Frankenstein* (5 respostes) i *Breve historia de casi todo* (4 respostes), que no és una novel·la però potser la coneixen perquè apareix a la bibliografia de l'assignatura Ciències Naturals per a Mestres. La resta de títols esmentats són escassos. Els resultats d'aquesta qüestió no ens haurien de sorprendre ja que, en general, la lectura és un hàbit regressiu en les noves generacions. Si ja ho és de forma general, encara ho més és si ens delimitem a lectures de caràcter científic, que encara solen ser més escasses. Només hauriem d'excloure d'aquest recompte clàssics com Jules Verne, que coneixen almenys 2 dels nostres enquestats.

3. Quins llibres d'història de la ciència o de divulgació científica amb elements històrics coneixes?	Llibre HC/DC	Respostes	%
	<i>Érase una vez el hombre</i>	3	8,33
	Altres diversos	6	16,67
	CAP	27	75,00
	TOTAL RESPOTES	36	100

En el cas dels llibres directament d'història de la ciència o la divulgació, es repeteix el resultat negatiu (75 % no en coneix cap). A banda d'exemples dispersos, només un títol té 3 cites i correspon a un cas de divulgació dirigit a infants i acompanyat de versió audiovisual que també s'esmentava com a resposta en la qüestió 1. Ací caldria haver esmentat el llibre *Breve historia de casi todo*, però és absent. La manca de llibres que presenten la ciència d'una forma atractiva per al públic en general ha estat proverbial i només els darrers anys s'han fet alguns esforços per mostrar els aspectes més interessants de la història de la ciència, però creiem que encara tenen escassa difusió. Entre els noms que s'esmenten hi ha *L'origen de les espècies*, *L'origen de l'Univers* o *L'Univers en una closca de nou*, de S. Hawking, a banda d'algunes revistes científiques (*Nature*, *Science*...) o de divulgació (*National Geographic*, *Muy Interesante*...).

4. Creus que als diferents mitjans de comunicació i difusió es mostra una imatge encertada i fiable dels personatges científics i la seua activitat? Per què?	Opinió i motius	Respostes	%
	Sí	4	10,81
	No	33	89,19
	Imatge distorsionada	15	32,61
	Imatge superficial	7	15,22
	Imatge estereotipada	5	10,87
	Imatge dolenta	5	10,87
	Imatge masculina	3	6,52
	Científics dolents	3	6,52
	Altres	8	17,39
	TOTAL RESPOTES	46	100

Els nostres enquestats són crítics amb els mitjans de comunicació i la gran majoria (89,19 %) creu que no mostren una imatge encertada i fiable dels personatges científics i la seua activitat. La majoria creu que mostren una imatge distorsionada (mostren un nivell inassolible, una imatge plena d'estereotips) (32,61 %), seguida dels que creuen que mostren una imatge superficial (15,22 %), una imatge estereotipada i dolenta (10,87 %) o una imatge masculina i de científics dolents (6,52 %). Alguna cita textual diu: «Es mostren majoritàriament hòmens dins de laboratoris que fan coses màl·loques contra la societat». Com veiem, les respostes coincideixen en una visió negativa de l'activitat científica que s'adiu amb la imatge en general negativa de la ciència que mostren altres estudis.

5. Quins personatges científics has conegut a través de mitjans com el cinema, les sèries de TV o les novel·les i obres de teatre de tema històric i t'has interessat per conèixer millor?	Científic/a	Respostes	%
	Stephen Hawking	21	21,43
	Albert Einstein	16	16,33
	Steve Jobs	10	10,20
	<i>Marie Curie</i>	7	7,14
	Bill Gates	6	6,12
	Isaac Newton	5	5,10
	Thomas Edison	5	5,10
	Galileo Galilei	4	4,08
	Nicolau Copèrnic	4	4,08
	Charles Darwin	4	4,08
	<i>Hipàtia</i>	3	3,06
	Alexander Fleming	3	3,06
	Altres	10	10,20
	TOTAL RESPOSTES	98	100
	MITJANA PER ENQUESTAT	98/37	2,65

La majoria de respostes se les emporta Stephen Hawking (21,43 %), científic molt popular ateses les seues línies d'investigació tan avantguardistes, i, pel que fa als mitjans de comunicació, pensem que poden tenir relació amb la famosa sèrie de TV «The Big Bang Theory», esmentada ja en la qüestió 1. Segueixen els noms d'Albert Einstein (16,33 %) i Steve Jobs (10,20 %) com a més destacats, que també tenen una imatge força mediàtica. La resta de noms solen ser presents en els llibres i assignatures cursades anteriorment pels alumnes. Les obres, tant literàries com audiovisuals, que hi ha sobre ells són massa minoritàries per a ser conegudes pels enquestats. Entre els diversos noms que apareixen, tal com veiem en la taula, destaca la presència de només dues dones científiques: Marie Curie (7,14 %) i Hipàtia (3,06 %). El total de respostes (98) dóna una mitjana de 2,65 científics per enquestat, cosa que resulta acceptable, vist que ens referim a personatges majoritàriament coneguts a través dels mitjans de comunicació o de les aules.

6. Creus que es podria utilitzar la presència de personatges científics als mitjans de comunicació a fi d'interessar més els alumnes per l'aprenentatge de les ciències? Com?	ES PODRIA UTILITZAR...?	Respostes	%
	Sí	37	100
	No	0	0
	COM?	Respostes	%
	Per a motivar els alumnes	12	30,00
	Utilitzant pel·lícules o fragments	9	22,50
	Cal conèixer-ne els recursos	3	7,50
	Per a fer l'aprenentatge més dinàmic	3	7,50
	Utilitzar les TIC	2	5,00
	Com a complement	2	5,00
	Usar més audiovisuals i laboratori	2	5,00
	<i>Sense cap comentari</i>	2	5,00
	Altres	5	12,50
	TOTAL RESPOTES	40	100

Finalment la qüestió 6 mostra les bones intencions respecte a l'ús dels mitjans de comunicació per a millorar la imatge de la ciència i els científics així com millorar l'interès dels alumnes pel seu aprenentatge. Tots els enquestats coincideixen en la resposta afirmativa i mostren igualment una varietat de formes per a fer-la efectiva. Predominen els que destaquen l'aspecte motivador (30,00 %), la utilització de pel·lícules completes o fragments (22,50 %), els que mostren que caldria conèixer-ne els recursos (7,50 %) i els que indiquen que pot fer l'aprenentatge més dinàmic (7,50 %). La resta de respostes (12,50 %) són més disperses i se n'indiquen una per enquestat, però poden enriquir les possibles utilitzacions (ús de les TIC, complement a la formació, ús d'audiovisuals, acostar la ciència als alumnes, programes de TV divertits...). En total hi ha 40 respostes possibles, és a dir, pràcticament tots els enquestats assenyalen alguna proposta (només 2 no fan cap comentari). Algunes respostes concretes suggereixen: «portar l'aula al laboratori i canviar la teoria per la pràctica», «si coneguérem aquests recursos els podríem utilitzar per a treballar les ciències», «optar per recursos a banda del llibre de text és positiu perquè motiva els alumnes i els implica més en el que han de fer».

Conclusions i perspectives

Aquests resultats poden confirmar en conjunt l'escassa presència del paper dels científics en els mitjans de comunicació de masses o, si més no, l'escassa repercussió en el públic que els segueix. La conclusió provisional seria que cal tenir més en compte el paper dels mitjans de comunicació en la imatge de la ciència, emprant en la mesura que siga possible la lectura d'obres literàries, o fragments d'elles, que ajuden a comprendre millor el paper de la ciència en la societat (Solbes & Traver, 2014). Alguns exemples poden ser: *La longitud* o *La Hija de Galileo*, de Dava Sobel; *En busca de Klingsor*, de Jorge Volpi, diferents títols clàssics de Jules Verne...

Per altra banda, l'ampli panorama del cinema i la TV pot ajudar a mostrar més adequadament la ciència i els científics amb un entorn més lúdic i accessible als alumnes, sempre que es faci amb criteris adequats per a evitar els tòpics i visions esbiaixades. Alguns exemples interessants poden ser:

Galileo de Liliana Cavani o bé *Galileo* de Joseph Losey (basada en la peça teatral de Brecht), *Los méritos de Madame Curie*, *Apol·lo 13*, *Interstellar*, *Gravity*, *2001: Una odisea del espacio*, *Contact*, *La amenaza de Andrómeda*... Els programes de TV presenten més varietat de formats i hi ha des dels documentals (alguns de clàssics com *Cosmos* de Carl Sagan i la producció moderna de Neil Tyson), fins als programes d'entreteniment que incorporen aspectes més cridaners de caràcter escassament divulgador (Lozano & Solbes, 2014).

Els resultats obtinguts amb els alumnes del Grau de Mestre auguren que poden ser molt semblants als d'altres professors en formació, per això pensem que l'estudi es podria ampliar als alumnes del Màster de Secundària i a d'altres col·lectius de professors de ciències, per tal de constatar la influència dels mitjans de comunicació en aquests docents i futurs docents.

Per una altra banda, en els diversos cursos dirigits a professorat en actiu on s'han fet propostes d'introducció d'història de la ciència la seua valoració ha estat positiva, però s'hi han mostrat algunes dificultats que pot plantejar el seu ús, des de l'escassa formació en història de la ciència que té el professorat d'aquestes matèries fins a la complexa gestió del temps que cal fer en els cursos de Secundària actualment. No obstant això, creiem que en la formació del professorat, pels aspectes didàctics que comporta, l'ús de la història hauria de ser una prioritat atesos els indubtables avantatges que el seu coneixement comporta en la millora de la tasca docent, tal com ja hem assenyalat al principi d'aquesta comunicació.

Referències bibliogràfiques

- BOWLER, P. J.; MORUS, I. R. (2005), *Panorama general de la ciencia moderna*, Barcelona, Crítica.
- DUNBAR, R. (1999), *El miedo a la ciencia*, Madrid, Alianza.
- DURAN, X. (2015), *La ciència en la literatura. Un viatge per la història de la ciència vista per escriptors de tots els temps*, Barcelona, Publicacions i Edicions de la UB.
- ELIAS, C. (2008), *La ciencia estrangulada*, Barcelona, Debate.
- HODSON, D. (1994), «Seeking Directions for Change. The Personalisation and Politisation of Science Education», *Curriculum Studies*, **2** (1), 71-98.
- IZQUIERDO, M. (1994), «Cómo contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia la enseñanza de las ciencias». *Aula de Innovación Educativa*, **27**, 37-41.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010), *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*, Barcelona, Graó.
- KRAG, H (2007), *Generaciones cuánticas*, Madrid, Akal.
- LOZANO, O. R.; SOLBES, J. (2014), «¿Divulgación o entretenimiento? Ciencia recreativa en los espacios televisivos». A: DÍAZ, J.; GAONA, C. (coord.), *Creatividad e innovación en el espacio universitario*, Madrid, Acción Cultural y Científica Iberoamericana, 403-425 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/46448>>
- MATTHEWS, M. R. (1994), «Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual», *Enseñanza de las Ciencias*, **12** (2), 255-277.
- PETIT, M. F.; SOLBES, J. (2012), «La ciencia ficción y la enseñanza de las ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, **30** (2), 69-86.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (2006), *El poder de la ciencia*, Madrid, Crítica.
- SOLBES, J. (1999), «Los valores en la enseñanza de las ciencias», *Alambique*, **22**, 97-109.
- SOLBES, J. (2002), *Les empremtes de la ciència. Ciència, Tecnologia, Societat: Unes relacions controvertides*, Alzira, Germania.
- SOLBES, J. (2009), «Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **6** (2), 190-212 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/35013>>
- SOLBES, J.; RUIZ, J. J.; FURIÓ, C. (2010), «Debates y argumentación en las clases de física y química», *Alambique*, **63**, 65-76.
- SOLBES, J.; TRAVER, M. (1996), «La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química», *Enseñanza de las Ciencias*, **14** (1), 103-112 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/36268>>
- SOLBES, J.; TRAVER, M. (2001), «Resultados obtenidos introduciendo la historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas», *Enseñanza de las ciencias*, **19** (1), 151-162 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/36390>>
- SOLBES, J.; TRAVER, M. (2003), «Against a negative image of science: history of science in the physics & chemistry education», *Science & Education*, **12**, 703-717 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/36585>>
- SOLBES, J.; TRAVER, M. (2011), «Historia de la física y enseñanza de la física». A: *Física y química, complementos de formación disciplinar*, Barcelona, Editorial Graó.
- SOLBES, J.; TRAVER, M. (2014), «Ciència, científics i literatura», *Mètode*, **82**, 37-43 [en línia] <<http://roderic.uv.es/handle/10550/40247>>

LA CIÈNCIA A LES AULES (1800-2000): NOVES TENDÈNCIES, PERSPECTIVES I USOS DIDÀCTICS

JOSÉ RAMÓN BERTOMEU SÁNCHEZ

INSTITUT D'HISTÒRIA DE LA MEDICINA I DE LA CIÈNCIA «LÓPEZ PIÑERO»,
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

Paraules clau: *ciència a les aules, manuals escolars, historiografia de la ciència, història i ensenyament de les ciències*

Science in classrooms (1800-2000): new trends, perspectives and educational uses

Summary: The new history of science education offers unexplored possibilities for the training of prospective science teachers. Historical studies of science education have expanded enormously during the past two decades. Dramatic changes have taken place in regard to narratives, protagonists, problems, sources and frameworks. Most of the old studies focused on educational institutions, legislation, and education policies, while many others were just concerned with the lives of famous scientists in classrooms. The scope of the research topics had broadened beyond recognition to include issues such as the emergence of school disciplines, textbooks, school architecture and classroom design, material and visual culture, oral and written examinations, and the role of political and economic powers in shaping education systems. I claim that this blooming area offers opportunities for new uses of history of science in classrooms, particularly in the training of prospective science teachers.

Key words: science in classrooms, textbooks, historiography of science, history and science education

Introducció

Al llarg de les darreres dècades, els estudis d'història de la ciència han experimentat una gran transformació pel que fa als protagonistes, espais i problemes considerats més rellevants. També han estat modificats substancialment els mètodes d'anàlisi, les fonts històriques emprades i els relats històrics, al mateix temps que

canviaven les característiques de la comunitat acadèmica i es produïa una ampliació dels públics destinataris de la investigació. Tots aquests canvis han afectat la relació tradicional entre història i ensenyament de les ciències, obrint noves possibilitats d'interacció que encara no han estat plenament explorades, tal i com mostra el *Handbook* editat per Michael Matthews (2014) i altres obres de conjunt publicades més recentment (Niaz, 2016). Aquesta comunicació pretén oferir un exemple d'aquesta situació mitjançant un grup d'estudis que han experimentat una gran transformació: la recerca històrica respecte a l'ensenyament de les ciències.

Per a obtenir una imatge ràpida dels canvis dins de la història de l'ensenyament de les ciències només cal comparar la revisió feta més de quaranta anys abans per William Brock (1975) amb les dutes a terme tres dècades després per Bernadette Bensaude-Vincent (2006), Kathryn Olesko (2006), John L. Rudolph (2008), i les més recents de Josep Simon (2013; 2016). A més a més, aquests estudis ja han fet entrada dins del terreny de la didàctica de les ciències, tal i com ho mostren diversos monogràfics de la revista *Science & Education* així com els nombrosos capítols dedicats al tema dins del *Handbook* de Matthews (2014), que inclou també una nova revisió historiogràfica de Kathryn Olesko (2014).

Malgrat l'increment notable dels darrers anys, la revisió de Brock (1975) mostrava ja la gran quantitat de publicacions existents abans de la gran transformació de la història de la ciència del darrer terç del segle xx. Aquests treballs, molts d'ells iniciats ja en el segle xix, han estat tradicionalment centrats en la història de les principals institucions educatives. Moltes vegades han sorgit de commemoracions, amb objectius molt distants de les anàlisis crítiques que han perseguit altres treballs desenvolupats amb menys recursos i publicitat, però amb molt més rigor acadèmic. A més a més, la bibliografia recollida per Brock inclou molts estudis dedicats a la legislació i a les polítiques educatives estatals. Els contextos locals i estatals són les escales més emprades i és difícil trobar dins d'aquesta llarga llista bibliogràfica grans narratives de caràcter global o comparacions transnacionals que tracten d'evitar el més que evident biaix eurocèntric.

Més de trenta anys després, les revisions publicades a l'inici del tercer mil·lenni mostren una imatge del camp d'estudis molt més complexa. Tot i que el predomini de la història institucional ha continuat, és notable la major diversitat d'aproximacions, protagonistes i escenaris. Diversos temes han guanyat protagonisme: la reproducció de comunitats acadèmiques, la formació de disciplines escolars, els gèneres de literatura pedagògica (amb especial atenció als llibres de text), els perfils biogràfics col·lectius dels protagonistes (més enllà dels més famosos, i tot incloent qüestions relatives al gènere), les actuacions dels poders polítics i econòmics dins del sistema educatiu, els mètodes d'avaluació i control, la cultura material i visual de l'aula, els espais educatius i, molt especialment, el que Rudolph (2008) anomena «efectes col·laterals de l'ensenyament de les ciències», dels quals parlarem més endavant.

Les noves tendències han estat connectades amb els desenvolupaments de la història de la ciència durant les darreres dècades del segle xx, quan van guanyar importància temes que ara ja estan plenament consolidats com a àrees de recerca. Però la principal novetat ha estat la incorporació dels historiadors de l'educació i la creació de grups multidisciplinaris i grans projectes d'investigació. Una de les subespecialitats pioneres en aquest sentit va ser l'anàlisi dels manuals escolars. Molts estudis d'aquest tipus van sorgir durant els anys noranta en diversos països, particularment després del projecte dut a terme per Alain Choppin a l'Institut National de la Recherche Pédagogique de París. Aquests projectes crearen xarxes de treball, bases bibliogràfiques i reculls exhaustius de la legislació

respecte a la regulació del llibre de text. Per la seva banda, els historiadors de la ciència també van crear grups internacionals de recerca durant aquells anys dins d'aquest mateix tema. Si els primers treballs estaven impulsats per l'anàlisi de les disciplines escolars, els segons procedien en molts casos de les reflexions de Thomas S. Kuhn respecte a la funció particular dels manuals escolars dins de la formació de comunitats científiques.

L'exemple dels manuals escolars mostra una característica important que ha condicionat els contactes entre les diverses comunitats acadèmiques interessades per l'estudi de l'ensenyament de les ciències. Els historiadors de l'educació han centrat la seva anàlisi en els nivells més elementals de l'ensenyament, és a dir, a les aules de ciències dirigides a la formació del conjunt dels ciutadans. Al contrari, els historiadors de la ciència han dirigit majoritàriament la seva atenció als nivells universitaris amb la intenció d'analitzar la reproducció de comunitats acadèmiques. Aquesta situació ha creat molts espais d'ombra als nivells intermedis (l'ensenyament mitjà és l'exemple més característic), tot i que també amb moltes excepcions i projectes de treball profitosos de caràcter interdisciplinari. Les diferències, tensions i oportunitats poden ser constatades amb la comparació de les principals revisions bibliogràfiques publicades respecte a aquest tema que comentarem breument en els següents apartats.

Formar comunitats científiques

Els historiadors de la ciència han centrat l'estudi en les pràctiques d'educació superior, amb l'objectiu principal d'analitzar la reproducció de comunitats acadèmiques. El centre d'atenció ha estat al voltant d'espais de recerca (universitats, laboratoris, etc.) i problemes de formació creats per la introducció de noves idees científiques. També han estat discutides llargament les dificultats de transmissió dels sabers no escrits (per exemple, el «coneixement tàcit» de Michael Polanyi) o les conseqüències de l'adveniment de nous mètodes didàctics (els seminaris d'investigació, la demostració experimental, el mètode heurístic, els exàmens escrits, etc.) pel que fa a la formació de comunitats especialitzades o a l'aparició de nous temes de recerca.

Aquest tipus d'estudis d'història de les ciències han sorgit de diferents tradicions de recerca, tot i que és habitual esmentar com a principals fonts d'inspiració les obres de tres autors: Ludwig Fleck (els «estils de pensament»), Thomas S. Kuhn (la formació dels «paradigmes científics», la «ciència normal» i la «tensió essencial» de la ciència), i Michel Foucault («vigilar i castigar», les disciplines acadèmiques i els espais disciplinaris). És important recalcar que molts treballs posteriors han partit de l'apropiació crítica i selectiva de les idees esmentades d'aquests coneguts autors. Per exemple, David Kaiser i Andrew Warwick (2005), dins d'un dels llibres col·lectius més importants del tema, proposen una síntesi de l'obra de Kuhn i Foucault per a situar els nous treballs dels historiadors de l'ensenyament de les ciències. De l'obra del primer en destaquen la seva descripció del funcionament de la «ciència normal» com una pràctica gairebé artesanal, que implica l'adquisició d'hàbits i destreses mitjançant la resolució de problemes canònics («exemplars») que permeten internalitzar lleis i conceptes de les ciències físiques. Tot i això, Kaiser i Warwick van criticar explícitament la visió estàtica i ahistòrica de l'ensenyament de les ciències popularitzada per Kuhn en els seus llibres més famosos, així com la limitació de les seves anàlisis als resultats (i no tant als processos) de l'ensenyament de la ciència. Per això, suggereixen ampliar l'aproximació de Kuhn amb els escrits del filòsof francès Michel Foucault respecte als mecanismes coercitius subtils que limiten el pensament divergent, al mateix temps que permeten disciplinar ments i cossos, potencien determinades mirades

jerarquitzades i produeixen individus dòcils amb el poder dominant, siga aquest polític, econòmic o acadèmic. Foucault, al contrari que Kuhn, estava més interessat per l'educació general dels ciutadans que per la reproducció de comunitats científiques. Tot i això, és evident l'interès de la seva obra per a analitzar les noves pràctiques de «vigilar i castigar» que van sorgir al llarg del segle XIX, per exemple els exàmens escrits i privats o els plans d'estudis estatals que regulaven l'espai i l'horari escolar. Aquestes noves regulacions introduïren, per exemple, la segregació per edats i gèneres, així com determinades divisions del treball a l'aula o barreres d'accés per als grups més desfavorits. Malgrat les diferències notables, Warwick i Kaiser suggereixen adoptar una aproximació «Foukuhniana» amb categories analítiques adoptades dels dos autors (Foucault i Kuhn), tot afegint-hi un major èmfasi per l'estudi dels processos de negociació de les normes educatives, així com respecte a les canviants relacions entre recerca i docència, sense assumir jerarquies immutables o valoracions prèvies que sacralitzen el laboratori i menyspreen l'aula.

La proposta de Kaiser i Warwick va ser comentada críticament per una de les pioneres nord-americanes dels estudis històrics respecte a la ciència a les aules: Katheryn Olesko. En el seu assaig, Olesko (2006) reivindicava l'obra de Ludwig Fleck, particularment l'anàlisi de la formació dels «estils de pensament». També ha estat influent la classificació de Fleck dels diferents tipus de literatura científica, amb la distinció entre la literatura esotèrica (destinada a la comunitat científica) i l'exotèrica (dirigida al públic en general). Fleck també esmentava la forta interacció entre els diversos gèneres, que són constantment negociats per part d'autors, editors i públics destinataris. Aquesta discussió de Fleck ha estat també inspiradora de treballs d'història de la divulgació científica, cosa que demostra les moltes connexions d'aquest darrer tema amb els estudis d'història de l'ensenyament científic. Olesko ha continuat defensant la vigència actual dels treballs de Fleck dins una revisió historiogràfica més recent (Olesko, 2014), però també n'ha assenyalat mancances i àrees poc explorades. Inclús en els treballs més recents dels historiadors de la ciència hi ha una excessiva focalització envers les pràctiques d'ensenyament del professorat, oblidant les activitats d'aprenentatge i les percepcions dels alumnes. Aquests darrers aspectes són més difícils d'investigar per les dificultats d'accés a fonts històriques com els quaderns d'estudiants, l'estudi dels quals constitueix una línia de recerca poc explorada, tot i que amb un bon grup d'estudis que permeten tractar, per exemple, les relacions entre cultura escrita, manipulacions experimentals i oralitat (García & Bertomeu, 2010). Dins d'aquesta línia, Olesko també ha suggerit fomentar els contactes amb altres especialitats recents com la història dels sentits per tal d'analitzar, per exemple, la construcció de les cultures visuals a l'aula.

Formar ciutadans

Pocs anys després de l'aparició de les publicacions de Kaiser i Warwick i d'Olesko, un altre investigador nord-americà, procedent ara d'un departament d'estudis d'història i sociologia de l'educació, John L. Rudolph (2008), va publicar una altra revisió crítica de les noves tendències dins de la història de l'ensenyament de les ciències. Les diferències amb les anteriors revisions són notables, tant pel que fa a l'estructura de la discussió com als continguts i als autors comentats, tot i que Foucault i Kuhn continuen tenint-hi un paper destacat. Potser la diferència més important és l'escenari educatiu triat pels estudis històrics comentats. La major part dels analitzats per Rudolph tracten problemes relacionats amb l'educació científica de la població en general. Aquest interès pels nivells més elementals de la formació científica també comporta la discussió d'un gran nombre d'aspectes rela-

cionats amb les interaccions entre la ciència i altres aspectes de la societat i la cultura, tot i que amb una perspectiva molt diferent a la dels treballs focalitzats a les aules universitàries i als laboratoris acadèmics.

Un grup reduït d'exemples permetran mostrar els desacords entre les comunitats dels historiadors de la ciència i de l'educació. Un dels conceptes més destacats dins dels estudis procedents de la història de l'educació ha estat la noció de «disciplina escolar» (Viñao, 2006). Fa referència a configuracions de sabers més o menys estables que naixen dins del context escolar, amb una forma i una estructura potencialment molt diferents a les disciplines acadèmiques de les universitats (els contextos habitualment estudiats pels historiadors de la ciència). Aquesta diferenciació entre disciplines escolars i acadèmiques també és dependent de l'espai i el temps, i no sempre és convenient emprar-la (especialment abans del segle XIX). D'altra banda, les disciplines acadèmiques i escolars comparteixen molts trets comuns: són estructures vives, que naixen, es desenvolupen i desapareixen, sempre amb una forta interacció amb altres disciplines, cosa que sovint dona lloc a una competició pels recursos humans, econòmics, espacials i materials. Aquestes transformacions, particularment per les disciplines escolars, poden desenvolupar-se sota una rígida normativa formulada per poders polítics i econòmics sense vinculació directa amb l'escola, però amb gran capacitat per a condicionar horaris, programes, pràctiques educatives, espais i cultura material, així com per a seleccionar professorat i també per a limitar l'accés dels estudiants per raons de sexe, ètnia o classe social, i segons diferents nivells educatius. Les disciplines escolars relacionades amb la ciència són creades per aquest variat grup d'actors del sistema educatiu (professors, estudiants, societats acadèmiques, polítics, gestors, etc.) que no sempre comparteix punts de vista semblants quant als objectius de l'educació i a l'organització del currículum (Rudolph, 2008).

Altres historiadors de l'educació científica han reconstruït els debats respecte al paper creixent de la ciència dins de l'educació liberal durant el segle XIX, així com respecte a les reaccions crítiques contra la marginació del currículum clàssic (Donnelly, 2002). Les justificacions per a la inclusió de continguts científics han estat molt variades: el foment de les vocacions científiques, la competència tecnològica (per exemple, entre els EUA i la URSS durant la guerra freda), la millora de la valoració popular de la ciència o, fins i tot, l'exaltació dels valors patriòtics mitjançant la ciència i la tecnologia. Aquests objectius implícits de l'ensenyament de les ciències condicionen substancialment els continguts dels manuals, l'estructura disciplinar dels programes educatius, les pràctiques didàctiques i els mètodes d'avaluació. Són exemples del que John Rudolph anomena «efectes col·laterals» de l'ensenyament de les ciències, és a dir, una gran varietat d'idees i valors, habitualment no associats amb la ciència, però que circulen àmpliament per les aules de física, química i biologia: biaix de gènere, concepcions religioses i polítiques, així com visions de la natura de la ciència, la seva història i el seu paper social. L'ensenyament de les ciències també pot produir l'agreuament de les desigualtats socials, bé afavorint determinades formes de distribució del capital cultural que perpetuen la posició dels grups més poderosos o, ans al contrari, propiciant la mobilitat social mitjançant l'accés universal a l'educació i la igualtat d'oportunitats dins de les carreres científiques. Molts d'aquests ingredients i transformacions són invisibles per als protagonistes, en part perquè han estat prèviament naturalitzats per la pràctica educativa, sense que siga possible de vegades diferenciar-los d'altres continguts de les classes de ciències. La investigació històrica permet revelar aquests elements dins de contextos i moments particulars, així com mostrar la seva existència en l'actualitat (Bertomeu, 2015).

Formar professors

Hi ha, doncs, diferències importants pel que fa als marcs conceptuals i als objectius de recerca dels diferents grups acadèmics interessats per la història de la ciència a les aules. També hi ha moltes zones de contacte que permeten intercanvis productius, cada vegada més freqüents en els darrers anys. Amb els historiadors de l'educació centrats en l'educació primària i els historiadors de la ciència en la formació universitària, l'ensenyament mitjà és la principal àrea de convergència dels dos grups. Dins d'aquest nivell educatiu poden ser percebudes amb molta més facilitat les tensions entre els diferents objectius de l'ensenyament de les ciències abans esmentats: la formació general dels ciutadans o la reproducció de comunitats acadèmiques. Com a territori de frontera, els diferents models de formació del professorat de secundària també reflecteixen aquestes tensions. Al llarg del segle XIX, la formació inicial mitjançant les escoles normals (amb continguts més o menys semblants a la resta de mestres) va ser complementada o reemplaçada per l'ensenyament científic a les facultats de ciències (amb sabers més connectats amb el món acadèmic i universitari). Al llarg de tot el segle XIX, i fins a l'actualitat, han estat molt abundants els debats al voltant dels criteris i els procediments de selecció, les carreres professionals, els sabers pertinents i les destreses requerides.

La rellevància dels estudis històrics dins de l'ensenyament actual de les ciències permet obrir tot un nou ventall d'usos de la història dins de la didàctica de les ciències. De forma semblant a altres especialitats de la història, l'estudi del passat de l'ensenyament de les ciències permet disposar d'un referent extern, de vegades estrany i sorprenent, des del qual adquirir la perspectiva necessària per a pensar alternatives a models actuals, sovint presentats com a inevitables, únics o inalterables. La varietat de situacions del passat mostra els múltiples factors socials, polítics i culturals que condicionen l'activitat de les aules de ciència pel que fa a protagonistes, espais, continguts, materials escolars i plantejaments didàctics, tots ells aspectes que han canviat substancialment al llarg dels darrers segles. A més a més, l'estudi històric de l'ensenyament de les ciències pot aportar claus per tal d'enriquir l'actual debat amb un grup ampli de situacions i propostes, més o menys familiars o estranyes en les circumstàncies actuals. Aquesta línia de reflexió històrica permet proveir el professorat d'eines d'anàlisi per a participar activament en els debats respecte al paper de la ciència a les aules. Les antigues narratives històriques de l'ensenyament de les ciències no gaudeixen d'aquesta potencialitat didàctica, ni permeten fomentar el pensament crític dins de l'àmbit de l'educació; ans al contrari, han servit per a justificar la continuïtat de determinades pràctiques i institucions educatives. També pot aplicar-se aquesta conclusió a bona part de la història que es fa servir a les aules de ciències, moltes vegades desconnectada de les noves tendències de la recerca acadèmica, com les esmentades anteriorment. Paradoxalment, el creixement dels estudis d'història de la ciència durant les darreres dècades del segle XX, afegit a les noves tendències, espais acadèmics i formació dels professionals, ha provocat aquesta distància entre recerca històrica i didàctica de les ciències. El breu repàs anterior indica que la nova història de la ciència a les aules ofereix oportunitats per a disminuir aquesta distància i conformar vies de col·laboració que no han estat transitades anteriorment entre història i didàctica de les ciències. Per a continuar per aquest camí, és urgent la introducció de la nova història de la ciència dins de la formació del professorat de ciències i la creació de més espais de col·laboració per a trencar absurdes barreres i inèrcies acadèmiques.

Referències bibliogràfiques

- BENSAUDE-VINCENT, B. (2006), «Textbooks on the Map of Science Studies», *Science & Education*, **15**, 667-670.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2015), «Beyond Borders in the History of Science Education». A: ARABATZIS, T. et al. (eds.), *Relocating the History of Science*. Dordrecht, Springer, 159-173.
- BROCK, W. (1975), «From Liebig to Nuffield: a Bibliography of the History of Science Education», *Studies in Science Education*, **2**, 67-99.
- DONNELLY, J.F. (2002), «The humanist critique of the place of science in the curriculum in the nineteenth century, and its continuing legacy», *History of Education*, **31** (6), 535-555.
- GARCÍA BELMAR, A.; BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2010), «Palabras de química. Oralidad y escritura en la enseñanza de una ciencia experimental», *Cultura Escrita & Sociedad*, **10**, 107-148.
- MATTHEWS, M. (ed.) (2014), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Amsterdam, Springer Verlag.
- NIAZ, M. (2016), *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*, Dordrecht, Springer.
- OLESKO, K. (2006), «Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, & Future», *Science & Education*, **15**, 863-880.
- OLESKO, K. (2014), «Science Education in the Historical Study of the Sciences». A: MATTHEWS, M. R. (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht, Springer, 1965-1990.
- RUDOLPH, J. L. (2008), «Historical Writing on Science Education: a View of the Landscape», *Studies in Science Education*, **44**, 1, 63-82.
- SIMON, J. (2013), «Physics Textbooks and Textbooks Physics in the Nineteenth and Twentieth Centuries». A: BUCHWALD, J. Z.; FOX, R. (eds.), *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford, OUP, 651-678.
- SIMON, J. (2016), «Textbooks». A: LIGHTMAN, B. (ed.), *Companion to the History of Science*, New York, John Wiley & Sons, 402-413.
- VIÑAO, A. (2006), «La historia de las disciplinas escolares», *Historia de la Educación*, **31**, 225-242.
- WARWICK A.; KAISER, D. (2005), «Kuhn, Foucault, and the Power of Pedagogy». A: KAISER, D. (ed.), *Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives*, Cambridge, MIT press, 393-404.

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