

EL JUDICI D'IDEES AMB L'AJUT DE LA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA: UNA NOVA EINA EDUCATIVA

CARME ZARAGOZA DOMÈNECH;¹ JOSEP M. FERNÁNDEZ-NOVELL²

¹ IES CAN VILUMARA.

² DEPARTAMENT DE BIOQUÍMICA I BIOLOGIA MOLECULAR, UNIVERSITAT DE BARCELONA. IES ISAAC ALBÉNIZ.

Paraules clau: *controvèrsies, judici, història de la ciència, educació secundària*

History of science helps to take science on trial: a new educational tool

Summary: *Several scientific controversies have illustrated the history of science: the exceptionality of the Greek philosophers, the role of the medieval alchemists, Galileo Galilei vs Catholic religion (the relationships between science and religion), Lavoisier vs the theory of phlogiston, Lamarck vs Darwin's evolutionary theory, Pasteur vs spontaneous generation. The history of science offers many examples like these, which focused in the proper direction, can make science learning more attractive reinforcing the interest for science in secondary school students.*

Key words: *controversies, trial, history of science, secondary education.*

Introducció

Per millorar l'alfabetització científica del nostre jovent hem apostat per fer participar «La Història de la Ciència» en el procés d'aprenentatge de les ciències dins de les aules de secundària obligatòria (Fernández-Novell & Zaragoza, 2005 i 2006). Perquè la ciència i la seva història no siguin només un reguitzell de fets per a memoritzar, cal situar l'alumnat dins de cadascun dels diferents períodes en estudi, o sia, cal que

l'alumne/a mateix «visqui i compregui» aquella societat passada. Això vol dir que els estudiants hauran d'entendre com es vivia la ciència al segle v abans de la nostra era o al segle xv, entre d'altres. El nostre jovent ha de comprendre l'evolució del pensament d'aquelles societats, així com les estratègies emprades per a resoldre els problemes científics de cada època.

Als estudiants del segle xxi, tant de secundària obligatòria com postobligatòria, els ensenyem el mètode científic (vegeu xtec 1 i 2). Aquest està basat en l'observació, la hipòtesi i l'experimentació per arribar a defensar una teoria que només podrà ser modificada per nous descobriments i/o experiments. Tot això està força bé, però l'alumnat té la impressió que aquest mètode, emprat pels científics, es fa servir des de l'antiguitat i, per tant, des de sempre. Els científics i la gent relacionada amb els diferents camps de la ciència i la seva història sabem que això no és així, el mètode científic és recent, molt recent diríem. Recordem que durant molt de temps les «teories científiques» sorgien només del pensament i de la lògica sense el suport de l'experimentació.

L'evolució del pensament humà ha portat a defensar, en distintes èpoques, diferents interpretacions per a un mateix fet científic. La ciència, amb les seves teories i lleis, també ha passat, passa i passarà per un procés d'interpretació i reinterpretació carregat de polèmiques entre les diferents visions que poden aportar els científics.

Les polèmiques en ciència com un instrument educatiu

Algunes d'aquestes disputes les hem aprofitat per introduir el nostre alumnat a la història de la ciència. Cal indicar que una aproximació semblant ha estat emprada amb èxit en un curs de química de la UNED, a Madrid, com va explicar la doctora Soledad Esteban a la 2nd International Conference of the European Society for the History of Science celebrada a Cracòvia el setembre del 2006 (Esteban, 2006).

Desenvolupar aquesta nova eina comporta, per part de l'alumnat, intentar respondre algunes preguntes inicials com ara: «Com funciona la ciència? Com s'ha produït el progrés científic?».

Contestar la primera pregunta equival a saber com es construeixen les teories científiques. Fem aquí un petit parèntesi per exposar de forma sintètica aquesta part teòrica que cal explicar de forma clara i acurada a l'alumnat. Hi ha dos mètodes per construir les teories científiques: un és l'inductiu, amb una verificació impossible i, per tant, envoltat de molta probabilitat i a vegades de poca fiabilitat. L'altre, el deductiu, que ens mostra l'activitat científica com una «problemàtica» que el científic/a tracta de resoldre per mitjà d'una hipòtesi prèvia que caldrà contrastar amb l'experiència.

D'altra banda, per saber com s'ha produït i es produeix el progrés científic, la història sempre tossuda ens mostra que, en absència del mètode científic, constantment hi ha hagut una forta resistència a abandonar una determinada teoria científica preexistent que era «falsa» o «no correcta». També ens diu que els científics amb noves teories, aquests detractors de les teories errònies, sempre han estat perseguits físicament i/o intel·lectualment pels «de-

fensors de les idees institucionalitzades» de cada època. Que serveixi com a exemple la persecució d'en Galileu a mans de la Santa Inquisició per defensar la teoria heliocèntrica. Malgrat tot això, la ciència ha anat progressant i la seva aplicació en camps com la medicina i la farmàcia o l'agricultura i la predicció del temps o l'automoció i l'aeronàutica, fa que la nostra societat sigui una de les més avançades i gaudeixi dels progressos tecnicocientífics. Tota aquesta part teòrica s'ha portat a la pràctica en el moment en què cada alumne/a ha començat a treballar en la seva part específica dins de l'experiència global.

Entrem de ple en l'assaig

Des del curs 2005-2006, en què es va començar aquesta experiència, es fa un simulacre de judici a algunes de les idees/teories científiques que han presentat certa polèmica en el si de la ciència. Sempre són algunes d'aquelles que en sorgir estaven enfrontades a les «creences científiques del moment».

S'ha realitzat amb l'alumnat de 4t d'ESO, dins de la matèria de ciències de la naturalesa i, concretament, a les classes de física i química. Aquesta experiència educativa que es porta a terme en començar el curs té una durada aproximada d'un mes i està inclosa en la memòria de la matèria (currículum del nostre centre). La història de la ciència ens permet conèixer els aspectes socials, culturals i econòmics del període que estem explicant a classe i, a partir d'aquí, estudiar i entendre la influència d'aquests aspectes sobre l'activitat científica del moment.

Debats

Algunes de les polèmiques que hem seguit són:
— Visió pseudocientífica o religiosa: <i>Els fenòmens del llamp, el tro i el foc a l'edat de la pedra</i>
— El paper de l'islam en la història de la ciència: <i>El 0 apareix a les matemàtiques</i>
— La ciència medieval amb els alquimistes: <i>La recerca de la pedra filosofal fa avançar la ciència</i>
— La Terra era el centre de l'Univers fins que va ser desplaçada pel Sol: <i>Galileu s'enfronta a la Santa Inquisició</i>
— La química, en Lavoisier i la combustió: <i>La teoria del flogist s'esvaeix enfront Lavoisier</i>
— L'origen de la vida i l'evolució entren en escena: <i>Encontres i desencerts entre Lamarck i Darwin</i>

— L'origen de la vida i la generació espontània: <i>Pasteur i la pasteurització desterren aquesta teoria</i>
— Polèmiques actuals, què necessitem saber per poder opinar? <i>Les cèl·lules mare, les plantes transgèniques...</i>
... La història de la ciència està farcida d'aquestes i altres controvèrsies.

L'experiència es porta a terme amb l'alumnat de 4t d'ESO perquè alguns d'ells/elles ja no estudiaran més ciència, si més no de forma obligatòria, ja que n'hi ha que deixaran els estudis, d'altres seguiran estudis relacionats amb ciències socials i uns pocs seguiran estudis científics. L'objectiu és que aquest alumnat s'interessi més per l'àmbit científic i copsi la importància i la interrelació entre la ciència i la seva història. Volem que el nostre jovent vegi i entengui les estratègies emprades per a resoldre alguns dels problemes científics i tècnics que s'han plantejat al llarg de la història.

Metodologia

Dins de la classe mateixa es formen tants grups de treball com discussions es realitzin. Cada grup està compost per alumnes que defensen una determinada posició, teoria i/o científic/a, i s'enfronten a uns altres, detractors dels primers; a més a més, uns tercers resumiran tot el judici, ja que són els periodistes. Aquests últims posaran els judicis en el diari que es publica dins de la setmana de la ciència del mateix centre.

Les explicacions inicials sobre aquest projecte donades per part del professorat són molt necessàries per a engrescar la participació de tothom. És molt important que treballi tot el grup, i per això s'han de sentir implicats en l'experiència. És per aquest motiu que l'alumnat mateix distribueix els diferents rols i tasques que tots han de fer (només els cal una mica d'orientació per part del professorat).

Després de preparar els personatges i/o teories científiques, amb l'ajut de llibres d'història de la ciència (Asimov, 1985; Esteban, 2001; Lozano, 2005; Taton, 1989) i d'Internet, s'obre un procés de correcció per part del professorat. Finalment, i després d'importantes discussions sobre què explicar, què representar i com fer-ho per obtenir el millor resultat, s'escenifiquen els judicis amb la intenció de deixar clares a tota la classe preguntes com:

— Quina importància va tenir el descobriment del foc? Per què els sacerdots dels antics déus eren tan importants?

— Què era l'àtom segons els grecs? L'estructura de la matèria i els elements que la formen són ara els mateixos que els que creien els grecs? Per què?

— La Terra gira al voltant de Sol? És el Sol i els planetes els que giren al voltant nostre? Per què l'Església no va acceptar Galileu fins al segle xx?

— Què és la generació espontània? Per què la defensava Aristòtil si avui sabem que no és veritat? Quan es rebutja aquesta teoria i qui?

— Què van aportar al desenvolupament de la ciència els alquimistes? Per què només se'ls veu com a bruixots?

— Semblances i diferències en les teories evolucionistes de Lamarck i de Darwin. Realment som parents de les mones?

Per raons d'espai, tot i que al llarg del curs 2006-2007 es van dur a terme sis «polèmiques» extretes de les mostrades en el quadre anterior, aquí només en presentarem tres. Aquestes pertanyen a àmbits diferents de la ciència. Per ordre cronològic, són: la figura de Galileu i el sistema heliocèntric sota el mantell de la física, Lavoisier i la teoria del flogist dins del camp de la química i, finalment, la figura de Pasteur i la teoria de la generació espontània relacionada amb el camp de la biologia. Creiem que aquests tres moments de la història de la ciència són prou il·lustratius de la finalitat que cerca aquesta experiència. Depenent del tipus d'alumnat a qui s'adreci, del lloc geogràfic del centre, de les seves connotacions històriques i d'altres circumstàncies, és evident que es poden emprar de forma satisfactòria aquests i altres exemples sobre polèmiques científiques.

Galileu, Lavoisier i Pasteur

Cal donar la importància necessària a cada grup d'alumnes (defensors, detractors i periodistes). Cal que tot el grup estigui implicat en l'experiència, i perquè els estudiants se sentin més còmodes, en aquesta visió de la ciència que és totalment nova per a ells, és essencial entendre i donar suport a les representacions escollides per l'alumnat. La figura d'un científic o una teoria pot estar representada per més d'un alumne/a, en el mateix judici i en el mateix moment, si estan interessats/des a fer-ho.

Per aquesta raó, durant el curs 2006-2007, la figura de Galileu l'han representat tres alumnes a la vegada, dos nois i una noia (el curs 2005-2006 va ser representat per un noi i una noia). La defensa del model geocèntric l'han portat un noi i una noia (el curs 2005-2006 el van defensar dos nois). Dues noies i un noi han representat els periodistes que, per a escriure els resums, cal que preparin les preguntes a fer i entenguin les respostes donades en el «judici». Aquest últim punt és valuós perquè els dubtes sobre les explicacions proposades en cada judici són presentades pel mateix alumnat, mentre que el professorat només actua com a moderador de tot el que va succeint.

Aquest esquema s'ha repetit en tots els judicis. El curs 2006-2007 un noi i una noia van fer de Lavoisier, mentre que dues noies defensaren la teoria del flogist i dos nois i una noia feien de periodistes. Finalment, dos nois van fer de Pasteur, tres noies defensaven la teoria de la generació espontània i dos nois més van resumir el judici com a periodistes.

Exposició de les idees d'aquests tres judicis

En la defensa de les seves idees (de suport o de rebutj), l'alumnat només pot emprar el saber emmagatzemat en el moment històric en el qual es desenvolupà la polèmica. Poden emprar explicacions acompanyades de fotografies, esquemes..., però mai a partir dels coneixements

ments actuals. Heus aquí algunes de les idees i del material que s'han fet servir: el telescopi i les llunes de Júpiter en el cas de Galileu; «L'augment de pes del metall oxidat, mesurat per Lavoisier, s'enfrontà a la teoria del flogist» i «El material esterilitzat va ajudar en Pasteur a acabar amb la teoria de la generació espontània».

Científic que rebutjà la teoria errònia. Idees i estris per defensar-ho.	Teoria errònia fins aquell moment. Idees i estris per defensar-ho.
GALILEU	MODEL GEOCÈNTRIC
Idees de Copèrnic. Telescopi. Llunes de Júpiter. Taques solars.	Idees d'Aristòtil. Bíblia. La Terra és l'element més pesant.
LAVOISIER	TEORIA DEL FLOGIST
Aplicació del mètode científic. Balança. Combustió = oxidació.	Un element sense massa. Oxidació i reducció de metalls.
PASTEUR	LA GENERACIÓ ESPONTÀNIA
Una granota prové d'una altra granota. Esterilitzar el material. Pasteurització.	Receptes d'Aristòtil. Els microbis com a exemple.

Després dels judicis, cal fer l'avaluació de l'experiència educativa. Aquesta valoració és del tot necessària per a augmentar la motivació inicial de l'alumnat, per a enfortir el seu aprenentatge i per a certificar els seus avenços. L'avaluació consta de dues parts: una primera individual, en la qual s'avaluen els conceptes adquirits i la seva predisposició, i una de col·lectiva (de cada grup de treball). L'alumnat ha contestat un qüestionari per valorar l'abast de la història de la ciència en aquest aprenentatge.

Resultats i conclusions

Els resultats d'aquesta experiència educativa sobre la història de la ciència tenen dues interpretacions: una per part del professorat i l'altra, de l'alumnat. Ambdues, diferents, però no excloents, sinó que una complementa l'altra.

Així, segons expressa el professorat:

- Millora la interacció del grup.
- Canvia molt positivament el comportament, la implicació i la dedicació de l'alumnat en les sessions de laboratori (física i química i de ciències naturals).
- L'alumnat aprèn a discutir i defensar diferents punts de vista en públic.
- Augmenta la participació en la setmana de la ciència.

Mentre que de l'enquesta a l'alumnat s'extreu:

- La ciència i els resultats que semblen incongruents amb la «ciència oficial actual» a la llarga poden ser correctes.

— La imaginació per a desenvolupar nous experiments és important per a aportar noves dades per a construir noves teories.

— Les polèmiques en ciència sempre porten a nous avenços.

— Més del 90 % de l'alumnat tornaria a realitzar l'experiència.

— Més del 75 % de l'alumnat assegura que amb la història de la ciència ha après a entendre i a apreciar més la ciència.

Arran d'aquests resultats i, tot i tenir alguna veu en contra, nosaltres continuem reivindicant més presència de la història de la ciència dins les classes de ciència a l'ensenyament de secundària obligatori i postobligatori

Bibliografia

ASIMOV, I. (1985), *Nueva guía de la ciencia*, Barcelona, Plaza & Janés.

ESTEBAN, S. (2001), *Introducción a la historia de la química*, Madrid, UNED.

— (2006), «Liebig and Wöhler and the Concept of Isomerism», comunicació (no publicada) presentada al *Symposia on the History of Science and Education, 2nd International Conference of the European Society for the History of Science* (Cracòvia, 2006).

FERNÁNDEZ-NOVELL, J. M.; ZARAGOZA, C. (2005), «És possible aprendre/ensenyar ciència ajudats de la història de la ciència». A: GRAPÍ, P.; MASSA, M. R. (ed.), *Actes I Jornada sobre la Història de la Ciència a l'Ensenyament Antoni Quintana Mari* (Barcelona 2003), Barcelona, SCHCT, 49-53.

— (2006), «Joves actors en la història de la ciència». A: BATLLÓ, J. et al. (ed.), *Actes VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica (Mallorca 2004)*, Barcelona, SCHCT, 609-613.

LOZANO, M. (2005), *De Arquímedes a Einstein*, Barcelona, Debate.

TATON, R. (ed.) (1989), *Historia general de las ciencias*, Barcelona, Destino.

Pàgines web

xtec 1: <www.xtec.es/estudis/eso/curriculum_eso.htm>

xtec 2: <www.xtec.es/estudis/batxillerat/curriculum_bat.htm>