La relació entre ciència, tecnologia i societat als llibres de text de ciències i tecnologia de batxillerat

Santiago Tomàs i Justribó
Universitat Oberta de Catalunya

Resumen

Desde su aparición, los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se han interesado por la educación, concebida como la clave para que los ciudadanos del mañana puedan intervenir en los debates sobre el futuro de la tecnociencia. En España, los temas de CTS, desde la implantación de la reforma educativa, están presentes en las programaciones de la enseñanza secundaria. Pero el análisis de los libros de texto de bachillerato usados en Cataluña muestra como en ellos coexiste una visión determinista de la ciencia i la tecnología —pensadas como entidades con una lógica de desarrollo propio, independiente de la realidad social— con una concepción neutralista, que entiende la tecnociencia como una simple herramienta que la humanidad puede usar de forma correcta o incorrecta. El estudiante recibe la impresión de que la ciencia y la tecnología configuran la realidad social pero que son, ellas mismas, independientes de la sociedad.

Palabras clave: Educación, ciencia, tecnología, sociedad.

Abstract

Since they appeared, the studies of Science, Technology and Society (STS) have been interested in education as the key to help the citizens of tomorrow to participate in the discussions dealing with the future of technoscience. In Spain, the STS subjects became part of the secondary school programmes since the educational reform. Nevertheless, the analysis of the text books used in Catalonia shows that a deterministic vision of science and technology —both of them thought as entities with their own logic of development, independent from social reality— coexists with a neutralistic conception, which considers technoscience as a basic tool that can be used by humanity either in a correct or an incorrect way. The student has the perception that science and technology shape the social reality, but that are somehow independent from society.

Keywords: Education, science, technology, society.

Introducció

Des de l'aparició, ja fa unes tres dècades, de les modernes investigacions sobre ciència, tecnologia i societat, un dels camps als quals s'ha parat més atenció és el de l'educació. Aquest fet es pot

entendre com una conseqüència directa de la naturalesa mateixa dels estudis de CTS. Si aquests estudis van néixer amb la voluntat de substituir la concepció racionalista clàssica de la ciència i iniciar l'anàlisi interdisciplinar de les relacions entre la ciència i la tecnologia, d'una banda, i els diversos fets socials, de l'altra, en el decurs del seu desenvolupament han acabat mostrant aquests tres àmbits —la ciència, la tecnologia i la societat— com un constructe en què tots els elements es coimpliquen: com un teixit sense costures (*seamless web*), segons la metàfora que ha fet fortuna. Així doncs, la ciència i la tecnologia no poden ser compreses com a monstres autònoms, amb una lògica pròpia de desenvolupament, però tampoc com a meres eines a disposició de la societat, que hi recorreria per satisfer les seves necessitats i resoldre el problemes que la natura li planteja. En realitat, els moderns enfocaments constructivistes entenen que no es pot fer cap distinció a priori entre allò que seria científic, tecnològic o social: la distinció mateixa entre aquests tres àmbits —com també, per exemple, la distinció entre allò social i allò natural— és ja el resultat de l'acció dels diversos factors que concorren en la conformació d'aquest teixit sociotecnocientífic.

No costa gaire de sospitar que els plantejaments actuals en l'àmbit de la CTS tenen profundes conseqüències que, seguint Eduard Aibar (2001), es poden anomenar polítiques: presentar el desenvolupament cientificotecnològic com un procés autònom implicaria haver d'acceptar els seus productes amb resignació, ens semblin més o menys atractius; si a més penséssim que aquesta evolució de la ciència i la tecnologia determina la realitat social, hauríem de plegar-nos, també, a un únic model de societat futura. Però, si se segueixen les propostes dels actuals estudis de CTS, es pot creure que hi ha alguna possibilitat de triar el desenvolupament cientificotècnic i, també, de pensar com es vol que sigui la societat i la humanitat del futur. I aquest és, en fi, el motiu de l'interès dels estudis de CTS per l'educació: si es pot generar a l'ensenyament primari i secundari una comprensió de la ciència i la tecnologia que no les presentin ni com a camins que tenen una única direcció impossible de modificar, ni com a meres eines a les quals la humanitat simplement recorre quan en té necessitat, potser estarem posant les bases del que es podria presentar com una societat molt més profundament democràtica.

Es tracta, per exemple, que els ciutadans puguin intervenir d'una manera més activa en els debats i en la presa de decisions sobre les opcions que la societat ha de prendre pel que fa a les innovacions científiques i tecnològiques, ja sigui el desenvolupament de l'energia nuclear, un transvasament d'aigua, el desenvolupament de tècniques de clonació o, si es vol, l'organització del sistema de la Seguretat Social o la política monetària. Com adverteixen Collins i Pinch (1996), això no vol dir només que calgui pensar que els ciutadans han de saber molt més de ciència, perquè així podran prendre en cada cas la decisió més adequada: és ben fàcil de constatar que sobre qualsevol tema objecte de debat es poden trobar especialistes que defensen posicions contràries. El que es pretén és que els ciutadans tinguin consciència que el futur de la ciència, la tecnologia i la societat no està escrit i que els experts en les diverses branques de la ciència i la tecnologia no són els únics profetes d'aquest futur. Es tracta, en definitiva, d'evitar que científics i tecnòlegs facin el paper dels reis-savis de *La República* de Plató, destinats a establir els designis de la *polis* pel fet que se suposa que són els únics a conèixer què és la justícia, és a dir, què és el que li cal i el que no li cal a la societat. Si es conceben les coses d'aquesta manera, és a dir, si es pensa que no hi ha un únic camí per a la tecnociència, caldrà arribar a la conclusió que no es tracta només que els ciutadans sàpiguen més ciència, sinó, sobretot, que sàpiguen més "sobre" la ciència o, si es vol, que ho sàpiguen d'una altra manera. És per això que aquells que s'han interessat pels estudis sobre CTS sempre han percebut l'educació com un camp fonamental per a la seva actuació.

En definitiva, l'objectiu seria portar a l'àmbit educatiu el que José L. Luján i José A. López (1996) anomenen el *sil·logisme CTS*; s'hi podria fer alguns matisos, però aquest autors ho expressen així:

— La innovació i el desenvolupament tecnocientífic és un producte social, vinculat a molts diversos factors: culturals, polítics, econòmics, cognitius… No hi ha una única lògica interna del desenvolupament tecnocientífic a la qual només els experts tindrien accés.

— La política cientificotecnològica és un assumpte públic de primera importància, ja que és un factor que contribueix a modelar les nostres formes de vida.

— Compartim un compromís democràtic bàsic.

— Per tant, caldria promoure l'avaluació i el control social del desenvolupament cientificotècnic, cosa que significa, d'una banda, aconseguir que l'educació proporcioni els fonaments per a

una participació pública ben informada i, de l'altra, construir mecanismes de participació en la presa de decisions.

Als Estats Units i a diversos estats europeus, com ara el Regne Unit i els Països Baixos, reflexions com les anteriors van conduir al fet que, des de final dels setanta, els programes CTS fossin presents, d'una forma o una altra, en l'educació. A Espanya el camí ha estat molt més lent. Assenyalen també José L. Luján i José A. López (1996, 247) que aquest retard es pot explicar a partir de l'evolució política espanyola de les darreres dècades. Des dels anys seixanta, als països del nostre entorn, els moviments crítics vinculaven les seves protestes a la crítica a la tecnologia i l'industrialisme; hi havia un neguit per portar els plantejaments democràtics a la ciència i la tecnologia o, si més no, a les polítiques científiques i tecnològiques dels diversos estats. Però a Espanya hi havia urgències molt més immediates: es tractava, simplement, de fer possibles unes mínimes condicions i garanties democràtiques. Així doncs, a l'estat espanyol, fins a la implantació de la LOGSE, la presència de continguts CTS a l'ensenyament es reduïa, si de cas, als plantejaments concrets que algun professor pogués fer i a alguna al·lusió escadussera als impactes ambientals en els llibres de text. Des del 1990, amb la publicació, i posterior aplicació gradual, de la Llei d'Ordenació General del Sistema Educatiu (LOGSE), el panorama, sense patir cap capgirament espectacular, ha anat canviant. Precisament, l'objectiu d'aquest escrit és valorar, en algun aspecte concret, quina és la situació dels estudis de CTS a l'ensenyament a Catalunya.

Però fer una anàlisi completa de la presència dels continguts CTS a l'ensenyament al nostre país requeriria elaborar un autèntic llibre blanc. Aquest escrit per força s'ha de limitar a només una peça de tot l'engranatge. El tema serà el tractament de qüestions de CTS als llibres de text de batxillerat que s'usen a Catalunya de les matèries anomenades habitualment "de ciències", és a dir, de les modalitats de Ciències de la Naturalesa i de la Salut i de Tecnologia. Per això s'ha partit de l'anàlisi de cinquanta llibres de text de les assignatures d'aquestes modalitats i s'hi ha observat, especialment, com s'hi presenten les relacions entre la societat, la ciència i la tecnologia, tant quan es parla d'aquestes relacions de forma explícita, com quan s'hi fa referència de forma implícita.

L'organització dels continguts CTS als llibres de text

Hi ha un cert acord a classificar les diferents formes d'introduir el tractament dels temes CTS a l'ensenyament en tres grups (Kortland 1992, 6 i ss.; Luján López i López Cerezo 1996, 228; Waks 1990, 62). En primer lloc, es poden introduir temes de CTS en els programes d'altres assignatures, especialment de ciències i tecnologia: és el que Waks i Luján López i López Cerezo anomenen *empelts CTS*. En segon lloc, es pot enfocar la ciència des d'una perspectiva CTS. Finalment, es poden introduir estrictament estudis o assignatures de CTS. D'aquestes possibilitats, l'actual ordenació del batxillerat a Catalunya ja en descarta una: la de l'existència d'assignatures de CTS. Efectivament, mentre que a diverses comunitats autònomes està prevista la presència d'una matèria optativa tipificada anomenada Ciència, Tecnologia i Societat, a Catalunya aquesta matèria no està programada. És clar que tots els centres poden crear matèries optatives i és cert que hi ha algunes escoles que, també a Catalunya, ofereixen CTS com a assignatura als seus alumnes. Però, en tot cas, són casos relativament aïllats que depenen de la iniciativa del centre i de la resposta dels alumnes.

Tenint en compte això, els llibres de text que actualment es fan servir a Catalunya de les matèries de les modalitats de batxillerat de Ciències de la Terra i del Medi Ambient i de Tecnologia es podrien catalogar en dos grans grups quant al seu tractament del temes de CTS: d'una banda (1) hi hauria el grup —reduït— de llibres que s'organitzen al voltant de temes que es poden relacionar amb els estudis de CTS, encara que no estiguin exactament concebuts des de la perspectiva d'aquesta mena de plantejaments; de l'altra (2), aquells en què els continguts relacionats amb els estudis de CTS apareixen de forma més o menys esporàdica, però sense determinar la manera tradicional de presentar la ciència.

1) Quant a la possibilitat d'estructurar els llibres de text al voltant de continguts de CTS, tal vegada una forma de fer-ho seria organitzar l'obra a partir dels continguts actitudinals, tot i que això comportaria el perill d'identificar els problemes que pot ocasionar la tecnociència amb una qüestió únicament de valors. De tota manera, cap dels llibres observats no ho fa. En realitat, probablement gairebé tots els llibres de text de batxillerat, de qualsevol matèria, editats a

Espanya s'ordenen en funció dels continguts conceptuals i, en casos molt concrets, es dóna un pes important als continguts procedimentals, però no sembla que cap editor estigui disposat a assumir el risc d'organitzar una obra al voltant de les actituds, els valors i les normes que determina la programació oficial.

Ara bé, els llibres que s'estructuren, en cert sentit, amb relació a continguts CTS són, especialment, els de Ciències de la Terra i del Medi Ambient: el programa mateix d'aquesta assignatura, que no respon de forma específica a cap de les branques tradicionals de la ciència, tendeix a conduir a unes formes més innovadores de plantejar la matèria. No vol dir això que pretenguin oferir una visió de la ciència o la tecnologia radicalment diferent de la tradicional, però succeeix que tots els llibres de text d'aquesta matèria es tanquen, a manera de conclusió, amb crèdits dedicats al desenvolupament sostenible, on es proposen reflexions, mesures i solucions als problemes mediambientals, de creixement de la població, de gestió de residus i recursos i de relació nord-sud; en realitat, en els llibres d'aquesta assignatura, tota l'obra va encaminada a aquesta mena de conclusions.

D'altra banda, es podria observar que cap de les obres de Biologia i Geologia o de Física i Química —assignatures que, aparentment, pel fet de ser molt més generals i menys especialitzades que les altres, podrien servir per a parlar més "sobre" la ciència— aprofita la possibilitat d'organitzar-se a partir de temes pensats per tal que els alumnes vagin exercint el seu futur paper com a ciutadans participatius. De fet, alguna de les obres de Biologia i Geologia es troba entre les que presenten una absència gairebé total de continguts CTS[i].

2) A la resta de llibres, la presència d'elements relacionables de forma explícita amb els estudis de CTS és més aviat esporàdica i, en cap cas, no condiciona l'estructura i els plantejaments generals de l'obra. Podríem descobrir diverses possibilitats, que no són pas excloents, sinó que, en moltes obres, poden compaginar-se:

   a) En algunes ocasions apareixen, ja sigui a cada unitat o només en algunes, textos o apartats, independents del fil d'argumentació del tema, que plantegen qüestions més o menys vinculades amb els plantejaments de CTS. També es podria fer notar la presència, en nombrosos llibres, d'apartats separats amb resums d'història de la disciplina concreta, biografies de científics o amb relats de com es va produir un descobriment científic o una innovació tecnològica.

   b) A vegades hi ha temes o unitats, o apartats d'aquestes unitats, de contingut CTS o bé d'epistemologia. Hi ha un bon nombre obres, per exemple, que s'inicien amb una unitat que planteja què és la ciència i què és el mètode científic i que fan algunes reflexions sobre l'activitat científica. El llibres de Biologia o de Biologia i Geologia incorporen sovint unitats o apartats sobre les implicacions socials i ètiques de la biologia o la biotecnologia i sobre la relació entre l'activitat humana i els medis naturals, alguns amb uns títols tan explícits com ara "La terra no pertany a l'home" (Domingo, Grau, Manuel, Molina i Nuel 1999) o "La organización y gestión de la ciencia (Escarré i Equip Oikos 1996).

   c) Finalment, és clar, es podria parlar de continguts CTS que són implícits als textos o que, d'una manera més explícita, es fan a propòsit dels temes dels quals s'està tractant. Cal tenir present, a més, que qualsevol llibre de text ofereix, s'ho proposin o no els autors, una determinada visió del que és la ciència i la tecnologia a través de la forma de presentar els seus continguts.

Visions de la ciència i la tecnologia i del mètode científic

Molts dels llibres de les modalitats de Tecnologia i de Ciències de la Naturalesa i de la Salut de batxillerat comencen amb unitats dedicades a plantejar què és la ciència i el mètode científic. En altres casos, la concepció de la ciència és implícita en el text del llibre. En ocasions s'explica el mètode científic només a partir d'alguna adaptació del que Galileu anomenava el *mètode de resolució i composició*, és a dir, del *mètode hipoteticodeductiu*, però es podria dir que, en pràcticament tots els casos, la interpretació de la ciència que s'ha transformat en canònica als llibres de text de batxillerat és la de Popper i, a vegades, la de Khun. Això vol dir que s'afirma que un enunciat és científic si és susceptible de ser falsat, es crida molt sovint l'atenció de l'alumne sobre la provisionalitat de les

afirmacions científiques, s'afirma que allò que ara ens sembla evident en el futur pot ser tingut per fals (Peña i García 1996, 46) i es fan afirmacions del tipus que ningú no posseeix la veritat absoluta[ii] o que les teories científiques són les millors disponibles en un moment històric concret[iii]. De tota manera, també, en alguna ocasió, es transmet la idea que el mètode científic no és un camí del tot clar i definit i que no en tots els casos la investigació científica segueix un curs rigorosament establert[iv]; seria aquesta una idea que, en realitat, no és pas contrària a les tesis de Popper, però sí, en tot cas, a la interpretació més escolar d'aquest autor.

Es podria fer notar la congruència general d'aquests plantejaments amb les conclusions a què arriben Mulkay i Gilbert (1994, 205-220) quan estudien la influència del discurs de Popper en la pràctica científica: aquestes autors expliquen que les pràctiques reals dels científics tenen ben poc a veure amb les regles popperianes, però que, tanmateix, la concepció que Popper va oferir del funcionament de la ciència és usada sovint com a forma de legitimació dels processos científics d'investigació. De la mateixa manera, ja a l'ensenyament secundari, els mecanismes bàsics de legitimació del coneixement científic són els proposats pel filòsof austríac.

En definitiva, doncs, es podria afirmar que es tracta d'oferir una visió desmitificadora de la ciència, ja que s'insisteix en el fet que, contra la intuïció inicial habitual dels alumnes de Batxillerat, no s'ha d'identificar "científic" i "veritable"[v]. Però, en tot cas, es presenta una concepció de la investigació científica i tecnològica que l'explica pràcticament només a partir d'una lògica interna de desenvolupament i que la vincula molt escassament a la realitat social o cultural en la qual es produeix. Breu: la concepció de la ciència que s'ofereix als alumnes procedeix de la tradició epistemològica contemporània, però en absolut de la sociologia o de l'antropologia del coneixement científic o dels estudis de CTS.

La relació entre la societat i la tecnociència

L'afirmació anterior implica que relativament poques vegades —i en casos concrets— els llibres de text de batxillerat fan referència al context en què es va produir el descobriment científic o en què es va desenvolupar l'aparell tecnològic del qual es parla. O, dit d'una altra manera, malgrat alguna declaració d'intencions en sentit contrari, són poques les ocasions en què l'alumne es pot assabentar de la relació entre una societat o cultura, una situació econòmica o política, una trajectòria biogràfica i un producte científic o tecnològic. A més, a vegades, quan es fa explícita la influència del context social, polític o econòmic en la ciència o en la tecnologia, es fa per explicar les causes d'una falsa creença o d'una afirmació tinguda després per errònia. És el cas, per exemple, dels relats que es fan sobre la resistència que van trobar Copèrnic i Galileu per a imposar el model heliocèntric, o, un exemple encara més significatiu, de la defensa per part de Lysenko de l'afirmació que els caràcters adquirits es poden transmetre: es diu que aquesta opinió no hagués tingut cap mena de transcendència si no hagués estat per l'amistat entre Lysenko i Stalin, ja que Lysenko hauria produït les seves teories condicionat ideològicament per les doctrines del Partit Comunista, que rebutjava la idea de la selecció natural en veure-hi una projecció a l'àmbit de la biologia de les idees liberals i capitalistes[vi]. A vegades es proposa la vanitat o la falta d'escrúpols d'algun científic com a origen d'alguna falsa afirmació, com quan s'explica la història de René Blondot, que, el 1903, per tal d'anunciar el descobriment d'un nou tipus de radiació, els raigs N, va manipular els instruments del laboratori[vii]. En definitiva, a la manera de la sociologia clàssica del coneixement —a la manera mertoniana, si es vol— hi ha una certa necessitat de buscar l'explicació social de l'error, però no pas de les afirmacions tingudes per certes; hi ha, en definitiva, una visió asimètrica que tendeix a buscar causes socials o psicològiques per a les afirmacions que són tingudes com a falses per la ciència, però que no veu cap motiu per a relacionar les afirmacions que són tingudes com a certes amb el context en què es van produir.

Bruno Latour, a *Ciència en acció* (1992, 23), anomena *modalitats positives* els enunciats que allunyen una afirmació de les seves condicions de producció, mentre que les *modalitats negatives* serien els enunciats que porten una afirmació en direcció oposada, és a dir, cap a les seves condicions de producció, i expliquen en detall per què és sòlida o dèbil. En els llibres de text de batxillerat, és interessant d'observar en quins casos es fa referència a les condicions de producció d'una afirmació i quan no s'hi fa referència. En el primer cas l'alumne percep algun lligam entre la societat o, si més no, un personatge històric, i la ciència o la tecnologia. En el segon cas l'afirmació és vista com un fet, i prou: com diu Latour, podria haver estat escrita per Déu juntament amb els Deu Manaments. És a dir,

no és el mateix, quant a la percepció del vincle que s'estableix entre la societat i la ciència, la primera que la segona de les afirmacions següents:

a) Segons la teoria de la selecció natural, notablement influïda per l'obra de Malthus, les poblacions tendeixen a augmentar en progressió geomètrica, cosa que fa que cada vegada l'aliment sigui més escàs i sigui més difícil la vida en comunitat.

b) El daltonisme i l'hemofília són dues malalties causades per al·lels recessius d'un gen situat al cromosoma X.

A partir de constatacions semblants, tot i que amb una intenció una mica diferent, Latour i Steve Woolgar, a *La Vida al laboratori* (1995, 89-96), classificaven en cinc grups els enunciats que es podien trobar en els textos científics, en funció de com juguen amb els modalitzadors. Tractaven d'observar els dispositius retòrics desplegats en articles i comunicacions científiques que fan que uns enunciats apareguin com a més "fàctics" que uns altres. El enunciats del tipus 5 serien aquells que no necessiten explicació perquè corresponen a fets que es donen per establerts i sabuts de tothom; aquest tipus d'enunciats, en realitat, normalment ni tan sols es fa explícit. Un exemple seria l'assumpció, ja present als llibres de batxillerat, que l'aigua és H_2O.

Enunciats de tipus 4 serien les expressions que, a diferència de les anteriors, es veu necessari de fer explícites, tot i que es donen com a fets sostrets a qualsevol polèmica. En podria ser exemple la següent:

c) La diferència de potencial entre dos punts d'un conductor metàl·lic és directament proporcional a la intensitat de corrent que hi circula.

Els enunciats de tipus 3 són proposicions que contenen enunciats sobre altres enunciats, de manera que l'afirmació que es fa apareix modalitzada per expressions del tipus "es creu", "se suposa", "se sospita":

d) A la Terra, se suposa que els corrents ascendents de material més calent originen el trencament dels blocs continentals, la sortida de materials de l'astenosfera i, finalment, l'expansió del fons dels oceans.

Serien enunciats de tipus 2 aquells que contenen modalitats que centren la seva atenció en la generalitat de l'evidència disponible o en l'absència d'aquesta: sembla que es faci més esment de les circumstàncies que modalitzen la relació bàsica que s'expressa, que no pas d'aquesta mateixa relació bàsica. A vegades són suggeriments o hipòtesis per a posteriors investigacions. Serien expressions del tipus:

e) Malgrat que hi ha observacions que afavoreixen aquesta hipòtesi, com, per exemple, que les plaques amb zones de subducció molt desenvolupades (la placa Pacífica) es mouen a velocitats més grans que les plaques que estan mancades d'aquestes zones, no s'ha trobat cap correlació entre l'extensió de les zones de subducció i la velocitat de les plaques.

Finalment, els enunciats de tipus 1 serien conjectures o especulacions. De fet, apareixerien sobretot en converses privades o en les discussions dels articles:

f) Hi ha la possibilitat que els xerpes hagin sofert una mutació, de manera que s'hagi modificat el metabolisme energètic del cor i del cervell.

Naturalment, com assenyalen Latour i Woolgar, als llibres de text, a diferència del que succeeix als articles científics, els enunciats més freqüents són els de tipus 4, seguits dels de tipus 3 i 2. Els enunciats del tipus 1 són escassíssims, tot i que tots els exemples que s'han citat han estat extrets de llibres actualment en ús a Catalunya.

Latour i Woolgar, però, analitzaven els articles o informes científics amb la voluntat d'establir una mena de gradient de facticitat, com ho expressa Eduard Aibar (2000*a*, 150), que indiqués la mesura en què un enunciat ha arribat a l'estatus desitjat de fet científic sòlid. En les seves comunicacions especialitzades, l'esforç prioritari dels científics és aconseguir que les seves afirmacions augmentin el grau de facticitat. El problema és prou diferent quan parlem de llibres de text o manuals. Als llibres de text de batxillerat, és clar, el grau de facticitat amb què apareixen les diverses explicacions és gairebé

sempre alt: per això dominen els enunciats de tipus 4. Però el que interessaria seria establir fins a quin punt els enunciats o, de forma més general, els discursos que apareixen en els llibres, vinculen les afirmacions que fan amb les seves condicions de producció, és a dir, amb el context social, econòmic, polític, cultural o, fins i tot, biogràfic, en què van ser produïdes. Podríem parlar, en aquest sentit, d'establir una mena de gradient de vinculació d'un enunciat o explicació al seu context de producció, que aniria des del que Latour, a *Ciència en acció*, anomena modalitats positives —aquelles en les quals no hi ha referència a les condicions de producció de l'enunciat— a les modalitats més negatives —aquelles en què es fan molt explícites les condicions de producció.

De tota manera, la referència al context o les condicions de producció d'un descobriment o invent no té sempre el mateix valor. Tenint en compte la tendència a l'anàlisi asimètrica de les relacions entre societat i ciència i tecnologia que ja hem dit que es troba subjacent a tots els llibres de text de batxillerat, és a dir, la tendència a entendre que la societat o la cultura pot ser l'explicació de les falses creences o enganys, mentre que les afirmacions que la ciència dóna com a vàlides s'han acceptat en virtut de l'evidència amb què s'imposen a l'observador, caldria distingir formes i funcions diverses a l'hora de referir-se al context social o històric. A vegades el context és esmentat per tal d'explicar l'origen d'una fal·làcia o, si més no, per mostrar que alguna afirmació encara no es pot donar del tot per segura, perquè en algun grau encara està sotmesa a debat. En altres casos, la referència al context del descobriment o la invenció té més aviat per objecte la glorificació del geni de l'inventor o descobridor o, com succeeix sovint, la voluntat de mostrar que el seu mèrit cal buscar-lo en el fet de *ser al lloc idoni en el moment adequat* i saber veure allò que altres no havien vist: malgrat la referència al context o al protagonista del descobriment o invenció, allò que s'explica es presenta com un fet que s'estableix com a conseqüència de les característiques empíriques del món natural. En resum, potser es podria proposar la classificació següent dels enunciats o, senzillament, de les explicacions o discursos, dels llibres de text, en funció de la seva referència al context del descobriment o invenció:

1) El enunciats o discursos que es corresponen als del tipus 5 de Latour i Woolgar, és a dir, aquells que no necessiten ni explicació ni explicitació, perquè expressen fets que es donen per sabuts de tothom. Als llibres de text de batxillerat són els enunciats que expressen fets que es consideren molt assumits per tots els alumnes, ja que són propis d'un nivell de coneixements molt elemental:

   a) La Terra gira al voltant del Sol.

2) Els enunciats que es corresponen als del tipus 4 de Latour i Woolgar. Són les expressions que es veu necessari de fer explícites, tot i que es donen com a fets amb relació als quals no és possible cap mena de polèmica; d'altra banda, no s'informa en absolut de l'origen d'aquesta mena d'afirmacions o del context o condicions en què va ser produït. Aquest tipus d'expressions no són habituals als articles científics, però són, amb diferència, les més freqüents als llibres de text:

   b) Quan el coenzim *Q* s'oxida, perquè perd els electrons, el citocrom *b* redueix el seu àtom de ferro, és a dir, passa de Fe^{3+} a Fe^{2+} ja que capta aquest electró.

3) Els enunciats o explicacions en què s'informa de l'inventor o descobridor del que expressen, o bé es fa alguna referència al context del descobriment, però que es presenten com un fet amb relació al qual no hi ha cap possibilitat de polèmica:

   c) Aquests esforços van culminar amb èxit l'any 1831, en què Joseph Henry (1797-1878) als Estats Units i, de manera independent, Michael Faraday (1791-1867) a Anglaterra van posar de manifest que un camp magnètic variable en el temps era capaç de produir electricitat.

4) Els enunciats que apareixen com a hipòtesi o teoria no plenament confirmada i, en els quals, per tant, sempre es parla de qui va llençar la idea o bé de quin va ser el context en el qual va néixer:

   d) L'any 1969 James E. Lovelock va formular la hipòtesi de Gaia: «Les condicions físiques i químiques de la superfície de la Terra, de l'atmosfera i dels oceans s'han fet adequades i confortables per a la vida a causa de les activitats dels mateixos éssers vius».

5) Finalment es podria parlar dels enunciats que expressen idees o teories que es rebutgen per falses. En aquest casos, és clar, sempre és molt present el context de la producció de l'enunciat:

   e) Malgrat això, la seva teoria (de Lamarck) era molt especulativa i aportava molt poques proves que la sostinguessin. Aquest fet, i la formidable crítica de Cuvier, va fer que no fos acceptada pels seus contemporanis.

En definitiva, doncs, en general, a mesura que augmenta la referència al context social o senzillament biogràfic de producció dels enunciats científics disminueix el grau de solidesa, seguretat o facticitat que se'ls atribueix. És cert que els llibres de text, a diferència dels articles científics, poden fer referència al context de producció dels enunciats científics o aparells tecnològics només amb la voluntat de donar una informació històrica que no modalitza de forma negativa l'enunciat o el modalitza molt lleugerament: sovint, el grau de solidesa que es desprèn dels discursos del segon i tercer tipus pot ser molt similar. Però la tendència és que la referència als elements que envolten la producció d'un enunciat científic fa gairebé sempre menys sòlida l'afirmació que es fa. Allò que Latour afirma referit als articles científics es pot aplicar, amb matisos, també amb relació als llibres de text, malgrat que es tracta de discursos amb intencions molt diferents i amb convencions retòriques molt distanciades.

A partir d'aquí podria ser interessant d'establir en quins llibres, de quines matèries i amb relació a quins temes es fa més o menys referència al context social, cultural o biogràfic de producció dels descobriments científics o de les innovacions tecnològiques. D'una anàlisi superficial se'n desprenen algunes observacions que poden servir d'exemples:

a) En els llibres de Biologia, de Geologia, de Biologia i Geologia i de Ciències de la Terra i del Medi Ambient es troben fonamentalment explicacions del segon tipus —no es fa cap referència al context de producció—, fora de quan es parla de genètica, de l'evolució, de l'origen de la vida i, en menor grau, d'ecologia. En aquest casos es troben molt sovint explicacions dels tipus 3, 4 i, fins i tot, 5: es parla, per exemple, dels problemes de Mendel i del seu redescobriment per De Vries, de la polèmica entre lamarckisme i darwinisme, del debat entre Pasteur i Pouchet (aquest darrer, per cert, amb Lamarck i Lysenko, un dels científics que més freqüentment és objecte de l'explicació d'idees que es rebutgen com a falses, és a dir, discursos del tipus 5), de les idees de Lovelock… És interessant de constatar que l'evolució és una de les escasses afirmacions de la ciència que, a tots els llibres de text, es veu sotmesa a llargues discussions, amb diversos apartats titulats "proves" o "evidències" de l'evolució; en realitat, ja la programació oficial determina entre els objectius terminals de l'assignatura de Biologia el fet de ser capaç d'indicar "algunes de les proves de l'evolució". Naturalment, aquesta discussió modalitza de forma negativa la concepció de l'evolució que s'exposa, en rebaixa la solidesa i gairebé sembla deixar a l'alumne espai per a construir la seva pròpia opinió.

   Pel que fa a la Geologia, les explicacions del tipus 3 i 4 apareixen especialment amb relació a l'estructura de la litosfera i la tectònica de plaques.

b) En els llibres de Física, de Química i de Física i Química dominen també els discursos en què no es fa cap mena de referència a les condicions de producció dels enunciats científics, és a dir, els discursos del segon tipus. Tanmateix, quant a la Química, la situació canvia quan es parla de l'estructura de la matèria, tema amb relació al qual apareixen explicacions del tipus 3 o 4: es parla molt sovint de models proposats per diversos científics (el de Rutherford, el de Bohr…) o es llancen hipòtesis:

   a) El problema ara és que hi ha qui proposa que els quarks, de fet, estan formats per partícules encara més elementals: els preons.

   També quan es parla dels gasos s'usa sovint discursos del tipus 3, és a dir, s'informa del descobridor d'una llei, però aquesta es presenta com un fet sostret a la polèmica. En aquest cas, a més, hi ha una marcada tendència a construir una explicació lineal que situa en diversos estadis a Boyle i Mariotte, Charles, Gay-Lussac i Avogadro.

   En els llibres de Física els discursos del tipus 3 apareixen quan es parla de dinàmica i magnetisme. Explicacions de tipus 3 i de tipus 4 es troben parlant de la naturalesa de la llum.

A diferència del que succeeix, per exemple, amb el llibres de Biologia, no hi ha pràcticament cap referència a idees o teories que després s'han rebutjat, si no és les de l'antiguitat: només apareix la ciència triomfant, per dir-ho així.

c) En els llibres de Tecnologia Industrial, Electrotècnia, Mecànica i Dibuix Tècnic la presència de referències al context de producció de l'enunciat científic o de l'aparell tecnològic és pràcticament nul·la si no és als apartats específicament dedicats a CTS dels llibres de Tecnologia Industrial. Ni tan sols quan es fa referència a alguna llei, principi, teorema o aparell que porta el nom de qui el va desenvolupar és freqüent d'introduir algun apartat destacat o requadre amb alguna dada biogràfica del personatge al qual es fa referència, com és habitual als llibres de text de les altres assignatures.

Naturalment, aquestes observacions són generalitzacions que es podrien matisar moltíssim: no tots els autors o editorials tracten de la mateixa manera els temes; hi ha diferències notables, depenent de les editorials, quant a la inclinació a relacionar la investigació científica i tecnològica amb el context en què es produeix. Però es pot concloure que els llibres de text actuals de batxillerat tendeixen a relacionar poc la ciència i la tecnologia amb el context de producció. Tampoc en els apartats dedicats explícitament a ciència, tecnologia i societat és molt freqüent establir vincles que mostrin la influència del context de producció en les innovacions científiques o tecnològiques i, quan es fa, moltes vegades és per donar raó d'un error o una mentida. Així doncs, com veurem, aquest apartats de ciència, tecnologia i societat estableixen molt més freqüentment relacions que tenen un sentit contrari —es parla dels impactes de la ciència i la tecnologia sobre la societat o el medi— o bé plantegen problemes ètics.

De tota manera hi ha un cas molt significatiu en què els llibres de text —especialment els de Biologia i els de Ciències de la Terra i del Medi Ambient— situen la realitat socioeconòmica com a explicació de fenòmens que es produeixen en un altre àmbit. Però no és pas directament la ciència o la tecnologia que apareixen condicionades per la societat, sinó el medi ambient. Alguns llibres parlen aleshores de "qüestionar el model socioeconòmic que mena a la utilització voraç, al consum fora de mida, al creixement sense límits" (Isbert, Garriga i Serra 1999, 302); d'altres, apel·lant més aviat al compromís individual, afirmen que els problemes mediambientals poden tenir solució "augmentant el grau de respecte mediambiental i adquirint una mentalitat menys consumista" (Arias, Barrachina, Closas i Ferrer 1997, 103). Observar quins llibres i quines editorials centren la seva crítica en el model socioeconòmic i quins altres fan crides a la consciència individual dels alumnes seria prou interessant i ens permetria treure conclusions sobre la presència d'actituds (polítiques) ben diferents inspirant els textos. Però el cas és que el que se situa com a causa dels problemes que amenacen la biosfera són els models socioeconòmics de creixement o l'actitud irresponsable de la major part de la humanitat. La ciència i la tecnologia no són mai vistes com a elements d'un únic teixit sociocientificotecnològic, sinó com a inherentment neutrals, com a mers instruments en mans dels humans, que "hem de decidir com i on volem aplicar els avenços científics" (García, García-Serna i Monsó 1998, 20).

L'impacte de la tecnociència en la societat

Del que s'ha dit fins ara es desprèn que quan en els llibres de Ciències de la Naturalesa i de la Salut o de Tecnologia de batxillerat es fa alguna referència relacionable amb els continguts de CTS és molt més sovint per a parlar de la influència de la ciència i la tecnologia sobre la societat que no pas a l'inrevés. En tot cas, sempre es parla des d'aquesta exterioritat de la ciència i la tecnologia amb relació a la societat. Hem hagut d'anar rastrejant la presència d'elements del context social o, més freqüentment, simplement biogràfic, en la forma com es construeixen les explicacions dels fets científics o dels artefactes tecnològics —i aquesta presència gairebé sempre funciona com una forma

de modalitzar de manera negativa l'explicació científica. Ara bé, la influència o, com es diu molt sovint, l'impacte de les innovacions científiques i tecnològiques en la societat i en el medi ambient es tracta amb molta més freqüència.

De fet, gairebé en cap cas, als apartats que els llibres titulen Ciència, Tecnologia i Societat —o d'alguna manera semblant— no es parla de com la societat condiciona la ciència o la tecnologia. En realitat, quan els continguts de CTS apareixen en forma de textos o apartats, independents del fil d'argumentació del tema —els empelts CTS—, sovint es dediquen a exposar aplicacions presents o futures de la ciència o la tecnologia. Així es parla, entre centenars d'altres exemples possibles, de la possibilitat d'implantar sistemes electrònics en el cos humà i construir cyborgs, de fabricar pell, de construir finestres que es netegen soles o de com s'obté industrialment l'amoníac per síntesi catalítica de nitrogen i hidrogen. Altres vegades, aquests empelts CTS parlen de temes mediambientals, d'alimentació i salut o de qüestions ètiques, però en moltes ocasions els textos que porten per títol Ciència, Tecnologia i Societat es dediquen simplement a explicar curiositats científiques o qüestions que difícilment es podrien encabir en el fil argumentatiu de la unitat; se'ls usa, en definitiva, com a autèntics calaixos de sastre. Així es poden trobar textos que parlen de la importància de l'aigua per a la vida, de bacteris quimiolitròfics, de la possibilitat que hi hagi vida als satèl·lits de Júpiter o dels càlculs de la quantitat total de matèria de l'univers.

No succeeix exactament el mateix quan els continguts de CTS es troben en unitats o apartats específicament dedicats a aquest tipus de tema. Aleshores, a banda de qüestions ètiques, els temes que dominen són o bé, en un sentit negatiu, els impactes mediambientals de l'activitat humana o bé, en un altre de positiu, el paper i les aplicacions de la ciència i la tecnologia per a donar solucions als problemes de la humanitat, contribuir a la millora de la qualitat de vida o, fins i tot, solucionar els mateixos problemes del medi ambient.

En definitiva, es podria dir que l'èmfasi gairebé exclusiu, quan es parla de CTS, en la qüestió dels impactes socials i ambientals de la ciència i la tecnologia tendeix a transmetre a l'alumne una concepció propera al que es podria anomenar determinisme tecnològic, tot i que, en realitat, no s'hauria de parlar de forma estricta de "determinisme". Com explica Eduard Aibar (2000*b*, 6), sembla que es consideri que la ciència i la tecnologia constitueixen un àmbit de la realitat més o menys autònom, i que els desenvolupaments tecnològics influeixen de forma notable en els fets socials alhora que són, en canvi, independents de la influència de la societat. Les característiques de la societat present i futura apareixen, si més no, fortament condicionades per la manera en què les formes de vida es vegin afectades per les innovacions científiques i tecnològiques.

Però aquests plantejaments no són, com es podria pensar en principi, incompatibles amb les freqüents declaracions de neutralitat de la ciència i la tecnologia que es poden trobar tant als llibres de text com a les programacions oficials. Es diu sovint, per exemple, que el mateix desenvolupament cientificotecnològic que ha millorat les nostres condicions de vida pot ser acusat dels problemes de la contaminació, desocupació, desertització, etc. El que passa —s'afirma— és que no s'ha d'oblidar que la ciència i la tecnologia són simplement una eina al servei dels éssers humans, que poden decidir com usar-la. Això vol dir que s'accepta la possibilitat de l'existència d'opcions socials diferents que poden implicar usar la ciència i la tecnologia de maneres divergents: en aquest sentit, no es pot dir que en els llibres de text es llanci la idea que la tecnociència determina completament la realitat social. Però, en tot cas, la ciència i la tecnologia, com a tals, són productes fonamentalment no socials, el desenvolupament dels quals és inexorable.

També assenyala Eduard Aibar (2000*b*, 7) que aquesta concepció es troba relacionada amb el model lineal de desenvolupament tecnològic que sovint, de forma implícita o explícita, es detecta en els estudis històrics, econòmics i filosòfics de la tecnologia. El model lineal implicaria la presentació del desenvolupament cientificotecnològic com una sèrie d'etapes que se succeirien sempre en un mateix sentit: coneixement científic, l'aplicació d'aquest a la resolució d'un problema pràctic, innovació tecnològica, difusió i ús. Des d'aquesta perspectiva, la tecnologia seria conceptualitzada com a mera ciència aplicada. Efectivament, gairebé tots els llibres de text presenten la tecnologia "com la ciència aplicada, és a dir, com l'aplicació del coneixement científic al desenvolupament de nous materials i nous processos, especialment aquells que són d'utilitat pràctica" (Del Barrio 1998, 9), tot i que alguns, certament, aclareixen que "la col·laboració entre la ciència i la tecnologia mai no havia estat tan estreta" (García, García-Serna i Monsó 1998, 183) o, fins i tot, que "resulta molt difícil establir la barrera entre ciència i tecnologia" (Joseph, Garófano i Gavarré 1999, 13). Sigui com sigui, hi ha una marcada tendència cap a aquest model lineal d'evolució tecnològica que suggereix, també, que la història de la innovació tecnocientífica segueix una trajectòria ordenada i racional, amb la seva lògica interna; que la ciència i la tecnologia, en definitiva, es desenvolupen d'una forma natural, de manera independent de la realitat social.

D'altra banda, per fi, també caldria comptar dins de la reflexió sobre les conseqüències de l'activitat científica i tecnològica les relativament escasses referències als problemes ètics que es poden trobar als llibres de Ciències de la Naturalesa i de la Salut i de Tecnologia de batxillerat. Aquestes reflexions sorgeixen fonamentalment amb relació a dos temes: les qüestions mediambientals i els problemes de bioètica. Això vol dir que, amb molta diferència, són els llibres de Biologia, Biologia i Geologia, Biologia Humana i Ciències de la Terra i del Medi Ambient els que plantegen més sovint qüestions d'aquesta mena. Quant als problemes mediambientals, es fan preguntes sobre els deures de la humanitat actual amb relació a les generacions futures o, d'una forma més radical, es qüestiona fins a quin punt la terra pertany a l'ésser humà o bé l'ésser humà pertany a la terra[viii], és a dir, es posa en qüestió la centralitat de la humanitat en el conjunt de l'univers. Els problemes de bioètica es plantegen especialment a partir de les possibilitats que ofereix la biotecnologia i les tècniques de reproducció assistida, l'experimentació amb animals, l'eutanàsia, l'eugenèsia o, també, en algun cas, a partir de la constatació de la desigualtat d'oportunitats quant a l'accés a la salut[ix].

Tanmateix, en la major part de casos el que fan els llibres de text amb relació a aquest tipus de temes és plantejar la qüestió, informar, a vegades, de l'existència de comitès de bioètica i llançar la possibilitat d'un debat. Però no es dóna gaire la impressió que es suggereixi que la reflexió ètica sobre aquestes qüestions hagi de tenir el paper de dirigir el desenvolupament tecnocientífic en el futur. Potser sí pel que fa als problemes mediambientals: és amb relació al medi ambient que apareixen sovint les declaracions sobre la neutralitat de la ciència. Però no gaire si ens referim als temes de bioètica. Sovint la reflexió es queda en una mena de judici a la ciència que, com s'ha dit abans, sembla que hagi de seguir el seu curs de forma inexorable. Així, trobem preguntes com ara *Fins a quin punt la ciència, amb tots els seus recursos, respecta aquests drets?* (el dret a la vida, el dret a la igualtat i el dret a la llibertat); o bé, *Les noves tecnologies, contribueixen a fer un món més igual i més lliure?* (Gelonch i Serra 1999, 240). Són preguntes en les quals la ciència o les noves tecnologies apareixen com una mena d'entitats autònomes, amb un únic destí, i gairebé amb voluntat pròpia.

De tota manera, les escasses ocasions en què se suggereixen línies de reflexió per a fonamentar alguna posició ètica sembla que es parteixi de postures inspirades, fonamentalment, en les propostes

de Gilbert Hottois (1991): tenir en compte, per a fer una valoració moral de les possibilitats tecnocientífiques, el criteri de reconèixer la llibertat de la investigació científica, completat pel criteri, antropocèntric, de no provar res que no sigui per al bé de l'home i de la humanitat.

Conclusions

Es pot dir que des de la implantació de la LOGSE, és a dir, des de la substitució del BUP i el COU per l'actual batxillerat, la concepció de les assignatures de ciències i de tecnologia ha experimentat alguns canvis. No es tracta de cap capgirament espectacular, però és cert que les programacions actuals i els llibres de text preveuen la presència d'una certa reflexió sobre la història de la ciència i la tecnologia i sobre allò en què consisteixen aquestes activitats, alhora que introdueixen elements dels estudis de CTS.

Ara bé, deixant de banda el grau d'escepticisme que es pugui tenir amb relació a la importància dels llibres de text quant a la formació del pensament i les actituds dels estudiants, el fet és que la forma en què aquests temes es plantegen en els llibres de text no sembla que col·labori gaire a aconseguir que es produeixi una gran transformació quant a la consciència de la necessitat de participar en la presa de decisions sobre el desenvolupament de la ciència i la tecnologia. En realitat, el que es desprèn de l'anàlisi del tractament dels temes de CTS al llibres de text és la impressió que hi ha un important desconcert sobre allò en què han de consistir aquest continguts, tant conceptuals com actitudinals, de CTS. Sí que és cert que els llibres de text —sobretot els d'algunes assignatures— insisteixen molt en la formació d'una consciència ambiental o ecologista. I no costa gaire d'advertir que l'ecologisme és, dels plantejaments que impliquen un cert compromís social o cívic, el que ha substituït amb més èxit les antigues ideologies; ara bé, no crec que calgui atribuir un gran mèrit, en aquest fet, als llibres de text. També es troben, de forma més limitada, crides a l'atenció als problemes ètics relacionats, especialment, amb les noves possibilitats que la investigació en biotecnologia planteja. Però si es creu, com opina Waks (1989, 201), que el propòsit de l'educació en CTS ha de ser promoure l'alfabetització en ciència i tecnologia per tal de fer possible que els ciutadans estiguin capacitats per a participar en el procés democràtic de presa de decisions i es promogui l'acció ciutadana encaminada a resoldre els problemes que tenen a veure amb la tecnociència en la societat industrial, no sembla que l'enfocament que es troba als llibres usats actualment a Catalunya sigui sempre el més adequat.

Aquesta alfabetització en CTS requeriria, com indiquen Javier Gómez Ferri i Juan F. Ilerbaig (1990, p. 143), distanciar-se, en primer lloc, de la imatge idealitzada de la ciència i la tecnologia, que les presenta com a activitats intrínsecament bones o, com a màxim, neutres, i independents de la realitat social, i que entén que existeix *el* mètode científic, l'aplicació rigorosa del qual obrirà progressivament el pas a la veritat i a un món millor: una educació en CTS hauria de mostrar que el caràcter problemàtic de certes innovacions cientificotecnològiques és previ a la seva bona a mala utilització. I caldria també superar la tendència al determinisme tecnològic, que presenta la tecnociència com a únicament configurada per ella mateixa i centra la seva atenció només en els impactes que, de forma inevitable, una tecnologia ha de tenir sobre la societat i l'ambient.

Però l'anàlisi dels llibres que actualment s'utilitzen a Catalunya revela una tendència evident a subratllar els impactes de la ciència i la tecnologia sobre la realitat social, però escassament a mostrar la ciència o la tecnologia com a productes en la construcció dels quals hi participen també els fets

socials. De la influència de la societat sobre la ciència i la tecnologia se'n parla només d'una manera implícita. Les unitats, capítols o empelts que porten per títol Ciència, Tecnologia i Societat, en canvi, se centren a presentar els efectes que un artefacte, procés o descobriment científic ha tingut, té o tindrà sobre la vida dels éssers humans.

En fi, potser no es poden fer generalitzacions excessives: no tots els autors ni totes les editorials tracten els temes de la mateixa manera, ja s'ha dit. Però, en definitiva, a partir dels llibres de text de Ciències de la Naturalesa i la Salut i de Tecnologia de batxillerat, els actuals alumnes de batxillerat poden assumir la concepció que la ciència, la tecnologia i la societat són realitats externes que, en tot cas, es relacionen fonamentalment només en un sentit: la ciència i la tecnologia configuren la societat present i futura; sembla que quan succeeix el contrari, és a dir, quan la societat condiciona les innovacions científiques, el que es produeix són errors o enganys. Això no vol dir que s'entengui que només hi hagi sempre una única opció social possible: es mostra que la ciència i la tecnologia poden portar pràcticament a la destrucció del medi ambient i de la mateixa humanitat o poden estar en l'origen de gravíssims problemes ètics i socials, però que també poden ser eines per a superar els actuals problemes socials i mediambientals. Ara bé, el missatge que es transmet és que el desenvolupament de la ciència i la tecnologia té la seva pròpia lògica, inflexible, i, senzillament, la humanitat té només l'opció d'usar-les bé o malament.

Notes

[1] És el cas, per exemple, de Muñiz, Lunar, Jiménez i Iniciarte 1996.

[2] Vegeu, per exemple, Morales, Arribas i Sánchez 1997, 7.

[3] Vegeu, per exemple, Agustench, Castillo, Barrio i Romo 1996, 5.

[4] Vegeu, per exemple, Oro, Andreu, Fernández i Pérez Torrente 1999, 5.

[5] Vegeu, per exemple, Calvo, Molina i Salvachúa 1997, 13.

[6] Vegeu, per exemple, Muñoz, Genicio, Gómez, Fernández i Anguita 1998, 202.

[7] Vegeu, per exemple, Agustench, Castillo, Barrio i Romo 1996, 19.

[8] Un recurs típic és la referència a la —més que dubtosa— carta del cap indi Seattle a l'home blanc. Vegeu, per exemple: Domingo, Grau, Manuel, Molina i Nuel 1999, 165 i 179.

[9] Vegeu, per exemple, Anglada i Moral 1998, 78-79.

Referències

Aibar, Eduard (2001). *Fatalisme i tecnologia: és autònom el desenvolupament tecnològic?* Www.uoc.es.

Aibar, Eduard (2000*a*). «El estudio social de la ciencia. De la sociología de la ciencia a la sociología del conocimiento científico». A *Ciencia, tecnología y sociedad: la investigación científica y la innovación tecnológica en la sociedad de la información. Documentos de lectura*. Vol. I: 115-160. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Aibar, Eduard (2000*b*). «El cambio tecnológico desde la perspectiva constructivista». A *Ciencia, tecnología y sociedad: la investigación científica y la innovación tecnológica en la sociedad de la información. Documentos de lectura*. Vol. II: 5-31. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Bijker, Wiebe E. (1992, febrer). «Imágenes de la ciencia». Ponència presentada a les Jornades Internacionals sobre Estudis de la Ciència i de la Tecnologia en la Investigació i l'Educació, celebrades a Barcelona el 27 i 28 de febrer de 1992. Barcelona: Universitat de Barcelona ICE-INVESCIT-CDEDT.

Collins, Harry i Pinch, Trevor (1996). «El gólem puesto a trabajar (conclusión)». *El Golem. Lo que todos deberían saber sobre la ciencia*. Madrid: Crítica.

Cutcliffe, Stephen (1992, febrer). «La urdimbre y la trama de los Estudios de Ciencia y Tecnología en Estados Unidos». Ponència presentada a les Jornades Internacionals sobre Estudis de la Ciència i de la Tecnologia en la Investigació i l'Educació, celebrades a Barcelona el 27 i 28 de febrer de 1992. Barcelona: Universitat de Barcelona ICE-INVESCIT-CDEDT.

Gómez Ferri, Javier i Ilerbaig, Juan F. (1990). «Ciencia, tecnología y sociedad. Alternativas educativas para un mundo en crisis». Dins Medina, Manuel i Sanmartín, José. Ciencia, Tecnología y sociedad. Estudios Interdisciplinares en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos.

Hottois, Gilbert (1991). El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia. Barcelona: Anthropos.

Kortland, J. (1992, febrer). «STS en la Educación Secundaria: tendencias y problemas». Ponència presentada a les Jornades Internacionals sobre Estudis de la Ciència i de la Tecnologia en la Investigació i l'Educació, celebrades a Barcelona el 27 i 28 de febrer de 1992. Barcelona: Universitat de Barcelona ICE-INVESCIT-CDEDT.

Latour, Bruno (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.

Latour, Bruno i Woolgar, Steve (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.

Luján López, José L. i López Cerezo, José A. (1996). «Educación CTS en acción: Enseñanza Secundaria y Universidad». Dins González García, Marta I.; Luján lópez, José L.; López Cerezo, José A. *Ciencia, Tecnología i Sociedad*. Madrid: Tecnos.

Mulkay, M. i Gilbert, N. (1994). «El discurso de los científicos como tema». Dins Iranzo, J.M.; Blanco, R.; González de la Fe, T.; Torres, C.; i Cotillo, A. (coord.). *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid: CSIC. P. 205-220.

Waks, Leonard J. (1990). «Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales». Dins Medina, Manuel; Sanmartín, José. *Ciencia, Tecnología y sociedad. Estudios Interdisciplinares en la educación y en la gestión pública*. Barcelona: Anthropos.

Waks, Leonard J. (1989). «Critical Theory and Curriculum Practice in STS Education». *Journal of Business Ethics* 8: 201-207.

Llibres de text

Agustench, M.; Castillo, V. del; Barrio, J.I. del; i Romo, N. (1996). *Física y Química.* Madrid: S.M.

Aliberas, Joan; Rull, Montserrat; i Serra, Alícia (1997). *Química 1*. Barcelona: Castellnou.

Aliberas, Joan; Gómez, Ramon; Rull, Montserrat; i Serra, Alícia (1998). *Química 2*. Barcelona: Castellnou.

Anglada, Montserrat; i Moral, Jesús (1998). *Biologia I*. Barcelona: Edebé.

Arias, Matilde; Barrachina, Jorge; Closas, M. Carme; i Ferrer, Ramon (1997). *Biologia 1*. Barcelona: Castellnou.

Banda, Enric; i Torné, Montserrat (1998) *Geologia*. Barcelona: Santillana.

Barrio, J.I. del (1998). *Química 1*. Barcelona: Cruïlla.

Batet, S.; Izquierdo, S.; i Soler, G. (2000). *Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente.* Barcelona: Edebé.

Blanch, Josep M. (1998). *Física 1*. Barcelona: Barcanova.

Blanch, Irene M.; Fornells, Miquel; i Rovira, Anna (1998). *Biologia 1*. Barcelona: Bruíxola.

Blanch, Irene M.; Fornells, Miquel; i Rovira, Anna (1999). *Biologia 2*. Barcelona: Bruíxola.

Calvo, Diadora; Molina, M. Teresa; i Salvachúa, Joaquín (1997). *Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente*. Madrid: MacGraw-Hill.

Castells, Pere; Riba, Núria; i Andreu, Francesc (1998). *Química. Crèdits 1, 2 i 3*. Madrid: McGraw-Hill.

Domingo, Àngel; Grau, Ramon; Manuel, Jordi de; Molina, Joaquim; i Nuel, M. Àngela (1999). *Biologia 2*. Barcelona: Teide.

Dou, J.M.; Pfeiffer, N.; i Travesset, A. (2000). *Física 2*. Barcelona: Casals.

Echarri, L. (1998). *Ciencia de la Tierra y del Medio Ambiente.* Barcelona: Teide.

Escarré, Antonio; i Equip OIKOS (1996). *Biología y Geología*. Madrid: Santillana.

Fornells, Miquel; García, Rosa M.; López, Vicente; Miró, Antoni; i Pérez, Emili (1999). *Química 2*. Barcelona: Bruíxola.

García, Tomás; Cantos, M. Sol; i Rodríguez (1998). *Física 1*. Barcelona: Edebé.

García, Tomás, García-Serna, Julio Rafael; i Monsó, Ferran (1998). *Química 1*. Barcelona: Edebé.

García, Tomás i García-Serna, Julio Rafael (1999). *Química 2.* Barcelona: Edebé.

Garriga, Albert; i Isbert, Marc (1998). *Biologia. Crèdits 1, 2 i 3*. Madrid: McGraw-Hill.

Gelonch, Núria; i Serra, M. Mercè (1999). *Biologia humana.* Barcelona: Castellnou.

Gomis, P.; Cantons, J.M.; Minguella, J.A.; Piñol, J.; i Soler, S. (2000). *Electrotècnia*. Barcelona: Casals.

Gomis, P.; Cantons, J.M.; Minguella, J.A.; Piñol, J.; i Soler, S. (1998). *Mecànica*. Barcelona: Casals.

Grau, Ramon; Domingo, Àngel; i Manuel, Jordi de (1999). *Biologia 1*. Barcelona: Teide.

Guasch, Miquel; Borrego, Marina; i Jordan, Jordi (1998). *Electrotècnia*. Madrid: McGraw-Hill.

Isbert, Marc; Garriga, Albert; i Serra, Jordi (1999). *Biologia. Crèdits 4, 5 i 6*. Madrid: McGraw-Hill.

Jimeno, Antonio; Ballesteros, Manuel; i Ugedo, Luis (1999*a*). *Biologia I.* Barcelona: Santillana.

Jimeno, Antonio; Ballesteros, Manuel; i Ugedo, Luis (1999*b*). *Biologia II.* Barcelona: Santillana.

Joseph, Joan; Hoyos, Roger; Gavarré, Jaume; i Vila, Francesc (1998). *Tecnologia industrial I*. Madrid: McGraw-Hill.

Joseph, Joan; Garófano, Francesc; i Gavarré, Jaume (1999). *Tecnologia industrial II.* Madrid: McGraw-Hill.

Joseph, Joan; Garófano, Francesc; Carol, Joan; i Reyes, Joaquim (1998). *Mecànica*. Madrid: McGraw-Hill.

Machí, Carme; Martínez de Murguía, M. Jesús; Pardo, Luis Carlos; García,Tomás; Armero, Juan; i Preckler, Rosa M. (1999). *Física II*. Barcelona: Edebé.

Martín, Jesús; Fraile, José M.; i Alonso, Ángel (1998*a*). *Química I*. Barcelona: Santillana.

Martín, Jesús; Fraile, José M.; i Alonso, Ángel (1998*b*). *Física I*. Barcelona: Santillana.

Martín, Jesús; Ruiz, Eduardo; i Fraile, José M. (1998). *Física II*. Barcelona: Santillana.

Masjuan, M.D.; i Dou, J.M. (1999). *Química 1.* Barcelona: Casals.

Morales, José Vicente; Arribas, Carlos José; i Sánchez, José Antonio (1997). *Física y Química*. Zaragoza: Edelvives.

Morales, José Vicente; Arribas, Carlos José; i Sánchez, José Antonio (1998). *Física 1r.* Saragossa: Baula.

Muñiz, Enriqueta; Lunar, Rosario; Jiménez, María Jesús; i Iniciarte, Marta R. (1996). *Biología y Geología*. Madrid: McGraw-Hill.

Muñoz, J.A.; Genicio, M.F.; Gómez, J.M.; Fernández, B.; i Anguita, F. (1998). *Biologia 1*. Barcelona: Cruïlla.

Ontañón, Germiniano; i Ontañón, Enrique (1997). *Física i Química 1.* Madrid: Bruño.

Oro, Luis A.; Andreu, José Luis; Fernández, M. Cruz; Pérez Torrente, Jesús J.; (1999). *Química II*. Barcelona: Santillana.

Peña, Ángel; i García, José A. (1996). *Física 2*. Madrid: McGraw-Hill.

Serra, Salvador; Mercadé, Joan; i Armengol, Montserrat (1998). *Física. Crèdits 1, 2 i 3*. Madrid: McGraw-Hill.

Silva, Francisco; i Sanz, José Emilio (1996). *Tecnología Industrial I*. Madrid: McGraw-Hill.

Val, Sonia; Huestar, José Luis; González, José Antonio; i Torres, Fernando (1996). *Tecnología Industrial II*. Madrid: McGraw-Hill.

Referencia

Tomás, S. (2001). La relació entre ciència, tecnologia i societat als llibres de text de ciències i tecnologia de batxillerat. *Atenea Digital*, 1, 1-17. Disponible en http://blues.uab.es/athenea/justribo.pdf