

MATERIALS
PER A L'ENSENYAMENT I
APRENTATGE
DE LA FÍSICA I QUÍMICA

Jordi Solbes
Xelo Domínguez
Cristina Furió

Departament de Didàctica de les Ciències
Experimentals i Socials
Universitat de València

RESUM

La Didàctica de les Ciències tracta de donar resposta als problemes que pateix actualment l'educació, com el fracàs escolar o la dificultat que genera la diversitat d'alumnat a l'aula. Però no només als d'índole general sinó també, i en especial, als que s'estan detectant en l'educació científica, com la disminució, any rere any, de l'alumnat que opta per estudis de ciències i el desenvolupament d'actituds negatives cap a les mateixes, les idees alternatives, les formes de raonament de sentit comú, etc. Aquests i molts altres problemes han estat investigats i desenvolupats, arribant a constituir així un cos de coneixements sobre l'educació científica, tant formal com informal.

Som conscients que la Didàctica de les Ciències és encara un camp molt recent i, en conseqüència, li queden moltes qüestions per resoldre. A més, cada grup d'alumnes representa un món diferent i, per tant, requereix una solució específica. Aquest treball no pretén trobar solucions sinó oferir, des d'una perspectiva socioconstructivista, els resultats de les línies d'investigació més potents i sobre les que hi ha més consens. Concretament en ell es recullen els següents aspectes:

1. *La formació del professorat de ciències.* Què hem de saber, saber fer i saber ser els professors de ciències?
2. *El treball científic i els procediments en l'ensenyament de les ciències.* Algunes característiques bàsiques del treball científic. La naturalesa de la ciència i la tecnologia. Anàlisi de la forma com es desenvolupen els treballs pràctics que ordinàriament s'inclouen en l'ensenyament de les ciències. Cerca d'alternatives: les pràctiques de laboratori com a investigacions. Indagant amb jocs, joguets i experiències científiques elementals. Argumentació i us de probes en ciències.
3. *La resolució de problemes i els procediments en l'ensenyament de les ciències.* Anàlisi de l'orientació habitual de la resolució de problemes. Necessitat d'un replantejament en profunditat. Com convertir els problemes de llapis i paper en autèntics desafiaments d'interès? La resolució de problemes com a investigació.

4. *L'aprenentatge dels conceptes científics*. Quines dificultats apareixen en l'aprenentatge dels coneixements teòrics? Possibles causes de les idees alternatives. Propostes per a la introducció dels conceptes científics: el canvi conceptual i el constructivisme. Propostes d'ensenyament que faciliten l'aprenentatge: l'ensenyament aprenentatge com a investigació i el programa d'activitats.

5. *Aspectes axiològics en l'ensenyament de les ciències*. Finalitats de la ciència i l'ensenyament de les ciències: l'alfabetització científica i tecnològica. Motivacions, actituds i valors. Actituds negatives cap a la ciència i cap al seu aprenentatge. El canvi actitudinal. Més enllà del canvi conceptual: aprenentatge com a canvi conceptual, metodològic i axiològic. El clima d'aula i del centre.

6. *La dimensió CTSA en l'educació científica: instrument de canvi actitudinal i de contextualització*. Propostes per al canvi axiològic i l'educació ciutadana. Història de les ciències i les relacions CTSA en l'ensenyament de les ciències. Atenció als problemes del món: l'educació per a la sostenibilitat. Argumentació i pensament crític en l'ensenyament de les ciències. Aspectes ètics de la ciència i la tecnologia. Paper de l'educació no formal en l'ensenyament de les ciències.

7. *L'avaluació com un instrument de millora de l'aprenentatge i l'ensenyament*. Concepcions del professorat i de la societat sobre l'avaluació. Les finalitats de l'avaluació. Què avalua PISA? L'avaluació com a instrument d'aprenentatge. Les activitats d'avaluació i la qualificació. L'avaluació com a instrument de millora de l'ensenyament.

Desenvoluparem el llibre amb el següent índex:

ÍNDEX

1. La formació del professorat de ciències. Què hem de saber, saber fer i saber ser els professors de ciències?	1
2. El treball científic i els procediments en l'ensenyament de les ciències.....	21
3. La resolució de problemes i els procediments en l'ensenyament de les ciències	47
4. L'aprenentatge dels conceptes científics	79
5. Aspectes axiològics en l'ensenyament de les ciències.....	105
6. La dimensió CTSA en l'educació científica: instrument de canvi actitudinal i de contextualització.	133
7. L'avaluació com un instrument de millora de l'aprenentatge i l'ensenyament	157

Capítol 1.

LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE CIÈNCIES

Aquest és el primer dia de la matèria Ensenyament i aprenentatge de la física i química del màster de formació del professorat de secundària i, per tant, ens hem de plantejar què fer, quins són els principals problemes de l'ensenyament i l'aprenentatge de la Física i química i com solucionar-los.

Desenvoluparem el tema seguint l'índex següent:

1. Un problema didàctic: Què fer el primer dia de classe?
2. Un rebuig preocupant per la ciència i l'aprenentatge d'aquesta.
3. En què consisteix la didàctica de les ciències?

1. UN PROBLEMA DIDÀCTIC: QUÈ FER EL PRIMER DIA DE CLASSE?

El primer dia de classe, els professors tenim el costum de fer un discurs sobre el contingut de l'assignatura, els objectius, la importància d'aquesta, etc. En algunes ocasions, es tracta de discursos repetitius que no donen resposta a les preguntes que els estudiants es plantegen i, per tant, no és una informació útil, si considerem com a tal la que respon a les qüestions plantejades.

Unes altres vegades, conscients de la ineficàcia d'aquestes introduccions, alguns professors comencen directament a explicar el primer tema del temari, sense més introducció. Aquesta manera d'actuar també planteja problemes perquè els estudiants es troben inserits en una tasca de la qual no s'han fet encara una mínima idea. Per tant...

A.1. *Què convindria fer els primers dies de classe?*

Inicialment, en la discussió, els grups de classe van presentar propostes molt universitàries com ara les següents: Presentació general de l'assignatura, bibliografia, manera d'avaluar o millor, d'examinar. Sols quan es demana que completen les aportacions, sorgeixen propostes més interessants com:

Presentació significativa del professor i de l'alumnat.

Alguna activitat per a trencar el gel i crear un bon clima.

Alguna activitat per a conèixer les expectatives, preocupacions... de l'alumnat.

Activitats per a despertar l'interès de l'alumnat.

Discussions respecte a la manera com es treballarà a classe.

Procedirem seguidament a posar en pràctica les propostes que acabem d'avançar. Una part majoritària d'aquestes ha posat l'accent a conèixer millor l'alumnat i les seues activitats. Així, a partir de les propostes presentades, pot transformar-se la presentació del professor en una activitat que «afavorisca el coneixement *mutu* del professor i de l'alumnat».

A.2. Després de treballar en grups i elaborar un assaig de presentació, es demana a un alumne que realitze la presentació per a la resta de companys i, posteriorment, es demana als grups que l'analitzen i la comenten, i que hi afegisquen o en lleven allò que consideren oportú.

Es realitza l'assaig com si l'estudiant que el protagonitza fóra un professor de Física i química de batxillerat o secundària en la presentació de l'assignatura. Com que ha estat elaborat per tot el grup, s'ha realitzat tractant de recopilar i aplicar totes les idees que han rebut al llarg de l'escolarització.

Les conclusions que es poden extraure de l'experiència són molt interessants i no s'havien tingut en compte abans de la pràctica, com es pot veure en la breu descripció que oferim a continuació.

Si bé l'alumne havia inclòs en la presentació pràcticament tots els ingredients abans mencionats, s'hi havien descuidat altres aspectes que, per falta d'experiència, van repercutir negativament en la presentació. Per exemple, cal cuidar bastant el to de veu amb què es du a terme l'exposició i tractar d'emprar un to enèrgic, ja que un to monòton pot ocasionar que els estudiants desconnecten per avorriment, la qual cosa pot fer que tot l'esforç del professor siga debades. Així mateix, el professor haurà de treballar els gestos i moviments, que juntament amb un to enèrgic mantindran l'alumne alerta i expectant en la presentació.

Finalment, s'ha de cuidar també el contingut del discurs i la manera de dir-lo, ja que cal evitar que resulte pesat, al temps que s'ha de garantir un llenguatge que arribe a l'alumnat. Dins de la presentació, és fonamental que el professor es done a conèixer a l'alumnat de la manera més adequada i que, al seu torn, l'alumnat també es presente per

a garantir que el professor pugui conèixer-los millor, al temps que ha d'afavorir que es coneixen entre ells.

Encara que aquest punt pugui semblar de poca importància, la manera en què ens presentem pot convertir-se en una eina molt útil a l'hora de guanyar l'empatia i el respecte de l'alumnat, que seran ingredients fonamentals en l'èxit de la relació professor-alumnat i que ofereix un ambient idoni per a l'ensenyament de l'assignatura. Per exemple, el professor pot comentar quina carrera va estudiar i la raó o raons que el portaren a decantar-se per aquesta elecció, com, així mateix, quins són els seus interessos o expectatives. D'esta manera, l'alumnat descobrirà de manera natural el costat més humà del professor, la qual cosa els permetrà sentir-s'hi identificats, fet que afavorirà la creació d'un nexa que els acoste.

Però, com és evident, el professor no sols es limitarà a presentar-se, sinó que invitarà de diverses maneres que l'alumnat es done a conèixer amb la finalitat d'aprendre'n els noms, descobrir-ne les inquietuds personals i grupals sobre l'assignatura de Física i química o, simplement, conèixer-ne l'opinió sobre el que pensen i esperen de les assignatures que tractaran durant el curs. Açò afavorirà, com hem dit, un bon ambient entre el professor i l'alumnat i entre l'alumnat mateix. No cal, però, pensar «ara ens presentarem tots». Això es pot traduir en el fet que l'avorriment de la presentació del professor es multiplique per 30. Cal pensar, per tant, *com plantejar aquesta presentació perquè resulte interessant i aporte alguna cosa a tots*: això ens porta als “Who is who” (annex 1).

A.3. L'alumnat i el professor intercanvien un “Who is who” com a presentació mútua inicial.

2. UN REBUIG PREOCUPANT PER A LA CIÈNCIA I L'APRENTATGE D'AQUESTA.

Com ja hem assenyalat, cal trobar una activitat interessant que pugui contribuir a justificar els continguts del curs que s'impartirà. En el nostre cas, podem plantejar la següent:

A.4. Quins poden ser els principals problemes de l'ensenyament en general i de l'ensenyament de les ciències en particular?

Entre els problemes que es tracten de dilucidar, podem destacar-ne els següents (Solbes, 2009):

- Els problemes que planteja la diversitat d'alumnat a l'aula. Es tracta de problemes que s'iniciaren a partir de l'obligatorietat de l'ensenyament secundari i que s'ha incrementat notablement els darrers anys amb la multiculturalitat de les aules fruit de l'emigració recent.
- Un fracàs escolar en l'ESO superior al 30%, més de 10 punts per damunt de la mitjana europea, que ens allunya considerablement de l'objectiu de la UE d'aconseguir un 85% de graduats en batxillerat o en la FP equivalent. Es tracta d'un problema molt complex sense relació causal amb l'anterior, ja que altres països europeus també han ampliat l'escolarització i acollit molts emigrants sense abastar els índexs de fracàs espanyols.
- La creixent disminució de l'alumnat que tria les optatives de ciències de la secundària obligatòria i el batxillerat de ciències de la naturalesa, així com del que tria Física i Matemàtiques (Solbes, Monserrat i Furió, 2007), amb el "*perill capital per al futur d'Europa*" (Rocard i altres, 2007) que suposa la disminució de joves que estudien ciències en obstaculitzar l'èxit d'una economia del coneixement.

Tots aquest problemes no sols mostren aspectes cognitius, sinó també, afectius i socials, molt relacionats amb el canvi axiològic i d'actituds, amb el clima de l'aula i del centre, i amb la igualtat d'oportunitats.

Per a tractar el tema del fracàs escolar i la diversitat, es pot facilitar la lectura del resum del treball d'Enguita i altres (2010), accessible en Internet (vegeu l'annex 2).

Per a realitzar l'activitat, s'entrega únicament el primer full de l'annex 2; després de contestar la qüestió, se n'entrega el segon. Els alumnes queden sorpresos en observar que la Comunitat Valenciana és una de les capdavanteres en fracàs escolar. Quan se'ls pregunta pels factors, ho atribueixen fonamentalment a la falta d'inversió i a la localització geogràfica. Aquest és un bon moment per a parlar de les diferències entre les quantitats que s'inverteixen i la manera en què es fa, o els objectes en què s'inverteix.

Pel que fa a les inversions econòmiques, cal assenyalar que el principal factor que porta a algunes comunitats a tenir la meitat de fracàs que la mitjana espanyola i a uns altres, a superar-la és l'aposta dels governs regionals per a prevenir-la i per invertir-hi. Les comunitats amb menys taxes de fracàs han promogut i finançat més mesures de prevenció des de primària o inclús des d'infantil, i han invertit en el desdoblament de les matèries instrumentals (com les Matemàtiques o les llengües) en cursos clau, per a la qual cosa han concedit professorat extra i han oferit suport als alumnes que ho necessiten.

Per analitzar el problema del desinterès cap a l'ensenyament de les ciències i l'abandó d'aquestes, es pot plantejar la qüestió següent:

A.5. Penses que actualment hi ha una imatge negativa i desinterès en l'alumnat de l'ESO cap a l'aprenentatge de les ciències? És pitjor que en altres disciplines? Es tradueix en abandó dels estudis científics? Quines en són les causes?

Aquesta activitat pot tenir el mateix paper respecte al curs del màster que l'activitat que se sol plantejar als estudiants de secundària (Calatayud i altres, 1988) amb la intenció de despertar-ne l'interès pel curs: "Quins aspectes de l'educació científica que heu rebut fins ací trobeu criticables i preferiríeu que no continuaren fent-se? Què heu trobat a faltar o a què us agradaria que se li donara més importància?".

Entre les respostes que ofereixen el alumnes de Didàctica, s'aprecia que consideren que hi ha desinterès i mala valoració en totes les matèries. Així, en aquest moment és convenient veure la taula I de l'annex 2. Es tracta d'un qüestionari realitzat per alumnes de les Comunitats Autònomes d'Andalusia, Murcia, Comunitat Valenciana i Balears. S'hi ha demanat als alumnes que indiquen si consideren les assignatures de Biologia i geologia, i Física i química avorrides, interessants, difícils o útils. El barem utilitzat ha estat entre 1 (inútil) i 4 (molt útil), i després s'ha obtingut la mitjana dels resultats que han donat els estudiants.

L'anàlisi dels resultats mostra que els alumnes consideren que la Física i química i la Biologia i geologia són avorrides (amb una puntuació de 2,25 i 2,23), difícils (1,96 i 2,21, respectivament) i excessivament teòriques (2,29 i 1,90). Pel que fa a la utilitat, se'n déna una puntuació aparentment acceptable, ja que les dues obtenen un 2,71 però, per contra, són considerades les més inútils darrere de la Música i la Plàstica. I resulten només lleugerament interessants (mitjana de 2,69 i 2,71, respectivament). És a dir, l'assignatura de Biologia i geologia mostra uns resultats molt semblants a la de Física i química.

Les causes que manifesten els estudiants per atorgar aquestes puntuacions són tres, principalment:

- La **difficultat** de la matèria. Física i química és considerada la més difícil de totes.
- La **manera** de fer classe. Són classes massa teòriques i els alumnes s'hi avorreixen.

- La ciència no té molt bona **imatge** social. Aquesta no és afavorida pels mitjans de comunicació. A més, hi ha poca cultura científica.

En diversos treballs (Solbes i altres, 2007; Solbes, 2011), s'ha mostrat que la ciència té una imatge negativa i que provoca desinterès en l'alumnat, superior al que es produeix en altres disciplines. Aquestes opinions suposen un fenomen complex, que pot ser generat per múltiples causes: l'ensenyament mateix de les ciències, la imatge pública de la ciència, els problemes de gènere i l'estatus de les ciències en el sistema educatiu. Tot això es tradueix en un abandonament de les assignatures de ciències, que acusa més impacte en aquelles ciències en què incideixen més causes, com es pot veure en l'annex 3. Ens enfrontem, per tant, a un problema al qual caldrà fer front sense dilació, ja que s'agreujarà si l'ensenyament de les ciències no es té en compte i continua centrant-se únicament en els aspectes conceptuals i propedèutics.

Diversos autors (Dunbar, 1999; Elias, 2008) mostren que en la societat hi ha grups socials de caràcter conservador i fonamentalista que no sols valoren la ciència negativament, sinó que s'hi oposen. Aquests grups, que han tingut un pes considerable al nostre país, poden explicar la situació de la ciència al llarg de la nostra història. Però també hi ha uns altres grups que tenen una imatge negativa de la ciència (la consideren difícil, avorrida, per a genis, etc.) i de les repercussions d'aquesta en la societat i l'ambient. Però tant en la majoria de la població com en les minories mencionades es té una visió més negativa de les aplicacions i la influència de la Física i química en la societat i el medi que de la Biologia i geologia (Solbes i Traver, 2001). Respecte a les primeres, es mencionen aplicacions relacionades amb els armaments i l'energia nuclear, la contaminació, etc., però recentment comencen a detectar-se rebutjos relacionats amb els organismes genèticament modificats, la clonació, les armes bacteriològiques, etc.

Quant a les relacions gènere-aprenentatge de les ciències, una de les primeres constatacions és la invisibilitat de les científiques en els continguts ensenyats, però també la diferència d'aspiracions, expectatives i comportaments del professorat i l'alumnat en l'ensenyament de les ciències (Sauquillo i altres, 1993). Encara que Kimura (2002) justifica el predomini dels homes "*en activitats o professions que ressalten les habilitats espacials o matemàtiques, com l'enginyeria o la física*" per les diferències de capacitats intel·lectuals entre xics i xiques, pareixen més adequades les investigacions que posen de manifest que les profecies o els etiquetatges en educació i altres activitats socials es compleixen (Bain, 2005).

Respecte a l'estatus de les ciències en el sistema educatiu, l'anàlisi de les lleis educatives dels últims 20 anys (LOGSE, LOCE i LOE) posa de manifest que no consideren que la formació científica forme part dels coneixements comuns de tots els

futurs ciutadans i, d'ací, la gran optativitat d'aquesta en l'ESO. D'altra banda, tenim un batxillerat de només 2 anys de duració, en les modalitats del qual les hores dedicades a les matèries científiques són escasses i, per contra, el nombre de matèries científiques que competeixen per aquest temps és elevat. En aquest sentit, convé recordar que Espanya és l'únic país europeu que no té separades Física i química en primer curs de batxillerat.

Quant a l'ensenyament de les ciències, diverses investigacions (Solbes i Traver, 2001; Izquierdo i altres, 2006; Solbes i altres, 2008) constaten que l'ensenyament no té en compte alguns aspectes que podrien contribuir a unes actituds més positives cap a les ciències, com un tractament més qualitatiu i experimental, les relacions CTS (ciència, tecnologia, societat) i la història de les ciències. Açò es consolida perquè els llibres de text en escasses ocasions aposten per les innovacions i perquè els exàmens estan dissenyats a favor dels continguts més tradicionals i conceptuals, fet que genera un cercle viciós letal per a les innovacions: no s'ensenya la novetat perquè no s'avalua... i no s'avalua perquè no s'ensenya.

Independentment que aquestes valoracions i concepcions negatives puguin o no conduir a una conducta determinada, com l'abandó dels estudis científics, és molt probable que hi influïsquen. Així, en els resultats de les proves d'accés a la universitat, que es mostren en les taules de l'annex 4, s'observa una disminució de l'alumnat de ciències, que ha passat d'un 57% en COU a un 48% en 2n de batxillerat, disminució que augmenta quan s'observen les diferents assignatures científiques, a causa del sistema d'optativitat. Les més afectades són la Física i les Matemàtiques, perquè a les variables anteriors s'afegeix una gran disminució de les alumnes que les cursen.

3. EN QUÈ CONSISTEIX LA DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES?

A.6. Què hem de conèixer, en el sentit més ampli de saber, saber fer i saber ser, els professors de ciències per a donar respostes adients a problemes com els anteriors i a uns altres que l'activitat docent pot plantejar-nos?

Els alumnes contesten una sèrie de sabers que es poden integrar en els que es proposen en Gil i altres (1991), encara que donen massa pes al primer punt, que ja es posarà en qüestió en l'ensenyament de conceptes.

1. Conèixer la matèria que cal ensenyar, la qual cosa inclou conèixer, a més, la història de les ciències; les metodologies que els científics utilitzen per a resoldre

els problemes i construir coneixements; les interaccions CTS; els desenvolupaments científics recents i les perspectives d'aquests; i seleccionar-ne i seqüenciar-ne els continguts didàctics adequats.

2. Qüestionar les idees de sentit comú sobre l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències, com, per exemple, la visió simplista de la ciència i el treball científic, la reducció habitual de l'aprenentatge de les ciències als continguts conceptuals i a alguns de procediment, i oblidar aspectes històrics i socials; el caràcter natural del fracàs generalitzat dels estudiants en matèries científiques; l'atribució de les actituds negatives cap a la ciència i l'aprenentatge d'aquesta a causes externes, i oblidar el paper que té l'ensenyament; etc.
3. Adquirir coneixements teòrics sobre l'aprenentatge de les ciències, és a dir, adquirir coneixements de didàctica de les ciències, psicologia cognitiva, que permeten afavorir l'aprenentatge dels estudiants.
4. Realitzar una crítica fonamentada de l'ensenyament habitual, és a dir, conèixer les limitacions dels currículums enciclopèdics, de la manera habitual d'introduir els coneixements, de les formes d'organització escolar habituals, etc.
5. Saber preparar les activitats d'aprenentatge, és a dir, transformar els continguts en programes d'activitats estimulants a través de les quals els alumnes puguin reconstruir els coneixements, adquirir destreses i actituds científiques, i transformar la seua visió del món.
6. Saber dirigir l'activitat dels alumnes, la qual cosa passa per crear un bon clima de funcionament de la classe; ensenyar a treballar en grups i a comunicar les aportacions d'aquests mitjançant posades en comú; saber realitzar síntesis, aclariments, etc.
7. Saber avaluar, és a dir, utilitzar l'avaluació com a instrument d'aprenentatge que permeti subministrar la retroalimentació adequada; ampliar l'avaluació al conjunt de sabers, destreses i actituds, i superar-ne l'habitual limitació als coneixements teòrics; introduir maneres d'avaluació que siguin instruments de millora de l'ensenyament mateix, etc.

A.7. Discutiu el text (annex 5) sobre els orígens de la didàctica de les ciències per veure com respon a les necessitats expressades en les activitats anteriors. Compareu amb els continguts d'Ensenyament i aprenentatge de la física i química.

S'hi veu com al començament de la dècada del 1980 la didàctica de les ciències no existia, pràcticament, ni com a comunitat científica ni molt menys com a cos de coneixements. Avui, però, la recerca al voltant dels problemes de l'educació científica i tecnològica s'ha convertit, com assenyala, per exemple, l'Agència Nord-americana per

al Desenvolupament de la Ciència, en una àrea estratègica d'investigació científica i en un nou camp de coneixements.

El pas següent serà discutir sobre la manera en què treballarem i com avaluarem.

A.8. *Com treballarem?*

Per a aconseguir les finalitats i competències (coneixements i habilitats) que volem, és necessari utilitzar les estratègies adequades, algunes de les quals són semblants a les emprades pels millors professors universitaris (Bain, 2005). A més, hi ha evidències que els canvis en l'ensenyament són extremadament difícils i que —malgrat tots els rebutjos verbals— avui es continua fent en les classes de ciències pràcticament el mateix que fa 60 anys. Per això, en les classes de didàctica s'ha d'ensenyar amb estratègies que faciliten aquests canvis, com les que es mostren a continuació:

1. *Atenció a la formació docent prèvia.* Una de les primeres tasques que es plantegen és mostrar als futurs professors fins a quin punt l'ensenyament usual els ha impregnat profundament, al llarg dels molts anys en què han sigut alumnes i han seguit les actuacions dels seus professors.
2. *Vivència de propostes didàctiques basades en models constructivistes d'ensenyament i aprenentatge de les ciències.* La importància de la formació docent ambiental resideix, d'una banda, en el seu caràcter reiterat, i, d'una altra, en la seua naturalesa d'exemple viu, real, molt més eficaç que qualsevol explicació. S'entén així que, en absència d'alternatives, els professors i professores facen ús del que van adquirir d'aquest amanera. Això obliga que les propostes de renovació siguin també viscudes, vistes en acte: només així resulta possible que aquestes propostes tinguin efectivitat i que els futurs professors trenquen amb la visió unilateral de la docència rebuda fins al moment. De fet, el plantejament d'una formació docent com a canvi didàctic exigeix no sols mostrar les insuficiències de la formació ambiental rebuda, sinó oferir, al mateix temps, alternatives realment viables.
3. *Entrenament a la reflexió didàctica explícita.* L'atenció crítica al que es viu en la classe, els suggeriments, les conjeitures, fins i tot les preguntes sense respostes, constitueixen reflexions didàctiques que poden convertir-se en una forma extraordinàriament eficaç d'enriquiment professional. Precisament, una de les característiques fonamentals del bon professor —al costat de l'entusiasme pel treball, l'interès pels alumnes o la implicació en tasques d'investigació/acció— és l'esforç per aprofitar el que ocorre en la classe i convertir-ho en objecte de reflexió.
4. *Treball en equip.* Insistir en la importància d'aquest i, encara més, en el cas de futurs docents, podria parèixer innecessari de tan obvi com és. No obstant això, és necessari

insistir-hi perquè la tradició del nostre sistema educatiu és una altra: acostar el professorat, fins i tot institucionalment, a una tasca individual, aïllada, amb horaris que fan pràcticament impossible les visites mútues, la retroalimentació procedent d'altres companys, etc. Tota la investigació educativa sobre la qüestió ha posat en evidència aquesta necessitat d'un treball docent col·lectiu.

5. *Pràctiques de microensenyament.* Una de les activitats que s'ha mostrat més fructífera per a una adequada formació i perfeccionament docents són les pràctiques de microensenyament. Consisteixen en la constitució d'equips de professors els membres dels quals, rotatòriament, actuen davant dels restants membres de l'equip i, a continuació, procedeixen a discutir les intervencions i a proporcionar retroalimentació.
6. *Iniciació a la formació permanent i la investigació didàctica.* Cal que el futur professor prengui consciència, durant el període de la seua formació inicial, de la necessitat d'aquesta formació permanent i, sobretot, de les possibilitats que obri amb vistes a convertir la docència en una tasca oberta, plena d'interès per a ella mateixa, sense la qual cosa tampoc podria generar una actitud positiva en l'alumnat. Per això és interessant donar a conèixer a l'alumnat aquelles experiències docents especialment noves o interessants, d'acord amb els resultats i l'opinió de la comunitat educativa. Finalment, és necessari un esforç particular per a introduir els futurs mestres en la investigació didàctica, en la doble direcció d'aproximar-los a la necessària utilització de la investigació que ja hi ha, que els permeta beneficiar-se de l'aspecte acumulatiu del treball científic i fer possible la seua implicació en aquesta investigació (Furió i Carnicer, 2002).

Finalment, és important dedicar un temps d'aquest tema introductori a l'aspecte de l'avaluació. No podem permetre que l'avaluació quede al marge de les reformes didàctiques que preconitzem si pretenem aconseguir un ensenyament de qualitat. Recordem que sols es valora allò que es coneix.

A.9. Com avaluarem?

- Es valorarà l'assistència i la participació personal de cada estudiant en les tasques habituals de l'aula i en les activitats realitzades al llarg del curs.
- També seran tinguts en compte els informes personals i grupals que siguin elaborats per encàrrec del professor i els relatius als possibles que es deriven de la realització d'activitats de laboratori i/o experiències científiques, de lectures i debats, etc. ("portadocuments"). Els informes que se sol·liciten aniran encaminats a fonamentar o formar part, directament o indirectament, del treball fi de màster.

- Igualment, es valorarà l'exposició dels materials que hagen sigut elaborats amb aquesta finalitat, així com la participació de tots en la discussió i avaluació posterior d'aquests, les conclusions de la qual podran ser arreplegades també en informes personals.
- Es realitzaran proves escrites en què els estudiants hagen de posar en joc les competències i els coneixements adquirits.

Al llarg del curs intentarem tenir en compte les crítiques i els suggeriments que s'acaben d'expressar. I, per a començar, ens replantejarem què fer un primer dia de classe.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- BAIN, K. (2005). *El que fan els millors professors d'universitat*, València, Publicacions Universitat de València.
- DUNBAR, R. (1999). *El miedo a la ciencia*, Madrid, Alianza.
- ELIAS, C. (2008). *La razón estrangulada*, Barcelona, Debate.
- ENGUITA, M. i altres (2010). *Fracàs i abandó escolar a Espanya*, Barcelona, Fundació La Caixa.
- FURIÓ, C. i CARNICER, J. (2002). "El desarrollo profesional del profesor de Ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 20 (1), pàgs. 47-73.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori.
- IZQUIERDO, M.; VALLVERDÚ, J.; QUINTANILLA, M. i MERINO, C. (2006). "Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II", *Alambique*, núm. 48, pàgs. 78-91.
- KIMURA, D. (2002). "Cerebro de varón y cerebro de mujer", *Investigación y Ciencia. Temas 28. La conciencia*, pàgs. 88-97.
- ROCARD, M. i altres (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*, Bèlgica, European Communities. Resumen en *Alambique*, núm. 55, pàgs. 104-117.
- SAHUQUILLO, E.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; DOMINGO, F. i ÁLVAREZ, M. (1993). "Un currículo de ciencias equilibrado desde la perspectiva de género", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 11 (1), pàgs. 51-59.
- SOLBES, J. (2009). "Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 6 (2), pàgs. 190-212, <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen6/Numero_6_2/Solbes_2009b.pdf>.

- SOLBES, J.; LOZANO, O. i GARCÍA, R. (2008). “Juegos, juguetes y pequeñas experiencias tecnocientíficos en la enseñanza y aprendizaje de la física y química y la tecnología.” *Investigación en la escuela*, núm. 65, pàgs. 71-88.
- SOLBES, J.; MONTSERRAT, R. i FURIÓ, C. (2007). “El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza”, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 21, pàgs. 91-117.
- SOLBES, J. i 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*, núm. 19 (1), pàgs. 151-162.

ANNEX 1 (Document: Full de presentació de l'alumne).

“WHO IS WHO”

Nom i cognoms:

Grup de treball:

Telèfon de contacte: (Foto)

Correu electrònic:

Breu autobiografia (pre) professional (en què expliques, si no tens inconvenient, per què has triat fer aquest màster).

Projectes i expectatives.

Altres comentaris, suggeriments, crítiques, qüestions...

(Si ho necessites, pots escriure darrere i en fulls adjunts.)

ANNEX 2 (Enguita i altres 2010).

El fracàs escolar continua estant present en les aules espanyoles. De fet, tres de cada deu alumnes espanyols abandona els estudis obligatoris abans de graduar-se i el 31% no aconsegueix la titulació mínima obligatòria enfront del 15,2% de la Unió Europea, segons un estudi realitzat per Enguita i altres (2010) per a la Fundació La Caixa arreglat en el volum 29 de la Col·lecció «Estudis Socials» titulat *Fracàs i abandó escolar a Espanya*.

Una xifra d'abandonament escolar que és el doble de la mesura dels països europeus i que empitjora a Espanya, ja que, des del curs 1999-2000, el percentatge d'alumnes que aconsegueixen la titulació de Graduat en Ensenyament Secundari ha descendit el 4,2%. A més, a Espanya, l'abandonament escolar ha continuat augmentant, mentre que en els altres països de la Unió Europea s'ha aconseguit reduir.

Les diferències amb Europa també es donen en l'educació post-obligatòria. El nombre de graduats en batxillerat o cicles formatius de grau mitjà aconseguits a Espanya és el 62%. Una xifra que es troba molt allunyada de les taxes de graduació en altres països europeus i que és 23 punts inferior a l'objectiu marcat per la Unió Europea per a l'any 2010 (el 85%).

Entre els factors que contribueixen que l'alumne fracasse en els estudis cal assenyalar la classe social de l'alumne, ja que l'ocupació i el nivell educatiu dels pares influeix directament en el risc d'experimentar fracàs escolar. De fet, el 44,8% dels alumnes de classes treballadores presenta un risc elevat d'abandó acadèmic. Un percentatge que contrasta amb el 22,7% de classes mitjanes.

A més, també hi influeixen altres variables com el gènere, l'origen ètnic o el tipus de centre educatiu. En relació al gènere, els xics presenten taxes de fracàs escolar més elevades que les de les xiques en tots els trams educatius. Segons dades de l'informe, el 41% dels xics de 15 anys té un alt risc de fracàs enfront del 29% de les xiques.

Pel que fa a l'origen ètnic, l'informe assenyala que els alumnes immigrants tenen més risc de fracàs escolar que els d'origen espanyol. Un percentatge que és del 55% en el cas d'alumnes immigrants i que es redueix al 34% en els alumnes espanyols. No obstant això, cal fer una excepció amb els estudiants immigrants de segona generació, entre els quals el fracàs escolar se situa en nivells intermedis, és a dir, en el 40,9%.

Finalment, en relació amb el tipus de centre, es constata que en els centres privats el fracàs escolar és menor i que els alumnes tenen fins a quasi un 20% més de probabilitats de graduar-se. Una diferència que, d'acord amb l'estudi, obeeix a la diferència social de l'alumnat.

Entre les raons que els estudiants al·leguen per a justificar l'abandonament escolar apareixen el fet que no els agrada l'escola o que els genera rebuig, el desig d'incorporar-se al mercat laboral i la manca de pressions de la família perquè continuen estudiant.

Però l'abandonament escolar és un procés de progressiva desvinculació de l'escola que té el seu origen abans que es produïska i que es manifesta per problemes disciplinaris, absentisme, baixes qualificacions o assignatures en què l'alumne no es presenta a l'examen.

No obstant això, són indicadors que no tenen una la mateixa incidència. Un dels principals és la repetició de curs, que és molt freqüent. D'acord amb l'informe, el 88% dels alumnes que abandonen els estudis han repetit curs alguna vegada. També és rellevant el nombre de faltes d'assistència injustificades que acumulen aquests estudiants. Referent als problemes disciplinaris, l'informe assenyala que només el 28% dels alumnes que abandonen els estudis presenten aquest tipus de problemes.

Penses que el fracàs és igual en totes les comunitats autònomes? Quins factors creus que expliquen les diferències entre comunitats?

Com es pot veure en *Magisterio español* i en *El País*, les diferències entre comunitats són abismals. Les dades del 2010 mostren que les comunitats autònomes amb el percentatge més alt de fracàs són Ceuta (47,7%), seguit de Balears (40,3%), València (38,3%), Melilla, (36,7%) i Andalusia (33,1%).

Per regions, en el curs 2005-2006, les que registraven xifres de fracàs escolar més altes van ser Ceuta i Melilla, amb un 49,9% i un 42,9%, respectivament; seguides de Balears (38,2%), Comunitat Valenciana (35,9%), Canàries (35,2%) i Andalusia (34,7%). Així mateix, estan per damunt de la mitjana espanyola Múrcia (33,4%), Extremadura (32,9%) i Castella-la Manxa (30,2%). Al contrari, les que menys fracàs escolar registren són Astúries (14,9%), País Basc (16,5%), Navarra (18,5%) i Castella i Lleó (20,9%). Quelcom pitjor, però encara per davall de la mitjana se situen Cantàbria (22,9%), Galícia (24%), Aragó (25,7%), Madrid (26,4%), Catalunya (27,8%) i La Rioja (28,4%), segons les estadístiques del Ministeri d'Educació i Ciència (MEC).

Per altra banda, com assenyala *El País*: “En la Comunitat Valenciana, la inversió en educació s’ha centrat en els centres privats, començant pel concert dels batxillerats, amb un nombre reduït d’alumnes en molts casos. D’altra banda, el creixement del nombre de col·legis públics els últims deu anys de govern del PP es redueix a un 9%. Per contra, la política liberal aplicada pels populars ha elevat fins a un total de 950 el nombre de centres privats d’ensenyament autoritzats, majoritàriament subvencionats amb diners públics. Açò suposa un creixement de quasi el 100% en només una dècada, ja que el 2000 hi havia 1.444 col·legis públics i 503 privats; el 2010 hi ha 1.575 centres públics i 950 en mans d’empreses privades. En l’actualitat, l’oferta de places privades-concertades suposa ja el 40%, enfront del 60% de l’oferta pública”.

ANNEX 3. QÜESTIONARI

Qüestionari per arrebregar informació de les opinions dels alumnes al voltant de cinc aspectes que donen una visió de totes les matèries de 3r i 4t d'ESO. Els aspectes a què s'ha fet referència en el qüestionari són: interessant-sense interès, útil-inútil, divertida-avorrida, fàcil-difícil i teòrica-pràctica (Solbes, Lozano i Garcia-Molina, 2008).

El qüestionari ha sigut realitzat per un total de 170 alumnes, de quatre comunitats autònomes distintes (Andalusia, Múrcia, Comunitat Valenciana i Balears), dels quals N=64 són els qüestionaris amb llengua pròpia, fet pel qual es garanteix, per tant, un major àmbit d'aplicació de les conclusions extretes. És oportú constatar que els alumnes de 4t d'ESO que l'han contestat cursaven assignatures de ciències.

L'indicador actitudinal d'interès ha sigut el més usat per la investigació en didàctica, per això hem introduït 4 indicadors més en el qüestionari: utilitat, avorriment, dificultat i caràcter teòric.

Les puntuacions es restringeixen als valors 1, 2, 3 i 4, per a evitar el caire al valor central, amb la qual cosa queda com a valor intermedi el 2,50. Els valors atorgats per a cada puntuació són: Inútil, 1; Poc útil, 2; Útil, 3 i Molt útil, 4. El resultat final que es mostra en les taules és la mitjana dels cinc aspectes.

Taula 1. Resultats de respostes d'alumnes al qüestionari

ASSIGNATURES	Interessant -sense interès	Útil- inútil	Divertida – avorrida	Fàcil- difícil	Pràctica- teòrica	Mitjana
Música	2,07	1,85	2,16	2,96	2,26	2,26
Ll. autonòmica	2,44	2,97	2,03	2,18	2,03	2,33
<i>Biologia i geologia</i>	2,71	2,71	2,23	2,21	1,90	2,35
<i>Física i química</i>	2,69	2,71	2,25	1,96	2,29	2,38
Llengua castellana	2,50	3,21	2,05	2,24	1,90	2,38
Ciències socials	2,80	2,88	2,39	2,43	1,60	2,42
Matemàtiques	2,64	3,26	2,06	1,99	2,62	2,51
Anglès	2,74	3,47	2,55	2,35	2,44	2,71
Educació plàstica	2,55	2,16	2,72	2,95	3,36	2,75
Tecnologia	2,83	2,87	2,79	2,78	2,99	2,85
Educació física	3,06	2,76	3,43	3,51	3,65	3,28

ANNEX 4. ANÀLISI DE DADES DE LES PAU

Anàlisi de dades de les PAU del sistema universitari valencià per a veure si s'hi pot constatar l'abandonament i la influència del gènere i de les variables estructurals educatives.

Dades presentades en Solbes, Monserrat i Furió (2007) i actualitzats en Solbes (2011).

Taula 2. Matrícula en les PAU de les assignatures de ciències (València).

Any	N	Matem. %	Física %	Química %	Biologia %	Geo./CTMA
1996 COU	7.377	56,0	46,5	53,7	34,6	13,0
2000-COU	5.012	51,8	45,1	48,1	33,8	12,3
2005 - 2n Bat	18.491	29,4	28,1	32,3	26,8	20,2
2007 - 2n Bat	18.445	26,0	26,6	30,5	25,6	19,6
2009 - 2n Bat	19.053	25,1	25,6	30,7	26,0	20,1

Taula 3. Matrícula en diferents batxillerats en les PAU (València).

Any	N	Artístic %	Científic %	Científicotecnològic %	Ciències socials %	Humanístic %
1996 - COU	7.377		27,0	30,2	27,7	15,1
2000 - COU	5.012		24,3	33,2	26,0	16,6
2005 - 2n Bat	18.491	2,9	25,9	26,0	31,0	14,5
2007 - 2n Bat	18.445	2,9	24,7	24,0	33,2	15,7
2009 - 2n Bat	19.053	2,7	25,0	23,1	34,4	15,4

Taula 4. Percentatge d'alumnes en les diferents modalitats del batxillerat en les PAU de la Universitat de València.

Any	N	Total %	Artístic %	Científic %	Científicotecnològic %	Ciències Socials %	Humanístic %
2003	5.641	60,2	75,1	68,6	33,9	65,1	78,5
2005	5.380	58,3	69,3	66,2	33,9	66,6	77,4
2007	5.044	59,0	71,1	65,8	33,0	65,8	81,7
2009	5.007	58,3	72,7	68,3	33,7	60,5	76,4

ANNEX 5. Orígens de la didàctica de les ciències

L'educació científica arriba a la Universitat al començament del segle XIX i a les escoles de secundària cap al 1850-1870, però és un ensenyament limitat als homes de la burgesia, que no s'estén fins molt després. El **primer problema** en canviar-hi les institucions és trobar **gent que sàpiga ciència per a poder ensenyar-la**.

Més tard, al començament del segle XX, els americans comencen a preocupar-se per l'ensenyament de les ciències, mentre que en altres parts del món ni s'ho plantejaven. Apareix així la revista *Science Education*, el 1916.

Posteriorment, amb el llançament el 1957 pels soviètics del primer satèl·lit espacial, l'*Sputnik*, els europeus i nord-americans s'adonen que els soviètics tenen un nivell científic més elevat que ells i comencen a preocupar-se per l'ensenyament de les ciències en els seus països. També comença la carrera espacial. Així, la dècada del 1960 apareixen importants innovacions en la manera d'ensenyar la ciència: *Feynman Lectures*, CHEM, PSSC, Harvard PP, Nuffield (per a batxillerat).

Ja la dècada del 1980 hi ha *una commoció* que dispara la preocupació per la didàctica (de les ciències): l'ampliació de l'ensenyament de les ciències a tota la població fins als 16 anys (i, en molts països, fins als 18), mentre que abans només s'havia d'ensenyar alumnes molt seleccionats que, tant per les aptituds com per les actituds cap a l'estudi, no plantejaven problemes importants en l'exercici de la professió i les regles empíriques generades a través de l'experiència eren suficients. Però en el moment en què la societat demana a l'escola que aprenguen significativament ciències inclús els alumnes que no volen aprendre-les, ensenyar no es redueix a un problema tecnològic i de pràctica, sinó que requereix l'elaboració de marcs teòrics que possibiliten explicar el que succeeix a l'aula i generar línies d'actuació fonamentades. A Espanya, l'ampliació de l'escolaritat va començar els anys 1970 amb la llei General d'Educació i la universitat va reconèixer l'àrea de coneixement amb la LRU, el 1985. Es van crear departaments i unitats d'investigació específiques que, en molts casos, van reunir professorat amb una àmplia i innovadora experiència docent en els diversos nivells educatius. Els membres del professorat van ampliar la formació, van realitzar tesis doctorals i van generar equips i línies de treball.

Així, els anys 1970 comencen a aparèixer revistes sobre educació científica en Anglaterra i els EUA que s'ocupen dels problemes de *l'educació científica formal*, como per exemple: resolució de problemes i treballs pràctics de laboratori. Les idees prèvies i l'aprenentatge de conceptes. Avaluació dels coneixements adquirits per

l'estudiant. Què ensenyar?: el disseny de curricula. Problemes d'aprenentatge. Actituds i motivacions. Ensenyament CTS (ciència, tecnologia i societat).

Finalment, durant les darreres dècades, observem que s'han incrementat les aplicacions de projectes nacionals i internacionals d'avaluació de l'aprenentatge escolar en ciències i altres matèries, possiblement per les pressions polítiques a les quals es veuen sotmesos els sistemes educatius per avaluar-ne el rendiment. Els dos projectes d'aquest tipus més coneguts són **TIMSS** i **PISA**, i se solen emprar com una mesura global de la qualitat dels sistemes educatius. També es presta atenció als problemes en *l'educació científica informal*.

Capítol 2.

LA NATURALESA DEL TREBALL CIENTÍFIC I ELS PROCEDIMENTS EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES

Aquest capítol s'inicia mostrant algunes idees alternatives dels estudiants sobre la naturalesa de la ciència i, en particular, sobre la investigació científica. El seu qüestionament ens permetrà mostrar algunes característiques del treball científic. A continuació, es mostra com les pràctiques de laboratori usuals apareixen com "receptes" i es planteja com transformar-les en investigacions. Després es presenten experiències o joguets científics elementals. Tant les pràctiques com les xicotetes experiències contribueixen a millorar les concepcions epistemològiques dels futurs professors i a conèixer els procediments de l'ensenyament de les ciències en educació primària, que s'aborden a continuació. Finalment, es planteja com transformar aquests continguts procedimentals des d'una perspectiva constructivista.

Desenvoluparem el capítol amb el següent fil conductor:

1. Algunes característiques del treball científic.
2. Les pràctiques de laboratori com a investigacions.
3. Indagant amb experiències científiques elementals.
4. Els procediments en Ciències naturals i Física i química.
5. La transformació dels procediments des d'un punt de vista constructivista.

1. ALGUNES CARACTERÍSTIQUES DEL TREBALL CIENTÍFIC

A.1. Feu un dibuix d'una situació que mostre el que és realitzar una investigació científica.

A.2. Elaboreu un diagrama, el més complet possible, que represente el que es concep com una investigació científica.

Cal esperar que els futurs professors de primària incòrreguen en tots els tòpics assenyalats per la literatura, és a dir, que representen un sol científic (baró), amb bata, que manipula material de laboratori, majoritàriament de química (tubs d'assaig, matrassos, etc.). Poques vegades apareixen científics treballant en grup, o que siguen dones, llegint, amb un ordinador, etc. Tampoc es veuen llibres o revistes científiques, amb la qual cosa es menysprea la necessitat de l'estudi i el coneixement del que ja se sap sobre el problema o la tasca investigadora d'altres.

D'altra banda, en el diagrama s'aprecien majoritàriament visions rígides del mètode científic, el que es coneix ja clàssicament com OHERIC, és a dir, començar amb l'observació i el plantejament d'hipòtesis, experimentació i resultats per establir, finalment, les conclusions.

Abans de revisar les propostes de l'alumnat davant d'aquestes activitats, proposem que es realitzi la que es mostra a continuació, que permetrà millorar-les i evitarà també que es produïska el típic resultat d'activitat, error i correcció, poc motivador i, sobretot, poc educatiu.

A.3. Discutiu el paper de l'observació i l'experimentació en l'activitat científica.

Normalment, en les respostes de l'alumnat apareix una concepció que ressalta el paper de l'observació i de l'experimentació com a activitats "neutres", és a dir, no contaminades per idees apriorístiques i, fins i tot, d'atzar pur, i s'oblida el paper essencial dels cossos coherents de coneixements (teories) disponibles i de les hipòtesis com a solucions provisionals del problema. Hipòtesis que orienten la investigació i que han de ser contrastades mitjançant experiments, observacions o simulacions.

Nombrosos estudis han mostrat les discrepàncies entre la visió de la ciència proporcionada per l'epistemologia contemporània i certes concepcions docents, àmpliament esteses, marcades per un empirisme extrem. Cal insistir, al respecte, en el rebuig generalitzat d'allò que Piaget (1970) denominà "el mite de l'origen sensorial dels coneixements científics", és a dir, en el rebuig d'un empirisme que concep els coneixements com resultat de la inferència inductiva a partir de "dades pures". Aquestes dades no tenen sentit per si mateixes, sinó que requereixen ser interpretades d'acord amb un sistema teòric. Així, per exemple, quan s'utilitza un amperímetre no s'observa la intensitat d'un corrent, sinó la simple desviació d'una agulla (Bunge, 1973). S'insisteix, per això, que tota investigació i la mateixa recerca de dades vénen marcades per paradigmes teòrics, és a dir, per visions coherents, articulades, que orienten l'esmentada investigació.

És necessari, a més, insistir en la importància dels paradigmes conceptuals, de les teories, en el desenvolupament del treball científic, en un procés complex, no reductible a un model definit de canvi científic, que inclou eventuais ruptures, canvis revolucionaris (Kuhn, 1971), del paradigma vigent en un determinat domini i sorgiment de paradigmes teòrics nous. I és necessari també insistir en el fet que els problemes científics constitueixen inicialment “situacions problemàtiques” confuses: el problema no ve donat, cal formular-lo de manera precisa, modelitzar-ne la situació i fer determinades opcions per a simplificar-lo més o menys per a poder abordar-lo, aclarir l’objectiu, etc. I tot açò a partir del corpus de coneixements que es posseeix en el camp específic en què es desenvolupa el programa d’investigació.

Aquestes concepcions empiricoinductivistes de la ciència afecten els científics—perquè, seria ingenu pensar que aquests “són sempre explícitament conscients dels mètodes que utilitzen en la investigació”— així com, lògicament, els estudiants. Convé assenyalar que aquesta idea, que atribueix l’essència de l’activitat científica a l’experimentació, coincideix amb la de “descobriment” científic, transmesa, per exemple, pels còmics, el cine i, en general, pels mitjans de comunicació. Dit d’una altra manera, sembla que la visió dels professors —o la que proporcionen els llibres de text— no és molt diferent, pel que fa al paper atribuït als experiments, d’allò que hem denominat la imatge “ingènua” de la ciència, socialment difosa i acceptada.

Cal assenyalar que, encara que aquesta pareix ser la preconcepció més estudiada i criticada en la literatura, són pocs els futurs docents que s’hi refereixen. Això pot interpretar-se com un índex del pes que continua tenint aquesta concepció empiricoinductivista en el professorat de ciències en formació, però també entre els professors en actiu. És necessari tenir en compte a aquest respecte que, malgrat la importància donada (verbalment) a l’observació i experimentació, en general l’ensenyament és genuïnament fidel al llibre, de simple transmissió de coneixements, sense a penes treball experimental real (més enllà d’algunes ‘receptes de cuina). L’experimentació conserva, així, per a professors i estudiants l’atractiu d’una “revolució pendent”, com es pot percebre en entrevistes realitzades a professors en actiu.

Aquesta falta de treball experimental té com a una de les causes l’escassa familiarització del professorat amb la dimensió tecnològica i, al mateix temps, reforça les visions simplistes sobre les relacions ciència-tecnologia a què ja hem fet referència. En efecte, el treball experimental pot ajudar a comprendre que, si bé la tecnologia s’ha desenvolupat durant mil·lennis sense el concurs de la ciència, inexistent fins fa molt poc (Solbes, 2002),

la construcció del coneixement científic sempre ha sigut i continua sent deutora de la tecnologia: n'hi ha prou de recordar que per a sotmetre a prova les hipòtesis que focalitzen una investigació estem obligats a construir dissenys experimentals i que parlar de dissenys ja és utilitzar un llenguatge tecnològic.

És cert que, com ja assenyalava Bunge (1973), els dissenys experimentals són deutors del cos de coneixements (la construcció, per exemple, d'un amperímetre només té sentit a la llum d'una bona comprensió del corrent elèctric), però la realització concreta d'aquests exigeix resoldre problemes pràctics en un procés complex amb totes les característiques del treball tecnològic. És precisament aquest el sentit que ha de donar-se a la frase "*l'observació i l'experimentació científiques estan carregades d'una competent pràctica prèvia*", parafraçant l'altra més coneguda de Hanson "*l'observació està carregada de teoria*".

Quan, per exemple, Galileu va concebre la idea "d'afeblir" la caiguda dels cossos mitjançant l'ús d'un pla inclinat de fricció menyspreable, a fi de sotmetre a prova la hipòtesi que la caiguda dels greus constitueix un moviment d'acceleració constant, la proposta resultà conceptualment senzilla: si la caiguda lliure té lloc amb acceleració constant, el moviment d'un cos que llisques per un pla inclinat amb fricció menyspreable també tindrà acceleració constant, però més xicoteta com menor siga l'angle del pla, la qual cosa facilitarà la mesura dels temps i la posada a prova de la relació esperada entre les distàncies recorregudes i els temps emprats. No obstant això, la realització pràctica d'aquest disseny comporta resoldre tota una varietat de problemes: preparació d'una superfície prou plana i polida per la qual pugui "lliscar" una esfera petita, com a manera de reduir la fricció; construcció d'una canaleta per a evitar que l'esfera es desvie i caiga del plànol inclinat; establiment de la forma de soltar l'esfera i de determinar-ne l'instant d'arribada, etc. De fet, no llisca, sinó que roda, la qual cosa comporta alguns problemes (Solbes i Tarín, 2007 i 2008). Es tracta, sens dubte, d'un treball tecnològic destinat a aconseguir un objectiu concret, a resoldre una situació específica, fet que exigeix una multiplicitat d'habilitats i coneixements. I el mateix pot dir-se de qualsevol disseny experimental, fins i tot dels més senzills.

No es tracta, tanmateix, d'assenyalar, com a vegades es fa, que "alguns" desenvolupaments tecnològics han sigut imprescindibles per a fer possible "certs" avanços científics (com, per exemple, el paper de les lents en la investigació astronòmica): la tecnologia està sempre en el cor de l'activitat científica; l'expressió "disseny experimental" n'és perfectament il·lustrativa.

Desafortunadament, les escasses pràctiques de laboratori escolars escamotegen els estudiants (inclús en la Universitat!) tota la riquesa del treball experimental, ja que presenten muntatges ja elaborats perquè siga simple manejar-los seguint guies del tipus de les “receptes de cuina”.

A.4. Analitzeu críticament la concepció, àmpliament arrellegada en la literatura, que presenta el “Mètode Científic” com un conjunt d’etapes que s’ha de seguir correlativament i que ressalta el que suposa tractament quantitatiu, control rigorós, etc., i oblida —o, inclús, rebutja— tot el que significa invenció, creativitat, dubte...

Aquesta és una concepció àmpliament difosa entre el professorat de ciències, com s’ha pogut constatar en utilitzar diversos dissenys. Així, en entrevistes mantingudes amb professors, una majoria es refereix al “mètode científic” com una seqüència d’etapes definides en les quals les “observacions” i els “experiments rigorosos” tenen un paper destacat i contribueixen a “l’exactitud i objectivitat” dels resultats obtinguts.

Enfront d’aquesta concepció, és necessari ressaltar el paper que té la investigació en el pensament divergent, fet que es concreta en aspectes fonamentals i erròniament relegats en els plantejaments empiricoinductivistes com són la invenció d’hipòtesis i models o el mateix disseny d’experiments. No es raona, no obstant això, en termes de certes, més o menys basades en “evidències”, sinó en termes d’hipòtesis, que es recolzen, és cert, en els coneixements adquirits, però que són contemplades com “temptatives de resposta” que han de ser posades a prova de la manera més rigorosa possible, la qual cosa dóna lloc a un procés complex, en el qual no hi ha principis normatius, d’aplicació universal, per a acceptar o rebutjar hipòtesis o, més en general, per a explicar els canvis en els coneixements científics. I, si bé l’obtenció de dades experimentals en condicions definides i controlades (en les quals la dimensió tecnològica té un paper essencial) ocupa un lloc central en la investigació científica, és necessari relativitzar l’esmentat paper, que només cobra sentit, insistim, en relació amb les hipòtesis que cal contrastar i als dissenys concebuts a aquest efecte. En paraules de Hempel, *“al coneixement científic no s’arriba en aplicar un procediment inductiu d’inferència a partir de dades arrellegades amb anterioritat, sinó més bé mitjançant l’anomenat mètode de les hipòtesis a títol d’intents de resposta a un problema en estudi i en sotmetre després aquestes a la contrastació empírica”*. Són les hipòtesis, per tant, les que orienten la recerca de dades. Unes hipòtesis que, alhora, ens remetent al paradigma conceptual de partida i posen de nou en evidència l’error dels plantejaments empiristes.

La concepció algorítmica, com l'empíricoinductiva en la qual es recolza, pot mantenir-se en la mateixa mesura en què el coneixement científic es transmet de manera acabada per a la simple recepció d'aquesta, sense que ni l'alumnat ni el professorat tinguen ocasió de constatar pràcticament les limitacions d'aquest suposat "mètode científic". Per la mateixa raó, s'incorre amb facilitat en una visió aproblemàtica i ahistòrica de l'activitat científica, visió a la qual ens referirem a continuació.

Com ja hem assenyalat, el fet de transmetre coneixements ja elaborats condueix molt sovint a ignorar quins varen ser els problemes que es pretenien resoldre, quina ha estat l'evolució dels esmentats coneixements, les dificultats trobades, etc., i, més encara, a no tenir en compte les limitacions del coneixement científic actual o les perspectives obertes.

A.5. Quines poden ser les conseqüències de no referir-se als problemes que estan en l'origen de la construcció d'uns coneixements?

En presentar uns coneixements ja elaborats, sense tan sols referir-se als problemes que estan en el seu origen, es perd de vista que, com afirma Bachelard (1938), "*tot coneixement és la resposta a una qüestió*", a un problema. Aquest oblit dificulta captar la racionalitat del procés científic i fa que els coneixements apareguen com a construccions arbitràries. D'altra banda, en no contemplar el problema com a punt de partida de la investigació, aquest lloc vacant queda per a l'observació. No obstant això, l'observació no és l'inici de la investigació, sinó una de les possibles estratègies, juntament amb l'experimentació, la simulació, etc., de contrastació de les hipòtesis. Per a moltes ciències, com l'Astronomia, la Geologia, la Zoologia, la Botànica, etc., és la principal de les estratègies.

A més, no referir-se als problemes és oblidar-se de l'evolució dels coneixements, és a dir, en no tenir en compte la història de les ciències es desconeix quines van ser les dificultats, els obstacles epistemològics que calgué superar, la qual cosa resulta fonamental per a comprendre les dificultats dels alumnes (Solbes i Traver, 1996; Gil i Solbes, 1993).

Hem d'insistir, una vegada més, en l'estreta relació que hi ha entre aquesta visió aproblemàtica i ahistòrica i, per exemple, les concepcions simplistes sobre les relacions ciència-tecnologia. Pensem que si tota investigació respon a problemes, sovint, aquests problemes tenen una vinculació directa amb necessitats humanes i, per tant, amb la recerca de solucions adequades per a problemes tecnològics previs. De fet, l'oblit de la dimensió tecnològica en l'educació científica impregna la visió distorsionada de la ciència, socialment acceptada, que traïem ací a la llum, un oblit que històricament té l'origen en la

distinta valoració del treball intel·lectual i manual, i que afecta greument la necessària alfabetització científica i tecnològica del conjunt de la ciutadania (Solbes i Vilches, 1997).

A.6. Reelaboreu el diagrama de flux (segona qüestió d'aquest capítol) com a representació de les estratègies del treball científic i intenteu evitar les distorsions i reduccionismes que acabem d'estudiar.

En l'annex 1, presentem un possible diagrama que intenta reflectir, d'una manera més adequada, tenint en compte tots els aspectes que acabem de desenvolupar, la naturalesa de l'activitat científica.

2. LES PRÀCTIQUES DE LABORATORI COM A INVESTIGACIONS

La idea de buscar en la realització d'abundants treballs pràctics la superació d'un ensenyament purament de llibre i la solució a la manca d'interès per l'aprenentatge de les ciències té una llarga tradició. De fet, constitueix una intuïció bàsica de la generalitat dels professors de ciències, que contempen el pas a un ensenyament eminentment experimental com una espècie de "evolució pendent" (Gil i altres, 1991) permanentment dificultada, en la majoria dels països, per factors externs (falta d'instal·lacions i material adequat, excessiu nombre d'alumnes, caràcter enciclopèdic dels currículums...). La influència d'aquesta tendència ha sigut particularment notable en el món anglosaxó, on en les dècades del 1960 i 1970 es van elaborar i es van posar en pràctica nombrosos projectes d'aprenentatge "per descobriment autònom", centrats, quasi exclusivament, en el treball experimental i en "els processos de la ciència". Per qüestions de temps, no podem detenir-nos ací en l'anàlisi de les serioses limitacions d'aquestes propostes d'aprenentatge, però sí que és necessari assenyalar que, en general, les pràctiques de laboratori apareixen com a "receptes" que transmeten una visió deformada i empobrida de l'activitat científica (Gil i Payá, 1988; Gil i altres, 1991; González, 1992...).

A.7. Analitzeu la manera en què es presenta un treball pràctic dels que ordinàriament s'inclouen en l'ensenyament de les ciències i comenteu-ne els aspectes positius, aquells altres que convindria modificar o suprimir, què s'hi troba a faltar, etc.

Quan s'afavoreix una discussió detinguda de la naturalesa del treball científic, com la que hem realitzat en l'apartat anterior, fins i tot els futurs professors, que habitualment

conceben les pràctiques de laboratori com simples receptes il·lustratives, assenyalen les limitacions de la pràctica que se'ls mostra (vegeu l'annex 2) i la necessitat de vincular-les al tractament d'un problema rellevant, a la construcció d'hipòtesis que focalitzen la investigació, a la invenció de dissenys experimentals, etc., i d'incorporar aspectes clau de l'activitat científica habitualment ignorats (Gil i altres, 1991). De fet, hi ha una disposició positiva per a considerar les pràctiques de laboratori na ocasió privilegiada de familiaritzar l'alumnat amb el treball científic i resulta relativament simple aconseguir que el professorat qüestione les pràctiques "recepta" i faça seues propostes que ofereixen una visió més correcta de la ciència (Gil i Payá, 1988; González, 1992). És molt convenient procedir a experimentar alguns d'aquests treballs pràctics com a investigacions.

A.8. Penseu una estratègia per a la traducció de les pràctiques usuals de manera que es convertisquen en una tasca d'investigació per als estudiants.

La qüestió anterior condueix a elaborar propostes bàsicament coincidents amb les que s'enuncien a continuació i que, en conjunt, suposen un model d'ensenyament com a investigació (Gil i altres, 1991), que és bàsicament coincident amb l'orientació general proposada per eixir a l'encontre de les visions deformades de la naturalesa de la ciència (vegeu l'apartat anterior):

I. Considerar quin pot ser l'interès de la situació problemàtica abordada.

Si es vol trencar amb plantejaments excessivament escolars, allunyats de l'orientació investigadora que ací es proposa, és absolutament necessari evitar que els alumnes es vegem submergits en el tractament d'una situació sense haver pogut ni tan sols formar-se una primera idea motivadora. Aquesta discussió prèvia de l'interès de la situació problemàtica, a més de proporcionar una concepció preliminar i d'afavorir una actitud més positiva cap a la tasca, permet una aproximació funcional a les relacions CTSA, que continuen sent, malgrat reconèixer-se'n la importància, un dels aspectes més generalment oblidats (Solbes i Vilches, 1997).

II. Començar per un estudi qualitatiu de la situació, intentant acotar i definir de manera precisa el problema, i explicitar-ne les condicions que s'hi consideren regnants, etc.

Cal assenyalar que açò és el que realitzen habitualment els experts davant d'un vertader problema i el que de vegades es recomana, sense massa èxit. Però els alumnes, ara, es veuen obligats a realitzar aquesta anàlisi qualitativa. Han d'imaginar necessàriament la

situació física, prendre decisions per a fitar l'esmentada situació, explicitar què és el que es tracta de determinar, etc.

III. Emetre hipòtesis fonamentades sobre els factors de què pot dependre la magnitud buscada i sobre la forma d'aquesta dependència, imaginant, en particular, casos límit de fàcil interpretació física.

Hi ha un consens general entre els epistemòlegs sobre el paper central de la hipòtesi en el tractament de vertaders problemes (Chalmers, 1990). En certa manera, es pot dir que el sentit de l'orientació científica —deixant de banda tota idea de “mètode”— es troba en el canvi d'un raonament basat en “evidències”, en seguretats, en un raonament en termes d'hipòtesis, al mateix temps més creatiu (és necessari anar més enllà del que pareix evident i imaginar possibilitats noves) i més rigorós (és necessari fonamentar i després sotmetre a prova amb molta cura les hipòtesis, dubtar del resultat i buscar la coherència global). Així, les hipòtesis focalitzen i orienten la resolució, i indiquen els paràmetres que cal tenir en compte (les dades que cal buscar). I les hipòtesis —i la totalitat del corpus de coneixements en què es basen— permetran analitzar-ne els resultats i tot el procés. En definitiva, sense hipòtesis, una investigació no pot ser sinó assaig i error, amb la qual cosa deixa, per tant, de ser una investigació científica.

Podria pensar-se que és inútil insistir ací en aquestes idees tan conegudes, però, desgraciadament, és necessari reconèixer que el paper de les hipòtesis a penes es pren en consideració en les pràctiques de laboratori.

És cert també que de vegades, inclús molt sovint, els alumnes introdueixen idees “errònies” quan formulen una hipòtesi. Per exemple, quan es demana quina serà l'altura màxima a què arribarà una pedra llançada cap amunt, molts alumnes pensen en la massa de l'objecte com una variable pertinent. Però açò, lluny de ser negatiu, potser constitueix la millor manera de traure a la llum i tractar aquestes idees (que seran falsejades pels resultats obtinguts): cada vegada que els alumnes aborden una situació problemàtica en què intervinga una caiguda de greus, les seues idees sobre la influència de la massa poden reaparèixer com a hipòtesis i ser tractades; al contrari, la resolució de desenes d'exercicis habituals sobre aquest mateix tema no impedeix que un important percentatge d'alumnes d'educació secundària i fins i tot d'estudiants universitaris continue considerant “evident” que un cos amb el doble de massa que un altre caurà en la meitat del temps que el primer.

IV. Elaborar i explicitar possibles estratègies de contrastació abans de procedir a aquesta, i evitar la mera utilització d'una recepta.

Incloent-hi no sols el disseny i la realització de muntatges experimentals per a sotmetre a prova les hipòtesis a la llum del cos de coneixements de què es disposa, la qual cosa exigeix un treball de naturalesa tecnològica per a la resolució dels problemes pràctics que solen plantejar-se (com, per exemple, la disminució de les incerteses en els mesuraments). Cridem particularment l'atenció sobre l'interès d'aquests dissenys i la realització d'experiments que exigeixen (*i ajuden a desenvolupar*) una multiplicitat d'habilitats i coneixements. Es trenca així amb els aprenentatges mal anomenats "teòrics" (en realitat, simplement seguidors d'un text) i es contribueix a mostrar l'estreta vinculació ciència-tecnologia.

V. Analitzar i comunicar els resultats, i confrontar-los amb els obtinguts per altres grups d'estudiants i per la comunitat científica.

Açò pot convertir-se en una ocasió de *conflicte cognoscitiu* entre concepcions diferents (preses totes elles com a hipòtesi) i afavorir l'autoregulació de l'alumnat, la qual cosa obligaria a concebre conjectures noves, o solucions tècniques noves, i a replantejar la investigació. Cal que ens detinguem ací en la importància de la comunicació com a substrat de la dimensió col·lectiva del treball científic i tecnològic. Açò suposa que els estudiants es familiaritzen amb la lectura i *confecció* de memòries científiques i treballs de divulgació.

VI. La consideració de les possibles perspectives: connexió dels coneixements construïts amb uns altres ja coneguts, elaboració i perfeccionament dels productes tecnològics que es buscaven o que són concebuts com a resultat de les investigacions realitzades, plantejament de problemes nous... Tot això es converteix en ocasió d'utilització reiterada dels coneixements nous en una varietat de situacions, fet que contribueix a l'aprofundiment d'aquests i que ressalta en particular les relacions de la ciència, la tecnologia, la societat i l'ambient que emmarquen el desenvolupament científic, amb atenció a les repercussions de tota índole dels coneixements científics i tecnològics, fet que propicia, a aquest respecte, la presa de decisions.

Procedirem a continuació a desenvolupar la pràctica del pèndol, que hem triat pel valor històric i científic (Matthews i altres, 2005) i perquè tot l'alumnat la pot realitzar, encara que el centre no tinga material o només dispose d'un equip per a fer experiències de càtedra, perquè per a realitzar-la només es necessita fil, boles de diverses masses, cinta adhesiva, suports i cronòmetres (els telèfons mòbils):

A.9. Realitzeu una xicoteta investigació per a establir l'expressió que determina el període d'un pèndol.

Els resultats de reiterades experiències amb professors en formació mostren, en general, que valoren d'una manera molt positiva l'enfocament de les pràctiques de laboratori com a investigacions, fet que trenca amb la seua habitual orientació com a “receptes de cuina”.

I L'interès de la situació problemàtica abordada: Galileu va descobrir, cap al 1581, que l'oscil·lació del pèndol era isòcrona, és a dir, regular en el temps i són aquestes regularitats de la naturalesa les que han permès mesurar el temps al llarg de la història de la humanitat. Així, la rotació de la Terra sobre el seu eix defineix el dia i la rotació de la Terra al voltant del Sol, l'any. La rotació de la Lluna al voltant de la Terra, el mes (d'uns 28 dies). La setmana, que apareix per primera vegada en els calendaris lunars jueus, consta de 7 dies, que corresponen als 7 planetes o “errants”. Per a les hores, s'utilitza el rellotge de Sol, que és un gnòmon en una paret, amb una inclinació que correspon a la latitud del lloc, per a maximitzar l'ombra.

II Estudi qualitatiu de la situació. Encara que es diu que Galileu observà les oscil·lacions d'una llum, aquest objecte és massa complex per portar-ne a terme l'anàlisi, per això convé estudiar un sistema més senzill, com el pèndol simple, format per una esfereta suspesa d'un fil “que no s'estire” i la massa de la qual siga menyspreable enfront de la de l'objecte. Açò és una estratègia usual de la ciència: els sistemes són molt complexos i per a estudiar-los necessitem fer aproximacions. La més important és utilitzar un model del sistema, que és una representació més simple i coneguda d'un sistema complicat o poc conegut.

III Emetre hipòtesis. Quan es plantegen els factors de què depèn el període del pèndol, T , els estudiants assenyalen, habitualment, la longitud del fil l , la massa de l'esfera m , el valor de l'acceleració de la gravetat g i l'obertura angular θ . En principi, pareix que a més longitud, major període, a més massa i més g , menor període.

La dependència amb l'angle no és fàcil de conjecturar, però la veritat és que el sistema depèn de θ i, en aquest cas, el sistema no és lineal i el moviment ja no és periòdic, sinó irregular o caòtic, la qual cosa en complica extraordinàriament l'estudi. Açò és degut al fet que la força que produeix l'oscil·lació $F = m \cdot g \cdot \sin \theta$ no és lineal, però com que per a angles petits el $\sin \theta \cong \theta$, es linealitza i, llavors, el període ja no depèn de l'angle. Per

tant, treballarem només amb angles petits, la qual cosa ens permet continuar mostrant la importància de les aproximacions en el treball científic.

IV Elaborar i explicitar possibles estratègies de contrastació. La idea general és senzilla, es tracta de construir un pèndol aproximadament simple i anar variant cadascun dels factors i mantenir fixos els altres (control de variables). Això no presenta en principi dificultats, excepte pel que fa a g . Les propostes dels estudiants a aquest respecte, encara que vàlides, són escassament viables (“traslladar el pèndol a llocs on g pren valors diferents”, “prendre mesures a alçades distintes d’una muntanya”...). Sorgeix així la idea que diversos investigadors situats en zones en què g prenga valors coneguts diferents realitzen l’experiment amb un pèndol i es comuniquen els resultats. Això permet insistir una vegada més en l’aspecte col·lectiu i social del treball científic.

Des del punt de vista tècnic, apareixen problemes menors, com la manera de determinar la longitud del pèndol (“des del punt de suspensió al centre de l’esfera”). Però el més rellevant és el que es refereix a la mesura del període: inicialment les propostes apunten a la mesura directa de l’oscil·lació. Com que aquesta massa és breu, suggereixen la mesura del temps en n (per exemple, 5) oscil·lacions, amb la qual cosa el període T valdria: $T=t/5$.

V Anàlisi i comunicació dels resultats. La realització de l’experiment no ofereix ara dificultats. Els alumnes poden constatar que la seua hipòtesi sobre la influència de la massa és incorrecta (hi subjau la idea alternativa de la dependència de la velocitat de caiguda amb la massa) i que la relació entre la longitud i el període és parabòlica, i construir-ne la gràfica per a mostrar-ho. Açò es confirma amb més precisió si realitzem un canvi de variable i representem T^2 enfront de la longitud l , amb la qual cosa en aquest cas obtenim una recta.

VI Consideració de les possibles perspectives. El descobriment de Galileu va obrir una era de molta més precisió en el cronometratge. El 1675, Huygens va introduir l’espiral de volant que mantenia durant més temps la isocronia de les oscil·lacions.

Però el més important va ser la seua contribució a la solució del principal problema científic tecnològic del moment: la determinació de la posició sobre la superfície terrestre de les naus, l’interès militar i comercial de la qual és evident. Per obtenir-la calia determinar la longitud i la latitud del lloc. La latitud no plantejava dificultats, ja que es pot deduir a partir de l’angle que forma l’estrella polar respecte a l’horitzó determinat amb un sextant. També es pot utilitzar el Sol (o qualsevol altre) en la seua culminació, mitjançant l’ús de taules de conversió adequades. Però no era fàcil

determinar la longitud i, per això, els imperis marítims (Espanya, Anglaterra, Holanda, etc.) van oferir premis quantiosos a qui ho aconseguira. Es tractà d'utilitzar mesures astronòmiques (Galileu ho intentà amb els satèl·lits de Júpiter), però va fracassar. La solució només es va aconseguir quan el 1762 Harrison va construir un rellotge capaç de mesurar l'hora amb un alt grau de precisió, sense alterar-se amb l'onatge. Si es mesura l'hora local (sabent que a les 12 el Sol està en la seua culminació), la diferència amb l'hora del port que transporta el rellotge ens dona la diferència de longituds. Com? Fent ús d'una proporció: 24 hores és a 360° com la diferència horària és a la diferència de longituds, que és absoluta si es defineix un meridià 0° que passa pel nostre país (Aragó, Comunitat valenciana). Açò és narrat de manera entretinguda per Dava Sobel en la novel·la *La longitud* (1999), la lectura de la qual recomanem a l'alumnat.

Atenent al temps disponible, es pot proposar la realització d'alguns exemples més. Així, en el mateix projecte docent podem trobar treballs pràctics sobre matèria i energia, en els temes 2 i 3 de *Ciències de la naturalesa per a mestres*. Quant al tema de màquines, es poden realitzar les activitats següents sobre la coneguda llei de la palanca d'Arquímedes.

A.10. *Quan una palanca es troba en equilibri, quina relació hi ha entre els mòduls de les forces i les distàncies des del punt d'aplicació d'aquestes a l'eix de la rotació? Emeteu-ne una hipòtesi.*

A.11. *Dissenyeu una experiència per a comprovar-la.*

A.12. *Realitzeu l'experiència i analitzeu-ne els resultats.*

Com a exemple de relacions CTS es poden plantejar les activitats següents:

A.13. *Hi ha tres tipus de palanca, denominades de primer, segon i tercer gènere. En el primer, el punt de suport O està entre la potència P i la resistència R . En el segon, R està entre O i P , i en el tercer, P s'aplica entre R i O . Moltes eines es basen en el funcionament dels distints gèneres de palanques. Mencioneu-ne algunes.*

A.14. *Les màquines són sistemes que permeten transformar una energia en treball. Les màquines simples són capaces de transmetre les forces d'una manera directa. A més de la palanca, cal destacar la corriola, el pla inclinat, la roda, etc. Digueu possibles aplicacions de les altres màquines simples.*

La relativa facilitat per a transformar els treballs pràctics continua amagant una visió reduccionista de l'activitat científica, que associa prioritàriament investigació a treball experimental, la qual cosa ha actuat com a obstacle en la renovació d'uns altres aspectes del procés d'ensenyament/aprenentatge de les ciències, com, per exemple, la resolució de problemes o la manera en què s'introdueixen els conceptes. El primer d'aquests temes no serà abordat ací, com hem assenyalat en la fonamentació, atès que no és un tema bàsic per als alumnes de primària. En el capítol 3, abordarem amb més deteniment les aportacions de la investigació didàctica pel que fa a l'aprenentatge de conceptes.

3. INDAGANT AMB EXPERIÈNCIES CIENTÍFIQUES ELEMENTALS

Si bé els treballs pràctics presentats abans són adequats per a aproximar els futurs professors al treball científic, la veritat és que els esmentats experiments, per la complexitat (realització d'hipòtesis, comprovació d'aquestes per mitjà d'experiments, anàlisi de resultats, etc.), plantegen dificultats a l'alumnat de primària o, fins i tot, del primer cicle de l'ESO. Açò ens va portar a interessar-nos per una línia d'innovació que és al mateix temps molt clàssica, ja que apareixia en molts textos del final del segle XIX i el principi del XX, i molt recent, ja que va desaparèixer a mitjan segle XX i ha tornat a reaparèixer al final d'aquest. Es tracta de la ciència recreativa o de la vida quotidiana (Liem, 1987; Lozano i altres, 2007; Sarquis i altres, 1997; Solbes i altres, 2008), que ha tornat a sorgir, possiblement pels problemes de falta d'interès de l'alumnat, que tractarem detingudament en el pròxim capítol.

El que ha canviat en el camí és la manera de presentar i tractar les petites experiències i els joguets científics. Abans apareixien com a meres observacions o com a il·lustracions o exemplificacions de la teoria prèviament explicada, ara es poden plantejar amb un doble enfocament: el científic i el tecnològic. En el primer, cal assenyalar que científics com Smolin (2007) consideren la ciència una argumentació racional a partir de proves compartides. D'altra banda, des de la didàctica de les ciències es considera que argumentar *“consisteix a ser capaç d'avaluar enunciats basant-se en proves, reconèixer que les conclusions i els enunciats científics han d'estar justificats, és a dir, sustentats en proves”* (Jiménez-Aleixandre, 2010). Ambdues aportacions posen de manifest que les investigacions sobre argumentació poden oferir un marc a la indagació realitzada amb les petites experiències i els joguets. Així, es pot demanar als futurs professors que proposen activitats com la següent:

A.15. Totes les teories sobre la llum suggereixen una propagació rectilínia. Suggeriu alguna manera de provar aquesta predicció i realitzeu-la.

L'experiència quotidiana subministra moltes ocasions de constatar la propagació rectilínia: els feixos de llum, les ombres i penombres, etc. L'alumnat suggereix dissenys senzills com la cambra fosca, dos forats en pantalles separades, etc. És convenient representar els dissenys i dibuixar-hi raigs en totes direccions, perquè no es limiten a dibuixar els que es dirigeixen fins al forat o l'ull i obliden que cada punt de la font (o l'objecte il·luminat) emet igualment en totes direccions. Un bon exemple d'activitats per a treballar l'ús de proves i l'argumentació en ciències el trobem en Jiménez-Aleixandre i altres (2009) i en Jiménez-Aleixandre (2010), que es pot descarregar de la xarxa en <www.rodas.eu>. En aquest material revesteixen un particular interès les activitats que exigeixen utilitzar proves per a triar la millor explicació.

També podem plantejar preguntes al voltant de com mostrar o aconseguir una cosa. Els títols poden tenir forma de problema que cal resoldre, per exemple: “Com es pot aconseguir...?”, “Com es pot mostrar...?”, “Com es pot fer...?”. També es poden plantejar en forma de “Per què...?” o amb un format “periodístic” que contribuïska a cridar l'atenció. La sèrie que mostrem a continuació ha sigut extreta de Furió i altres (2005) i el que s'hi proposa és que els estudiants, dividits en grups reduïts, en resolguen una petita part, de manera que entre tota l'aula se'n resolguen la majoria.

A.16. Proposeu totes les formes que se us ocorreguen per a resoldre els problemes proposats i expliqueu amb detall el procediment que cal seguir-hi. A més, és convenient que assenyaleu els coneixements científics implicats, les possibles repercussions en el camp de les relacions CTSA (ciència, tecnologia, societat i ambient), on i com podríem plantejar-la en les nostres classes, etc., i confeccioneu una fitxa per a cada experiència.

1. Com es pot mostrar que els gasos ocupen un volum?
2. Com es pot evitar que l'aigua que aboquem sobre un embut no caiga dins de la botella?
3. Com es pot transvasar aire d'un recipient a un altre?
4. Com es pot mostrar que els gasos pesen?
5. Com es pot mostrar que l'atmosfera exerceix una gran pressió?
6. Com es pot mostrar la influència de la temperatura sobre la pressió dels gasos?
7. Com es pot fer botar una moneda indefinidament sobre el coll d'una botella?

8. Com es pot inflar un globus sense bufar?
9. Com es pot mostrar d'una manera cridanera la influència de la quantitat de gas sobre la pressió que exerceix aquest sobre les parets del recipient que el conté?
10. Com es pot mostrar la gran influència de la pressió sobre el volum d'un gas i viceversa?
11. Com es pot aconseguir que el fum descendeixi en comptes d'ascendir?
12. Com es pot fer que una botella es trague un ou dur?
13. Com es pot fer pujar l'aigua que hi ha en un plat ple per una botella o got col·locat boca per avall?
14. Com es pot evitar que una botella plena d'aigua i sense tap es buide en fer-li la volta?
15. Com es pot evitar que l'aigua d'un got caiga en fer-li la volta (sense posar-hi una tapa)?
16. Com es pot aconseguir que una botella de plàstic i inclús una llanda de refresc s'esclafi sense que la comprimim?
17. Com es pot aconseguir que en xuplar per una palleta no pugui entrar aigua?
18. Com es pot aconseguir que un objecte se submergeixi en l'aigua i n'emergisca a voluntat nostra?
19. Com es pot fer pujar o baixar, a voluntat, un xicotet objecte dins d'una botella d'aigua? (Ludió o dimoniet de Descartes).
20. Com es pot "vèncer" un martell amb un full de periòdic?
21. Com es pot perforar una creïlla crua amb una palleta?
22. Si es col·loca una bola de paper dins del coll d'una botella horitzontal i es bufa cap a dins, què passarà?
23. Com es pot aconseguir desplaçar un cèntim d'euro, dins de l'aigua, sense que caiga, per mitjà d'una palleta?
24. Si s'omplim dos embuts iguals amb aigua, com es pot aconseguir que un d'ells es buide més de pressa que l'altre?
25. Com es pot fer que una làmina d'oli es transformi en esfera?
26. Com es pot punxar un globus sense que exploti?
27. Com es pot fer que una agulla surti en l'aigua?
28. Com es pot alçar un pes gran només amb un full de paper?
29. Com es pot aconseguir que un full de paper caiga tan ràpidament com un objecte pesat?
30. Com es pot aconseguir, en una fila de monedes iguals, que una isca llançada sense que les altres es moguen? I dos?
31. Com es pot aconseguir en una fila de pèndols contigus que n'oscil·le un només o dos, etc.?

32. Com es pot fer que un globus es desplace rectilíniament?
33. Com es pot saber si un ou està bullit o no?
34. Com es pot fer que un ou sure en un got d'aigua?
35. Com es pot fer que sure un objecte més dens que l'aigua, com la plastilina?
36. Com es pot fer ballar unes panses amb l'ajuda d'una aigua tònica?
37. Com es pot aconseguir, amb dues forquilles i un tros de pa, un "mòbil" capaç de guardar l'equilibri?
38. Com es pot aconseguir, amb tres furgadents, un "mòbil" capaç de guardar l'equilibri?
39. Com es pot fer que un pot, deixat en un pla inclinat, pugui en compte de baixar?
40. Com es pot aconseguir que, en estirar un objecte cap a una direcció se'n vagi cap a la contrària?
41. Com es pot llançar un projectil sense utilitzar substàncies perilloses?
42. Com es pot construir una "catapulta" amb dues pinces d'estendre la roba?
43. Com es pot llançar un objecte per mitjà d'un globus?
44. Com es pot llançar un objecte per mitjà d'una palleta?
45. Com es pot llançar un objecte per mitjà d'una aspirina efervescent?
46. Com es pot fer que les flames de dos ciris s'atraguen?
47. Com es pot traure una pilota de "ping-pong" de l'interior d'una tassa per mitjà d'una palleta (però sense tocar-la)?
48. Com es pot "contagiar" l'oscil·lació d'un pèndol a un altre pèndol (sense tocar-lo)?
49. Com es pot aconseguir que una pilota faci un gran bot si se la deixa caure sense impulsar-la?
50. Com es pot construir, amb furgadents, una "estrella" capaç de saltar per l'aire?
51. Com es pot fer que un "CD" es desplace sense fricció sobre una superfície?
52. Si tenim un regle recolzat sobre els dits índexs d'ambdues mans, com es pot desplaçar l'índex d'una mà, per davall de la regla, fins on està l'altre dit índex? Expliqueu què ocorre.
53. Com es pot fer que un pot cilíndric llançat a rodar sobre una superfície es pare ràpidament mentre que un altre pot igual (i del mateix pes) continue girant?
54. Com es pot conversar amb una persona molt allunyada sense que ens escolten els altres i sense utilitzar telèfons comercials?
55. Com es pot sentir més intensament el so que s'obté en colpejar una cullera amb una altra?
56. Com es pot fer sentir la vibració d'una veu?
57. Com es pot silenciar un cascavell (és a dir, que no se senti encara que l'agitem)?

58. Com es pot fer cantar un tub flexible de plàstic?
59. Com es pot fer cantar una copa?
60. Com es pot fer que una copa cante amb un to més o menys agut?
61. Com es pot aconseguir posar en contacte paper amb una flama sense que es creme?
62. Com es pot alçar un glaçó de gel amb un cordell sense lligar-lo?
63. Què passarà si es crema la part superior d'un cilindre de paper (preparat, per exemple, amb una bossa d'infusió buida)? Per què?
64. Com es poden veure les coses cap avall (és a dir, invertides), sense lents ni espills?
65. Com es pot veure per damunt d'un obstacle?
66. Un got opac impedeix veure la moneda que reposa en el fons. Com es pot aconseguir veure-la sense acostar-s'hi més?
67. Com es pot veure blanc quelcom pintat de colors?
68. Com es pot fer creure que s'ha doblegat una cullereta?
69. Com es pot fer veure l'arc de Sant Martí sense necessitat de pluja?
70. Com es pot aconseguir foc amb els raigs del Sol?
71. Com es pot fer que un pèndol es desplace lleuger sense arribar a tocar-lo?
72. Com es pot fer ballar un doll molt fi d'aigua, que s'ha obtingut en obrir una aixeta?
73. Com es pot fer girar una barreta de metall sense tocar-la?
74. Com es pot aconseguir que un regle de plàstic gire "fugint" d'un altre regle de plàstic?
75. Com es poden botar uns xicotets ninos de paper?
76. Com es pot aconseguir que un globus ple d'aire es quede en el sostre (però sense apegar-lo)

En els textos mencionats abans es troben les solucions de la gran part d'aquests problemes. En el capítol que correspon a "L'estructura atòmica de la matèria" d'aquest projecte docent, hi apareixen resoltes moltes de les qüestions anteriors sobre els gasos. Aquest treball es pot ampliar, per a la qual cosa es pot proposar a l'alumnat que, a més de resoldre les activitats que els han adjudicat a classe, en realitzen alguna altra, en grup, fora de l'horari lectiu.

A.17. Proposeu algunes experiències d'aquest tipus amb l'objecte de preparar un fons comú i aneu posant-les en pràctica.

Es tracta que l'alumnat confeccione fitxes amb experiències diferents de les proposades, que les posen en comú i les exposen a classe, que n'envien per correu les fitxes al professor, que una vegada revisades les deixarà a l'aula virtual. Per a unificar-ne els resultats tall d'exemple.

4. ELS PROCEDIMENTS EN CIÈNCIES DE LA NATURALESA I FÍSICA I QUÍMICA

Hem presentat una pràctica com a investigació no perquè siga una activitat que han de realitzar els estudiants que s'estan formant per a ser professors de Secundària, sinó perquè aprofita per a millorar les concepcions epistemològiques dels futurs professors sobre la ciència i el treball científic. D'altra banda, en aquest treball sobre el pèndol s'inclouen molts coneixements procedimentals, que han de ser ensenyats. Coll (1986) entén com a coneixements procedimentals "*seqüències d'accions dirigides a la consecució d'una meta*". Aquests coneixements procedimentals anirien des de simples tècniques com formular hipòtesis, controlar variables, manejar instruments (el metre, el cronòmetre), mesurar, registrar per escrit els resultats de les mesures, representar gràfiques, comunicar per escrit, etc., a estratègies complexes (com la investigació mateixa), fet que implicaria un ús intencional d'aquestes tècniques. Però abans de mencionar les tècniques o els procediments que convindria introduir en Física i química, hauríem de plantejar als futurs professors la qüestió següent:

A.18. Si formàreu part d'un equip de mestres d'un centre que ha de planificar l'ensenyament de les ciències per a un alumnat de 12 a 16 anys, quins aspectes hauríeu de tractar? En què caldria prendre decisions i posar-se d'acord?

Com a fruit d'aquesta qüestió, és lògic que apareguen els punts següents:

- Què ens agradaria aconseguir amb els xiquets al final de l'etapa primària. O de la secundària?
- Quins continguts cal tractar?, com seleccionar-los i seqüenciar-los?
- Com organitzar l'ensenyament per a millorar l'aprenentatge?
- Què, com i quan cal avaluar?
- Com cal revisar el projecte per a millorar-lo?

Les respostes a aquestes qüestions, per part d'un equip de professors d'una escola, és el nucli del projecte curricular de centre. Entre tots els continguts possibles, ens centrarem, a continuació, en els referents als procediments.

A.19. Analitzeu el Decret sobre la ciència de la natura i marqueu els continguts procedimentals que hi apareixen.

La nostra experiència en l'assessorament a centres d'ensenyament ens ha mostrat que al professorat en actiu és millor plantejar-los prèviament que expliciten quins continguts procedimentals els agradaria tractar. Aquest enfocament fa que el currículum oficial no aparega com una imposició legal, sinó com un marc legal raonable, dins del qual hi ha un ampli marge per a treballar.

Però donada la dificultat que té una activitat d'aquest tipus per al professorat en formació, pensem que és més convenient que coneguen les disposicions legals que hi ha, en concret, el nou Decret sobre la ciència de la natura de l'ESO (BOE, 8 de desembre de 2006) o els de Física i química del batxillerat (BOE, 6 de novembre de 2007) i, atès que en aquest no se separen els continguts conceptuals, procedimentals i actitudinals, que analitzen el decret per ells mateixos i seleccionen els continguts de procediment que hi apareixen, la qual cosa facilitarà que els coneguen. Òbviament, seleccionem entre tots els continguts de Ciències de la naturalesa o Física i química només aquells que fan referència a procediments i naturalesa de la ciència, encara que siga difícil establir-ne diferències.

Aquesta activitat anirà seguida d'altres en els temes següents en què se'ls demana que marquen, amb altres colors, els continguts actitudinals i conceptuals. Açò els permet comprovar que, en alguns casos, és difícil distingir-los. Al final, el currículum que en resulta, es posa en l'aula virtual.

Tot seguit, veurem una selecció no literal de continguts procedimentals, ja que alguns es repeteixen en els quatre anys de la secundària.

Hi ha diferents formes de classificar els procediments (Pro, 1995; Lawson, Pozo i Gómez, 1998), ací ens centrarem en la que ofereixen els últims, que diferencien entre procediments per a:

1. Adquirir informació nova (d'observació, maneig i selecció de fonts d'informació, etc.).
2. Elaborar o interpretar les dades arreglades (traduir-los a un format, model o llenguatge conegut, o usar models per a interpretar situacions).

3. Analitzar i fer inferències a partir d'aquesta informació (predir l'evolució d'un sistema, planificar i realitzar un experiment i extraure'n conclusions, o comparar les implicacions de diverses informacions, etc.).
4. Comprendre i organitzar conceptualment la informació que es rep (fer classificacions i taxonomies, establir relacions entre conceptes, comprendre els textos o el discurs escolar).
5. Saber comunicar els coneixements (dominar tant els recursos d'expressió oral i escrita com la representació gràfica o numèrica de la informació).

A.20. Classifiqueu els continguts procedimentals tenint en compte les categories mencionades abans. Quines conclusions es poden extraure pel que fa a la importància relativa de cadascun d'aquests procediments en l'àrea de Ciències de la naturalesa?

Per la seua complexitat, es tracta d'una activitat que han de realitzar els diversos grups d'estudiants fora de l'horari lectiu. És convenient planificar activitats d'aquest tipus pel concepte de crèdit europeu i convé subratllar que els programes d'activitats s'ajusten bastant bé a aquest nou plantejament. És útil per a familiaritzar-s'hi que intenten classificar els continguts de procediment seleccionats en l'activitat anterior mitjançant les categories de Pozo i Gómez (1998). Açò permet agrupar-los i comprovar que hi ha algunes categories a les quals usualment se'ls dona més pes que a unes altres (per exemple, la 3 o la 5) i, finalment, que els criteris de classificació moltes vegades deixen coses fora. En concret, aquesta de Pozo i Gómez (1998) se centra molt en procediments de treball intel·lectual i deixa fora els de treball manual, imprescindibles en el laboratori.

5. LA TRANSFORMACIÓ DELS PROCEDIMENTS DES D'UN PUNT DE VISTA CONSTRUCTIVISTA

Encara que gran part dels procediments siguen de tipus intel·lectual, una altra part poden ser considerats treballs pràctics. Caamaño (2003), basant-se en les propostes de Woolnough i Allsop, ha establert els tipus de treballs pràctics següents:

1. *Experiències*: destinades a obtenir una familiarització perceptiva amb els fenòmens. Per exemple, observar diferents tipus de fulls, comprovar el tacte d'unes roques, observar cucs o formigues en un terrari, sentir la força d'una goma elàstica en estirar-la, veure el canvi de color en una reacció química, olorar un gas, observar les imatges que formen

diferents tipus de lents, observar el tust de les ones contra un penya-segat, observar estrats i plecs en el camp, etc.

2. *Experiments il·lustratius*: destinats a il·lustrar un principi o una relació. Suposen normalment una aproximació qualitativa o semi quantitativa al fenomen. Per exemple, observar la relació entre l'augment de pressió i la disminució de volum, comprovar com augmenta la capacitat erosiva de l'aigua en incrementar-se l'efecte del pendent, observar l'efecte de la llum en el creixement de les plantes, etc. Molts d'ells són utilitzats pel professorat com a experiències demostratives.
3. *Exercicis pràctics*: dissenyats per a aprendre determinats procediments i destreses pràctiques (realització de mesures, tractament de dades, tècniques de laboratori, etc.), intel·lectuals (observació i interpretació, classificació, disseny d'experiments, control de variables, interpretació de mapes, etc.) i de comunicació (realització d'un informe) o per a realitzar experiments que il·lustren o corroboren la teoria (es posa èmfasi en la determinació experimental de propietats i en la comprovació de lleis o relacions entre variables, amb un enfocament dirigit).
4. *Investigacions*: dissenyades per a donar als estudiants l'oportunitat de treballar com ho fan els científics en la resolució de problemes. Segons el tipus de problemes, les investigacions poden ser teòriques, és a dir, d'interès en el marc d'una teoria (quina relació hi ha entre la pressió i el volum d'un gas?) o pràctiques, generalment en el context de la vida quotidiana (quin material abrigo més?, quin detergent és més eficaç?).

A.21. Analitzeu la manera en què es presenten en textos de Física i química de secundària (vegeu annex 2) alguns experiments, experiències, etc., i comenteu-ne els aspectes positius, aquells altres que convindria modificar o suprimir i coses que hi trobeu a faltar.

S'han extret de textos de secundària dues pràctiques de laboratori (experiència de Lavoisier i construcció i calibrat d'un dinamòmetre) i algunes experiències de llibres de Ciències de 1r i 2n d'ESO (unflar dos globus iguals, penjar-los d'una vareta i punxar-ne un per a comprovar que l'aire pesa. Muntar un circuit pas a pas. Activitats de separació de mesclures i depuració de l'aigua utilitzada).

A.22. Intenteu veure a quin tipus de la classificació anterior pertanyen aquestes experiències.

Es tracta d'experiències o experiments il·lustratius plantejats com a receptes que no van més enllà de mesures senzilles, és a dir, d'un exercici pràctic per a l'aprenentatge de procediments de mesura, segons la classificació de Caamaño (2003).

Tanmateix, açò no impedeix que puguin ser utilitzats des d'una perspectiva constructivista de l'aprenentatge per a explorar les idees dels estudiants, en demanar-los que interpreten el que observen, crear conflictes conceptuals quan l'experiència no respon a expectatives dels alumnes, consolidar noves idees en contextos experimentals diferents o avaluar el procés de canvi conceptual (Caamaño, 2003). O inclús que es realitzen amb un plantejament d'investigació.

A.23. Penseu com es pot fer la traducció d'aquestes activitats de procediments de manera que es convertisquen en una tasca investigadora per a l'alumnat.

Encara que és evident que, en primària, les activitats han d'estar més orientades, res impedeix que es plantegen d'una manera interrogativa, sense donar la resposta i demanant-los explicacions. En projectes innovadors per a alumnes de la EGB o de secundària es feia així, ja que els autors (professorat del nivell corresponent), coneixien el nivell dels alumnes i les possibilitats de realització d'aquests.

Així, les activitats presentades es podrien transformar de la manera següent:

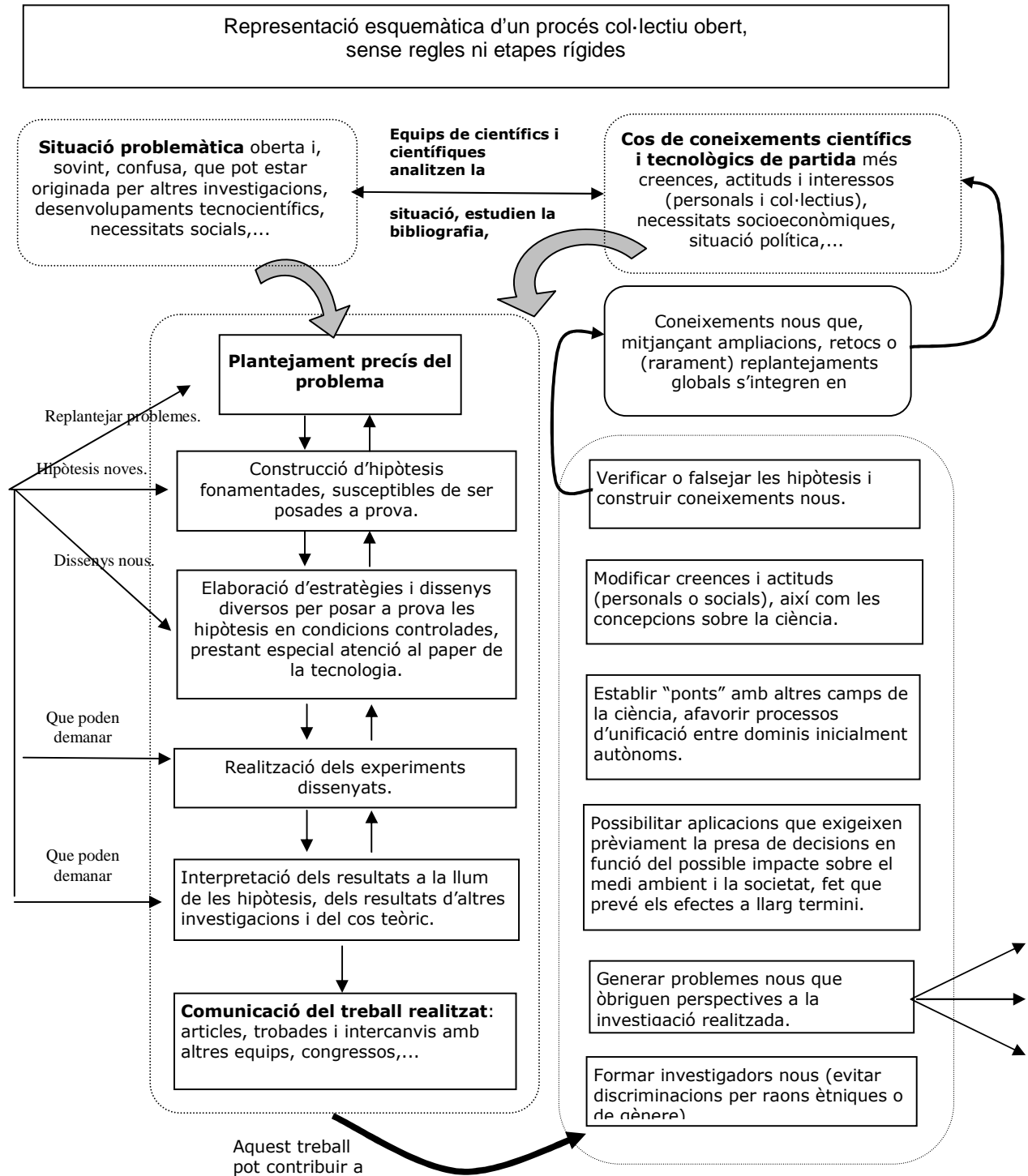
- De què depèn l'estirament d'un moll?
- Per a la conservació de la massa de Lavoisier, es podria preguntar: Quan pesa més un paper, abans o després de cremar-lo? Per què?
- Unfleu dos globus iguals, pengeu-los d'una vareta de manera que quede equilibrada i punxeu-ne un, què observeu? Per què?
- Quins elements necessitaríeu per a muntar un circuit elèctric senzill? Com els connectaríeu? Realitzeu-ne el muntatge.

Referències bibliogràfiques

- BUNGE, M. (1973). *La investigación científica*, Barcelona, Ariel.
- CAAMAÑO, A. (2003). “Los trabajos prácticos en ciencias”, JIMÉNEZ, M. P (coord.); CAAMAÑO, A.; OÑORBE, A.; PEDRINACI, E. i PRO, A., *Enseñar Ciencias*, Barcelona, Graó.
- FURIÓ, C., PAYÁ, J. i VALDÉS, P. (2005). “¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?”, pàgs. 81-103 de *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?*, Santiago, UNESCO.
- GIL, D. i PAYÁ, J. (1988). “Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica”, *Revista de Enseñanza de la Física*, núm. 2, pàgs. 73-79.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori.
- GIL, D. i SOLBES, J. (1993). “The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science”, *International Journal of Science Education*, núm. 15 (3), pàgs. 255-260.
- GONZÁLEZ, E. (1992). “¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 10 (2), pàgs. 206-211.
- JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*, Barcelona, Graó.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. A.; GALASTEGUI, J. R.; EIREXAS, F. i PUIG, B. (2009). *Activitats per a treballar l'ús de proves i l'argumentació en ciències*, Santiago de Compostel·la, Danú.
- KUHN, TH. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de cultura económica.
- LAWSON, (1994). “Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations of cognition”, en GABEL, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Nova York, McMillan.
- LIEM T. L. (1987). *Invitations to science inquiry*, Chino Hills, (California), Science Inquiry Enterprises.

- LOZANO, O.; GARCÍA, R. i SOLBES, J. (2007). “Cuatro juegos que ilustran la conservación de la energía”, *Alambique*, núm. 54, pàgs. 115-118.
- MATTHEWS, M. R.; GAULD, C. F. i STINNER, A. (2005). *The Pendulum: Scientific, Historical, Philosophical and Educational Perspectives*, Dordrecht, Springer.
- POZO, J. I. i GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata.
- PRO, A. DE (1998). “Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clase de ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 16 (1), pàgs. 21-41.
- SARQUIS J. I altres. (1997). *Investigating solids, liquids and gases with toys*, Middletown (Ohio), McGraw-Hill.
- SOLBES, J.; LOZANO i GARCÍA, R. (2008). “Juegos, juguetes y pequeñas experiencias tecnocientíficos en la enseñanza y aprendizaje de la física y química y la tecnología”, *Investigación en la escuela*, núm. 65, pàgs. 71-88.
- SOLBES, J. i TARÍN, J. (2007). “¿Qué hacemos si no coinciden la teoría y el experimento? (o los obstáculos de la realidad)”, *Alambique*, núm. 52, pàgs. 97-107.
- SOLBES, J. i TARÍN, F. (2008). “Which Reaches the Bottom First?”, *The Physics Teacher*, núm. 46, pàgs. 550-551.
- SOLBES, J. i TRAVER, M. (1996). “La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química”, *Enseñanza de las ciencias*, núm. 14 (1), pàgs. 103-112.
- SOLBES, J. i VILCHES, A. (1997). “STS interactions and the teaching of physics and chemistry”, *Science Education*, núm. 81 (4), pàgs. 377-386.

ANNEX 1. Diagrama d'una investigació científica.



Capítol 3.

LA RESOLUCIÓ DE PROBLEMES I ELS PROCEDIMENTS EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES.

La constatació de l'existència d'un percentatge de fracàs important i generalitzat dels estudiants en la resolució de problemes ha convertit aquest tema en una de les línies prioritàries d'investigació en la didàctica de les ciències. A què es pot deure aquest fracàs? Tal vegada a que l'alumnat no comprèn allò que està realitzant, sinó que mecanitza i repeteix altres problemes similars. Així, quan s'enfronta a un problema, és prou que trobe un xicotet canvi respecte a uns altres que ja té fets perquè no sàpiga resoldre'l.

Per això, cal considerar els problemes una part molt important de l'ensenyament, ja que es tracta d'una tasca molt complexa, en la resolució de la qual s'han de posar en joc diverses habilitats: reconèixer fets, identificar un fet amb un concepte determinat, aplicar el concepte al cas concret del problema,...

Així, per tractar de donar respostes al problema plantejat, desenvoluparem el capítol d'acord amb el següent fil conductor:

1. Introducció: per què es produeix el fracàs?
2. L'orientació habitual de la resolució de problemes.
3. Necessitat un replantejament en profunditat.
4. La resolució de problemes com una investigació.
5. Perspectives de treball amb el mètode exposat.
6. Bibliografia.

1. Introducció: per què es produeix el fracàs?

Hi ha un acord generalitzat entre els investigadors en didàctica de les ciències en afirmar que la resolució de problemes té un paper important en l'aprenentatge, ja que ajuda a

reforçar i aclarir els principis que s'ensenyen. Més encara, pot afirmar-se que a través de la resolució de problemes és com s'aprèn millor, perquè això obliga constantment els estudiants a posar els seus coneixements “en pràctica” i afavoreix la motivació.

És un fet cert que gran part del temps de treball a l'aula es dedica a la resolució de problemes, amb una gran diferència pel que fa al temps utilitzat en la realització de treballs pràctics o altres activitats. Malgrat això, nombroses investigacions i també l'experiència diària a les aules coincideixen a afirmar l'elevat fracàs dels estudiants quan s'enfronten a problemes que se separen, encara que siga lleugerament, dels que han desenvolupat a classe.

A1. A quines causes se sol atribuir el fracàs en la resolució de problemes.

Quan es pregunta al professorat en actiu o al professorat futur, quines poden ser les causes del fracàs generalitzat en la resolució de problemes de física i química, les raons apuntades per un percentatge significatiu són:

- Base conceptual i matemàtica insuficient, a la qual se suma una falta de domini en les tècniques de resolució.
- Falta de comprensió lectora, la qual cosa implica que no s'entenga l'enunciat.
- En la mateixa línia de l'anterior, l'enunciat ha de ser breu i clar, a més de concís i anar al gra; en cas contrari, perden el significat del que lligem.
- Dificultat per entendre els conceptes de física o química implicats.
- Enfocar la resolució seguint unes etapes predeterminades, de manera que si alguna variació del problema o de les condicions impedeix seguir-les, estan abocats al fracàs.
- Abús de “problemes tipus”, ja que no inciten al raonament del problema en no trobar-ne novetats. Una resolució metodològica és suficient.

Com podem veure, es tracta d'explicacions que atribueixen el fracàs únicament a carències de l'alumnat. Açò, sens dubte, constitueix una de les idees clau del “pensament espontani” docent. Però, com podem acceptar aquest tipus de raons quan el fracàs afecta la majoria de l'alumnat?

Molts professors/es, insatisfets per la relativa ineficàcia de l'ensenyament tradicional, plantegen com a alternativa la necessitat d'incloure entre els continguts els processos de

construcció de la ciència. Aquesta estratègia també pot ser utilitzada de manera prioritària en la resolució de problemes per tal de facilitar el canvi metodològic i actitudinal en l'alumnat. De fet, en el domini específic de la física i la química hi ha una gran quantitat de recerca que prova experimentalment l'existència de dificultats greus entre l'alumnat quan aborden la resolució de problemes de llapis i paper (Gil i Martínez Torregrosa, 1983; Caillot i Dumas-Carre, 1987).

Aleshores, en aquest tema tractarem de respondre a les qüestions següents:

La resolució de problemes pot convertir-se en una activitat creativa i útil per a l'aprenentatge de les ciències? A més, pot ser un instrument didàctic que facilite el canvi metodològic i actitudinal en l'alumnat?

Entre els aspectes als quals caldrà fer front, no podem deixar de banda l'actitud de l'alumnat que, sovint, no és la més apropiada per abordar la resolució de problemes. Molts no saben com començar: simplement busquen una fórmula adequada o bé es limiten a esperar que el professor el resolga. En ocasions, poden resoldre incorrectament un problema quantitatiu, encara que siguin capaços de manipular les relacions matemàtiques, a causa de les dificultats conceptuals subjacents (Driver, 1988). En tot cas, hi ha un acord entre els investigadors en didàctica en que una gran part d'estudiants no són capaços d'abordar problemes nous, de característiques que els resulten poc conegudes. S'ha assenyalat inclús la possibilitat de resolucions mecàniques que porten a la solució correcta, sense que els estudiants hagen entès res. S'ha suggerit clarament que el domini de la part conceptual del contingut és una condició necessària, encara que no suficient, per a convertir l'alumne en un expert en la resolució de problemes. Aquest doble joc entre l'aspecte conceptual i el metodològic, present en tot problema, ha de ser tingut en compte en proposar un enfocament alternatiu en la resolució de problemes.

Ausubel (1976) ens comenta: *“L'aprenentatge significatiu és molt important en el procés educatiu perquè és el mecanisme humà per excel·lència per a adquirir i emmagatzemar la vasta quantitat d'idees i informació representades per qualsevol camp de coneixement”*. La contribució principal de la teoria de David Ausubel fou emfasitzar la potència de l'aprenentatge significatiu en contrast amb l'aprenentatge per repetició, i descriure amb claredat el paper que tenen els coneixements previs en l'adquisició de coneixements nous.

L'essència del procés d'aprenentatge significatiu radica en la relació, de manera no arbitrària sinó substancial (no literal, no al peu de la lletra), entre idees expressades

simbòlicament i el que l'alumne ja sap. Una relació substantiva i no arbitrària és aquella en què les idees noves són relacionades amb algun aspecte específicament pertinent de l'estructura cognoscitiva de l'alumne (per exemple, una imatge, un concepte o una proposició que ja posseeix significat).

L'aprenentatge significatiu pressuposa que el material d'aprenentatge siga potencialment significatiu per a l'alumne, o siga, que tinga significat lògic i que l'alumne tinga en la seua estructura cognoscitiva els elements (conceptes, proposicions ja significatius) necessaris perquè el material siga relacionable, de manera no arbitrària i sí substantiva, en aquesta estructura. A més, pressuposa també que l'alumne manifeste una determinada actitud cap a l'aprenentatge. És necessari que estiga disposat a relacionar, de manera intencional i no al peu de la lletra, el material nou amb la seua estructura cognoscitiva.

Així doncs, arribats a aquest punt, hem de cridar l'atenció sobre la presència de l'aspecte actitudinal com un tercer element, en interacció amb el conceptual i el metodològic. A aquest respecte, podem referir-nos a algunes actituds detectades a partir de la investigació en resolució de problemes. Com ja s'ha dit anteriorment, Gil Pérez i altres (1988) constaten que molts estudiants no saben com començar a resoldre un problema, simplement busquen fórmules a cegues o bé es limiten a esperar la solució del professor. També assenyalen com a pràctica habitual dels estudiants davant dels problemes la disposició a "reconèixer o abandonar", és a dir, identificar el problema nou amb un altre que ja han resolt o, en cas contrari, no intentar-ne la resolució. També és molt freqüent passar d'un problema a un altre, sense reflexionar sobre el que s'ha fet o la solució trobada en benefici d'una millor comprensió de la situació donada. En definitiva, amb bastant freqüència, en resoldre un problema o fins i tot quan s'ensenyava a resoldre'ls, s'emfasitza el domini metodològic d'aquest i se'n descuida el conceptual.

Els docents en general, reconeixem verbalment la importància de l'aspecte afectiu, però ens resulta particularment difícil veure com podem descuidar o estimular aquests processos des de nosaltres i des de les nostres accions. Recordem que la nostra proposta entén la resolució de problemes de física i química com un procés en què s'integren els tres dominis (conceptual, metodològic i actitudinal) en un equilibri dinàmic. Si no és així, la resolució, si ocorre, resultaria buida de significat. Per això, hem d'atorgar una importància central al "si mateix" que, en aquest context, és fonamental. També serà de gran valor "revisar" el paper que ens toca tenir en el procés de construcció de l'autoestima del nostre alumnat.

Una vegada introduït el tema en qüestió, el pas següent és qüestionar-nos per què, si des de fa decennis que s'investiga sobre les dificultats que es presenten en la resolució de problemes, no s'ha apreciat una millora sensible en els resultats obtinguts per l'alumnat. Un motiu d'aquesta manca de millores podria ser que les orientacions i els supòsits bàsics que han guiat la investigació fins avui necessiten una reorientació, fet que ens obligaria a concebre enfocaments nous.

Com va dir Bachelard, “tot coneixement és la resposta a una qüestió”, per tant, les preguntes que ens formulem determinaran en gran manera la validesa de la investigació realitzada. No obstant això, en la investigació en didàctica, tant o més que en altres camps, les preguntes a què respon la investigació estan carregades de significat implícit que, rares vegades son sotmeses a anàlisi, de manera que escapen a la crítica. D'aquesta manera, resulta possible que tota una línia d'investigació quede presonera durant anys d'unes preguntes de les quals, com a mínim, es pot dir que no són les úniques possibles.

Si s'analitza la literatura que hi ha sobre la investigació respecte a la resolució de problemes, es pot constatar que una bona part ha estat dedicada a mostrar les diferències entre experts i principiants, és a dir, entre aquells que resolen bé i els que ho fan d'una manera mediocre, a fi d'establir les característiques d'una bona resolució i extraure'n recomanacions útils per a l'alumnat. Com ja s'ha dit, encara que l'abundant investigació realitzada amb aquesta orientació ha produït alguns resultats d'interès, no ha contribuït a reduir les elevades taxes de fracàs de l'alumnat. Aleshores, tractarem d'explicitar alguns dels supòsits a què respon aquesta investigació, a fi de concebre altres possibles enfocaments.

1. En primer lloc, s'assumeix que es pot atorgar una responsabilitat individual (hi ha alumnes que resolen bé els problemes i n'hi ha que no). Açò és coherent amb les respostes que el professorat sol donar sobre les causes del fracàs en la resolució de problemes (que ja s'han exposat abans).
Si s'observa, es pot apreciar que sempre es tracta d'explicacions que atribueixen el fracàs a les carències de l'alumnat, però, com poden acceptar-se aquestes raons quan el fracàs n'afecta la majoria?
2. Un altre supòsit que cal explicitar és que es considera possible extraure recomanacions sobre com resoldre bé els problemes i transmetre-les als alumnes d'una manera efectiva perquè els ajuden. Aquest supòsit subjau en altre gran bloc de les investigacions que es troben en la literatura que hi ha sobre resolució de problemes que, des de les clàssiques

propostes de Polya (1957), han estat dirigides a l'elaboració de models de resolució i inclús d'algoritmes més o menys precisos.

Es tracta d'un supòsit coherent amb el paradigma d'ensenyament/aprenentatge, per transmissió/recepció de coneixements ja elaborats, la ineficàcia del qual ha sigut reiteradament constatada i denunciada.

Aquests supòsits, per tant, no poden ser considerats veritats inqüestionables, ja que, com hem dit, les aplicacions sorgides a partir d'aquests han sigut ineficaces. Per això, s'han de prendre com a meres hipòtesis i així evitar que les investigacions es dirigisquen en una única direcció que, a més, sol ser poc fructífera.

En conseqüència, són necessàries noves preguntes que reorienten la investigació:

- Què fem els professors per a ensenyar a resoldre problemes?
- Què fem perquè la majoria de l'alumnat siga incapaç d'enfrontar-se a un problema tan bon punt s'allunya mínimament dels que s'han resolt a classe?

Aquestes preguntes dirigeixen l'atenció sobre les orientacions didàctiques del professorat i els textos, i responen a una altra hipòtesi, que considerarem a partir d'ara: Un resultat de fracàs generalitzat com el que ocorre en la resolució de problemes necessàriament ha de tenir l'origen en errors de plantejament en el procés d'ensenyament/aprenentatge.

L'anàlisi crítica realitzada fins ací sobre la manera en què es resolen habitualment els problemes requereix que ens replantegem en profunditat alguns dels supòsits que assumim d'una manera implícita i eliminem les condicions que ens imposa el pensament docent espontani:

- Què s'ha d'entendre per problema?
- En quina mesura el que s'ensenya en classe s'aproxima a una autèntica resolució de problemes?

A diferència de les anteriors, aquestes qüestions no se centren en el que fa o pot fer l'alumnat, sinó que dirigeixen l'atenció sobre les activitats del professorat. Hi subjau el supòsit de la importància crucial de les activitats, actituds i expectatives del professorat en l'efectivitat de l'aprenentatge.

En plantejar-nos aquestes qüestions, pretenem mostrar que és possible canviar la situació actual de l'ensenyament, modificar les activitats, actituds i expectatives del professorat a partir d'un plantejament en profunditat de les esmentades qüestions pels professors mateixos, si es facilita un treball col·lectiu de "reflexió descondicionada", és a dir, capaç de trencar les limitacions que suposen les preguntes i els supòsits més obvis, dels quals sovint quedem presoners.

2. L'orientació habitual de la resolució de problemes.

Com ja hem vist, quan es pregunta al professorat quines poden ser les causes del fracàs generalitzat en la resolució de problemes de física i química, rarament s'addueixen raons que inculpen la didàctica empleada.

Convé, per això, que una de les primeres activitats que calga realitzar conduïska a posar en dubte l'esmentada didàctica, per a així fer sentir en "carn pròpia" les deficiències de l'ensenyament habitual. Per posar-ho de manifest, es procedeix a realitzar l'activitat següent:

A2. Un objecte es mou al llarg de la seua trajectòria segons l'equació: $E = 25 + 40t - 5t^2$ (on e ve donat en metres i t , en segons). Quina distància haurà recorregut als 5 segons? I quina distància haurà recorregut als 6 segons?

Quan es proposa aquesta activitat en un curs per a professorat de Física i química en actiu, la quasi totalitat dels assistents "resol" molt ràpidament l'exercici i substitueix la t per 5 i dóna com a resposta, en general, 100 m o 75 m.

Però, què ocorre quan es calcula per a $t = 6$ s? S'obtenen diversos resultats, els que van obtenir anteriorment 100 m, ara obtindran 85 m i els que van obtenir 75, ara obtindran 60 m. Açò implica que **quelcom va malament!, el mòbil no pot haver recorregut menys distància en més temps!!!**

Aquests són els resultats obtinguts per l'alumnat i també per una gran part del professorat, com a conseqüència de "l'operativisme" mecànic habitual que, com s'observa, condueix a errors.

La resolució d'aquest aparent enigma és senzilla, perquè es tracta d'un objecte en moviment que avança amb acceleració negativa i que disminueix la velocitat fins que queda parat (en $t = 4$ s) i, en aquest moment, comença a retrocedir.

Una segona anàlisi ens podria fer veure que pot tractar-se d'un moviment de caiguda lliure, en el qual s'ha llançat cap amunt un objecte i després torna a caure. Així, per a $t = 5$ s:

$$\left. \begin{array}{l} y_0 = 25 \text{ m} \\ v_0 = 40 \text{ m/s} \\ a = -10 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = v_0 + a \cdot t \\ 0 = 40 - 10 \cdot t \rightarrow t = 4 \text{ s} \end{array} \quad \begin{array}{l} \Delta e = (40 \cdot 4) - (5 \cdot 16) = 80 \text{ m} \\ e = -5 \cdot t^2 = -5 \text{ m} \rightarrow t = 1 \text{ s} \\ \text{Total} = 85 \text{ m} \end{array}$$

Com podem veure, es tracta d'un problema molt senzill per al qual sols calia reflexionar sobre les condicions inicials per a obtenir els resultats correctes (85 m per a $t = 5$ s i 100 m per a $t = 6$ s).

Ara bé, la reflexió que interessa fer en aquest moment és: per què un problema tan senzill condueix a resultats erronis d'una manera tan generalitzada? Convé, per tant, procedir a una reflexió/discussió.

A3. A què cal atribuir uns resultats erronis tan generalitzats en un problema com l'anterior? De què poden ser indicadors? Què suggereixen?

Els resultats de l'activitat tractada anteriorment actuen com una "presa de consciència" i condueixen a un debat que permet posar en dubte l'activitat del professorat mateix. Es fa referència, així, entre altres, a les següents característiques de l'orientació donada habitualment en la resolució de problemes:

- La falta de reflexió qualitativa prèvia o, dit d'una altra manera, "l'operativisme" mecànic amb què s'aborden habitualment els problemes, inclús pel professorat mateix. Convé recordar a aquest respecte les paraules d'Einstein: "cap científic no pensa amb fórmules". Abans de començar a calcular, el científic ha de tenir en el cervell el curs dels raonaments. Aquests últims, en la majoria dels casos, poden ser explicats amb paraules senzilles. Els càlculs i les fórmules constitueixen el pas següent. No obstant això, la didàctica habitual de resolució de problemes sol impulsar a un "operativisme" abstracte, sense significat, que poc pot contribuir a un aprenentatge significatiu.
- Un tractament superficial que no es deté en l'aclariment dels conceptes. Així, en el problema considerat en l'activitat anterior es produeixen evidents confusions entre

distància a l'origen, desplaçament i distància recorreguda. I no es tracta d'una confusió purament terminològica de poca importància, sinó d'un tractament superficial que en poc pot afavorir una autèntica comprensió de conceptes. Més encara, es manegen quasi exclusivament situacions que afavoreixen les confusions.

Així, per exemple, en el cas que ens ocupa, igual que en la major part de problemes sobre mòbils, és habitual prendre com a zero en el sistema de referència (explícitament o, més sovint, implícitament) el punt on s'inicia el moviment, en el sentit positiu d'aquest. Així, l'espai "e" (distància a l'origen) coincideix amb el desplaçament. Si, a més, no hi ha retrocessos, el valor de la distància recorreguda coincideix també.

La repetició d'exemples en què açò ocorre porta no sols a confondre els conceptes, sinó inclús a fer "innecessària" l'atenció al sistema de referència. El caràcter relatiu de tot moviment és així escamotejat, negat en la pràctica, per molt que s'hi haja insistit teòricament. I és necessari tenir present que aquest costum d'absolutitzar el moviment, prenent sempre com a referència implícita el punt i instant d'on parteix el mòbil, correspon a tendències profundament arrelades en el xiquet de centrar tot estudi en ell mateix, en la pròpia experiència, i generalitzar-la acríticament.

D'aquesta manera, els problemes, en comptes de contribuir a un aprenentatge significatiu, fet que ajudaria a trencar amb visions confuses, n'afavoreixen la consolidació. I això ocorre inclús quan s'arriba a resultats correctes. Pensem en els nombrosos exercicis sobre caiguda de greus que es realitzen i que els alumnes arriben a fer quasi amb els ulls tancats: això no impedeix que continuen pensant que "un cos de doble massa caurà en la meitat de temps"(*). És a dir, els problemes resolts "correctament" no han permès posar en dubte la idea ingènua de la influència de la massa.

En resum: els problemes, en comptes de ser una ocasió privilegiada per a construir els coneixements i aprofundir-hi, es converteixen en un reforç d'errors conceptuals i metodològics. Podria pensar-se que hi ha molta exageració en aquestes conclusions, però n'hi ha prou de referir-se a les abundants anàlisis realitzades sobre els problemes resolts en els textos o pel professorat, per a constatar que "l'operativisme", és a dir, el tractament superficial, és realment una tendència generalitzada entre el professorat mateix.

A continuació, passarem a veure alguns resultats obtinguts a partir de qüestionaris passats a professors i professores en formació sobre les causes de fracàs en la resolució de problemes

(Taula I). S'han passat a una mostra de 55 professors de batxillerat en exercici, 122 professors de batxillerat en formació (CAP) i 91 professors de Magisteri en formació (de 2n i 3r de l'especialitat de ciències).

La discussió posterior pel que fa a les qüestions plantejades i la resposta que cadascun dels professors ha donat motiva, per tant, una "presa de consciència" que fa que el professorat mateix apunte clarament deficiències que se separen de les causes de fracàs generalment acceptades i atribuïdes majoritàriament a l'alumnat. Són aquestes deficiències les que condueixen a la necessitat d'un replantejament en profunditat de la didàctica habitual en la resolució de problemes.

Causas del fracàs relacionades amb:	Professorat		Professorat en formació (CAP)		Professorat en formació (magisteri)	
	%	<i>Sd</i>	%	<i>Sd</i>	%	<i>Sd</i>
1. La concepció del problema com a investigació.						
1.1. No es presenten els problemes de manera que contribuïsquen a familiaritzar l'alumnat amb la metodologia científica.	5,5	(3,0)	3	(1,6)	3	(1,9)
1.2. Presentació lineal per part del professorat.	3,6	(2,5)	6	(2,1)	3	(1,9)
1.3. No s'afavoreix el pensament divergent.	0	(-)	0	(-)	0	(-)
1.4. No s'elabora una estratègia abans de la resolució.	0	(-)	0	(-)	1	(-)
1.5. No s'ensenyava l'alumnat a analitzar els resultats.	3,6	(2,5)	0	(-)	0	(-)
1.6. Altres causes que es poden relacionar amb aquesta concepció.	7,3	(3,5)	9	(2,6)	8	(2,8)
2. Lectura no comprensiva de l'enunciat.	47	(6,7)	30	(4,0)	38	(5,1)
3. Deficient preparació teòrica.	40	(6,6)	48	(4,5)	48	(5,2)
4. Deficient maneig de l'aparell matemàtic.	38	(6,5)	26	(4,0)	6	(2,4)

Taula I: Possibles causes al fracàs de l'alumnat en la resolució de problemes.

3. NECESSITAT D'UN REPLANTEJAMENT EN PROFUNDITAT

Les majors dificultats que sovint ha trobat el desenvolupament d'una ciència han derivat de supòsits implícits, acceptats sense cap qüestionament, fet pel qual han escapat a la crítica. En aquests casos s'imposa un replantejament en profunditat que analitzi críticament fins allò que sembla més obvi. Pel que fa a la didàctica de la resolució de problemes, açò suposa aprofundir fins arribar a aclarir la idea de problema.

A4. Què hem d'entendre per problema?

S'ha assenyalat ben sovint que els investigadors en la resolució de problemes de llapis i paper no solen plantejar-se què és un problema, però hi ha un acord general, entre els que sí que han abordat aquesta qüestió, en caracteritzar com a problemes aquelles situacions que plantegen dificultats i per a les quals no es posseeixen solucions fetes.

La definició següent resumeix bé aquest consens: *“Un problema és una situació, quantitativa o no, que demana una solució per a la qual els individus implicats no coneixen mitjans o camins evidents per a obtenir-ne”*.

Aquesta mateixa idea apareix indirectament quan es parla de resolució de problemes. Així, Polya (1980) assenjala que *“resoldre un problema consisteix a trobar un camí allí on prèviament no es coneixia, trobar una eixida per a una situació difícil, per a vèncer un obstacle, per a aconseguir un objectiu desitjat que no pot ser immediatament aconseguit per mitjans adequats”*.

Alguns autors insisteixen justament en el fet que l'existència de dificultats no és una característica intrínseca d'una situació i que depèn també dels coneixements, l'experiència prèvia, etc., de la persona que l'està resolent. En aquest sentit, es desenvolupa la idea de “llindar de problematicitat” diferent per a cada persona i per damunt del qual es pot considerar que una situació constitueix un verdader problema per a les persones implicades.

En aquestes idees de problema i “llindar de problematicitat” hi ha una primera font per a la comprensió dels resultats tan negatius aconseguits en l'ensenyament habitual. Per tant, ens plantejarem tot seguit la relació entre aquestes idees sobre el que són els problemes i el que es fa a classe.

Segons la definició acadèmica (*Diccionario ideológico de la lengua española*, de Julio Casares), un **problema** és “una qüestió dubtosa que es tracta de solucionar” mentre que un **problema científic** (*Diccionario Larousse de ciencia y técnica*) és “una qüestió que es resol per procediments científics especialment mitjançant càlculs”. És interessant notar que aquesta menció al càlcul es manté en la majoria dels diccionaris.

Segons Bunge (1973), “un problema és tota dificultat que no pot superar-se automàticament sinó que requereix la posada en marxa d'activitats orientades cap a resoldre-la. Un problema es considera científic quan ha d'utilitzar teories o conceptes de la ciència i s'estudia mitjançant mètodes científics, amb l'objectiu primari d'incrementar els coneixements”. Fem notar que, en l'anterior definició, s'aprecia la desaparició de la referència al càlcul i es pot destacar que considera les metodologies científiques inherents a la resolució.

Un altre aspecte que cal tenir en compte és que l'elecció de l'objectiu principal d'aprenentatge determina l'elecció dels problemes utilitzats a classe i, per tant, la metodologia d'ensenyament d'acord amb la finalitat que es vol aconseguir. Ara bé, en l'educació científica, el problema està determinat per la persona que el proposa, atès que, en el context d'una assignatura i excepte en casos excepcionals, només apareixen problemes triats pel professor o corresponents als textos que utilitza.

A.5. En quina mesura les explicacions dels problemes fetes pel professorat o exposades en els llibres de text estan d'acord amb la seua naturalesa de tasca desconeguda per a la qual, d'entrada, no es té solució?

La discussió propiciada per aquesta activitat posa totalment en qüestió la pràctica docent habitual; s'assenyala que els “problemes” són explicats com quelcom que se sap fer, com una qüestió de la qual ja es coneix la solució i que no genera dubtes ni exigeix temptatives. Així, el professor coneix la situació (per a ell no és un problema) i l'explica linealment, “amb tota claredat”. Quines implicacions planteja aquesta situació?

Els alumnes poden aprendre la solució i repetir-la davant de situacions idèntiques, però no aprenen a abordar un vertader problema i qualsevol xicotet canvi els suposa dificultats insuperables, fet que provoca l'abandonament. Una possible solució és que les resolucions continguin un poc més de “lletra” i més raonament, ja que per als alumnes són problemes, però per als professors són exercicis. En conseqüència, el professorat no ensenya a resoldre problemes, sinó que en realitat ensinistra els alumnes.

En definitiva, aquesta discussió entorn de què cal entendre per problema permet realitzar una crítica més profunda de la didàctica habitual.

A.6. Si un problema és una situació per a la qual no es té resposta elaborada, com caldrà enfocar-ne la resolució?

Si s'accepta la idea que tot problema és una situació davant de la qual s'està inicialment perdut, una possible orientació consistiria a preguntar-se: què fan els científics en aquest cas? Amb aquesta pregunta plantejem concretament què és el que fan els científics davant del que per a ells constitueix un vertader problema i no davant d'un enunciat de llapis i paper com els que s'inclouen en els llibres de text.

Es podria esperar, en efecte, que davant de problemes de llapis i paper, els científics (que en aquest àmbit són els professors) adopten actituds característiques de l'ensenyament habitual i consideren els problemes situacions que cal saber resoldre i no veritables problemes. En aquest sentit, els estudis fets sobre la manera en què els "experts" aborden els problemes de llapis i paper estarien encara molt lluny del que suposa enfrontar-se a un vertader problema. És, per tant, més útil preguntar-se què fan els científics quan s'han d'enfrontar amb autèntics problemes per a ells.

La resposta en aquest cas és "simplement" que es comporten com a investigadors. I si bé és veritat que expressions com "investigació", "metodologia científica" o "mètode científic" no tenen una clara significació unívoca, traduïble en etapes precises, resulta indubtable que el tractament científic d'un problema té unes característiques generals que hauríem de tenir en compte també en els problemes de llapis i paper. Per a Oñorbe (2003), el procés de resolució d'un problema depèn del concepte inicial de problema i de l'objectiu perseguit en l'ensenyament d'aquest.

Esquemàticament, aquest procés pot enfocar-se de la manera següent:

- *Aprenentatge general en qualsevol àrea*: procés de pensament davant de situacions problemàtiques. Així, s'ha definit la resolució de problemes com "sinònim de pensar" o "una forma d'aprenentatge molt complexa que ha d'anar precedida per una gran varietat de formes més senzilles".
- *Destresa d'aplicació en l'aplicació de coneixements teòrics o qüestions concretes i aprofundiment en la comprensió de conceptes i lleis científics*.

- *Component fonamental dels coneixements científics:* procediments corresponents a la metodologia de la ciència quan s'enfronta a una investigació.
Els distints enfocaments és mesclen en més o menys proporció i s'accepta que, per a adquirir determinats tipus de procediments complexos, és necessari disposar de tècniques o destreses elementals i saber enfrontar-se a tasques més senzilles (que moltes vegades han de convertir-se en rutines perquè el seu "soroll" no interferisca en el procés de resolució del problema). L'entrenament es considera necessari tant per a dominar les destreses prèvies com per a trobar la manera en què poden combinar-se entre si.

En conseqüència, els problemes es poden resoldre per 3 mètodes distints:

1. Mètode algorítmic: és el que s'utilitza de manera més usual en classe; està basat en un seguit d'etapes:
 - Posar incògnites i dades.
 - Fer els dibuixos corresponents.
 - Buscar les equacions que relacionen dades i incògnites.
 - Treballar-les fins que s'obtinga una equació.
 - Substituir les dades (alguns recomanen, sobre tot en l'ESO, fer-ho abans).
 - Analitzar els resultats per tal de veure si l'ordre de magnitud és adequat.
2. Mètode de l'expert: en psicologia cognitiva (De Vega, 85; Pozo y Gómez, 1998), s'ha intentat esbrinar els mètodes que utilitzen els experts per a resoldre problemes. Fins i tot, en intel·ligència artificial (IA) s'ha intentat dissenyar "sistemes experts" (en medicina, enginyeria, etc.) emprant aquests mètodes. Alguns d'aquests els enumerem a continuació:
 - Construeix una descripció qualitativa detallada.
 - Selecciona mètodes i aspectes clau.
 - Aplica principis fonamentals.
 - Construeix descripcions.
 - Comprova que no hi haja anomalies.
 - Aplica principis subsidiaris.
 - Comprova que les quantitats no siguin problemàtiques.
 - Construeix una descripció matemàtica.
 - Aplica principis generals a l'obtenció d'equacions noves.
 - Aplica principis subsidiaris per a eliminar les magnituds no desitjades.
 - Combina i resol equacions.
 - Comprova que els resultats són correctes o, almenys, possibles.

3. Si es tracta d'una situació oberta, per a la qual no es disposa d'una resposta coneguda, sembla lògic pensar que el seu procés de solució ha de tenir les característiques d'un procés d'investigació:
- Plantejament i acotació de la situació problemàtica, fins que es puga avançar.
 - Formulació d'hipòtesis i disseny d'estratègies per a solucionar-les.
 - Posada en pràctica de les estratègies.
 - Interpretació i contrastació de resultats.
 - Identificació de problemes nous.

A.7. Què és el que en els enunciats habituals dificulta un tractament científic dels problemes i deixa, en particular, sense sentit la tasca fonamental d'emissió d'hipòtesis?

Quan es discuteix aquesta qüestió, solen apuntar-se, entre altres, les dificultats següents: són problemes tancats, les dades suggereixen automàticament un resultat únic; són lineals, no obliguen a investigar; no sol·liciten anàlisis dels resultats; no estimulen el treball cooperatiu; estan allunyats de la vida real o, fins i tot, de vegades és impossible que succeïsquen en la vida quotidiana; donen totes les dades (constants,...), no dirigeixen cap a la recerca en els llibres,...

En discutir sobre açò, el professorat no tarda a posar-se d'acord a considerar que el fet de donar totes les dades en els enunciats impossibilita l'aplicació del mètode científic. Una manera de pal·liar aquest problema seria donar dades de més, algunes de les quals, fins i tot, podrien no ser d'utilitat. Malgrat presentar avantatges, aquesta proposta presenta l'inconvenient d'obrir molt el camp del problema, ja que l'alumne hauria de determinar quina informació li ofereix cadascuna de les dades, amb la qual cosa es desviaria del problema.

En conseqüència, si les dades dificulten el tractament científic dels problemes, una altra manera d'enfocar-los seria eliminar les dades i precisions dels enunciats habituals i construir enunciats més oberts capaços de generar una resolució d'acord amb les característiques del treball científic. És a dir, convertir els enunciats en problemes oberts, plantejant-los com xicotetes investigacions.

El pas que cal fer ara no és certament fàcil; però el fil conductor seguit fins ací permet concebre que la inclusió de les dades en l'enunciat com a punt de partida, fet que respon a concepcions inductivistes, orienta la resolució cap al maneig d'unes determinades magnituds sense que això responga a una reflexió qualitativa ni a les hipòtesis subsegüents.

D'aquesta manera, quan resol un problema, l'alumne es veu abocat a buscar aquelles equacions que posen en relació les dades i incògnites proporcionades en l'enunciat, i cau així en un mer operativisme. Però no n'hi ha prou de denunciar aquest operativisme, es tracta d'arribar molt més enllà, d'atacar-ne les que el provoquen. La comprensió que la presència de les dades en l'enunciat, així com la indicació de totes les condicions que hi ha (tot això com a punt de partida) respon a concepcions inductivistes i orienta incorrectament la resolució, constitueix un pas essencial per a desbloquejar l'ensenyament habitual de problemes i les limitacions d'aquests. Però al mateix temps genera desconcert, perquè xoca amb la pràctica reiterada, amb el que "sempre" s'ha fet.

Un enunciat sense dades, s'assenyala, no serà quelcom excessivament ambigu? Davant d'un problema així, l'alumnat no acabarà extraviant-se? És possible, però l'ambigüitat, o dit amb unes altres paraules, les situacions obertes no són potser una característica essencial de les situacions genuïnament problemàtiques? I no és també una de les tasques fonamentals del treball científic delimitar els problemes oberts (fitar-los) i imposar-hi condicions simplificatòries?

Pel que fa a açò, el treball realitzat en nombrosos tallers i cursos de perfeccionament del professorat ha permès constatar que els enunciats habituals són "traduïbles" sense dificultat.

A.8. Transformeu l'enunciat següent en una situació problemàtica oberta: "Sobre un mòbil de 5.000 kg, que es desplaça amb una velocitat de 20 m/s, actua una força de frenada de 10.000 N. Quina velocitat portarà als 75 m d'on va començar a frenar?"

Podem definir una situació problemàtica oberta com un problema correctament plantejat per al qual se sap que hi ha una solució. A més, la situació plantejada permet diverses maneres de resolució. Així, es pot reformular un enunciat quantitatiu, en aquest cas un problema de física, d'una manera qualitativa en eliminar les xifres per tal d'evitar el "formulisme" en la resolució dels problemes per part de l'alumnat en secundària o batxillerat.

En conseqüència, es poden proposar a l'alumnat enunciats que fan impossible un tractament purament operatiu i que obliguen a una metodologia significativament pròxima al treball científic. Seguint aquesta línia, dues variacions de l'enunciat anterior podrien ser les següents:

- *Vaig a creuar el carrer i s'acosta un cotxe, passe o m'espere?*
- Un camió circula a una certa velocitat, camí de l'estació. Quan veu que la barrera del pas a nivell comença a descendir, frena. Es detindrà abans d'arribar al pas a nivell o no?

Aquest tipus de formalisme s'allunya bastant de l'utilitzat en els llibres de text, per tant, pot semblar estrany en un primer moment. Però hem de reivindicar que no deixa de banda la física del problema, sinó que, per contra, n'evita l'enunciat quantitatiu habitual, permet centrar-se en els conceptes, les diferents possibilitats, els casos límit,...

4. La resolució de problemes com investigació

Aquest mètode de resolució de problemes fou introduït al voltant de la dècada del 1990 del segle passat pels professors Martínez-Torregrosa i Gil en mecànica, i pel professor Furió en química, amb la intenció d'eliminar automatismes en la resolució de problemes de física i química per aconseguir que l'alumnat els treballara com a problemes reals i no únicament com una aplicació matemàtica de fórmules que poc, o res, tenia a veure amb la física o la química.

Un avantatge d'utilitzar aquest mètode és que permet aplicar el mètode científic i que els alumnes s'hi familiaritzen. També aquests plantejaments permeten molts tipus de situacions, com d'educació viària o mediambiental. Cal destacar que el que es qüestiona amb aquesta manera de treballar no són els enunciats per ells mateixos, sinó la orientació didàctica amb què es treballa. Modificar els enunciats pot ajudar en una primera fase a trencar els hàbits, però, una vegada adquirida la nova orientació, es pot tornar als enunciats habituals.

No podem deixar de comentar que l'aplicació d'aquest mètode també planteja algun problema, com és el de la maduresa dels alumnes, ja que no tots podem resoldre qualsevol problema a qualsevol edat. De fet, solament a partir de 4t d'ESO se'n pot apreciar el potencial i, per tant, on més es pot fer efectiu és amb alumnes de batxillerat. Ara bé, el poc de temps disponible, juntament amb la gran quantitat de temari que cal desenvolupar i el

model d'examen de les PAU, impedeix que es pugui aplicar en 2n de batxillerat. En definitiva, el que presentem és un model de treball que ens pot ajudar, però és cada docent en cada cas pràctic on haurà de decidir fins a on vol (o pot) arribar en l'aplicació pràctica.

A.9. Quines orientacions caldria proporcionar als alumnes per a orientar-los en el tractament de situacions problemàtiques obertes?

Si enunciem un problema d'aquesta manera, hem d'actuar en conseqüència i proporcionar als alumnes una sèrie d'orientacions per a facilitar el tractament de situacions problemàtiques obertes, com les que ja em vist en el plantejament de treballs pràctics com a investigació. Òbviament, la ciència és molt rica i té moltes facetes. No caurem en l'error d'algoritmitzar la manera de treballar, però sí que podem donar algunes idees per a sistematitzar-la.

I. Discutir quin pot ser l'interès de la situació plantejada.

Si volem trencar amb els plantejaments habituals escolars i volem donar una dimensió “investigadora” a la resolució de problemes, és absolutament necessari que, en un primer moment, l'alumnat pugui formar-se una primera idea motivadora.

Una discussió prèvia de l'interès de la situació problemàtica proporcionarà una concepció preliminar i afavorirà una actitud més positiva cap al treball que es durà a terme, al temps que aproxima a les relacions CTSA, que, malgrat la importància, encara estan generalment oblidades.

En un llenguatge habitual de classe, aquesta discussió es podria traduir en qüestions del tipus: Què passa ací? Com m'imagino la situació?

II. Començar per un estudi qualitatiu de la situació i intentar delimitar i definir de manera precisa el problema, explicitar-ne les condicions que s'hi consideren regnants, etc. (Quin és el problema? Com podem operativitzar-lo? És a dir, passar del llenguatge quotidià al llenguatge físicomatemàtic.)

En definir el problema els alumnes cal precisar les condicions que es consideren importants en la situació abordada, al temps que se'ls “obliga” a recolzar-se en representacions o esquemes gràfics apropiats.

III. Formular hipòtesis fonamentades sobre els factors de què pot dependre la magnitud buscada i sobre la forma d'aquesta dependència, i imaginar, en particular, casos límit

de fàcil interpretació física. De què dependrà i com la magnitud buscada? Puc imaginar situacions en què siga possible avançar-ne el valor?

Un cas extrem d'aquest plantejament qualitatiu passaria per oferir els problemes sense dades numèriques. En aquest cas, els alumnes no poden llançar-se a operar amb dades i incògnites, simplement perquè no en disposen. D'altra banda, el fet que l'alumnat plantege hipòtesis és una manera segura de traure a la llum les idees errònies que puga tenir-ne.

IV. Elaborar i explicitar possibles estratègies de resolució abans de procedir-hi i evitar el mer assaig i error. Quines estratègies podria seguir per a trobar el que busque?

Fer referència, quan siga possible, a possibles mètodes alternatius de resolució, per tal de possibilitar la contrastació de resultats i mostrar la coherència del cos de coneixements disponible.

Les situacions plantejades es poden resoldre a partir del cos de coneixements conegut, però no es deriven automàticament dels principis teòrics, sinó que són construccions temptatives, que requereixen imaginació i assaig. Podria dir-se que equivalen als dissenys experimentals de les investigacions.

V. Resoldre verbalitzant al màxim, fonamentant el que es fa i evitant, una vegada més, operativismes sense significació física.

Efectuar la resolució literal del problema, sempre que siga possible, evitant la tendència a treballar des del principi amb valors numèrics.

VI. Analitzar amb cura els resultats a la llum de les hipòtesis elaborades, és a dir, una vegada desenvolupada una possible estratègia, fer-nos-en algunes preguntes: Té sentit el resultat? Es compleixen les hipòtesis i els casos límit? Tinc arguments per a estar segur de la seua validesa?

Açò suposa contrastar-lo i analitzar-ne la coherència a partir del plantejament de qüestions al respecte:

- El valor de la resposta és raonable?
- La resposta depèn, de manera qualitativa, dels paràmetres del problema en el sentit que calia esperar?
- La resposta s'ajusta al que podria esperar-se en situacions senzilles i també en les especials?
- Amb un altre mètode de resolució s'obté el mateix resultat?
- En substituir valors numèrics, és raonable el resultat? He après quelcom nou? És possible imaginar problemes nous d'interès derivats d'aquest?

VII. Realitzar una recapitulació d'allò que s'ha fet, ressaltar els obstacles trobats i la manera en què s'han superat. Incloure, en particular, una reflexió global sobre allò que pot haver aportat el treball realitzat des del punt de vista conceptual, metodològic i actitudinal, de manera que s'amplie la competència dels estudiants. Identificar problemes relacionats d'interès.

A.10. Procediu a resoldre problemes de la manera en què estem treballant, és a dir, com si es tractara d'investigacions.

Evidentment, el procés no és tan senzill com per a reduir-lo a una sèrie de passos preestablerts, sinó que és molt més complex i difícil d'acostumar-s'hi, però molt més interessant i educatiu que el plantejament numèric i, moltes vegades, memorístic, al qual estem habituats.

Per a concretar amb un exemple, seguirem els passos explicitats per a resoldre el primer problema, que hem transformat en l'activitat A.8: *Vaig a creuar el carrer i s'acosta un cotxe, passe o m'espere?*

1. Considerar quin pot ser l'interès de la situació problemàtica que es pretén abordar.

Té interès aquesta situació problemàtica concreta? Possibles enfocaments interessants per a comentar:

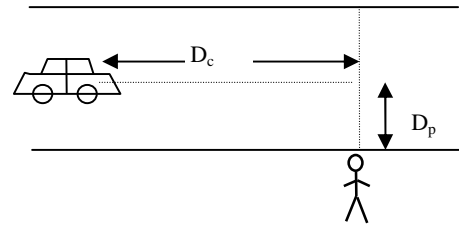
- Programació de semàfors. Temps que tarda un vianant a creuar el carrer. Interiorització de temps i relació real espai-temps. Totes les reflexions anteriors són importants en educació viària, com és important quan anem al volant, per a saber si tindrem temps de passar-lo o no,...
- L'educació de l'interès és important per a fomentar actituds i valors: per què cal respectar en una corba el límit de velocitat?
- Per què la multa és major quan un camió sobrepassa el límit de velocitat que si sobrepassa la càrrega màxima autoritzada? Relació entre les destrosses que pot produir en cas d'accident, amb la fórmula de l'energia:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2.$$

2. Fer un estudi qualitatiu de la situació, definir de manera precisa el problema, explicitar quines condicions s'hi consideren presents,... és a dir, de la situació problemàtica ambigua a un problema fitat: començar per un estudi qualitatiu de la

situació, explicitar-ne les condicions idònies, prendre decisions que ajuden a modelitzar-la,... fins que quede definit el problema de manera precisa.

- Especificar clarament si en farem un tractament cinemàtic, dinàmic, energètic,...
- Seria convenient realitzar un dibuix que exemplifiqui l'escena i que valga com a sistema de referència per a determinar els paràmetres, així com les direccions dels moviments. Considerem els mòbils puntuals, de manera que l'amplària del cotxe no afecta el desenvolupament del problema.



- Definim el tipus de moviment i especifiquem si l'autobús porta un moviment uniforme o uniformement accelerat, si la trajectòria que segueix és recta o no,.... Per a simplificar, suposarem que ambdós havien començat a moure's abans, que en el moment que comença el problema es troben en els punts indicats i que porten moviment uniforme.

Segons si volem una resolució més o menys simple, podem menysprear el temps de reacció del conductor de l'autobús o no.

També suposem que no hi ha fregament i que no sorgeixen imprevistos. Finalment, ja que el temps comença a comptar en el moment que s'inicia el problema, no hi ha temps inicials.

3. Emetre hipòtesis fonamentades sobre els factors dels quals pot dependre la magnitud cercada i sobre la forma d'aquesta dependència, i imaginar, en particular, casos límit d'interpretació física fàcil. És a dir, construir hipòtesis que centren el problema i guien cap a la solució.

De les múltiples qüestions que podríem plantejar, en triarem una, que serà la que resoldrem a continuació: Quina és la mínima velocitat amb què ha de caminar el vianant per a no ser atropellat?

$$v_p = f(v_c, d_c, d_p)$$

$$v_p \propto v_c \quad (\text{si ambdues distàncies són constants})$$

$$v_p \propto d_p \quad (\text{si } v_c \text{ i } d_p \text{ són constants})$$

$$v_p \propto 1/d_c \quad (\text{si } v_c \text{ i } d_p \text{ són constants})$$

}

$$v_p \propto v_c \frac{d_p}{d_c} \Rightarrow v_p = K \cdot v_c \frac{d_p}{d_c}$$

Casos límit que es podrien plantejar:

* Si el carrer fóra molt ample, la v_p hauria d'ésser molt gran.

* Si la $v_c = 0$, la v_p també podria ser-ho, és a dir, tindria un temps $t = \infty$.

4. Elaborar estratègies de resolució abans de procedir-hi i evitar el mer assaig i error.

Cercar vies de solució diferents per a possibilitar la contrastació de resultats obtinguts i mostrar la coherència del cos de coneixements de què es disposa.

Normalment, en ciències hi ha múltiples estratègies. És interessant trobar el màxim nombre d'estratègies que condueixen a la mateixa solució. Açò mostra la coherència del cos teòric.

Estratègia: $t_p = t_c \longrightarrow$ el cotxe atropella el vianant;

$t_p < t_c \longrightarrow$ el cotxe no l'atropella.

$$\left. \begin{array}{l} t_p = \frac{d_p}{v_p} \\ t_c = \frac{d_c}{v_c} \end{array} \right\} \text{ si } t_p = t_c \rightarrow \frac{d_p}{v_p} = \frac{d_c}{v_c} \Rightarrow v_p = d_p \frac{v_c}{d_c}$$

o bé, d'una altra manera millor:

$$\begin{array}{l} t_a \leq t_c \\ t_a = \frac{d_p}{v_p} \quad \frac{d_p}{v_p} \leq \frac{d_c}{v_c} \\ t_c = \frac{d_c}{v_c} \quad v_p \geq d_p \frac{v_c}{d_c} \end{array}$$

Una altra estratègia podria suposar les distàncies dobles o triples,...

5. Realitzar la resolució i verbalitzar al màxim, fonamentar el que es fa i evitar, una vegada més, operativismes sense significat físic.

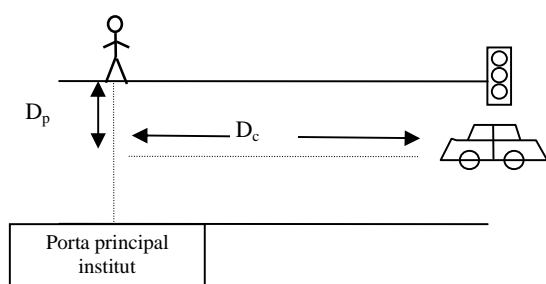
En aquest problema, hem realitzat aquest pas juntament amb l'anterior, ja que les operacions eren molt senzilles, per haver-lo simplificat al màxim.

6. Avaluar amb cura els resultats a la llum de les hipòtesis elaborades i, en particular, dels casos límit considerats.

Ara podríem també posar dades numèriques i veure si els resultats són raonables. Finalment, es pot demanar que inventen altres problemes d'enunciat diferent, però que es resolguen de la mateixa manera.

7. En aquest exemple concret, en comptes d'una recapitulació teòrica, es pot eixir amb l'alumnat al carrer i realitzar l'exercici pràctic de manera que ells mateixos prenguen les mesures d'espais i temps, i després contrasten tot el que facen amb el que havien suposat a classe.

REALITZACIÓ PRÀCTICA DEL PROBLEMA:



Amb les dades experimentals obtingudes de manera experimental, resolem el problema a l'aula.

- $D_c =$ Suposem uns 200 metres.
- $D_p =$ Calculem uns 7 metres.
- $v_c =$ Suposem MRU, 60 km/h
- Suposem MRUA $v_0 = 0$
- $v = 60$ km/h

Eixim al carrer i realitzem diverses mesures per tal de veure si les suposicions que hem fet han sigut correctes.

- $D_c = 300$ passos (meus)
- $D_p = 15$ passos

Temps que tarda un cotxe en recórrer D_c si parteix del repòs: 12 s.

Nota: 1 pas meu, 3 taulells de 25 cm.

Per a veure la potencialitat del mètode, a continuació desenvoluparem dos exemples de resolució del problema de química amb investigació:

Quantes copes de conyac pot prendre, com a màxim, una persona, sense que resulte perjudicial per a la seua salut?

1. Considerar quin pot ser l'interès de la situació problemàtica que es pretén abordar.

Té interès aquesta situació problemàtica concreta? Possibles enfocaments interessants per a comentar: problemes de l'alcohol, accidents, caps de setmana,...

Ens recolzarem un poc en el document 8, que n'indica algunes consideracions biològiques interessants.

2. Començar per un estudi qualitatiu de la situació, definir de manera precisa el problema, explicitar les condicions que s'hi consideren presents,... és a dir, de la situació problemàtica ambigua a un problema fitat que quede definit d'una manera precisa.

Plantejar nombroses qüestions prèvies, explicitar les condicions idònies, prendre decisions que ajuden a modelitzar la situació problemàtica i considerar algunes suposicions per a poder avançar en la resolució, com per exemple:

- a) Considerarem que es tracta d'una persona mitjana d'uns 70 kg, que ha menjat,...
- b) Suposem que cada persona, per terme mitjà, absorbeix en sang un percentatge en massa, z , de l'alcohol pur ingerit (temps d'ingesta, relacionat amb el % d'alcohol no metabolitzat = $z\%$).
- c) Suposem que les persones tenim un volum mitjà de sang en el cos, V_S . Habitualment, aquest volum és d'uns 5 l.
- d) Considerem que una persona és un perill per a la circulació quan sobrepassa el màxim d'etanol en sang permès en les proves d'alcoholèmia, c_m . (gr alcohol / l sang).
- e) S'admet la constància de volum de conyac, V_C , que se serveix en cada copa i que està determinada en ml o cm^3 .
- f) També hi influeix la graduació alcohòlica, que es defineix com el percentatge volumètric d'etanol en el conyac C_A (ml alcohol/100 ml beguda).

Finalment, plantegem una qüestió que és la que determina el problema que cal resoldre: Quantes copes, n , d'un brandi determinat ha de beure una persona perquè la sang tinga la màxima concentració permesa segons la legislació vigent?

3. **Emetre hipòtesis fonamentades sobre els factors dels quals pot dependre la magnitud buscada i sobre la forma d'aquesta dependència, i imaginar, en particular, casos límit d'interpretació física fàcil.** És a dir, construir hipòtesis que centren el problema i ens guien cap a la solució.

Com el problema plantejat consisteix a esbrinar el nombre de copes d'un conyac determinat en les condicions esmentades anteriorment, ara tractarem de determinar les relacions entre la incògnita i les altres variables fixades com a dades. És a dir, cal trobar-ne la relació general:

nombre de copes = f (volum de la copa, concentració d'alcohol, volum de la sang, % metabolitzat i concentració màxima tolerable en sang)

En aquesta fase s'explicitaran les dependències en forma d'hipòtesi, al temps que s'expressen aquells casos límit que poden presentar-se en aquestes situacions. Per exemple, **n** ha de ser inversament proporcional a C_A (si es mantenen constants la resta de variables)
 Cas límit: Si el conyac és pràcticament aigua (concentració d'alcohol nul·la), és d'esperar que el nombre de copes siga infinit,...

En definitiva, l'anàlisi funcional condueix a:

$$\text{nombre de copes} = f(C_A, V_c, V_S, Z, C_m)$$

$n \propto 1/C_A$ (en què C_A és la raó entre $V_{\text{etanol}} / V_{\text{conyac}}$)

$n \propto C_m$ (en què C_m són g d'etanol / l de sang)

$n \propto 1/z$ (en què z és $V_{\text{etanol abs.}} / V_{\text{etanol ingerit}}$)

$n \propto V_S$ (en què V_S són els litres de sang)

$n \propto 1 / V_c$ (en què V_c són els ml de conyac en cada copa)

D'ací obtenim l'expressió hipotètica següent:

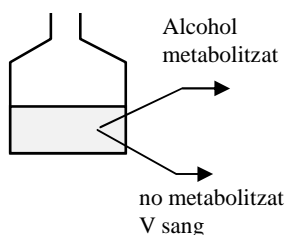
$$\text{nombre de copes} \propto \frac{V_S \cdot C_m}{C_A \cdot V_c \cdot Z} \Rightarrow n = k \cdot \frac{V_S \cdot C_m}{C_A \cdot V_c \cdot Z}$$

4. **Elaborar estratègies de resolució** abans de procedir-hi i evitar el mer assaig i error. Buscar diverses vies de solució per a possibilitar la contrastació de resultats obtinguts i mostrar la coherència del cos de coneixements de què es disposa.

Les orientacions establertes en les fases anteriors ens permetran ara bussejar en el coneixement teòric de base i percebre que es tracta d'un problema típic de dilució d'una dissolució concentrada d'alcohol (en el conyac) a una altra dissolució menys concentrada en la sang.

En aquest tipus de problemes, l'estratègia general seguida passa per la conservació parcial (únicament allò que s'ha absorbit en la sang) de la massa de solut ingerit en passar d'una dissolució (conyac) a una altra (sang). Ara bé, hi ha moltes estratègies particulars de resolució que es poden practicar en els diversos grups i que, encara que en principi puguen semblar diferents, pot comprovar-se com arriben a un mateix resultat coherent en forma d'expressió matemàtica literal.

Massa màxima d'alcohol en sang (1) = Massa d'alcohol absorbida a la sang (2)
 (determinada per la prova d'alcoholèmia) (en ingerir el conyac)



$$\frac{\text{quantitat alcohol}}{\text{copa}} = v_c \cdot \frac{c_A}{100}$$

$$\frac{v_c \cdot \frac{c_A}{100} \cdot n^{\circ} \cdot z}{v_s}$$

b) Una possible segona estratègia seria la següent:

massa d'alcohol no metabolitzat en sang \leq massa d'alcohol màxima permesa

$$\text{gr alcohol ingerits} = n \cdot v_c \cdot \frac{c_A}{100} \cdot \rho_{\text{alcohol}}$$

$$\text{alcohol no metabolitzat} = n \cdot v_c \cdot \frac{c_A}{100} \cdot \rho_{\text{alcohol pur}} \cdot \frac{z}{100} \leq c_m \cdot v_s$$

$$n \leq \frac{c_m \cdot v_s \cdot 10^4}{v_c \cdot c_A \cdot \rho_{\text{alcohol}} \cdot z}$$

Ambdues solucions difereixen en que falta la densitat. L'error en la primera estratègia radica en el fet que hi parlem de ml d'alcohol, quan en realitat eren grams d'alcohol per litre de sang.

5. Realitzar la resolució i verbalitzar al màxim, fonamentant el que es fa i evitant, una vegada més, operativismes que no tinguen significació física.

Arribats a aquest punt, tractarem de relacionar els dos termes amb les variables indicades en l'emissió d'hipòtesis.

El terme (1) condueix al producte: $(1) = c_m \cdot V_s$

El terme (2) és molt més complex, ja que conté diversos subproblemes:

- Càlcul de la massa total d'alcohol ingerit a partir de la quantitat de copes i del volum de cadascuna d'elles.
- Volum d'alcohol pur que conté a partir de la graduació del conyac
- Massa d'alcohol que es pot obtenir a partir del valor de la densitat.

Tots els càlculs anteriors ens porten a l'expressió següent per al terme (2):

$$(2) = n \cdot z \cdot d \cdot C_A \cdot V_c$$

Igualant (1) i (2), obtenim el valor de n, de la qual cosa resulta:

$$n = \frac{V_s \cdot C_m}{d \cdot C_A \cdot V_c \cdot z}$$

6. Però aquesta solució és correcta? Anàlisi del resultat. Avaluar amb cura els resultats a la llum de les hipòtesis emeses i, en particular, dels casos límit considerats, i comprovar si el resultat no contradueix l'anàlisi funcional que férem i, en particular, que no està en contra de cap dels casos límit introduïts o que es pugen introduir.

$C_A = 40\% \rightarrow 0.4$ $V_C = 25 \text{ ml}$ $C_m = 0.6 \text{ g/l sang}$ $\rho_{\text{alcohol}} = 0.8 \text{ gr/ml}$ $V_S \approx 5 \text{ l}$ $z = 20\% \rightarrow 0.2$

$$n \leq \frac{c_m \cdot v_s \cdot 10^4}{v_c \cdot C_A \cdot \rho_{\text{alcohol}} \cdot z} = \frac{0.6 \frac{\text{g}}{\text{l. sang}} \cdot 5 \text{ litres} \cdot 10^4}{25 \text{ ml} \cdot 40 \cdot 0.8 \frac{\text{gr}}{\text{l}} \cdot 0.2} =$$

$$\frac{0.6 \cdot 5 \cdot 10^4}{25 \cdot 40 \cdot 0.8 \cdot 0.2} \text{ gr} = \frac{30000}{16000} = 1.875 \text{ gr.}$$

$$n \leq 1.875 \approx 2 \text{ copes}$$

(aproximadament, com ve indicat al document)

Per a finalitzar, deixem esquematitzat el desenvolupament que podria fer-se d'un altre problema de química: *S'ofegarà una persona en una habitació tancada on es crema gas en una estufa?*

Pot començar parlant-se dels casos coneguts en què haja mort alguna persona per deixar-se un braser encès durant la nit a l'habitació, per una mala combustió d'una estufa, d'un calfador d'aigua,...

Després, ja es pot continuar amb l'estudi qualitatiu, les hipòtesis,...

- Estufa: classe de gas (MM), quantitat, velocitat de reacció,...
- La combustió pot ser de dues maneres:
 - Neta: produeix diòxid de carboni, amb la qual cosa hem de considerar la quantitat mínima d'oxigen present a l'habitació.
 - Amb poc d'oxigen: amb la qual cosa es produeix monòxid de carboni i s'esdevé la mort per enverinament.
- Hi ha corrent d'aire? Està hermèticament tancada?
- Volum de l'habitació: determina el volum d'aire present. Cal tenir en compte que l'aire té un 20% d'oxigen.
- Persona: Té unes necessitats orgàniques d'oxigen.
- Hipòtesi: T'ofegues per falta d'oxigen, no per excés de monòxid de carboni.
 - Suposarem que la velocitat de combustió és similar a la de respiració.
 - Suposarem que els gasos de l'habitació tenen una composició uniforme.
 - Suposarem que el gas es consumeix a la mateixa velocitat que ix.

Quant de temps podrà respirar?, és a dir, quant tardarà a ofegar-se?

temps = f (volum de l'habitació, MM, grams, vel, necessitats de l'organisme, flux, naturalesa del gas)

↑ V → ↑ t

↑ MM → ↑ O₂ → ↓ t

↑ flux (Ø) → ↓ t ⇒ t = k · $\frac{n_{O_2}}{\phi \cdot n_{gas}}$

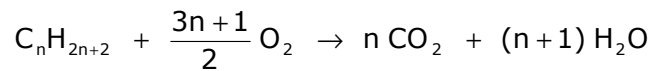
↑ massa de gas → ↓ t

↑ velocitat de la combustió → ↓ t

↑ necessitats orgàniques → ↓ t

quantitat d'oxigen consumit = O₂ (estufa) + O₂ (persona)

$$g_{O_2} = v \cdot \frac{g_{gas}}{t(s)} \cdot \frac{g_{O_2}}{g_{gas}} \cdot g_{gas} \cdot t(s) + g_{O_2} \cdot t(s)$$



a = mols de gas consumit

h = mols de gas en l'habitació

$$\frac{1 \text{ mol de gas}}{\frac{3n+1}{2} \text{ mol } O_2} = \frac{a}{x} \Rightarrow \text{mol } O_2 = a \cdot \frac{3n+1}{2}$$

$$\frac{1 \text{ mol de gas}}{a \cdot \frac{3n+1}{2}} = \frac{t}{h} \Rightarrow t = \frac{h}{a \cdot \frac{3n+1}{2}}$$

5. Perspectives de treball amb el mètode exposat

Després de veure pràcticament alguns exemples que ens mostren com desenvolupar els problemes seguint el model que proposem, estem en condicions de discutir què ens sembla i donar-ne la nostra opinió. Ara ja ens hem adonat que no és un mètode que es pugui improvisar, que la resolució de problemes no és immediata, que el professor mateix s'ha d'haver preocupat d'analitzar-lo prèviament, que poden sorgir molts dubtes durant la resolució,...

Desenvolupar un treball que ens ocuparà un temps de preparació, que ens pot plantejar problemes durant la resolució, que ens costarà més temps del que és habitual en la resolució en classe amb l'alumnat, que pot ocórrer que els alumnes pregunten alguna cosa per a la qual no estem preparats,... Si pensem assumir aquests riscos, òbviament és perquè esperem que, al mateix temps, ens ofereixi millores respecte al model que utilitzem habitualment.

A.11. Quines conseqüències esperem obtenir d'un tractament perllongat d'ensenyament d'aquest tipus de resolució de problemes?

Si reflexionem sobre els pros i els contres de la utilització del mètode de treball que preconitzem, no serà difícil arribar a un gran nombre d'avantatges, entre els quals podríem esmentar-ne els següents:

- Valorar més positivament la resolució de problemes.
- Integrar o aproximar el coneixement científic al coneixement quotidià.
- Ser més reflexius, més analítics, és a dir, arribar a resolucions menys operatives.
- Acostumar-se a treballar amb bibliografia per a obtenir dades.
- Acostumar-se al treball en grup, propi del mètode científic.
- Verbalitzar més allò que s'ha realitzat.
- Estar capacitats per a fer-se preguntes davant de situacions desconegudes.
- Afavorir la transversalitat o interdisciplinarietat.
- Afavorir el maneig d'anàlisi funcional.
- Aprendre a fer preguntes pertinents coherents amb l'enunciat.

- Aprendre més ciència, ja que, en realitzar situacions qualitatives, aplicaran coneixements, amb la qual cosa aprenen més.
- Admetre que estratègies diferents poden conduir al mateix resultat.
- Aprendre a extrapolar resultats i saber analitzar-los.

En conclusió, posats en disposició de fer les coses d'una manera raonada i fonamentada, els alumnes aprenen més, resolen millor i obtenen millors resultats.

6. Referències Bibliogràfiques

- AUSUBEL, D. P. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, Mèxic, Trillas.
- BUNGE, M. (1973). *La investigación científica*, Barcelona, Ariel.
- VEGA, M. DE (1985). *Introducción a la psicología cognitiva*, Madrid, Alianza.
- DRIVER, R. (1988). “Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 6 (2), pàgs. 109-120.
- FURIÓ, C.; ITURBE, J. i REYES, J. V. (1994). “Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias”, *Investigación en la Escuela*, núm. 24, pàgs. 89-101.
- GIL, D.; MARTÍNEZ, J.; RAMÍREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M. i PESSOA DE CARVALHO, A. M. (1992). “Un ejemplo de cómo puede plantearse una crítica fundamentada de la enseñanza habitual y del pensamiento docente espontáneo, y de como lograr la participación de los profesores en la construcción de propuestas alternativas”, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 6, pàgs. 73-85.
- GIL, D.; MARTÍNEZ, J. i SENENT, F. (1988). “El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 6 (2), pàgs. 131-146.
- GIL, D.; FURIÓ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M. i PESSOA DE CARVALHO, A. M. (1999). “¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel, y realización de prácticas de laboratorio?”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 17 (2), pàgs. 311-320.
- GIL, D.; MARTÍNEZ, J.; DUMAS-CARRÉ, A.; RAMÍREZ, L. i CAILLOT, M. (1988). “La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación”, *Investigación en la Escuela*, núm. 6.
- OÑORBE, A. (2003). “Resolución de problemas”, en JIMÉNEZ, M. P. (coord.); CAAMAÑO, A.; OÑORBE, A.; PEDRINACI, E. i PRO, A., *Enseñar Ciencias*, Barcelona, Graó.
- POZO, J. I. i GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata.

Capítol 4.

ASPECTES AXIOLÒGICS EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES.

L'objectiu fonamental d'aquest capítol és que el professorat en formació es qüestione què ocorre hui en dia en l'ensenyament de les ciències perquè els aspectes axiològics de l'aprenentatge s'hagen constituït en una línia important d'investigació i innovació educatives. En primer lloc, veurem com l'evolució de la imatge de la ciència obliga a replantejar les finalitats de l'ensenyament de les ciències. En segon lloc, intentarem aclarir què hem d'entendre per continguts actitudinals i mostrar que l'ensenyament de les ciències també hauria de tenir en compte el greu problema de les actituds negatives dels estudiants cap a les ciències i l'aprenentatge d'aquestes. D'acord amb tot açò, desenvoluparem el tema al voltant del fil conductor següent:

1. Finalitats de la ciència i de l'ensenyament de les ciències.
2. Motivacions, actituds i valors.
3. Actituds negatives cap a la ciència i cap a l'aprenentatge d'aquesta. El canvi actitudinal.
4. El clima de l'aula i del centre.

1. FINALITATS DE LA CIÈNCIA I DE L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES

Difícilment es pot parlar de finalitats i valors en l'ensenyament de les ciències si no es tracten primer les finalitats i els valors en la ciència. Es pot parlar d'axiologia de la ciència si es té en compte que tota activitat pot ser definida per la finalitat que es proposa (Chalmers, 1992) (completada amb els resultats o conseqüències que realment aconseguix). Per tant, es pot determinar en què consisteix el problema a partir de l'activitat següent:

A.1 Determineu quines són les finalitats d'aquesta activitat denominada ciència (han variat amb el temps?)

Cal tornar arrere fins a l'inici de la revolució científica per a trobar les primeres finalitats que es van assignar a la ciència. El 1663, Bacon, Galileu, Descartes i altres van establir en els estatuts de la Royal Society aquestes dues finalitats: millorar el coneixement de la naturalesa i donar utilitat a aquest coneixement. Aquests autors feren una separació entre la ciència i món dels valors (ètica) i de l'art (estètica), moguts per dues raons. Primera, per la necessitat que imposa el mètode científic d'apartar allò que no hi està inclòs, açò és, "allò que no es pot mesurar, observar, comprovar i raonar a partir d'experiments", i segona, per a evitar conflictes amb l'Església. S'estableix així un criteri de demarcació: per una banda tenim la ciència, i per l'altra, el món de la passió, la voluntat i la fe, que pertany a la religió. Veiem aleshores com la ciència es margina, no interactua amb la societat, i queda limitada a un nombre reduït de persones.

La ciència, però, és una realitat canviant. Apareixen finalitats noves quan comença a desenvolupar-se la "gran ciència", al final del segle XIX. La ciència comença a ser una font de beneficis, les grans empreses comencen a crear laboratoris industrials i, per tant, apareix una finalitat nova: els diners. Per altra banda, també els estats comencen a invertir en ciència per a obtenir poder (principalment militar). Malgrat que la ciència ja aportava diners i poder, no fou fins que va aparèixer la Gran Ciència que aquests dos factors començaren a ser molt significatius.

Pel que hem vist fins ací, podem distingir dos tipus de finalitats de la ciència: les finalitats pròpies (o béns interns) i les finalitats (o interessos) externes. Al primer grup pertanyerien les que es van proclamar en els Estatuts de la Royal Society, és a dir, la millora del coneixement de la naturalesa i la utilitat per al bé públic. Per altra banda, en el segon grup trobaríem factors com el poder, el benefici privat, el prestigi, etc., que estan relacionats amb interessos polítics, personals, econòmics o ideològics. Un predomini de les finalitats externes respecte a les internes hauria de ser motiu de preocupació, ja que l'activitat científica perd l'ètica, la legitimitat i es corromp.

Però no només han canviat les finalitats de la ciència, també ho ha fet la valoració d'aquesta, com es pot posar de manifest a partir de l'activitat següent:

A.2. Respecte a la ciència usualment trobem tres valoracions (Solbes, 2002): per a alguns la ciència és bona; una idea més estesa en l'actualitat és la de la neutralitat de la ciència; finalment, uns altres consideren negativa la ciència. Discussiu aquestes tres postures i indiqueu quins grups hi donen suport i quines repercussions tenen.

Segons Solbes (1999 i 2002), hi ha tres postures ètiques: la ciència és positiva, la ciència és neutra i la ciència és negativa. Vegem-les.

1. Per a molts, la ciència és bona perquè les finalitats, coneixement i utilitat d'aquesta ho són. Hi ha hagut molts descobriments que han aportat una qualitat de vida millor. Galileu, Darwin, etc. van contribuir a la destrucció de mites i fanatismes, amb la qual cosa feren possible una major racionalitat en la societat humana.
2. La segona postura és la de neutralitat de la ciència, que és independent dels valors així com dels interessos polítics, econòmics, ideològics, etc. Qui dóna suport a aquesta opció argüeix que la ciència és un instrument i no hi ha res intrínsec que obligue a utilitzar-la en un sentit o un altre. Són les aplicacions que s'hi donen, les quals depenen de les finalitats o interessos de qui les utilitza o finança (empreses, Estat), les que han de ser jutjades des d'un punt de vista ètic.
3. En tercer lloc, observem la idea que considera negativa la ciència. Rousseau no nega la validesa de la ciència, sinó que pensa que el coneixement humà és contrari a la felicitat humana. Aquesta postura afirma que no compensen tots els avantatges de la ciència si vénen acompanyats de coses com les bombes, la contaminació, etc. També hi ha altra línia crítica que assenyalava que les finalitats i la orientació de la ciència i la tecnologia estan determinades per les institucions que les financen.

Què podem dir d'aquestes tres postures? La primera pot ser descartada a partir de la reflexió sobre el gran protagonisme que han demostrat la ciència i la tecnologia, sobretot en el darrer segle, i el paper que han tingut en les guerres, la contaminació, l'explotació insostenible de recursos naturals, etc. Tanmateix, alguns autors apunten que la ciència no és bona perquè el sistema la modula per al benefici propi i perd així tota la capacitat crítica.

Pel que fa a la segona, tampoc ens convenç, donat que la ciència i els científics estan immersos en institucions amb interessos ben determinats; com a activitat social que és, no pot tenir cap neutralitat, ja que els científics no són independents de la societat que els envolta i, no ho oblidem, els subvenciona. Per altra banda, aquests interessos o finalitats externes poden esdevenir més importants que les finalitats pròpies de la ciència (el coneixement de la naturalesa i el bé públic).

Finalment, convé recordar que el desenvolupament de la ciència i la tecnologia estan influenciats, però no determinats, per la societat de la qual formen part. No obstant això, és evident que gaudeixen d'una gran autonomia; la ciència i la tecnologia avancen gràcies, en certa mesura, a un desenvolupament interior, un coneixement acumulat, un

grau de complexitat, etc. Per a un problema concret, si no hi ha un nivell adequat de coneixements, no es produiran avanços per molta demanda de solucions que hi haja. I, per altra banda, si fóra cert que la ciència no és bona i només actua seguint uns interessos polítics i econòmics, mai no s'hauria conegut, per exemple, que el tabac provoca càncer, que la radioactivitat és perjudicial, que el CO₂ porta a un escalfament de l'atmosfera, etc.

La conclusió a la qual arribem és l'ambivalència de la ciència. La ciència fa contribucions bones i contribucions dolentes, així com la gent que s'hi dedica, però mai no serà neutra; a més, una ciència sense valors seria molt perillosa perquè, convertida en un instrument de poder social, tot li seria permès.

Tot el que hem plantejat fins ací suposa un autèntic replantejament de les finalitats de l'ensenyament de les ciències.

A.3 Quines han sigut i quines haurien de ser les finalitats bàsiques en l'ensenyament de les ciències?

Es tracta de posar de manifest els canvis en els currículums dels últims anys, centrats fa dècades quasi exclusivament en l'adquisició de coneixements científics amb la finalitat de familiaritzar els estudiants amb les teories, els conceptes i, en menor mesura, els procediments científics. Des de la dècada del 1980, aquestes tendències estan canviant i s'inclouen en el currículum aspectes que orienten socialment l'ensenyament de les ciències i tracten de relacionar-les amb l'estudiant. Així, s'ha de debatre l'alfabetització científica i tecnològica com a una de les finalitats bàsiques plantejades en moltes de les reformes curriculars que tenen lloc en nombrosos països i, paral·lelament, mostrar treballs amb els resultats que indiquen que el professorat en general orienta l'ensenyament per a preparar els estudiants per a cursos superiors, per a la formació de futurs científics, sense tenir en compte que es tracta de formar bàsicament totes les persones, científics i no científics, de manera que la gran majoria de la població pugui disposar dels coneixements necessaris per a arreglar-se-les en la vida diària, ajudar a resoldre problemes i adquirir actituds responsables enfront del desenvolupament i les seues conseqüències.

La LOGSE expressava les finalitats d'aquesta etapa en els termes següents: "Transmetre a tots els alumnes els elements bàsics de la cultura, formar-los per a assumir els deures i exercir els drets i preparar-los per a la incorporació a la vida activa o per a accedir a la formació professional específica de grau mitjà o al batxillerat".

A.4. Busqueu en el decret de mínims quins són les competències clau i els objectius de les CCNN de l'ESO. Comenteu-los i valoreu-los.

Pel que fa a les **competències**, l'alumnat ha d'assolir totes les competències de totes les assignatures, és a dir, ha d'aconseguir la competència en el coneixement i la interacció amb el món físic.

També són importants els conceptes generals de qualsevol matèria, així com la relació entre ells.

- Competència matemàtica. Important per a expressar dades i idees de la naturalesa. Cal insistir en una utilització adequada de les eines matemàtiques i la utilitat d'aquestes, ja que també és una eina útil en altres matèries com el Dibuix (perspectives, poals, triangles...) o la Filosofia (pensament lògic).
- Competència en el tractament de la informació i la competència digital.
- Recerca, recollida, selecció, processament i presentació de la informació, és a dir, ensenyar a contrastar la informació (periòdics) i també a saber què cercar, amb eines com Google, per exemple.
- Competència social i ciutadana. Entendre millor qüestions que són importants per a comprendre l'evolució de la societat en èpoques passades i analitzar la societat actual. En aquest marc, podríem parlar d'Història de la matèria en qüestió.
- Competència en comunicació lingüística. La cura en la precisió dels termes utilitzats, l'adquisició de la terminologia específica.
- Competència per a aprendre a aprendre. Saber qüestionar-se el que s'ensenyava, crear-se una opinió no eximeix de l'autocrítica.
- Competència per la formació d'un esperit crític. Maduresa en les matèries apreses.

Com a objectius generals de l'aprenentatge de les ciències en l'etapa de l'ensenyament secundari obligatori, l'ensenyament de les Ciències de la naturalesa té com a finalitat el desenvolupament d'un seguit de capacitats que cerquem que els alumnes siguin capaços de:

- Comprendre i utilitzar les estratègies i els conceptes bàsics de les ciències de la naturalesa per a interpretar els fenòmens naturals i analitzar-ne les repercussions.

- Aplicar estratègies coherents amb els procediments de les ciències en la resolució de problemes, com formulació d'hipòtesi, elaboració d'estratègies de resolució, anàlisi de resultats, etc.
- Comprendre i expressar missatges amb contingut científic, així com comunicar argumentacions en l'àmbit de la ciència.
- Obtenir informació sobre temes científics i emprar-la per a fonamentar i orientar treballs sobre temes científics.
- Adoptar actituds crítiques fonamentades en el coneixement per analitzar qüestions científiques i tecnològiques.
- Desenvolupar actituds i hàbits favorables a la promoció de la salut, i facilitar estratègies que permeten fer front als riscos de la societat actual.
- Comprendre la importància d'utilitzar els coneixements de les ciències de la naturalesa per a satisfer les necessitats humanes i participar en la necessària presa de decisions.
- Conèixer i valorar les interaccions de la ciència i la tecnologia amb la societat i el medi ambient.
- Reconèixer el caràcter temptatiu i creatiu de les ciències de la naturalesa, tant com les seues aportacions al coneixement humà al llarg de la història.

Amb aquests objectius s'acompliria el concepte d'alfabetització científica al que ens referíem anteriorment. Així, els coneixements científics formarien part de la cultura bàsica que es necessita per a una adequada inserció en la societat, ja que es gaudiria amb més coneixement dels assoliments de la humanitat i es participaria amb opinions fonamentades en la presa de decisions dels problemes locals i globals que es plantegen.

2. ACTITUDS I VALORS

A.5. Quines són les emocions bàsiques de l'ésser humà? Tenen algun paper en l'aprenentatge i l'ensenyament?

Quan Darwin va escriure *L'expressió de les emocions en homes i animals* (1872), suposà que les expressions facials humanes evidenciaven estats emocionals idèntics en tots els éssers humans. I va descriure així 6 emocions bàsiques com felicitat, fàstic o repugnància, tristesa, por o temor, sorpresa i ira, o ràbia.

Relacionava l'expressió de l'emoció amb unes altres conductes i a totes elles les considerava resultat de l'evolució. A partir d'aquesta idea, intentà comparar-les en diverses espècies. Les seues idees principals eren que les expressions de l'emoció evolucionen a partir de les conductes i que aquestes conductes augmenten si són beneficioses i disminueixen si no ho són.

En l'actualitat, s'ha ampliat el catàleg d'emocions, no totes codificades en els músculs facials i, així, es reconeixen com a tals diversió, menyspreu, vergonya, entusiasme, culpa, orgull, alleujament, satisfacció i rubor. A més, Damasio, en el seu llibre *L'error de Descartes* (2001), qüestiona l'afirmació "pense, per tant, existisc", i subratlla el paper de les emocions en l'aprenentatge i la memòria ("marcadors emocionals"). I, per açò, l'ensenyament ha de tenir-les en compte, en particular, les positives.

Actituds i valors són, possiblement, el contingut més difícil d'abordar per a molts professors. Acostumats i preparats per a ensenyar als alumnes els continguts conceptuals, però menys preparats i disposats per a ensenyar-los a comportar-se en classe, a cooperar o a descobrir l'interès per la ciència com a manera de conèixer el món que els rodeja. I no obstant això, les actituds dels alumnes, la seua manera de comportar-se a classe i fora d'ella, els seus valors, són un dels elements que més poden *incomodar* el professorat en el treball quotidià. El problema és que aquestes actituds dels alumnes difícilment canviaran si no hi ha un propòsit educatiu, deliberat i intencional per a canviar-les (Pozo i Gómez, 1998). En les dècades anteriors, es parlava de motivacions.

A.6. Què entenem per actitud? Com distingir-la de les normes i els valors?

Les actituds són una predisposició favorable o desfavorable cap a alguna cosa. Així, les *actituds* pròpiament dites es refereixen a regles o patrons de conducta, disposicions a comportar-se d'una manera consistent. El coneixement de les *normes* estaria constituït per les idees o creences sobre com cal comportar-se. I, finalment, els valors (dimensió afectiva) es referiran al grau en què s'han interioritzat els principis que regeixen el funcionament d'aquestes normes (Pozo i Gómez, 1998).

Tota actitud té tres components fonamentals: cognitiu, afectiu i conatiu. L'element *cognitiu* es refereix a la informació, el coneixement, l'opinió, la idea, la creença o el pensament que la persona té sobre algun objecte, persona o succés. Per exemple, en el cas de les actituds cap al tabac, moltes persones han desenvolupat el component cognitiu en acceptar les proves científiques que demostren la relació que hi ha entre el consum del tabac i l'increment del risc de patir malalties greus i, en conseqüència, deixen de fumar. També és possible (i freqüent) que, tot i acceptar aquestes dades, no modifiquen les conductes.

El component afectiu es refereix als sentiments cap a l'objecte de l'actitud i implica sempre una valoració. Aquest element, que alguns consideren el nucli de les actituds, acompanya l'aspecte cognitiu i pot ser concordant o discordant amb aquest. Porta una forta càrrega motivacional, ja que només es poden aconseguir els valors que pretenen les actituds si es posen en joc els desitjos, les emocions i els sentiments, que actuen com a motor de les conductes humanes. Si seguim amb l'exemple anterior del tabac, els elements emocionals fan que moltes persones rebutgen certs aspectes del tabac que els resulten desagradables. En uns casos, açò és motiu per a abandonar el tabac, però en molts altres (massa), no ho és.

Finalment, el factor conatiu o de comportament intenta portar a la pràctica les conductes coherents amb el que es pensa i se sent pel que fa a l'objecte de l'actitud. Representa la tendència a l'acció, que es pot plasmar per accions o declaració d'intencions. Quants fumadors/es adquireixen el seriós i ferm compromís de deixar de fumar, però no ho fan! Aquest és un factor que ens explica perquè no hem de caure en la confusió entre les actituds i les conductes. L'actitud és una condició necessària, però no suficient, perquè es done una conducta, ja que no hi ha una relació directa de causa-efecte entre ambdues. Totes les persones que tenen informació sobre els perills del tabac, que fins i tot senten que és una conducta desagradable i que expressen la intenció de deixar el tabac, **deixaran de fer-ho?** Sabem que açò no és així. El component conatiu es refereix a una propensió, tendència o propòsit cap a alguna cosa, però que amb freqüència es queda en un "intent de", en un "conat" de realitzar una acció.

Les actituds predisposen favorablement o desfavorablement cap a alguna cosa, però deixen obert el camí cap a l'acció, per la qual cosa si l'individu no té les instruccions precises sobre com executar l'acció o el mitjà no és favorable, no adoptarà el comportament coherent amb l'actitud.

A.7 Quines actituds relacionades amb les ciències coneixes?

Els alumnes poden esmentar diverses actituds, però el més interessant d'aquesta activitat és poder arribar a la conclusió que hi ha diverses maneres de classificar les actituds. En aquests treballs es distingeix entre *actituds cap a l'aprenentatge de la ciència* (es tracta que l'alumne s'interesse per la ciència, que estiga motivat per a aprendre-la, que es crega capaç de comprendre-la i aprovar-la, etc.), *actituds cap a la ciència* (la curiositat i l'esperit d'indagació, el rigor i la precisió, l'escepticisme i l'esperit crític, etc.) i *actituds cap a les implicacions socials de la ciència* (actitud crítica davant els problemes que planteja el desenvolupament de la ciència, la defensa del medi ambient, hàbits de conducta i consum, coneixement de la relacions CTSA, etc.).

De fet, mentre que l'objectiu de l'educació en actituds ha de ser, com en els altres continguts, promoure els canvis més estables i generals possible, assolir-los requerirà concretar aquests propòsits generals (com poden ser promoure la tolerància, la cooperació, l'interès per la ciència, la curiositat i l'esperit d'indagació, el rigor i la precisió, la defensa del medi ambient, etc.) en formes i normes de conducta que ajuden el professorat i l'alumnat a percebre aquestes actituds amb freqüència intangibles.

Encara que la dimensió cognitiva de les actituds i les normes pot ensenyar-se i aprendre's com un contingut verbal més, l'acceptació afectiva i conductual i la conversió en valors i actituds pròpiament dites d'aquestes requereix mecanismes d'aprenentatge específics.

A.8 Què és la motivació i quines motivacions coneixes?

Com hem comentat, ens trobem que els alumnes mostren unes determinades actituds. Sovint, aquestes actituds no són les adequades per aconseguir un bon aprenentatge en general i de la ciència en particular. Aleshores, ens hem de plantejar de quina manera podem fer que l'alumnat canvie d'actitud. Ací és quan entren en joc les motivacions.

Definim la motivació com l'acció de predisposar els alumnes a un comportament, en el nostre cas, l'aprenentatge. Ja que tot aprenentatge exigeix un esforç, amb la motivació aconseguim que els alumnes dirigisquen els esforços a aprendre i resoldre allò que els plantegem. D'aquesta manera, podem dir que la motivació està constituïda pels elements que fan que l'alumne isca de la indiferència i intente aconseguir l'objectiu previst. Llavors, això ens porta a una clara afirmació: tota educació, perquè es realitze íntegrament, ha de ser motivada. Una gran part del professorat no motiva convenientment l'alumnat o les motivacions no són consistents amb els interessos de l'alumnat, ja que, per a aconseguir que els alumnes aprenguen no n'hi ha prou d'explicar bé la matèria i exigir-los que l'estudien, sinó que cal despertar-ne l'atenció, cal crear-hi un autèntic interès per l'estudi i estimular-ne el desig d'aconseguir els resultats previstos. D'aquesta manera, un alumne estarà motivat quan senta la necessitat d'aprendre el que es tracta, de manera que aquesta necessitat el porte a esforçar-se.

En conseqüència, de la mateixa manera que parlem d'actituds diferents, podem parlar de graus diferents en les motivacions de l'alumnat, els quals implicaran més o menys expectatives i recompenses externes. Per això, definim motivacions intrínseques i extrínseques.

La motivació intrínseca naix del subjecte mateix, que pot sentir-se autorrealitzat quan assoleix un propòsit determinat. Per contra, la motivació extrínseca prové de fets, objectes o esdeveniments externs al subjecte que el duen a realitzar alguna cosa. Així

doncs, els alumnes intrínsecament motivats prenen l'aprenentatge en si mateix com una finalitat i els incentius per a aprendre els troben en la tasca mateixa, motiu pel qual persegueixen resoldre-la i tendeixen a atribuir els èxits a causes internes. I els alumnes motivats extrínsecament assumeixen l'aprenentatge com un mitjà per a assolir beneficis o evitar incomoditats. Per això, centren la importància de l'aprenentatge en els resultats i les conseqüències d'aquests.

Passarem ara a parlar de motivacions concretes; considerem que l'educació que empra el sistema de premis i càstigs reforça les motivacions extrínseques i tendeix a valorar, a la llarga, les coses materials i, com a conseqüència, a donar un valor rellevant a la satisfacció dels sentits. El materialisme, el consumisme i altres seran el límit negatiu d'aquesta motivació. Serà una conseqüència natural en el cas que s'hagen sobrevalorat les coses materials. Però quan la pròpia satisfacció de portar a terme una acció ens mou a fer-la, sense necessitat de rebre res de l'exterior, estem en una motivació intrínseca. Això s'observa, per exemple, quan estudiem per què ens agrada estudiar, ens agrada aprendre, ens agrada fer les coses bé. El límit negatiu d'aquesta motivació s'assoleix quan s'anteposen els interessos propis als de la resta.

Així doncs, entre les fonts de motivació extrínseques podríem parlar de:

- **Les notes.** Tant si els resultats dels exàmens, problemes o treballs són positius com si són negatius, afectaran l'alumnat. El reconeixement dels resultats per part de l'alumnat és un fort estímul per a corregir errors, millorar i obtenir més rapidesa i exactitud. Per això, interessa donar-los els resultats dels treballs tan prompte com siga possible. El reconeixement dels encerts en el treball és percebut per l'alumnat com un èxit i l'esperança d'obtenir més èxit estimula a reiterar el comportament ja fet.

Així, trobem que una de les motivacions més poderoses és la consciència d'èxit per part de l'alumne. Res no desanima tant l'alumne com el fracàs continuat (fins i tot en activitats lúdiques com el tennis o l'esquí). Per això, només se li han de manar tasques i exigir continguts en els quals el professor sap que, amb l'esforç necessari, no fracassarà: perquè, repetim, l'èxit incentiva més que el fracàs. A més, les activitats han de graduar-se de manera que, a partir de les més fàcils, l'alumne obtinga èxits successius. El grau de dificultat de la tasca ha de ser l'adequat, i ha d'afavorir el pas següent dels alumnes, ja que si l'exigència és poca perquè la tasca és percebuda com a molt fàcil, els alumnes (sobretot els més brillants) perden l'interès; però si la dificultat és excessiva, els alumnes (la majoria) perden també l'interès. Per això, la motivació consisteix a estimular l'esforç, a establir una dificultat raonable i a incrementar a poc a poc aquesta dificultat a mesura que els alumnes perden la por del fracàs.

- **La família.** L'entorn familiar de l'alumnat també en condicionarà l'actitud, no ja només cap a les assignatures de ciències, sinó envers qualsevol aprenentatge. Així,

considerem prioritària una comunicació fluïda entre la família i l'institut i, més encara, un suport d'uns cap a l'altre. De manera que, en el cas que l'actitud de l'alumnat no siga l'adequada en classe, la família en motivarà des de casa el canvi actitudinal, ja siga amb premis o amb càstigs (una motivació extrínseca ben coneguda i primitiva). Amb tot, cal tenir clar que tot i que el retret té un efecte més motivador que la lloança en espais curts de temps, també s'oblida més ràpidament..

- **Amics/companys.** Aquests, de la mateixa manera que l'aspecte anterior, poden influir en l'alumne tant positivament com negativament. Ara bé, ja ha quedat demostrat que el grup d'iguals té una influència decisiva. Tradicionalment, sempre hem considerat que el principal element influent en l'aprenentatge era la relació professor-alumne, però la teoria de Vygotski (1989) va canviar, entre altres coses, el concepte que es tenia de la interacció entre iguals. Quan un alumne té dificultats per a resoldre alguna tasca per si mateix, els companys són els mediadors més propers i efectius que pot trobar, ja que el tipus de llenguatge que empren és el mateix i el grau de confiança i sinceritat és major que amb el professor. Per tant, quan fem que els alumnes treballen en equips, per grups, per parelles, afavorim una didàctica entre iguals de gran valor educatiu.

- **Mitjans de comunicació.** Aquest tipus de motivació és una motivació relativament nova, donat l'increment de temps que els alumnes passen sotmesos als mitjans de comunicació, sobretot Internet i televisió (considereu com a exemple que la mitjana d'hores de televisió al dia dels europeus és de 4 hores/dia). Així doncs, qualsevol conducta, valors o actituds que es proclamen des d'aquests mitjans seran, probablement, copiades o, almenys, apreses per l'alumnat. A més, el temps que passen davant de l'ordinador o la televisió no l'empren —la majoria de vegades— per a estudiar matèries escolars, de manera que trobem que estudien menys temps, fet que dóna suport als últims estudis en què queda patent que el nombre d'hores d'ús de televisió és inversament proporcional al rendiment de l'alumnat.

I, pel que fa a les motivacions intrínseques, bàsicament parlarem de tot allò relacionat amb l'ensenyament de la matèria.

- **Curiositat.** Despertar curiositat, no solament enfront dels conceptes de la matèria, sinó també pels procediments que s'utilitzen o les aplicacions posteriors d'allò tractat, farà que els alumnes es mostren més motivats davant l'assignatura i, possiblement, això conduirà a un canvi positiu d'actituds. Per tant, el professor podrà “encuriosir” els alumnes mostrant la ciència propera a ells, útil en la vida quotidiana, divertida... Així, una bona manera d'aconseguir-ho seria introduint en el temari relacions CTS, història de la ciència, activitats extraescolars... D'aquesta manera, els alumnes tindran un panorama de la ciència més enllà d'unes fórmules i uns principis en una pissarra, podran veure una ciència propera, interessant, pràctica... de manera que puguen trobar quelcom

que els desperte la curiositat i així començar a mostrar una actitud positiva a classe de ciències.

- **Professor.** Ara bé, el professor mateix, des de la personalitat (presència física, veu, entusiasme, dinamisme, fermesa, seguretat, coherència entre paraules i actes) fins als missatges que dóna a l'alumnat, i que constitueixen un dels elements centrals en la instrucció des del punt de vista motivacional (les orientacions d'abans i durant la tasca, comentaris sobre els resultats obtinguts...), significarà una clara motivació per a l'alumnat. Així, la manera en què el professor afronta les tasques i valora els resultats, per exemple amb missatges com *Sempre s'aprenen coses amb vosaltres* o *Hui sé més que ahir, però menys que demà*, exemplificaran clarament l'actitud que vol que tinga l'alumnat. Com diu Blández, “*si el professorat està desanimat, desganat i desil·lusionat amb el seu treball, contagiarà tot el procés educatiu: les classes seran grises, sense alegria, el que oferisca tindrà poc de sentit i significat, i tot això influirà directament en l'interès de l'alumnat. És fonamental creure's el que u fa i presentar-ho o transmetre-ho amb entusiasme, perquè l'alumnat s'impregne d'aquesta motivació*”.

- **Relacionades amb la matèria.** Aquests factors estan relacionats amb el dia a dia a l'aula, així, incloem dins d'aquest grup de motivacions la manera de presentar i estructurar la tasca, de manera que s'active l'interès de l'alumne pel contingut del tema que cal tractar i es mostri la rellevància del contingut o la tasca per a l'alumne (per tal que l'alumne valore tot el que supose incrementar la competència i les habilitats), o la manera d'organitzar l'activitat en el context de la classe, de manera que es tinga en compte el fet de treballar en grups (i tenir-ho en compte en l'avaluació) i que s'oferisquen diferents opcions de treball (per exemple, proposar treballs diferents per a elegir-ne un), o fins i tot l'avaluació, fins al punt que aquesta organització demostre que les correccions són una oportunitat per a aprendre, amb la qual cosa s'eviten les comparacions amb altres i s'accentuen les comparacions amb u mateix.

Es denomina *currículum ocult* les coses que s'ensenyen sense fer-ho d'una manera explícita. També es dóna una determinada imatge de la ciència quan no s'ensenyen determinats temes. Per exemple, en història, aquest fet és més evident. En un primer moment, la història que s'ensenyava era una cronologia de reis, papes i guerres. En el romanticisme, passà a ser la història de les nacions amb Estat, és a dir, en tots dos casos, una història política. Posteriorment, açò canvià i s'hi van incloure aspectes econòmics, culturals...

A.9 *Què és el que s'ensenyava explícitament en ciències i què és el que no s'ensenyava o el que s'ensenyava implícitament? En altres paraules, quin és el currículum ocult de les ciències?*

Més enllà del contingut conceptual, procedimental i fins i tot axiològic, que s'ensenya als centres educatius, hi ha tot un conjunt de conceptes, procediments i valors que no s'inclouen en les declaracions d'objectius dels professors, però que implícitament i efectivament es transmet a l'escola: el *currículum ocult*.

En aquest sentit, la selecció dels temes que *es decideix* no explicar (és a dir, temes que no s'inclouen en el currículum) pren importància perquè determina (o condiona, si es vol), almenys en part, la imatge que s'inculca als alumnes de la disciplina objecte d'estudi. En relació amb aquesta última afirmació, caldrà dedicar una atenció especial al tractament que s'atorga al *conflicte* en l'ensenyament, pel paper central en el desenvolupament de la ciència en contraposició al lloc absolutament marginal que ocupa en l'educació (Apple, 1986) i, també, l'absència de les dones en la ciència, tema que tractarem en el proper capítol. Així, Bohoslavsky (1975) afirma: “*Insistisc que s'ensenya tant amb el que s'ensenya com amb allò que no s'ensenya; moltes vegades, allò que no s'ensenya és allò més vital...*”.

En el passat, la tradició selectiva a l'educació fou un dels mitjans aprofitats per les classes acomodades per inculcar la bondat de l'estructura socioeconòmica burgesa naixent. D'aquesta manera, s'intentà crear un consens, que originalment era inexistent, sobre el sistema mateix a través de l'èmfasi de determinades pràctiques i l'exclusió d'unes altres. Actualment, la tradició selectiva minva la importància dels conflictes i les diferències ideològiques serioses i genera una actitud acrítica enfront de les realitats socials i intel·lectuals establertes, i fa que s'assumisquen com a les úniques possibles. Així, s'estableixen uns límits ideològics que es consoliden a mesura que l'educació avança i confirma, de manera contínua, les premisses prèviament donades. Com a conseqüència, les institucions, les normes i el coneixement són considerats quelcom immutable que continua existint pel consens. Segons la clau per a posar de manifest aquestes assumpcions (certament dogmes, per la manca d'escepticisme en aprehendrelles) resideix en el tractament del conflicte en el currículum. Notem que l'anàlisi previ té un àmbit d'aplicació més general, però no deixa de ser vàlid (millor dit, és especialment vàlid) en l'aprenentatge científic.

En general, en l'ensenyament apareixen dues suposicions predominants, comunes a tots els currículums. La primera se centra en la posició negativa entorn de la naturalesa i els usos del conflicte (inherent a l'argumentació i el treball científic mateix). A més a més, el currículum ocult reforça tot un seguit de normes que preserven l'estatus hegemònic de la ideologia o el paradigma establert i que els alumnes interioritzen sense cap tipus d'elaboració o crítica prèvia. En segon lloc, la consideració de les societats com a receptores de valors, institucions i coneixements, i no com creadores d'aquests elements (en particular en la ciència, aquesta imatge de participació passiva de les societats en l'evolució de la ciència es plasma en la descontextualització dels descobriments

científics i en l'adjudicació exclusiva del reconeixement a les celebritats que han fet *alguna* de les contribucions importants —i s'obvia el procés real que ha conduït, generalment, a un grup a la consecució d'algun objectiu rellevant—).

Seguint en la línia d'un raonament general, seria interessant matisar algunes de les afirmacions del paràgraf anterior. Per una banda, caldria distingir entre el conflicte que pot posar en perill els drets fonamentals i, per tant, la convivència dins un grup i aquell que és part intrínseca de tot procés de millora. La suposició que el conflicte és inherentment dolent és comprensible solament en el primer cas. Per una altra, hi ha dos tipus de normes. Les normes *bàsiques* són aquelles que estableixen els límits legítims del conflicte, mentre que les *preferencials* remetent a les possibilitats d'elecció que hi ha dins les normes bàsiques. Les normes de convivència, com a normes bàsiques, són acceptades per l'experiència humana —la història—, que demostra que són les més convenients perquè garanteixen el benestar (encara que des d'un punt de vista més teòric, puguen ser susceptibles de millora i hi haja mecanismes per modificar-les), per la qual cosa aquesta experiència comuna és l'origen del consens. Les normes preferencials són aquelles que incideixen directament sobre les decisions i conductes dels individus, i que sempre exigeixen una reflexió crítica i individual abans de ser interioritzades.

Segons Polanyi, una ciència és un grup d'individus, una comunitat d'estudiosos que realitzen projectes. Com totes les comunitats, està regida per normes i valors (explícits i implícits) i té una història de conflictes intel·lectuals i interpersonals. Aquestes lluites s'originen amb l'aparició de paradigmes nous (com a maneres d'obtenir un coneixement garantit), la interpretació conflictiva de dades, la prioritat dels descobriments i altres problemes diversos.

A l'escola, tanmateix, el treball científic sempre s'emmarca dins l'àmbit de validesa acceptat per tothom i s'ensenya que la verificació empírica a la qual se sotmet manca d'influències personals o polítiques exteriors. Es presenta, d'aquesta manera, *una teoria del consens de la ciència* que obvia els seriosos desacords sobre metodologia, objectius o interpretacions i que no permet que els estudiants s'adonen del fet que, sense controvèrsia, el progrés de la ciència seria molt més lent (o inexistent, fins i tot).

Per a poder il·lustrar el que acabem de dir, recollirem la controvèrsia que sorgí (i que segueix present a l'actualitat) sobre la formulació de la mecànica quàntica. Tot i que les formulacions de Heisenberg i Schrödinger són en realitat equivalents, les disputes interpersonals foren més que notòries. En el fons, el que vertaderament separava aquests dos grans físics era la concepció física: Schrödinger perseguia una visualització de la realitat tractant la matèria com si foren ones, mentre que Heisenberg es mostrava contrari a aquesta imatge més intuïtiva. A tall d'exemple de la transcendència del conflicte en el desenvolupament científic, podem citar les objeccions d'Einstein a la

interpretació de Copenhaguen de la mecànica quàntica, plasmades en l'article "EPR" (Einstein-Podolsky-Rosen) publicat el 1935. Aquesta controvèrsia (fins aquest moment, purament epistemològica) portà John Bell a formular les famoses desigualtats el 1964, la violació experimental de les quals posà de manifest l'entrellaçament quàntic de dues partícules, base de les modernes àrees de la informació i la computació quàntiques.

Apple arribà més lluny i destacà també la dimensió política implícita en la discussió científica, dimensió que, òbviament, també és ocultada en l'ensenyament de la ciència. En el passat és cert que el context sociopolític podia reprimir alguna teoria en favor d'una altra que anara en consonància amb la ideologia establerta. En l'actualitat, la situació socioeconòmica pot incidir indirectament, si es vol, i fomentar determinades línies d'investigació i no unes altres.

Tot plegat, es confirma que la comprovació d'hipòtesis i l'aplicació de criteris científics no són suficients per a entendre per què s'elegeix una teoria enfront d'unes altres en competència. És més adequat optar per una visió de la ciència, l'avanç de la qual és impulsat per revolucions conceptuals que alteren la nostra percepció i comprensió del món, no per un consens global.

Estretament vinculat amb el tractament del conflicte en l'ensenyament, un dels valors que, paradoxalment, també es transmet implícitament és, segons Solbes (2002), el *dogmatisme*. La preparació d'un científic se centra, en la majoria d'ocasions, en reelaborar resultats la certesa dels quals és coneguda *a priori*. Aquest enfocament pot eliminar qualsevol mostra d'originalitat per part de l'estudiant i fomentar-hi una actitud dogmàtica enfront dels enunciats científics. No hem de confondre açò amb l'actitud conservadora que cal mantenir en ciències, justificada pel gran esforç i quantitat de temps que exigeix qualsevol conclusió científica que pugui considerar-se vàlida (entenem vàlida com a confirmada experimentalment fins a l'actualitat). Com diu K. Popper (1975), *al científic se l'ha ensenyat malament. Se l'ha ensenyat dins d'un esperit dogmàtic, ha sigut víctima d'adoctrinament. Ha après una tècnica que pot aplicar-se sense preguntar per què.*

Altres valors que es transmeten implícitament segons Solbes (2002) són:

- La *separació de teoria i pràctica* transmet una imatge de la ciència allunyada de la realitat més propera a l'alumne. Aquest fet propicia que l'alumne no entenga ni veja justificat l'estudi d'un determinat tema (o assignatura en global) i genere una predisposició negativa cap a la ciència en si mateixa. A tall d'exemple, tots hem après teoria de circuits a l'institut, però molt pocs deuen haver entès com funcionen els circuits elèctrics que permeten tenir il·luminació a casa.

- El *formalisme*, un dels elements més representatius de ciències com la física o la química. Tot i que és una manera sintètica d'expressar els enunciats científics, requereix una base de coneixements prèvia (cal una formació matemàtica en alguns casos, bastant completa) de la qual no es disposa en moltes ocasions. Això, juntament amb l'absència del treball experimental (tan necessari com el formalisme, però que presenta l'avantatge de requerir una formació prèvia més accessible per a l'alumne), origina una opinió de la ciència com una activitat massa complexa i reservada només a les elits i als experts, que són els únics capaços d'entendre-la i, per tant, d'opinar-ne i decidir.
- La *descontextualització* és un altre dels valors que incentiven l'escissió entre allò que s'aprèn en ciència i la realitat social que envolta les persones. L'absència d'anàlisi en l'ensenyament d'aquelles qüestions en les quals la ciència pot tenir un paper decisiu i fer-hi contribucions vitals (superpoblació, contaminació, esgotament de recursos, desigualtats socials, etc.) provoca una exclusió de la ciència en la societat. Les relacions ciència, societat, tecnologia i ambient resulten per això temes clau en l'aprenentatge de la ciència.

No voldríem acabar aquesta secció sense esmentar la conclusió a la qual arribà una investigació sobre currículum ocult en química coordinada per la Universitat d'Utrecht i que té la participació de professors i investigadors de 10 països: *L'educació química normal està aïllada del sentit comú, de la vida quotidiana, de la societat, de la història i la filosofia de la ciència, de la tecnologia, de la física escolar i de la investigació química actual.*

A.10. Quins valors es transmeten en ensenyar ciències?

Robert K. Merton (1985) és un dels sociòlegs clàssics de l'escola estatunidenca, premiat amb la Medalla Nacional de la Ciència per desenvolupar la sociologia de la ciència com un camp amb importància pròpia dins de la sociologia.

Merton treballà la importància de les interaccions entre les estructures socials i culturals i la ciència, i va desenvolupar una idea que explicava les causes de la Revolució Científica. També desenvolupà unes normes, que es coneixen per l'acrònim "CUDOS" i que recullen un seguit d'ideals als quals Merton considera objectius i mètodes de la ciència, dels quals pensa que han de ser vinculants per als científics. Aquests objectius inclouen els següents:

- **Comunalisme.** Aquest valor assegura que tots els productes de la investigació científica són béns col·lectius: la ciència és el resultat d'una col·laboració, d'un esforç cooperatiu i constitueix un patrimoni públic. A més, dona suport al fet que una llei o una teoria no pertanyen a qui l'enuncià, sinó a tota la comunitat científica. A més, se'n deriva que el secret és incompatible amb aquesta exigència: l'activitat científica ha de ser transparent.

Aquest concepte fou conflictiu durant el període de la guerra freda, ja que semblava remetre a la idea de comunisme, motiu pel qual Merton i els seus seguidors intentaren encaridament deixar clar que es tractava de dos conceptes totalment diferents.

- **Universalisme.** Aquest valor sosté que les regles de la ciència són comunes a tots els científics, que els descobriments s'han de valorar pels mèrits i prescindir de la nacionalitat, raça, religió, sexe, edat o categoria científica d'aquells que els produeixen, cosa que es pot aconseguir si es designen àrbitres per a avaluar l'activitat científica.
- **Desinterès.** Aquest valor assegura que el científic treballa i oblida els interessos personals i les motivacions extracientífiques, al temps que està enterament dedicat a la recerca de la veritat, per tant, el desinterès es troba destinat a descobrir errors i trampes. A més, dona suport al fet que la integritat dels homes de ciència s'esdevé del caràcter públic, ja que els resultats en són comprovables: dit d'una altra manera, en teoria cap científic té interès a fer trampes, ja que seria ràpidament detectat.
- **Originalitat.** Assegura que la ciència és el descobriment d'allò desconegut, és a dir, els científics han de donar mostres d'originalitat i buscar produir resultats inèdits. Així mateix, seran reconeguts per les institucions en funció de l'originalitat dels treballs, motiu pel qual el màxim interès d'un científic és ser un inventor reconegut o un descobridor únic. Açò implica citar sempre tot allò que han pres d'altres treballs.
- **Escepticisme organitzat.** Aquest valor impedeix que els resultats siguin prematurament acceptats, és a dir, garanteix que els enunciats científics siguin sotmesos a exàmens crítics profunds abans de ser validats com a coneixements adquirits. A més, suposa que els científics tenen una disponibilitat permanent i sistemàtica per acceptar la crítica i la revisió dels coneixements

Així doncs, Merton assenyalava que *“el respecte a aquestes normes assegura que els resultats produïts pels científics i les institucions constitueixen un saber científic rigorós, un coneixement certificat i racional”*. A més, *“el respecte a aquestes normes també garanteix que la comunitat científica no estiga totalment sotmesa a les exigències de la societat, de l'economia o del desenvolupament industrial i que constituïska un subsistema autònom en la societat”*. Com assenjala Echeverría (2002), per primera vegada s'assumia que la ciència no era només coneixement i metodologia, sinó també valors i normes de conducta interna.

Però des d'una altra perspectiva, com assenjala Ziman (1986), aquests valors són tan respectats en la infracció com en el compliment, com a continuació mostrem amb alguns exemples (Solbes, 1999):

- Juntament amb el comunalisme hi ha un percentatge molt elevat d'investigació secreta, investigacions industrials i desenvolupament tecnològic, que es tradueixen en patents i altres reivindicacions jurídiques de propietat científica personal.
- En comptes d'universalisme, es discriminen les opinions de les persones que no pertanyen o no han abastat un determinat nivell dins de la comunitat científica. A més, es parla de l'efecte Mateu (basant-se en un versicle d'aquest evangelista: *A qui que tinga, se li donarà i a qui no tinga, se li llevarà el poc que té*) per a assenyalat que se sol concedir massa pes científic, és a dir, subvencions, publicacions, etc. als membres de l'elit científica.
- Enfront del desinterès, les disputes de prioritat revelen la competició intensa en busca de reconeixement i recompenses personals.
- Juntament amb l'originalitat trobem que, si la pressió sobre l'investigador és excessiva, l'incita a plagiar resultats anteriors o a cometre frau inventant resultats.
- Al costat de l'escepticisme tenim fal·làcies que han passat desapercibudes molt de temps, una educació dogmàtica que ensenya tècniques que poden aplicar-se sense preguntar per què.

3. ACTITUDS NEGATIVES CAP A LA CIÈNCIA I L'APRENTATGE D'AQUESTA. EL CANVI ACTITUDINAL

Els últims anys ha tingut una importància creixent en la investigació didàctica l'estudi de les actituds de l'alumnat cap a la ciència i l'aprenentatge d'aquesta. Aquesta importància es deriva, lògicament, del desinterès de l'alumnat cap a la ciència i l'ensenyament d'aquesta, tema preocupant i de gran rellevància actualment. L'intent de cercar solucions ha originat el sorgiment de nombroses línies d'investigació en el camp de la didàctica de les ciències que, des dels diversos aspectes de l'ensenyament i l'aprenentatge, intentaven pal·liar el problema. Açò ha permès plantejar tota una sèrie de qüestions que condicionen el treball de l'aula.

A.11. Diverses investigacions han constatat que “com més anys de ciències cursen els nostres alumnes, menys els agraden”. A què poden ser degudes aquestes actituds negatives de l'alumnat cap a l'aprenentatge de les ciències? Té alguna responsabilitat l'ensenyament de les ciències?

L'alumnat majoritàriament es manifesta d'acord amb l'afirmació anterior i el professorat, en contra, almenys fins fa uns pocs anys. Però les dades confirmen la disminució de l'interès de l'alumnat cap als estudis científics, especialment, cap a la física i la química i, en conseqüència, un abandonament de l'estudi d'aquestes. Matthews (1991) assenyala que, cap al final de la dècada del 1980, als EUA es fugia de la ciència d'una manera dramàtica, com es posava de manifest en el fet que 7.100 instituts no tenien cursos de Física, 4.200 no en tenien de Química i 1.300 no en tenien de Biologia.

Dunbar (1999) assenyala que al Regne Unit el nombre d'estudiants de secundària que trien Química s'ha desplomtat en un 70%, des d'uns 205.000 en 1989 fins a uns 62.000 en 1991, i el mateix es detecta en altres països. Per tant, en disminuir la base de la piràmide, els alumnes de ciències de secundària, especialment de Física i Química, disminueix el vèrtex, amb el que es produeix una disminució alarmant en el nombre de professors de ciències de secundària. Així, es pot observar, per exemple, la situació en el Regne Unit: de 9000 places de professors de física en secundària, a principis dels 90 només havia cobertes 7200. Per a resoldre el problema, s'ha optat per no exigir la llicenciatura als professors, sinó només la diplomatura. Problemes semblants s'estan detectant en nombrosos països. Així, per exemple, a Holanda s'ha decidit augmentar els incentius professionals i econòmics del professorat de disciplines científiques, a França només es cobreixen la meitat de les places que es trauen a oposició, etc. Encara així falten professors de ciències de secundària, especialment de Física i Química, i s'estima

que més del 30 % no estan degudament qualificats. Amb la qual cosa entrem en un cercle sense fi, ja que professors poc preparats no seran capaços d'interessar als alumnes als que ensenyen ciències.

La situació no ha canviat en aquests últims anys. Recentment, l'Informe Rocard (Rocard i altres, 2007) alerta sobre el fet que disminueixen els joves europeus que estudien ciències i el "perill cabdal per al futur d'Europa" que açò suposa, perquè obstaculitza l'assoliment d'una economia del coneixement, que era un dels objectius de l'Estratègia de Lisboa, aprovada per la UE l'any 2000.

Aquesta tendència s'està notant també en altres països en els quals estan tenint lloc reformes educatives que augmenten l'optativitat. Així, en el cas espanyol, s'observa des del final de la dècada del 1990 una disminució de l'alumnat en les assignatures optatives de ciències l'últim curs de la secundària obligatòria. És especialment preocupant que fins i tot alumnes que després iniciaran un batxillerat de Ciències de la naturalesa no escullen l'assignatura optativa corresponent de Ciències en 4t curs d'ESO. També s'ha observat una reducció en el nombre d'alumnes que escullen el batxillerat científic i un augment, en conseqüència, en el dels que trien els batxillerats d'humanitats i ciències socials. Al País Valencià, les dades de les PAU mostren que el nombre d'alumnes que es presenten a examen ha disminuït pràcticament a la meitat en el cas de la Física i la química i en una quarta part en el cas de la Biologia. Si es realitza un estudi per sexes, pot observar-se que també ha disminuït considerablement el nombre d'alumnes que trien Matemàtiques i Física (Solbes i altres, 2007).

Així doncs, el *canvi de valors i actituds* requereix mecanismes d'aprenentatge específics, però

A.12. Hi ha prou amb paraules per a produir l'aprenentatge d'actituds o el canvi d'aquest en l'ensenyament de les ciències? Quines poden ser les millors estratègies per a produir-lo?

Les actituds no són innates, sinó que s'aprenen, i no es generen en el buit, sinó que necessiten un contingut conceptual per formar-se. Així doncs, si l'adquisició de conceptes requereix una determinada actitud, i, d'altra banda, el desenvolupament d'una actitud requereix una base conceptual en la qual basar-se, hem de concloure que ambdós processos han de tenir lloc simultàniament (Gavidia, 2005).

El mecanisme més simple per al control de la conducta són els reforços positius i negatius (premis i càstigs), però la motivació extrínseca és un sistema limitat per a aconseguir canvis estables i duradors. Ha d'acompanyar-se d'altres mecanismes específics d'aprenentatge social. Un dels més importants és l'aprenentatge per imitació

d'un model (Bandura, 1987). Aquest modelatge o aprenentatge per imitació sol ser un procés d'aprenentatge més implícit que explícit. Per açò, és important que els professors facen explícites no solament les actituds que volen en l'alumnat sinó també les que ells manifesten a través de les pròpies conductes. Ens queixem que els alumnes són passius, però a penes els deixem espais de participació; que no tenen sensibilitat pels problemes CTS, però la ciència s'ensenya com una torre d'ivori aïllada del món. El modelatge requereix la identificació amb el model o la conformitat d'aquest amb el medi social. En aquest cas, es produeix l'acceptació de la norma, la conformitat amb aquesta, la conversió o conversió de la norma en valor i la relativització de la norma. Sorgeix així el medi com un factor important en les conductes de les persones, canviar el medi (amb una escola més sostenible, participativa, saludable, etc.) contribueix a canviar les actituds.

Finalment, de la mateixa manera que succeeix en altres àmbits de l'aprenentatge de les ciències, pot parlar-se ací que els alumnes tenen actituds prèvies i valors ja establerts que per a aconseguir les metes, l'educació científica ha d'aconseguir canviar d'alguna manera. El canvi actitudinal implica posar en marxa processos d'aprenentatge en què no és suficient la persuasió, mitjançant discursos ètics, sinó que requereix sobretot un exercici continuat o repetit de conductes que consoliden aquests valors en els alumnes. Encara que els models ajuden a promoure i consolidar actituds en els alumnes, els canvis en aquestes actituds semblen requerir situar l'alumnat en situacions de conflicte o dissonància sociocognitiva, en les quals les actituds i conductes habituals generen conflictes que requereixen una solució.

4. EL CLIMA DE L'AULA I DEL CENTRE.

A.13. Quins es consideren els centres de més qualitat? Per què?

Quan ens plantegem si hi ha uns centres millors que uns altres o quines són les diferències que fan uns centres millors que altres, podríem pensar, en principi, que els centres privats són millors que els públics i així és,¹ ja que als centres privats es porta a terme una selecció de l'alumnat, fet que dona com a resultat un augment en el rendiment mitjà dels alumnes. Basant-se en les proves PISA, que demostren que els diners i els estudis dels pares afavoreixen l'obtenció de millors resultats, no és d'estranyar que en els centres privats se seleccionen alumnes amb aquestes característiques.

¹Com va veure en l'informe del capítol 1, en la part que fa referència a l'origen ètnic, els alumnes immigrants tenen més risc de fracàs escolar que els d'origen espanyol. Aquest percentatge és del 55% en el cas d'alumnes immigrants i es redueix al 34% en els alumnes espanyols. No obstant això, cal fer una excepció amb els estudiants immigrants de segona generació en què el fracàs escolar se situa en nivells intermedis, és a dir, en el 40,9%.

Ara bé, la manera de seleccionar l'alumnat per part dels centres és indirecta i es basa en diversos factors, que analitzarem a continuació. En primer lloc, esmentarem el factor geogràfic, referent a la ubicació dels centres privats, que solen estar en ciutats per a garantir l'alumnat, i en el centre, on el poder adquisitiu dels veïns és major. Molt relacionat amb açò estaria el factor econòmic, ja que els centres privats tenen unes despeses bastant més altes que les que podria assolir una família de classe baixa, com per exemple una quota (mensual o anual), un uniforme, unes despeses per menjador o eixides extraescolars obligatòries, etc. I, per últim, si observem la realitat espanyola, ens adonem que un tercer factor excloent és la religió. En efecte, el fet que la major part dels centres privats siguin confessionals, de religió catòlica, fa que aquells immigrants que no professen aquesta religió no hi accedisquen. Així, el resultat és que el 80 % dels immigrants està en els centres públics i sols el 20 % en els privats o concertats. No cal dir que tenir menys immigrants per aula redueix la possibilitat d'aparició de problemes. En primer lloc, si hi ha menys diferències socials entre els alumnes, disminueix la probabilitat d'aparició de conflictes a l'aula. Òbviament, sense immigrants no hi ha diferències socials a superar. I en segon lloc, tenint en compte que la majoria dels immigrants que arriben a les nostres aules tenen dificultats d'aprenentatge a causa del desconeixement de la llengua, trobaríem que en aules amb més immigrants l'avanç de la classe no és tan ràpid.

Les primeres investigacions sobre els efectes del centre en l'educació mostraren que:

- a) Les diferències que hi ha entre les escoles afecten molt lleugerament el rendiment dels alumnes.
- b) El centre és incapaç de superar les diferències de rendiment causades per les diferències socioeconòmiques entre els alumnes.

En conclusió, podem dir que aquestes investigacions mostraven que l'escola té poca incidència en el rendiment, però això era perquè s'agafava com a variable independent el nivell de recursos escolars. Una vegada determinat l'origen de l'error, va desviar-se l'atenció dels recursos escolars i es va passar a estudiar la influència del clima del centre, les interaccions al centre. A partir d'aquests estudis sí que s'ha pogut concloure que hi ha determinades variables que permeten identificar centres destacadament eficaços.

A.14. Quines són les característiques dels centres associats a un millor rendiment dels alumnes?

Algunes de les variables que s'associen amb un millor rendiment són:

- **Expectatives del professor:** fa referència a la imatge que tinga de l'alumnat. Si té la visió que són dolents, ganduls, etc., provocarà que ells es comporten d'aquesta manera. S'ha de partir de la base d'un alumnat capaç d'aprendre.
- **Disciplina compartida:** el professor ha d'intentar aplicar la disciplina per consens, implicant l'alumnat perquè en siga conscient, encara que en alguns casos s'ha de fer ús de la coacció o el càstig. Un bon manteniment del centre l'afavoreix.
- **Professorat:** hi haurà més rendiment com més implicació tinga el professorat amb el centre i amb l'alumnat. No obstant açò, aquesta és la variable més difícil d'aconseguir. Cal motivar aquesta implicació amb diversos projectes i activitats innovadores consensuades.
- **Junta dinamitzadora:** creació d'un equip que siga capaç de motivar el professorat com s'explica en la variable anterior. Si es dinamitza el professorat, s'espenta l'institut.

Dins del centre escolar hi ha una unitat bàsica a la qual s'ha de concedir una importància especial. Aquesta unitat és el clima de l'aula, que es considera tan important que alguns autors arriben a afirmar, fins i tot, que el clima de l'aula i el professor són els dos factors que poden exercir influències més fortes en l'interès i en la intenció de prosseguir els estudis de ciències.

A.15. Quins aspectes cap esperar que siguen els més determinants en un bon clima de treball en l'aula?

- **Ràtio:** a Espanya és molt elevada, encara que en la pràctica és menor del que sembla, perquè l'estructura dels centres és piramidal (van desapareixent alumnes proporcionalment segons l'augment dels cursos): 25 alumnes per aula en primària, 30 en ESO i 35 en batxillerat.
- **Nombre d'alumnes conflictius en l'aula:** la capacitat de control del professor és limitada, per açò és millor separar els alumnes que s'espera que generen problemes en classes diferents. Una altra opció és posar-los a tots en la mateixa classe per evitar a la resta de companys la distorsió que generen (però aquesta opció no és legal).

- **Comunicació i disciplina:** la comunicació ha de ser sempre en dues direccions (alumne \leftrightarrow professor). Ha d'haver-hi un cert nivell de disciplina (no ser un dictador, però tampoc deixar que et prenguen el pèl) que es pot anar moderant a mesura que avancen els cursos i l'alumnat es fa major.
- **Companyonia:** respecte als altres (que és la base de la convivència). No és el mateix la confiança entre companys, ser col·legues, que faltar-se al respecte els uns als altres. Cal marcar unes normes per a mantenir aquest respecte, com respectar el torn de paraula, no interrompre altres companys quan estan parlant,... Aquestes normes de comportament s'han de marcar des del primer dia i després cal ser-hi conseqüent.

A.16. A títol d'hipòtesi, elaboreu una llista amb aquelles característiques i competències del professor que puguen incidir favorablement en les actituds dels alumnes.

Aquesta activitat es desenvoluparà amb detall en estudiar el tema d'avaluació.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- APPLE, M. W. (1986). *Ideología y currículo*, Madrid, Akal.
- BOYER, R. i TIBERGHIE, A. (1989). “Las finalidades de la enseñanza de la Física y la Química, vistas por los profesores y alumnos franceses”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 7 (3), pàgs. 213-223.
- CHALMERS, A. (1990). *La ciencia y cómo se elabora*, Madrid, Siglo XXI.
- CHAMIZO, J. A. (2001). “El currículum oculto en la enseñanza de la Química”, *Educación Química*, núm. 12 (4), pàgs. 194-199.
- DUNBAR, R. (1999). *El miedo a la ciencia*, Madrid, Alianza.
- GAVIDIA, V. (2005). “Los retos de la educación científica en el próximo futuro”, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, núm. 19, pàgs. 91-102.
- MATTHEWS, M. R. (1991). “Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias”, *Comunicación, Lenguaje y Educación*, núms. 11-12, pàgs. 141-155.
- MERTON, R. K.; NEEDHAM, J. i altres (1980). *Estudios sobre sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- POZO, J. I. i GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*, Madrid, Morata.
- ROCARD, M. i altres (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*, Bèlgica, European Communities,
<http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>.
- SOLBES, J. (1999). “Los valores en la enseñanza de las ciencias”, *Alambique*, núm. 22, pàgs. 97-109.
- SOLBES, J. (2002). *Les empremtes de la ciència*, 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*, núm. 6 (2), pàgs. 190-212.
- SOLBES, J. i VILCHES, A. (1989). “Interacciones ciencia-técnica-sociedad: un instrumento de cambio actitudinal”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 7(1), pàgs. 14-20.
- VÁZQUEZ, A. i MANASSERO, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual, *Enseñanza de las ciencias*, núm. 13 (3), pàgs. 337-346.

Capítol 5.

LES RELACIONS CTSA: INSTRUMENT DE CANVI ACTITUDINAL I DE CONTEXTUALITZACIÓ

En aquest tema veurem, en primer lloc, com l'evolució de les relacions CTSA (ciència, tecnologia, societat i ambient) obliga a replantejar les finalitats de l'ensenyament de les ciències. Seguidament, ens centrarem en les relacions CTSA com un dels factors que pot generar actituds positives en donar una imatge més contextualitzada de la ciència. A continuació, presentarem propostes alternatives per al canvi axiològic i la formació de ciutadans. Finalment, aplicarem tot el que hem vist anteriorment en els continguts actitudinals de les ciències en secundària.

1. Les relacions CTSA.
2. Les relacions CTSA i l'ensenyament de les ciències.
3. Altres propostes per al canvi axiològic i la formació de ciutadans.
 - 3.1. Història de les ciències.
 - 3.2. Atenció als problemes del món.
 - 3.3. Aspectes ètics de la ciència i la tecnologia.

1. LES RELACIONS CTSA

Començarem aquest apartat veient com un tractament descontextualitzat comporta, molt en particular, una falta de clarificació de les relacions entre ciència i tecnologia. Conèixer aquestes relacions és important perquè hi ha aspectes característics de la tecnologia que poden ser útils per a la formació científica dels ciutadans i, possiblement, l'ensenyament de les ciències no els està prenent en consideració.

A.1. Quina relació penseu que hi ha entre ciència i tecnologia?

Habitualment, la tecnologia és considerada una mera aplicació dels coneixements científics. És relativament fàcil, no obstant açò, qüestionar aquesta visió simplista de les relacions ciència-tecnologia: n'hi ha prou de fer una lleugera reflexió sobre el desenvolupament històric d'ambdues per a comprendre que l'activitat tècnica ha precedit en mil·lennis la ciència. Açò permet començar a trencar amb una idea generalitzada de la tecnologia com un subproducte de la ciència, com un simple procés d'aplicació del coneixement científic per a l'elaboració d'artefactes (pensament que reforça el suposat caràcter neutral, aliè a interessos i conflictes socials, del binomi ciència-tecnologia).

En l'actualitat no es pot traçar una línia de separació entre ciència i tecnologia: des de la segona Revolució Industrial, iniciada cap al 1870 (Munford, 1992; Solbes, 2002) els tecnòlegs han incorporat de manera creixent les estratègies de la investigació científica per a produir i millorar els seus productes. La interdependència de la ciència i la tecnologia ha seguit creixent a causa de la incorporació a les activitats industrials i productives, i açò fa difícil avui—al temps que no ofereix cap interès— classificar un treball com purament científic o purament tecnològic.

Sí que interessa destacar, per contra, alguns aspectes de les relacions ciència-tecnologia, a fi d'evitar visions deformades que empobreixen l'educació científica i tecnològica. L'objectiu dels tecnòlegs ha sigut i continua sent, fonamentalment, produir i millorar artefactes, sistemes i procediments que satisfacen necessitats i desitjos humans, més que contribuir a la comprensió teòrica, és a dir, a la construcció de cossos coherents de coneixements. Açò no significa que no utilitzen o construeixen coneixements, sinó que els construeixen per a situacions específiques reals i, per tant, complexes, en les quals no és possible deixar a un costat tot un seguit d'aspectes que en una investigació científica poden ser obviats com no rellevants, però que cal contemplar en el disseny i maneig de productes tecnològics que han de funcionar en la vida real.

D'aquesta manera, l'estudi resulta alhora més limitat (interessa resoldre una qüestió específica, no construir un cos de coneixements) i més complex (no és possible treballar en condicions "ideals", fruit d'anàlisis capaços d'eliminar influències "espúries"). El *com* es converteix en la pregunta central, per davant del *perquè*. Un *com* al qual, en general, no es pot respondre únicament a partir de principis científics: en passar dels dissenys a la realització de prototips i d'aquests, a l'optimització dels processos per a produir-los en la realitat, són innombrables —i, sovint, insospitats— els problemes que cal resoldre. El

resultat final ha de ser el funcionament correcte, en les situacions requerides, dels productes dissenyats.

Aquesta complexa interacció de comprensió i acció en situacions específiques però reals, no “pures”, és el que caracteritza el treball tecnològic. Com veiem, de cap manera pot concebre's la tecnologia com una mera aplicació dels coneixements científics. No hem, per tant, d'ignorar ni menysprear els processos de disseny, necessaris per a convertir en realitat els objectes i sistemes tecnològics i per a comprendre'n el funcionament. La presentació d'aquests productes com a simple aplicació d'algun principi científic només és possible en la mesura en què no es para esment real a la tecnologia. Es perd així una ocasió privilegiada per a connectar amb la vida diària dels estudiants, per a familiaritzar-los amb el que suposa la concepció i realització pràctica d'artefactes i el seu maneig real, i se superen els habituals tractaments purament “de llibre” i verbalistes.

Una altra visió deformada que podria completar les anteriors i de gran rellevància és la relativa a les relacions que hi ha entre la ciència i la tecnologia amb la societat.

A.2. Quines relacions hi ha entre la ciència i la tecnologia amb la societat? Com han evolucionat al llarg de la història?

Els alumnes, com la majoria de la població, consideren que la ciència i la tecnologia són purament objectives i avancen contínuament. A més, pensen que la societat no pot influir-hi i, fins i tot, que, de vegades, escapen del control. Açò els fa creure que són molt poderoses, en el sentit que afecten molt la societat i, en particular, les nostres vides tant de manera positiva com negativa. Tot açò fa que s'hi tinga una actitud ambivalent (Holton, 1996; Bowler i Morus, 2005).

És per això interessant que compreguen com han evolucionat aquestes relacions, perquè entenguin que no es tracta de relacions lineals, idea que és coneguda com *determinisme tecnocientífic*, sinó que es tracta més aviat d'una *interacció* (Solbes, 2002). La història posa de manifest que, durant molts segles, les ciències eren una força social menor. Les primeres ciències (les matemàtiques, l'astronomia i la medicina) van tenir l'origen en pràctiques socials com portar comptes, realitzar mesures, construir calendaris, etc., però gradualment es constituïren dos camps independents (una ciència teòrica i una tècnica empírica), conreades per col·lectius diferents, els teòrics (filòsofs, sacerdots) i els artesans. Aquesta situació continuà fins al Renaixement, en què s'inicià el llarg procés de convergència dels dos camps, procés que dona origen a la revolució científica. D'altra banda, la tradició

tècnica inicia el procés de transició des de l'empirisme complet fins a les tecnologies plenament basades en les matemàtiques i la ciència aplicada. El desenvolupament a què açò va donar origen suposava en ocasions la ruptura radical amb les concepcions vigents, la qual cosa provocà persecucions i condemnes de molts científics. Així mateix cal destacar el paper de la ciència en l'evolució de les idees filosòfiques, religioses i, fins i tot, artístiques, de la societat.

Fins a mitjan segle XIX, mentre té lloc la primera Revolució Industrial, els desenvolupaments tècnics continuen precedint als científics. En efecte, la construcció i utilització de màquines tèrmiques, les tècniques siderúrgiques o de tiny, etc. són prèvies a la termodinàmica o a la química (açò es pot veure amb més detall en una activitat sobre màquines tèrmiques en el capítol 6). Però al mateix temps plantegen problemes, la solució dels quals va contribuir al desenvolupament d'aquestes ciències.

Cap al final del segle, amb la segona Revolució Industrial, l'electromagnetisme o la química són l'origen de la indústria química, elèctrica, etc. Açò provoca que alguns països (Alemanya, Regne Unit, els Estats Units, França) entren en una fase de gran interacció entre la ciència i la tecnologia, amb implicacions en alguns sectors de la societat (la indústria, les condicions de treball, la ideologia) i de la naturalesa (contaminació en els nuclis industrials). I és llavors quan es produeix la institucionalització de les ciències en les universitats i els primers laboratoris industrials.

Després de la II Guerra Mundial, amb l'aplicació sistemàtica de la ciència i la tecnologia al desenvolupament de projectes bèl·lics com el radar, la bomba atòmica, la producció de penicil·lina, començà a desenvolupar-se el que alguns van denominar gran ciència (Price, 1973) i uns altres, amb un sentit més ampli, revolució científicotècnica (Bernal, 1976). Aquesta revolució es basa en les noves tecnologies que s'han desenvolupat en la segona meitat d'aquest segle: l'electrònica de semiconductors, els ordinadors, la robòtica, el làser, la fibra òptica, les telecomunicacions, les tecnologies aeroespacial i nuclear, les biotecnologies i l'enginyeria genètica, etc., possibilitades totes elles per l'aplicació del coneixement científic. Es produeix així un alt nivell d'interacció entre ciència i tecnologia, que alguns autors denominen sistema ciència tecnologia (Sanmartín i altres, 1992), amb interaccions globals amb la societat i la naturalesa. Són globals perquè interactuen amb tots els sectors de la societat (en l'agricultura, indústria i serveis, en l'administració, en la configuració del poder polític, econòmic i militar, en les desigualtats entre les nacions, en els valors i concepcions del món, etc.).

I en aquesta situació en què ens trobem actualment, quan es plantegen grans demandes i crítiques socials a les ciències i, en conseqüència, també a l'ensenyament de les ciències mateix, que ens cal replantejar les finalitats d'aquest ensenyament, com veurem a continuació.

2. LES RELACIONS CTSA I L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES

Quan es pregunta, tant al professorat com a l'alumnat, quina pensen que pot ser la causa de les actituds negatives i el desinterès cap a les ciències i l'estudi d'aquestes, una resposta molt generalitzada és, com ja hem vist, la desconexió entre la ciència que s'ensenyava i l'entorn, és a dir l'absència de les interaccions CTSA. Així doncs, ens centrarem en el que signifiquen aquestes interaccions i la seua importància per a la consecució de les noves finalitats de l'educació científica.

A.3. Proposeu una activitat d'interacció CTSA que considereu interessant incloure en un currículum de ciències.

Amb aquesta activitat es pretén conèixer les idees del professorat sobre les interaccions CTSA, quins aspectes d'aquestes apareixen en les seues propostes i, fins i tot, que contrasten les escasses dificultats que té elaborar-les. En la discussió col·lectiva convé mostrar resultats d'investigacions portades ja a terme (Solbes i Vilches, 1997), en les quals s'observa que les activitats plantejades amb més freqüència són les de relació ciència-tecnologia. En general, són simples aplicacions de desenvolupaments científics, segurament perquè ofereixen menys conflictivitat, ja que, segons molts professors, són els aspectes més neutrals. També les de relacions entre ciència i medi ambient perquè "s'allunyen menys dels continguts científics". És important, en aquest punt, reflexionar per què no són tinguts en compte alguns aspectes de les relacions CTSA. Açò fa necessari seguir aprofundint en aquests temes.

Sembla que està confirmat l'important paper del tractament de les relacions CTSA en l'augment de l'interès dels estudiants cap a la ciència. Però, convé introduir aquestes relacions en l'ensenyament únicament basant-se en el seu caràcter motivador?

A.4 Per què pot ser important el tractament de les interaccions CTSA en les classes de ciències?

El camp d'investigació en CTSA ha confluït, com ja hem dit, amb l'estudi de les actituds i també amb les noves tendències curriculars que promouen una ciència per a tots. No obstant açò, és necessari que el professorat conega que aquest camp constitueix una línia d'investigació que es desenvolupa amb entitat pròpia i un potencial enorme des de fa anys amb l'objectiu bàsic en els diferents nivells educatius de ressaltar la necessitat de relacionar la ciència i la tecnologia amb el medi natural i social. Pot ser un bon moment per a debatre l'origen dels moviments CTS (el sorgiment d'una consciència crítica cap als efectes d'algunes tecnologies, la necessitat de crear institucions i formar experts en temes de política científica, les investigacions que qüestionen la imatge tradicional de la ciència i la tecnologia...) i el desenvolupament d'aquests en els diversos camps del coneixement per a poder comprendre'n la importància. En el camp de l'educació, cada vegada més, les interaccions CTSA es plantegen com una relació necessària entre l'aprenentatge i el medi exterior, és a dir, com un aprofundiment en el coneixement científic, en els problemes associats a la seua construcció, ja que el treball científic, com tota activitat humana, no té lloc aïlladament, sinó en un determinat mitjà que afecta necessàriament aquest treball. Els canvis que han sofert les nostres societats, els nous riscos a escala planetària d'alguns desenvolupaments, el paper de la ciència i la tecnologia com a elements estratègics, requereixen cada vegada més estudis en CTSA i que se'ls avalue. A més, en l'actualitat, l'analfabetisme científic i tecnològic és molt més perillós que en qualsevol situació anterior. És perillós que les persones no coneguen els problemes que afecten el nostre planeta i, per tant, que ignoren com contribuir a les possibles solucions. Com podran prendre decisions, incidir en les polítiques dels seus països, si desconeixen tots aquests i molts altres problemes i el seu impacte en el futur? Amb el tractament de les relacions CTS es podrà contribuir a la inclusió de la ciència i la tecnologia com a part fonamental de la cultura del nostre temps, a la incorporació dels estudiants al món laboral, a la seua preparació per a la vida adulta, durant la qual es trobaran amb nombrosos productes conseqüència del desenvolupament científic i tecnològic.

Una vegada compresa la importància de contextualitzar socialment la ciència que s'ensenyava, de mostrar una imatge més completa de la ciència, que tinga en compte la seua utilitat, els aspectes socials, històrics, mediambientals, etc., és necessari conèixer què ocorre en realitat en les classes de ciències.

A.5. Com estan presents les interaccions CTSA en els llibres de text d'ús habitual?

Si es pretén iniciar els futurs professors en la investigació en didàctica de les ciències és convenient mostrar els resultats que s'han obtingut (Solbes i Vilches, 1989) en analitzar la

presència o absència de les interaccions CTSA en els llibres de text i mostrar els resultats de la investigació i l'evolució d'aquesta amb la incorporació dels objectius i continguts CTSA amb les reformes educatives. Es tracta d'una activitat important, ja que la majoria del professorat recolzen el seu treball en els llibres de text. Així, també podrem determinar en quina mesura podran ser-nos d'utilitat per a la incorporació d'aquests continguts. Efectivament, les reformes educatives han aconseguit millorar alguns dels aspectes de les relacions CTSA en els llibres de text, com els relatius a les aplicacions de la ciència i les seues relacions amb el medi ambient, però molts altres aspectes considerats importants, com la presa de decisions, les valoracions crítiques, la contextualització social de la ciència i la tecnologia, encara no són tinguts en compte d'una manera adequada. Açò permetrà fer comprendre els docents que encara queda molt per fer en aquest camp.

A.6 Quines conseqüències té per a l'alumnat l'absència dels aspectes CTSA en les classes de ciències?

Com a conseqüència, és d'esperar, i així es mostra en els resultats d'alguns dels treballs ja citats, que els estudiants tinguen una visió de la ciència i la tecnologia descontextualitzada, allunyada del món real, que no siguin capaços de relacionar-les amb la societat i l'entorn, de conèixer-ne la utilitat o els problemes que el desenvolupament d'aquestes genera o resol. El problema és, per tant, l'escassa presència (encara avui) en l'ensenyament de les relacions CTSA i les conseqüències en la visió que els estudiants tenen de la ciència i en l'actitud de desinterès cap a l'estudi d'aquesta. En definitiva, la inclusió de les ciències en el currículum escolar no sembla que haja servit en la majoria dels casos per a augmentar la formació cultural dels ciutadans ni per a millorar-ne les actituds cap a la ciència i l'aprenentatge. Açò no significa que no hi haja professorat, maneres d'ensenyar i currículums de ciència que, a l'hora de desenvolupar-los, contribuïsquen a un canvi actitudinal positiu.

A.7 Com es podrien introduir les interaccions CTSA en les classes de ciències? Valoreu les diverses formes d'incorporació indicant avantatges i inconvenients

Aquest és un debat de gran utilitat per als docents ja que, una vegada compresos els problemes, permet plantejar com aconseguir tots els objectius proposats. Hi ha bibliografia abundant en què es comenten i analitzen els diversos projectes CTS i l'habitual classificació d'aquests.

El que es considera més important d'aquesta activitat és que el professorat conega les diverses propostes i sàpiga valorar-les com una ajuda inqüestionable per a la introducció

dels continguts CTS en l'ensenyament de les ciències. Així, en el cas de l'ensenyament secundari ens trobem:

- D'una banda, els que incorporen temes o estudis CTS en un curs de ciències, *sense alterar el programa habitual* (Harvard Project Physics, SATIS, Ciència a través d'Europa), inclosos aquells projectes que desenvolupen les interaccions CTS al llarg de les unitats didàctiques, com a temes transversals, i impliquen tots els aspectes de l'aprenentatge, des de les activitats d'introducció de conceptes fins als treballs pràctics, la resolució de problemes i el procés d'avaluació mateix.
- En segon lloc, els que ensenyen ciència a través d'un enfocament CTS i desenvolupen després, quan sorgeixen, els continguts científics (PLON, NMEVO, APQUA, SALTERS).
- Finalment, els projectes denominats CTS purs, en els quals s'ensenyava CTS i el contingut científic té un paper subordinat (SISCON). Entre aquests es podrien incloure les denominades assignatures CTS, que tracten d'introduir els estudiants en els problemes socials, culturals, mediambientals i ètics relacionats amb la ciència i la tecnologia.

En els estudis universitaris, els programes revelen una diversitat anàloga a secundària. La manera més habitual és oferir CTS pura com a programa d'especialització (PLON) o postgrau o com a assignatura complementària (SISCON).

Alguns dels projectes abans esmentats i uns altres similars han sigut experimentats al nostre país, per exemple, el SATIS, Ciència a través d'Europa, APQUA, l'adaptació del curs anglès Salter's Advanced Chemistry i, més recentment, del seu equivalent de Física, etc. Alguna revista s'ha fet ressò de la qüestió, com ara la revista *Alambique* ha realitzat propostes sobre CTS (AADD, 1995).

Encara que ho parega, aquest tipus d'activitats no tenen un caràcter optatiu: estan presents en el currículum de Física i química de secundària i batxillerat.

A.8. Analitzeu el Decret de Física de batxillerat i indiqueu els continguts de naturalesa i història de la ciència presents, així com els de CTS.

En la taula es mostren els diversos tipus de continguts de la Física de 2n de batxillerat. Els nombres indiquen el bloc temàtic al qual pertanyen. Els continguts sobre procediments de la ciència apareixen en la segona columna marcats amb un asterisc (*) i, sense marca, els continguts sobre la naturalesa de la ciència.

Continguts conceptuals	Continguts procedimentals i sobre la natura de la ciència	Continguts CTS
<p>2 De les lleis de Kepler a la llei de gravitació universal. Energia potencial gravitatòria.</p> <p>2 Magnituds que la caracteritzen: intensitat i potencial gravitatori.</p> <p>2 Moviment oscil·latori: el moviment vibratori harmònic simple.</p> <p>3 Moviment ondulatori. Classificació i magnituds característiques de les ones. Equació de les ones harmòniques planes. Aspectes energètics.</p>	<p>1 Utilització d'estratègies bàsiques de l'activitat científica com el plantejament de problemes i la presa de decisions sobre l'interès i la conveniència o no del seu estudi; formulació d'hipòtesis, elaboració d'estratègies de resolució i de dissenys experimentals i anàlisis dels resultats i de la fiabilitat d'aquests.*</p> <p>1 Recerca, selecció i comunicació d'informació i de resultats utilitzant la terminologia adequada.*</p>	<p>2 Interacció gravitatòria: una revolució científica que modificà la visió del món.</p> <p>2 Moviment dels satèl·lits i coets.</p> <p>3 Aplicacions de les ones al desenvolupament tecnològic i a la millora de les condicions de vida. Impacte amb el medi ambient.</p> <p>3 Contaminació acústica, les seues fonts i efectes.</p> <p>4 Aplicacions mèdiques i tecnològiques (de l'òptica).</p>
<p>3 Principi de Huygens. Reflexió i refracció. Estudi qualitatiu de difracció i interferències. Ones estacionàries. Ones sonores.</p> <p>4 Dependència de la velocitat de la llum amb el medi. Alguns fenòmens produïts amb el canvi de medi: reflexió, refracció, absorció i dispersió.</p> <p>4 Estudi qualitatiu de l'espectre visible i dels fenòmens de difracció, interferències i dispersió.</p>	<p>2 El problema de les interaccions a distància i la seua superació mitjançant el concepte de camp gravitatori.</p> <p>2 Estudi de la gravetat terrestre i determinació experimental de g.*</p> <p>3 Estudi experimental de les oscil·lacions de les molles.*</p> <p>4 Controvèrsia històrica sobre la naturalesa de la llum: models corpuscular i ondulatori.</p> <p>4 Comprensió de la visió i formació d'imatges en espills i</p>	<p>5 Producció d'energia elèctrica, impactes i sostenibilitat. Energia elèctrica de fonts renovables.</p> <p>6 Repercussions de la teoria de la relativitat.</p> <p>6 Valoració del desenvolupament científic i tecnològic que va suposar la física moderna.</p> <p>6 Radioactivitat: tipus, repercussions i aplicacions.</p> <p>6 Reaccions nuclears de fissió i fusió, aplicacions i riscos.</p>

<p>5 Camp elèctric. Magnituds que el caracteritzen: intensitat de camp i potencial elèctric.</p> <p>5 Relació entre fenòmens elèctrics i magnètics. Camps magnètics creats per corrents elèctrics. Forces magnètiques: llei de Lorentz i interaccions magnètiques entre corrents rectilinis. Magnetisme natural.</p> <p>5 Inducció electromagnètica.</p> <p>6 Postulats de la relativitat especial.</p> <p>6 Hipòtesi de De Broglie. Relacions d'indeterminació.</p> <p>6 Física nuclear. L'energia d'enllaç.</p>	<p>lents primes. Petites experiències amb aquestes.*</p> <p>4 Construcció d'algun instrument òptic.*</p> <p>5 Experiències amb bobines, imants, motors, etc.*</p> <p>5 Analogies i diferències entre els camps gravitatori, elèctric i magnètic.</p> <p>5 Aproximació històrica a la síntesi electromagnètica de Maxwell.</p> <p>6 La crisi de la física clàssica.</p> <p>6 L'efecte fotoelèctric i els espectres discontinus: insuficiència de la física clàssica per explicar-los.*</p>	
---	---	--

Pel que fa als continguts de 2n de batxillerat, convé ressaltar l'existència d'un equilibri entre els diversos tipus i, fins i tot, una lleugera prevalença dels continguts de procediments i naturalesa de la ciència, gràcies als diversos epígrafs que usen la història de la física per a ensenyar la naturalesa d'aquesta.

A.9. Analitzeu les activitat CTS que presentarà el professor i penseu com es pot fer la traducció d'aquestes activitats des d'una perspectiva investigadora, de manera que contribueixin al canvi d'actituds dels estudiants.

Es tracta de presentar a l'estudiant unes activitats que s'han extret de textos de primer cicle de secundària. El primer pertany a un projecte amb ingredients innovadors, en què apareixen explícitament activitats d'aquest tipus. Es pot apreciar que dos d'elles, les intercalades en el text, encara que separades d'aquest mitjançant un quadre i marcades amb un símbol específic són un discurs ètic sobre la necessitat de reduir i reciclar residus o sobre la contaminació de l'aigua per un petrolier. Però ja hem esmentat en el capítol anterior que amb discursos és difícil canviar actituds. Sembla més interessant el text sobre ciutats

saludables inclòs en l'apartat d'activitats situat al final del capítol, perquè almenys planteja preguntes a l'alumnat. En l'altre projecte no es planteja explícitament realitzar activitats d'aquest tipus i per açò pràcticament no hi apareixen ni tenen un símbol adjudicat, malgrat que sí que en tenen per a conceptes, procediments, avaluació i per a saber més (ampliació). Sols trobem dins dels continguts conceptuals l'apartat "Estalviar energia... quina idea".

No obstant açò, res no impedeix que puguen ser utilitzats des d'una perspectiva constructivista de l'aprenentatge per a explorar les idees dels estudiants, crear conflictes conceptuals quan l'experiència no respon a les expectatives de l'alumnat, consolidar noves idees en contextos diferents o avaluar el procés de canvi conceptual. O fins i tot que es realitzen amb un plantejament d'investigació.

Es tractaria de plantejar-les com a activitats, sense donar la resposta i demanant-los propostes de solució. Per exemple, quins residus es generen en ta casa? Quins residus es generen en el teu poble o ciutat? En tots dos casos, què es pot fer amb aquests?, per a introduir l'alumnat en la cultura de les 3 R (reduir, reciclar i reutilitzar) i que les apliquen a casa, a l'escola, etc. Quant a la segona, l'any 2002 es va produir al nostre país l'enfonsament del petrolier *Prestige* a les costes gallegues: recordes quin impacte ambiental va causar? Si no recorden res, demaneu-los que cerquen informació sobre aquest tema en Internet.

Diverses recerques didàctiques realitzades (Solbes i Vilches, 1997; Solbes i Traver, 2003) posen de manifest que els estudiants que han participat en aquestes activitats milloren les actituds cap a l'aprenentatge de la ciència i en tenen una visió mes contextualitzada.

A títol d'exemple, es pot comentar ací una experiència d'activitat d'aprenentatge fora de l'aula, que relaciona molts dels aspectes tractats fins ací. Es tracta dels *Tallers de cultura clàssica de Sagunt, Ludi Saguntini*, que se celebren tots els anys durant una setmana, a Sagunt. Consisteixen en una mena de fira d'activitats a l'aire lliure, en les que cada activitat està dedicada a un tema concret, entre els que es troben la cuina, l'escriptura, la indumentària, la mitologia, el temps i la seua mesura, els mosaics, els jocs, la cosmètica i, per descomptat, el taller de la ciència en el món clàssic (Domínguez-Sales i Guisasola, 2010). La finalitat dels tallers és mostrar d'una manera lúdica la cultura grecollatina als estudiants que els visiten.

Es tracta d'una activitat que reflecteix perfectament els avantatges del treball en grup, perquè cadascun dels tallers està coordinat per un professor o grup de professors d'un

institut diferent. Parlant concretament del taller de la ciència, que és el que ens pot interessar en aquest context, està realitzat per professorat de dos instituts diferents i de departaments diferents, ja que hi col·laboren professors de Física i química, Ciències de la naturalesa, Tecnologia, Dibuix i Matemàtiques.

La tasca del professorat durant el curs és doble. D'una banda, es proposen idees, es dissenyen i s'elaboren les maquetes necessàries per a l'exposició. A més, es restauren i deixen en bones condicions d'ús les utilitzades en l'edició de l'any anterior. Per altra part, també es treballa amb els alumnes, de grups de diversificació, als quals s'introdueix els conceptes que es treballaran en el taller. Aquests alumnes actuaran de monitors, que explicaran als visitants les diverses activitats i els faran participar activament.

En la realització pràctica, cada taller ocupa un espai a l'aire lliure, cedit per l'Ajuntament i allí es rep la visita d'estudiants d'altres instituts, des d'educació infantil fins a batxillerat, als quals expliquen i fan participar en les activitats, els fan preguntes per fer-los pensar sobre el que veuen o experimenten, els expliquen tot el que els visitants els pregunten i s'adeqüen a l'edat i nivell dels visitants. El professorat, mentrestant, pren un paper totalment secundari i es limita a controlar la bona marxa de les activitats, i hi participa únicament en cas de necessitat. Aquells que ho vulguen poden obtenir més informació en la pàgina web de les jornades: <<http://culturaclasica.net>>.

És remarcable el grau d'acceptació dels tallers entre els visitants que, en general, consideren que es tracta d'una activitat molt atractiva, en la qual es combina la satisfacció de gaudir d'un dia d'activitats fora de l'aula amb la possibilitat d'aprendre i recordar alguns dels conceptes estudiats a l'aula. A més, en el taller es destaca el fet que el pensament grec era unitari, sense fer la divisió entre ciències i lletres, de manera que s'unifica el saber i s'hi dóna importància com un tot, sense fronteres, com una finalitat per ella mateixa que s'obre després a la posada en pràctica d'allò que es coneix sols de manera teòrica, amb la qual cosa es permet facilitar diversos aspectes de la vida, cosa que és enriquidora, ja que dóna un sentit als estudis que duen a terme.

Pel que fa als alumnes que hi participen com a monitors, els resulta una activitat molt enriquidora, ja que, a més de treballar amb una gran il·lusió durant el curs, els serveix per millorar alguns coneixements teòrics i aprendre a actuar de cara a l'exterior del centre. Al mateix temps, explicar a altres estudiants (en ocasions majors que ells) els conceptes i les idees derivades de les diverses pràctiques els resulta una situació molt motivadora que contribueix a augmentar-ne l'autoestima

3. ALTRES PROPOSTES PER AL CANVI AXIOLÒGIC I LA FORMACIÓ DE CIUTADANS

Si tenim en compte el paper que la ciència i la tecnologia han tingut al llarg de la història en el canvi social, en el desenvolupament de les idees, en la modificació del medi, així com el seu caràcter d'instrument per a interpretar el món que ens rodeja i la història de la humanitat, l'ensenyament de la ciències amb un enfocament CTSA presenta característiques d'un potencial didàctic enorme. Hi ha moltes activitats CTSA que es poden realitzar, com es pot comprovar en els projectes mencionats abans i en tesis doctorals relacionades amb el tema (Solbes i Vilches, 1993; Solbes i Traver, 1996). Per això, seleccionarem a continuació alguns temes recents que la investigació en didàctica de les ciències considera prioritaris.

3.1. Història de les ciències

Un tema que cal tenir en compte és la importància de la utilització de la història de la ciència en l'ensenyament d'aquesta. Açò ha sigut destacat per diversos autors (Matthews, 1991; Solbes i Traver, 1996 i 2003).

A.10 Quin paper pot tenir la història de les ciències en l'ensenyament d'aquestes?

La investigació didàctica ha posat de manifest el caràcter motivador dels aspectes històrics (Izquierdo, 1994; Matthews, 1994; Solbes i Traver, 2001), en particular d'una història contextualitzada que mostre 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 i Morus, 2005; Sánchez Ron, 2006; Kragh, 2007), que poden aportar activitats interessants, combinen aquesta aproximació amb una perspectiva social i institucional. Els futurs professors poden proposar, entre altres, extraure d'aquesta història els problemes significatius i posar l'alumnat en situació d'abordar-los, mostrar l'existència de grans crisis en el desenvolupament de les ciències, el caràcter hipotètic, temptatiu de la ciència i les limitacions de les teories, els problemes frontera i els que estan pendents de solució, etc.

Així es presenta als alumnes l'aventura de la creació científica, i s'eviten visions dogmàtiques. Aquesta part de la història, denominada interna, té implicacions evidents en la introducció dels continguts conceptuals i procedimentals i n'apareixen molts exemples en tots els temes de la segona part d'aquest projecte: *Ciències de la naturalesa per a*

mestres, com les controvèrsies entre geocentrisme i heliocentrisme, o les suscidades per les teories de Darwin, Wegener, etc.

D'altra banda, la història externa, o social, de la ciència manté relacions estretes amb les interaccions CTSA, en concret contribueix a mostrar les relacions CTSA al llarg de la història. Per açò, es fa necessari integrar en els materials didàctics les aportacions d'ambdues línies d'investigació, si volem evitar una imatge deformada i descontextualitzada de la ciència i dels científics. Aquestes aportacions permeten veure la naturalesa col·lectiva i controvertida de la investigació científica, fruit del treball de moltes persones i basat, al mateix temps, en el treball de moltes altres. Així, es pretén evitar la idea d'una ciència feta bàsicament per genis, en la seua majoria homes, que ignora les contribucions de les dones científiques. Al mateix temps, es considera convenient presentar les aportacions a la ciència realitzades en països que no són grans potències científiques i els obstacles que s'han plantejat al desenvolupament de la ciència en aquests al llarg de la història (Solbes i Traver, 2003).

A.11. Presentació i comentaris d'activitats d'història de la ciència

Donats els problemes esmentats abans de la falta d'interès de les xiques per les ciències físiques, exactes, enginyeries, etc., convé veure què pot aportar la història de la ciència a aquest tema. Una de les primeres constatacions que es fan en les investigacions de gènere és l'ocultació de les científiques en l'ensenyament de les ciències, per açò sembla prioritari realitzar les activitats següents:

A.12. Esmenteu dones científiques que conegueu.

A.13. Per què es coneixen tan poques dones científiques?

La majoria de les persones solament poden esmentar una científica coneguda: Madame Curie, nom amb el qual es coneix habitualment a Maria Skłodowska. No és casual aquest reconeixement. S'hi s'han unit moltes variables per a ser recordada: és la primera dona que va rebre un premi Nobel (el de Física, el 1903) i la primera persona que fou premiada dues vegades amb el Nobel (rebé el de Química el 1911). Solament tres persones més comparteixen el mèrit d'haver rebut dos premis Nobel (el físic Bardeen, el químic Pauling, tots dos dels EUA, i el bioquímic anglès Sanger).

El tema de les dones i la ciència ha sigut bastant investigat (Jiménez Aleixandre, 1996; Sauquillo i altres, 1993; Solbes, 2002). Es constata en aquesta investigació que les xiquetes estan en inferioritat tant en els programes formals (els continguts ensenyats) com en els programes ocults (les aspiracions, expectatives i comportaments de professorat i alumnat, els continguts no ensenyats). Així, un ensenyament descontextualitzat, que no tinga en compte la contribució de la ciència a les necessitats humanes, o que no mostre el paper de les científiques, sembla que és menys interessant per a les xiques.

D'altra banda, hem de comentar que, si s'esmenten tan poques científiques en la història de les ciències, és perquè la incorporació de les dones a la ciència és un tema recent. La marginació científica de les dones des de l'antiguitat fins al segle XVIII no és més que un altre exemple de la marginació social d'aquestes. Però açò no vol dir que aquestes contribucions no existiren. Algunes van romandre amagades darrere del nom d'un científic masculí (germà, marit) amb qui col·laboraven. Per exemple, les astrònomes Sophia Brahe i Caroline Herschel o la química Marie-Anne Lavoisier. Perquè el nom d'una dona haja arribat a l'actualitat és necessari que haja fet contribucions molt rellevants, com és el cas, per exemple, d'Hipàtia, directora del Museu d'Alexandria; Trótula de Salern, cirurgiana que va introduir la sutura amb fil de seda; Mary Montagu, que va introduir a Europa la immunització contra la pigota; Maria Mitchell, primera professora d'Astronomia als EUA; Williamina Fleming, que va descobrir set noves; Henrietta S. Leavitt, que va descobrir la variació del període dels estels variables amb la lluminositat, la qual cosa va permetre determinar les distàncies de les galàxies; Cecilia Payne-Gaposchkin, que va explicar la composició de les atmosferes estel·lars.

En el segle XIX, quan començà la institucionalització de la ciència i van aparèixer llocs de treball per a científics, generalment com a professors universitaris, també hi havia poques dones en la ciència. Si fins a mitjan segle no es va permetre les dones cursar estudis secundaris, lògicament no podien accedir a la universitat. Encara van haver d'esperar més temps perquè se'ls permetera obtenir una llicenciatura o un doctorat. En conseqüència, solament començaren a aparèixer científiques destacades els últims anys del segle XIX i el principi del XX.

No obstant açò, hi ha altres raons que n'emascaren les contribucions recents. En primer lloc, la ciència és un treball col·lectiu i solament les aportacions molt destacades reben el nom i cognoms dels seus autors. Així, per exemple, en els estudis universitaris de física s'esmenta el teorema de Cauchy-Kovalevsky, el model nuclear de capes de Jansen i Mayer, l'explicació de les reaccions de fissió nuclear per Frisch i Meitner, el teorema de Noether,

que relaciona la invariància de les lleis naturals sota transformacions amb els principis de conservació, el descobriment dels púlsars per Hewish i Bell o l'experiència de Wu i col·laboradors que va confirmar que la paritat no es conserva en les interaccions febles. Però ningú diu que es tracte de Sophia Kovalevsky, Marie Goepper-Mayer, Lise Meitner, Emmy Noether, Jocelyn Bell i Chien Shiung Wu. Els únics avanços on es va remarcar l'aportació femenina van ser el descobriment de la radioactivitat natural i l'aïllament del radi i del poloni, que valgueren a Madame Curie dos premis Nobel i el descobriment de la radioactivitat artificial pel matrimoni Joliot-Curie. Cal suposar que en les altres carreres científiques succeí alguna cosa igual.

En segon lloc, el nombre de dones que han rebut el premi Nobel en matèries científiques des del 1900 (primer any que s'atorgaren aquests premis) fins al 2010 és de 16 (5 d'elles a partir del 2000). De Física solament n'hi ha dues, Marie Curie el 1903 i Marie Goepper-Mayer el 1963. De Química, 4, M. Curie el 1911, Irene Joliot-Curie el 1935, Dorothy Crowfoot el 1964 i Ada I. Yonath el 2009. De Medicina i Fisiologia, 10, Gerty Cori el 1947, Rosalyn Yallow el 1977, Barbara McClintock el 1983, Rita Levy-Montalcini el 1986, Gertrude Elion el 1988, Christiane Nüsslein Volhard el 1995, Linda B. Buck el 2004, Françoise Barré-Sinoussi el 2008 i Elizabeth Blackburn i Carol W. Greider el 2009. Podem esmentar també científiques com Rosalind Franklin, que va investigar amb raigs X l'estructura de l'ADN i Ida Noddack, que va predir la possibilitat de la fusió nuclear, que no van rebre el premi Nobel, encara que altres científics que treballaren en el mateix camp d'investigació sí que l'aconseguien.

En resum, hi ha una evident desigualtat històrica que a hores d'ara s'està superant, almenys en les societats més avançades. Però encara hi ha un problema en les carreres tècniques, ja que mostren un percentatge d'estudiants dones molt inferior a la mitjana i, finalment, hi ha problemes de visibilitat de les contribucions de dones al camp de la ciència, dels quals són responsables la manera de signar les publicacions, un sistema educatiu que no les dona a conèixer i la manca de reconeixement social (que es tradueix en premis, cosa que també es produeix en altres camps, com la literatura).

Un altre exemple d'activitat històrica pot ser l'estudi de les ciències durant la Il·lustració espanyola, que es pot utilitzar en el capítol "La teoria atómico-molecular de la matèria", de la Física i química de 1r de batxillerat.

A.14. Què succeeix amb la ciència espanyola durant la Il·lustració? Coneixes algun científic d'aquest període?

Una activitat CTS que ajude que els estudiants coneguen els desenvolupaments científics que s'han produït al nostre país és important, sobretot en aquests moments en què es produeix una disminució dels estudiants de ciències, com hem vist en el capítol 1. Encara que alguns alumnes, pel seu coneixement de la Il·lustració, pensen que va ser un bon període, són incapaços d'anar més enllà i, com a màxim, esmenten Cabanilles. Cal anar més enllà i donar-los a conèixer els esforços que es desenvoluparen en aquell moment. Han de saber que la contractació de Proust va ser només la punta de l'iceberg de tot el que es va realitzar durant la Il·lustració per a incorporar Espanya a Europa, fet que va promoure l'activitat científica i tecnològica. Aquesta promoció va tenir el moment culminant durant el regnat de Carles III i va consistir en la lluita contra l'aïllament, amb la contractació de científics estrangers (Proust i Chabaneau) i amb la concessió de beques per a l'estranger i el finançament d'institucions (observatoris astronòmics, jardins botànics, etc.) i de viatges científics.

Les majors contribucions es van produir en el camp de la química. Destaquen Fausto Elhuyar (1755-1833), professor del Seminari Patriòtic de Vergara, on va descobrir juntament amb el seu germà Juan José el wolframí. Andrés del Río (1764-1849) treballà durant quasi 50 anys a l'escola de Mines de Mèxic; l'any 1801, en un mineral mexicà, va descobrir el vanadi. Antonio de Ulloa (1716-95), guàrdia marina, que va participar amb Jorge Juan i altres científics francesos en l'expedició al Perú per a mesurar l'arc del meridià terrestre, d'on va portar mostres de platí, amb la qual cosa va contribuir al descobriment d'aquest element.

En física destaca Jorge Juan (1713-73), nascut a Novelda, autor de les *Observacions astronòmiques i físiques* (1748), fruit del viatge al Perú. El 1752 fou nomenat director de l'Acadèmia de Guardamarines de Cadis, on va fundar l'observatori astronòmic més important d'Espanya. Va ser un dels científics més destacats del nostre país, membre de les societats científiques europees més prestigioses, com la Royal Society de Londres i les Reials Acadèmies de Berlín i París.

Antonio José Cavanilles (1745-1804) completà la seua formació botànica a París, on anà el 1777 i hi va treballar amb Jussieu. En tornar a Madrid, l'any 1789, va rebre l'encàrrec del govern d'estudiar la flora de la Península. Va començar els viatges pel País Valencià i com a resultat va publicar el llibre *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población i frutos del Reyno de Valencia* (1795-97). El 1799 participà en la fundació de la revista *Anales de Ciencias Naturales*. El 1801 fou nomenat director del Jardí Botànic de Madrid.

Gabriel Císcar (1760-1828) fou director de l'Acadèmia de Guardamarines de Cartagena del 1788 al 1798, any en què va ser designat representant d'Espanya en la reunió convocada per l'Institut de França sobre el nou sistema mètric decimal, unitats de mesura que es van introduir a Espanya posteriorment. En tornar Fernando VII, Císcar va ser empresonat i confinat a Múrcia, Cartagena i Oliva, fins a l'alçament liberal del 1820. En restablir-se el poder absolut el 1823, el rei el va condemnar a mort, condemna de la qual se salvà refugiat a Gibraltar.

A.15. A la vista de tot el que acabem de comentar, es pot sostenir la frase d'aquell ministre d'Educació que va afirmar que “les ciències són estudis propis de les gents del nord”?

Evidentment, no. Sempre que la societat espanyola s'ha interessat i ha invertit en ciència (com va ocórrer durant el Renaixement, la Il·lustració o des de la Restauració a la II República) aquesta ha florit i ha aconseguit un nivell i un reconeixement internacionals. També és cert que els tres períodes es van veure truncats per les persecucions de científics desencadenades per motius polítics i/o religiosos. Aquestes persecucions, durant el regnat de Felip II, el de Ferran VII i la primera dècada del franquisme, produïren col·lapses de l'activitat científica espanyola, que costa molt de recuperar. En el cas que ens ocupa, després de la Il·lustració i la Guerra del Francès, les causes de la desfeta de la ciència van ser un país econòmicament arruïnat i unes classes dirigents dividides entre els conservadors, que consideraven un error greu l'esforç d'uropeïtzació del segle XVIII i els liberals. El 1814, després de la restauració de Ferran VII, i el 1823, en acabar el trienni liberal, es produïren períodes de repressió, que obligaren a exiliar molts liberals. Per defensar aquestes idees patiren postergació, persecució i desterrament molts dels nostres millors científics, com Císcar. També literats o pintors, més coneguts, com Goya, Moratín, Blanco White, etc. Els observatoris astronòmics i altres institucions van desaparèixer o van deixar de funcionar.

És lògic que després d'aquests tres moments de la nostra història la ciència haja llanguit. Es produeixen el que alguns historiadors (López Piñero i Navarro, 1995) denominen períodes intermedis durant els quals és necessari, en primer lloc, aprendre els coneixements i mètodes nous, en segon, difondre'ls (escrivint textos i ensenyant, bàsicament) per a formar les generacions noves i, en tercer lloc, començar a investigar. És curiós observar que en cap dels països del nostre entorn europeu s'ha produït una situació similar, una singularitat tan amarga. No ha estat així en els anglo germànics, amb predomini o forts minories protestants, que obliguen a més diàleg religiós, però tampoc en els mediterranis, com França i Itàlia, amb predomini catòlic, com el nostre. Açò fa que molts científics i historiadors es plantegen

a què es pot haver degut la denominada qüestió de la ciència espanyola: a la gran quantitat de partidaris de l'aliança entre el tro (o la dictadura o el poder públic) i l'altar? A la deficient industrialització del nostre país?

La veritat és que tot açò sembla haver generat una actitud d'escassa estima a la ciència al nostre país (Solbes, 2002). Bona prova n'és l'anterior frase del ministre o el conegut exabrupte d'Unamuno: "Què inventen ells!". En les enquestes es comprova que els espanyols no estan gens familiaritzats amb la història de la ciència del nostre país i els escassos científics que coneixen són tots estrangers (excepte Ramón y Cajal). Sembla que aquesta escassa estima subsisteix al nostre país en l'actualitat, quan es comprova que és freqüent parlar de ciència i de cultura com si es tractara de coses diferents, i es pot presumir de ser culte sense posseir un coneixement suficient dels avanços científics i tecnològics, dels quals depèn la nostra vida quotidiana. És interessant al respecte pensar en la gran diferència de criteris amb què en les notícies de premsa es jutja la incultura científica respecte d'altres àmbits. Hi ha una gran preocupació per no incórrer en errors ortogràfics o de vocabulari, amb la qual, evidentment, estem d'acord. Quan apareixen, provoquen merescudes reaccions irades en els lectors. En canvi, no hi ha la mateixa preocupació (i, per descomptat, les mateixes reaccions) quan els errors corresponen a conceptes científics. Açò permet que en els periòdics es puguin llegir disbarats com: "elements químics com els òxids de nitrogen". O quan els mitjans de comunicació transmeten persistentment des del 1995 la idea que les humanitats estan sent desplaçades en l'ensenyament secundari de la LOGSE per les matèries científiques i tecnològiques. Aquesta afirmació, que és manifestament falsa, perquè les matèries científiques tampoc han eixit massa ben parades en el nou sistema educatiu, planteja la relació entre humanitats i ciències com una controvèrsia, com la vella pugna entre "les dues cultures".

3.2. Atenció als problemes del món

Al llarg de les dues últimes dècades, s'han multiplicat les crides de diversos organismes i conferències internacionals perquè els educadors de totes les matèries i nivells contribuïm que els ciutadans i ciutadanes adquirisquen una correcta percepció dels problemes i desafiaments a què s'enfronta la vida en el nostre planeta i puguin així participar en la necessària presa de decisions fonamentades (Nacions Unides, 1992).

A.16. Quins són els problemes i desafiaments actuals als quals la humanitat ha de fer front? Per què s'insisteix perquè tots els educadors criden l'atenció a l'Estat i el futur del món com una dimensió essencial de la nostra activitat?

És necessari que els estudiants elaboren un panorama general dels problemes i desafiaments que caracteritzen l'estat del món i que facen un esforç de globalització que evite el reduccionisme causal que pot afectar l'estudi dels problemes científics, molt en particular quan es tracta de problemàtiques complexes com la que ens ocupa, amb implicacions ètiques serioses. Entre aquests problemes es poden esmentar els següents (Gil i altres, 2000; Solbes, 2002; Vilches i Gil, 2003):

- El creixement exponencial de la població, que fa que aquesta es duplique en períodes molt curts de temps. El 1950 érem 2.500 milions de persones, ara en som més de 6.000 milions i en el 2050 es preveuen més de 10.000 milions de persones a la Terra.
- L'increment de la polarització entre riquesa i pobresa. Ara hi ha uns 1.200 milions de persones al primer món i 5.000 milions al tercer, dels quals 1.500 milions malviuen amb menys d'un dòlar diari; el 2025, n'hi haurà 1.400 milions i 7.100 milions, respectivament. I les conseqüències d'aquesta polarització, com la fam (ara hi ha més de 700 milions de persones que la pateixen), les malalties, l'analfabetisme, etc.
- La producció d'armaments, causa fonamental de les guerres (des del 1945 més de 100, quasi totes al tercer món i amb més de 16 milions de morts), del tràfic d'armes i, sobretot, d'un estoc d'armes nuclears, químiques i biològiques amb capacitat més que sobrada per a destruir el món com a planeta habitable.
- L'esgotament dels recursos, particularment els energètics (el petroli, el gas natural), l'aigua potable, els bancs de peixos de la plataforma continental, etc.
- La contaminació del medi ambient, on s'ha passat de problemes locals com la pol·lució atmosfèrica de les grans ciutats, els residus urbans, la contaminació de rius, llacs i costes o la pluja àcida, a problemes globals com:
 - l'efecte hivernacle, produït pel CO₂ i altres substàncies, que contribueix a l'augment global de la temperatura del planeta (que s'estudiarà amb més detall a continuació);
 - la destrucció, a causa dels CFC, el NO, etc., de la capa d'ozó, sense la qual no és possible la vida a la terra, ja que absorbeix les radiacions ultraviolades. La reducció d'aquesta capa provoca més incidència del càncer de pell, danys oculars,

disminució de defenses i augment d'infeccions, etc.;

- la pluja àcida, causada pels òxids de sofre i nitrogen, que poden desplaçar-se grans distàncies abans de combinar-se amb l'aigua i precipitar-se en forma d'àcids (sulfúric, nítric) i que fan que el problema creat a les zones industrials d'uns països (per exemple, a la conca del Ruhr alemanya) siga patit en els veïns (per exemple, a Suècia, Noruega, etc.), on s'acidifiquen llacs i rius, es destrueixen boscos o es deterioren monuments famosos;
- la desforestació, no sols per la pèrdua de biodiversitat que suposa en alguns llocs, com és el cas de les selves tropicals, sinó pels seus efectes en la disminució de pluges, en l'erosió de sòls productius pel vent, l'aigua i la desertització consegüent, que no es limita només a l'Àfrica subsahariana sinó que ja la pateix el sud-est del nostre país

És tracta de problemes molt complexos i molt interrelacionats els uns amb els altres. Per exemple, l'augment de la misèria dels més pobres els obliga a talar mes arbres per a poder conrear les terres corresponents. Açò produeix una disminució en l'absorció de diòxid de carboni (i, per tant, genera més efecte hivernacle), disminució de la pluja a la zona desforestada (i, en conseqüència, reducció de les aigües potables), erosió dels sòls sense arbres (és dir, desertització) i, com a final del procés, més misèria.

També produeix l'esgotament de recursos com l'aigua per sobreexplotació i per contaminació, amb l'agreujament consegüent dels problemes de pobresa, fam, malalties infeccioses, com la febre aftosa, que es traslladen al primer món, per emigracions massives, guerres, etc.

A.17 Quin tipus de mesures caldria adoptar per a posar fi als problemes considerats i aconseguir un desenvolupament sostenible?

Cal recordar que, fins a la segona meitat del segle XX, el nostre planeta semblava immens, pràcticament sense límits, i els efectes de les activitats humanes quedaven localment compartimentats. El problema és que aquests compartiments han començat a fondre's els uns amb altres durant les últimes dècades i molts problemes (efecte hivernacle, destrucció de la capa d'ozó, pluja àcida...) han adquirit un caràcter global que ha convertit "la situació del món" en objecte directe de preocupació. Informes provinents d'institucions internacionals com el Worldwatch Institute, reunions i conferències mundials o el mateix Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament ens proporcionen, any rere any,

una visió bastant ombrívola —però, desgraciadament, ben fonamentada— de l'estat del món (Comissió del medi ambient i del desenvolupament, 1988; Nacions Unides, 1992; Brown i altres, 1984-2000).

Aquesta és la raó de les crides realitzades a, insistim, tots els educadors perquè incorporem la situació del món a la nostra tasca docent. Unes crides que van aconseguir especial èmfasi durant l'anomenada Conferència de Rio, en la qual van participar més de 120 caps d'Estat i 14.000 organitzacions no governamentals. En l'agenda de la conferència, Agenda 21, es reclamava explícitament que tots els educadors —*independentment del camp específic de treball*— contribuïren a fer possible la participació ciutadana en la recerca de solucions. No podem, per tant, seguir educant els joves “com si no hi haguera una situació d'emergència planetària”.

Quina n'és la situació, tretze anys després de la Conferència de Rio? Malgrat unes crides tan dramàtiques, l'atenció prestada a l'Estat i al futur del planeta, tant per la investigació en didàctica de les ciències com per la formació dels docents en aquest camp, és encara molt escassa. Per açò, donada la gravetat i urgència dels problemes als quals la humanitat ha d'enfrontar-se avui, les Nacions Unides han instituit una Dècada d'Educació per al Desenvolupament Sostenible (2005-2014) i han designat la UNESCO l'òrgan responsable de la promoció d'aquest.

No ens podem estendre ací a presentar aquestes mesures, dirigides a *establir les bases d'un desenvolupament sostenible*, però sí que hem d'esmentar que exigeixen prendre en consideració quatre grans aspectes, que estan íntimament vinculats (Vilches i Gil, 2000):

- a) *Posar fi a un creixement agressiu amb el medi ambient* i nociu per als éssers vius —fruit de comportaments guiats per interessos i valors particulars, sense atendre'n les conseqüències futures o per a uns altres— que es tradueix en una progressiva degradació del medi.
- b) *Considerar les causes (i, a la vegada, conseqüències) d'aquest creixement no sostenible*, com l'hiperconsum de les societats desenvolupades o una explosió demogràfica que ha multiplicat per quatre en un segle la població mundial en un planeta de recursos limitats.
- c) *Adoptar mesures positives* (en els àmbits tecnològic, educatiu i polític) susceptibles de posar fi als actuals problemes i d'establir les bases d'un desenvolupament realment sostenible.

- d) *Universalitzar i ampliar els drets humans* com a via de superació dels desequilibris que hi ha en l'actualitat i d'un creixement insostenible, conseqüència de la imposició d'interessos i valors particulars a curt termini.

Cal insistir en la necessitat de superar les visions fragmentàries que tenim els professors de ciències respecte d'aquesta problemàtica i, més encara, cal comprendre que es tracta d'una problemàtica que afecta els docents de *totes* les àrees. Com afirma Daniella Tilbury (1995), “els problemes ambientals i del desenvolupament no són causats exclusivament per factors físics i biològics, sinó que cal comprendre el paper dels factors estètics, socials, econòmics, polítics, històrics i culturals”. La dimensió CTS, per tant, no solament impregna tota l'educació científica, inclosa l'ambiental, sinó que constitueix un pont entre l'educació científica i l'educació en general. Abordarem en els següents apartats altres perspectives de la dimensió CTSA

3.3. Aspectes ètics de la ciència i la tecnologia

També hi ha crides de diverses institucions, com la BSCS (Innovative Science Education) i l'AMA (American Medical Association) (1994) o d'autors de tant de prestigi com Hodson (1994), que plantegen la necessitat d'ensenyar *ètica i política pública* en classe de ciències, per a poder educar en valors associats amb les noves finalitats de formar científics responsables i futurs ciutadans.

A.18 Quins científics poden ser exemples d'ètica pública i poden contribuir a formar ciutadans en l'ensenyament de les ciències?

No hem d'oblidar que els valors no es transmeten només verbalment, sinó que depenen de la manera en què s'ensenye, de com es comporte el professor. Però com que aquest té un àmbit d'acció limitat, és necessari mostrar exemples de responsabilitat social de científics i científiques, com Einstein, Pauling, Marie Curie (Solbes i Tarín, 1995; Traver, 1996), Irene i Frederic Joliot, Born, Rotblat, Dorothy Crowfoot Hodgkin i tants altres, que van denunciar com l'ús de la ciència en la guerra posava en perill la pau mundial. O com Rachel Carson, Rowland i Molina, etc., que han posat de manifest les “veritats incòmodes” sobre diversos aspectes, com per exemple que el DDT és perjudicial o que els CFC destrueixen la capa d'ozó. També es poden presentar exemples d'altruisme, com el de Tim Berners Lee, que va crear les pàgines web i no les va patentar.

Per a evitar falsejar la realitat, cal mostrar també “contraexemples” com el de Lysenko (creador del lamarckisme soviètic) o Lenard i Stark (pares de la física ària) o Haber (síntesi de l'amoníac i gasos utilitzats en la I Guerra Mundial), Teller (bomba d'Hidrogen dels EUA, guerra de les galàxies de Reagan, etc.), Kurchatov (bomba atòmica soviètica) i els científics alemanys que van tractar de desenvolupar la bomba, encapçalats per Heisenberg, que han donat motiu a obres literàries recomanables, com per exemple *A la recerca de Klingsor*, de Jorge Volpi, o *Copenhaguen*, de Michael Frayn. Finalment, també es poden comentar exemples d'ambivalència, com la d'alguns científics que participaren en el desenvolupament d'armes nuclears i després van treballar per la pau, com Sajarov (bomba d'Hidrogen soviètica).

Des d'aquesta perspectiva, es pretén que els estudiants siguin capaços de realitzar avaluacions sobre diversos desenvolupaments científics i tecnològics, com la que proposem a continuació.

A.19. La creixent utilització de les màquines tèrmiques ha fet possible un gran desenvolupament del transport i la generació d'energia en el món.

- a) Avalueu els impactes de tota classe que genera aquest desenvolupament.*
- b) Assenyaleu els grups implicats en l'esmentat desenvolupament i els interessos d'aquest.*
- c) Mostreu les diverses valoracions i arguments d'aquests grups sobre els problemes d'aquest desenvolupament per tal d'arribar a decisions que intenten solucionar-los.*
- d) Què es pot fer per a portar a la pràctica aquestes decisions?*

Per a realitzar aquesta activitat (Solbes, 2002; Solbes i Vilches, 2004), cal començar no solament amb l'avaluació d'impactes per a la salut i ambientals (com proposa la tradicional avaluació de riscos, objecte ja d'assignatures universitàries), sinó també amb l'avaluació dels socials, polítics, econòmics, culturals, etc., dels desenvolupaments científics i tecnològics. A continuació, tractarem de posar de manifest els *actors socials* implicats (Estat, transnacionals, científics, empresaris, etc.), així com els interessos i valors subjacents en les opcions i decisions sobre ciència i tecnologia, ocults per l'aparent neutralitat de la ciència i tecnologia. Una proposta molt interessant per a la realització del debat és que els estudiants assumeixin determinats rols (empresari de telefonia mòbil, d'antenes, científic, ecologista, alcalde, etc.).

A València, s'han realitzat durant els darrers anys molts debats (Solbes i altres, 2010), per exemple, sobre les antenes de telefonia mòbil, sobre la situació de les aigües del Túria a Manises, les màquines tèrmiques i el canvi climàtic, la contaminació acústica, etc., alguns dels quals fins i tot han conduït a decisions pràctiques, com cartes a l'Ajuntament sobre el riu Túria o la denúncia de l'AMPA de l'Institut de Manises davant els tribunals contra l'Ajuntament d'aquesta ciutat, per autoritzar antenes a menys de 100 m del centre escolar.

Però, com es poden avaluar els debats i la qualitat de les argumentacions emprades en aquests? Açò ens porta a considerar la necessitat de l'argumentació, ja que aquests temes CTS requereixen dels ciutadans l'anàlisi de diversos arguments i la presa de decisions en funció de la racionalitat de les diverses opcions que es plantegen. A més, el desenvolupament de capacitats argumentatives és encara més necessari en el cas que hi haja postures controvertides sobre un tema que impliquen valoracions ètiques diferents (Solbes, 1999), és a dir, en el cas de temes molt debatuts en la societat actual.

A.20. Es poden realitzar també debats sobre altres desenvolupaments (la contaminació acústica, les centrals nuclears, etc.)?

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- AADD (1995). “La educación ciencia-tecnología-sociedad”, *Alambique*, núm. 3.
- AADD (1996). “Naturaleza e historia de la ciencia”, *Alambique*, núm. 8.
- BOWLER, P. J. i MORUS, I. R. (2005). *Panorama general de la ciencia moderna*, Barcelona, Crítica.
- BSCS i AMA (American Medical Association) (1994). *Genoma Humano. Ciencia, Ética y Política Pública*, Edicions Alfons el Magnànim, València.
- BURTON i altres (1995), *Salter's Advanced Chemistry*, Londres, Heineman (n'hi ha unitats traduïdes a SPUPV).
- CALATAYUD, M. L. i altres (1995-98), *Proyecto Galaxia de Física y Química*, Barcelona, Octaedro.
- CASTILLEJOS (coord.) (2006). *Conocimientos fundamentales de Química*, Mèxic, Pearson.
- DOMÍNGUEZ-SALES, C. i GUIASOLA, J. (2010). “Diseño de visitas guiadas para manipular y pensar sobre la ciencia del mundo clásico grecolatino. El taller ‘Logos et Physis’ de Sagunto”, *Revista Eureka de Enseñanza y divulgación de la Ciencia*, núm. 7 (2), pàgs. 473-491, <<http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/9/5>>.
- HEWITT, P. (2004). *Física conceptual*, Mèxic, Pearson (9a ed.)
- HODSON, D. (1994). “Seeking Directions for Change. The Personalisation and Politisation of Science Education”, *Curriculum Studies*, núm. 2 (1), pàgs. 71-98.
- HOLTON, G. (2004). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Barcelona, Reverté.
- <http://culturaclasica.net>
- IZQUIERDO, M.; VALLVERDU, J.; QUINTANILLA, M. i MERINO, C. (2006). “Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II”, *Alambique*, núm. 48, pàgs. 78-91.
- KRAGH, H. (2007). *Generaciones cuánticas*, Madrid, Akal.
- MATTHEWS, M. R. (1991). “Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las Ciencias”, *Comunicación, Lenguaje y Educación*, núms. 11-12, pàgs. 141-155.
- MASON, S. F. (1991). *Historia de las ciencias*, Madrid, Alianza (5 vols.).

- MUNFORD, L. (1992). *Técnica y Civilización*, Madrid, Alianza.
- PIMENTEL, G. (1995). *Oportunidades en la Química*, Mèxic, McGraw-Hill.
- SANCHEZ RON, J. M. (2006). *El poder de la ciencia*, Madrid, Crítica.
- SAHUQUILLO, E.; JIMÉNEZ, M. P.; DOMINGO, F. i ALVAREZ, M. (1993). “Un currículum de ciencias equilibrado desde la perspectiva de género”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 11 (1), pàgs. 51-59.
- SOLBES, J. (2002). *Les emprems de la ciència*, Alzira, Germania.
- SOLBES, J.; RUIZ, J. J. i FURIÓ, C. (2010). “Debates y argumentación en las clases de física y química”, *Alambique*, núm. 63, pàgs. 65-76.
- SOLBES, J. i TRAVER, M. (1996). “La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química”, *Enseñanza de las ciencias*, núm. 14 (1), pàgs. 103-112.
- SOLBES, J. i TRAVER, M. (2003). “Against negative image of science: history of science in the physics & chemistry education”, *Science & Education*, núm. 12, pàgs. 703-717.
- SOLBES, J. i VILCHES, A. (1989). “Interacciones ciencia-técnica-sociedad: un instrumento de cambio actitudinal”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 7 (1), pàgs. 14-20.
- SOLBES, J. i VILCHES, A. (1997). “STS interactions and the teaching of physics and chemistry”, *Science Education*, núm. 81 (4), pàgs. 377-386.
- VILCHES, A. i GIL, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*, Madrid, Cambridge University Press.
- ZIMAN, J. (1986). *Introducción al estudio de las ciencias*, Barcelona, Ariel.

Capítol 6.

L'APRENTATGE DELS CONCEPTES CIENTÍFICS

L'ensenyament dels coneixements teòrics no és un problema que haja preocupat tradicionalment el professorat de ciències. Tal vegada perquè sembla que l'alumnat té molta menys dificultat en respondre les preguntes teòriques que en altres aspectes, com resoldre problemes o les pràctiques de laboratori. Però en molts casos aquesta comprensió és més aparent que real, malgrat que no és fàcil veure-ho: Pot parlar-se de verdadera comprensió quan l'alumnat no és capaç d'aplicar aquests coneixements per resoldre problemes senzills en contextos lleugerament diferents d'allò que s'ha vist a classe?

Els professorat amb experiència sap que, en ocasions, l'alumnat dona respostes "curioses" a determinades qüestions, que mostren no sols una manca d'informació, sinó més bé una mala interpretació de conceptes clau. L'estudi d'aquestes respostes donà lloc a una de les línies més importants en didàctica de les ciències, la de l'estudi de les anomenades concepcions alternatives de l'alumnat. La publicació d'alguns treballs en aquest camp va posar en qüestió l'efectivitat de l'ensenyament usual allí on els resultats d'aquest semblaven més positius: un gran percentatge d'estudiants no havien aconseguit comprendre els conceptes científics més bàsics, malgrat la insistència i repetició amb què havien sigut ensenyats. Aquests errors foren anomenats inicialment errors conceptuals i originaren gran part de la investigació didàctica de la dècada del 1980, que intentava comprendre'n les causes i desenvolupar noves propostes d'ensenyament per a superar-los.

Per a conèixer millor aquests errors, les causes que els provoquen i algunes idees per a prevenir-los o combatre'ls, desenvoluparem aquest capítol amb el següent fil conductor:

1. Els inesperats conceptes alternatius.
2. Possibles causes dels conceptes previs.
 - 2.1. Instruments per a la detecció d'idees alternatives.
3. Propostes alternatives per a la introducció dels conceptes científics.
4. La transformació de l'aprenentatge de conceptes.

- 4.1. Aprenentatge com a canvi conceptual, metodològic i axiològic.
- 4.2. Ensenyament-aprenentatge com a investigació.
5. Els conceptes en l'ensenyament de les ciències en secundària.
6. El programa d'activitats.

1. ELS INESPERATS CONCEPTES ALTERNATIUS


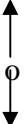

Una investigació pionera en el desenvolupament d'aquests temes van ser les tesis doctorals de Laurence Viennot i Rosalind Driver. A partir d'aquests treball i d'uns altres posteriors es comprovà que els errors conceptuals (respostes incorrectes en situacions en què s'han d'utilitzar uns conceptes determinats) no són simples oblitats o equivocacions momentànies, sinó que es mostren com idees segures i arrelades, són similars per a alumnes de països diferents i presenten una notable resistència a ser substituïts pels coneixements científics.

A.1. Analitzeu les qüestions proposades i doneu-hi resposta.

A continuació, es proposen un seguit de qüestions relacionades amb alguns aspectes bàsics de diversos camps de la ciència. Contesteu de manera individual i anònima, i marqueu amb una creu la proposició que sembla més correcta en cadascuna de les qüestions següents:

1. L'estudi de la respiració dels éssers vius ens mostra que:
 - a) Les plantes verdes i els animals sempre respiren consumint oxigen i desprenent diòxid de carboni, tant de dia com de nit.
 - b) Les plantes verdes només respiren de nit.
 - c) Les plantes verdes durant el dia respiren a l'inrevés que els animals, ja que prenen diòxid de carboni i desprenen oxigen.
2. Suposem que tota l'atmosfera que envolta la Terra desapareguera totalment i que el planeta quedara envoltat pel buit. En aquestes condicions podria afirmar-se que el pes dels cossos:
 - a) disminuiria; b) es faria 0; c) augmentaria; d) no canviaria

3. En llançar una pedra verticalment cap amunt assoleix una altura de 6 m sobre el sòl. Si considerem nul el fregament amb l'aire, quina altura aconseguirà una altra pedra, amb la meitat de massa que la primera, llançada a la mateixa velocitat?
- a) 3m b) 6m c) 12m
4. Experimentalment es comprova que, en escalfar molt el ferro, es posa roent i, finalment, es fon. Aquest fenomen es produeix perquè:
- a) Els àtoms de ferro s'allunyen els uns dels altres, s'afebleixen els enllaços que els uneixen i es trenquen molts d'ells.
- b) Els àtoms de ferro, inicialment durs, es fan cada vegada més molls a mesura que augmenta la temperatura.
5. Dins d'una esfera tancada i transparent hi ha un tros de paper. Mitjançant una lupa l'encenem fins que es crema totalment. Si pesem tot el conjunt abans i després de la combustió, resultarà que:
- a) El pes serà igual abans que després de la combustió.
- b) El pes després de la combustió serà menor que abans.
- c) El pes després de la combustió serà major que abans.
6. Una de les propietats més conegudes de l'aire és la gran capacitat de comprimir-se. Podem comprovar fàcilment aquesta propietat si utilitzem una xeringa amb aire a la qual tapem l'eixida mentre pressionem per l'altre extrem. Açò s'interpreta correctament si diem que:
- a) L'aire és com una esponja (tot continu) que, en pressionar, es comprimeix.
- b) Entre les partícules hi ha espais buits o forats que, en pressionar, es redueixen.
- c) En pressionar, les partícules mateixes es comprimeixen i se'n redueix la grandària.
7. És conegut que els ratolins es reproduïxen molt ràpidament. Si es realitzara un experiment que consistira a tallar la cua a uns ratolins i a tots els descendents poc després de nàixer perquè mai pogueren utilitzar aquest òrgan, al cap de moltes generacions s'observaria que a causa d'aquest fet:
- a) De sobte començarien a nàixer ratolins sense cua.
- b) La cua dels ratolins seria més curta que la dels avantpassats.
- c) La grandària de la cua no hauria disminuït respecte als avantpassats.

8. Si en un instant la velocitat d'un cos és nul·la, la força resultant sobre aquest en el mateix instant també ho serà:
a) cert; b) fals; c) no ho sé
9. Entre els elements següents, subratlleu únicament aquells que, en la vostra opinió, siguin metalls: clor, plata, coure, mercuri, calci, sodi, or, potassi, ferro.
10. Es llança des del sòl una pedra verticalment cap amunt. Si considerem nul el fregament amb l'aire, assenyalau amb una creu quin dels esquemes següents representa correctament les forces que actuen sobre la pedra que puja, poc abans que aconseguisca l'altura màxima.
- a) 
- b) 
- c) 
11. En química s'utilitzen, sovint, expressions com *element*, *barreja* i *compost*. Podem afirmar, per exemple, que segons el llenguatge químic (assenyalau V de vertader, o F de fals a l'esquerra de cada proposició):
- a) L'alcohol pur és un element.
b) L'aigua és una barreja d'hidrogen i oxigen.
c) L'aire és un compost.

És convenient que plantegem als futurs professors algunes qüestions que permeten traure a la llum l'existència d'errors conceptuals, per a després analitzar-ne els resultats obtinguts i poder assenyalar les característiques comunes que poden tenir les respostes errònies, i mostrar així la importància del problema i la necessitat d'abordar-lo amb profunditat.

Des de mitjan dècada del 1970, la detecció de conceptes alternatius rellevants ha donat lloc a una abundant literatura (es podent robar àmplies seleccions bibliogràfiques en Carrascosa, 1985 o més recents en Duit, 2004). Tots els camps de les ciències han sigut analitzats. Fins i tot s'han escrit llibres monogràfics sobre les idees prèvies de l'alumnat com els de Driver, Guesne i Tiberghien (1999), i Hierrezuelo i Montero (1991). En

aquests treballs es troben nombrosos exemples que poden ser utilitzats en aquesta activitat.

No s'ha de menysprear l'aportació que han suposat les investigacions descriptives, que han posat a punt diferents tècniques de detecció i han mostrat l'extensió i gravetat del problema. Però tota aquesta investigació no s'ha limitat, és clar, a descriure els errors més freqüents: com veurem més endavant, ha anat acompanyada d'un qüestionament de l'ensenyament habitual en profunditat. Al nostre país, nombroses tesis doctorals han realitzat aportacions rellevants a aquest camp, que és, possiblement, el més desenvolupat de la investigació didàctica entre nosaltres.

No és d'estranyar, per tant, que l'estudi d'allò que es va anomenar errors conceptuals es convertira ràpidament en una potent línia d'investigació i que el professorat concedira a aquests estudis una particular atenció, com si connectara amb alguna cosa que en certa manera s'hi haguera ja intuït més o menys confusament a través de la pràctica docent.

Una vegada posada en evidència l'extensió i gravetat dels errors conceptuals, es tracta de comprendre'n les causes i de dissenyar estratègies d'ensenyament que permeten eixir al pas d'uns resultats tan negatius (Gil i altres, 1991).

2. POSIBLES CAUSES DELS CONCEPTES PREVIS

A.2. Indiqueu, a títol d'hipòtesi, quines podrien ser les causes fonamentals que expliquen l'abundància i la persistència dels conceptes previs o alternatius en l'aprenentatge de les ciències.

Els intents d'explicació de l'abundància i persistència d'errors conceptuals en nombrosos dominis de les ciències han apuntat bàsicament a dues causes, relacionades, a més, entre elles: D'una banda, s'ha barrejat la hipòtesi —amb uns matisos o uns altres— que aquests “errors” constitueixen més aviat idees espontànies o *preconcepcions*, que l'alumnat ja posseïa prèviament a l'aprenentatge escolar. En segon lloc, l'atenció s'ha dirigit cap al tipus d'ensenyament habitual, i s'ha posat en dubte que la transmissió de coneixements elaborats en faça possible una recepció significativa, és a dir, que faça possible que l'alumnat passe a tenir les idees que li han transmès. Nosaltres donarem alguns detalls dels estudis realitzats en ambdós camps.

Les investigacions sobre errors conceptuals van conduir molt ràpidament a diversos autors a verificar la hipòtesi relativament plausible de l'existència en l'alumnat d'idees sobre temes científics prèvies a l'aprenentatge escolar i que van ser designades *teories ingènues, ciència dels xiquets, esquemes conceptuals alternatius, representacions, etc.*, fins que s'ha arribat al consens d'idees alternatives (Furió i altres, 2006).

Convé assenyalar que, malgrat que l'interès per les preconcepcions és recent, hi ha precedents com el de Vigotsky, que, amb una antelació notable, van cridar l'atenció sobre la "prehistòria de l'aprenentatge" o Bachelard, que ja va fer notar que, sovint, "es coneix contra un coneixement anterior". Tampoc es poden oblidar els treballs de Piaget, que plantegen un rastrejament de l'origen psicològic de les nocions fins als estadis precientífics, o d'Ausubel, que, fins i tot, arribà a afirmar: "si jo haguera de reduir tota la psicologia educativa a només un principi, enunciaria aquest: esbrineu el que l'alumne ja sap i ensenyeu en conseqüència".

La majoria dels estudis, realitzats en camps molt diversos, encara que molt particularment en mecànica, coincideixen bàsicament en la caracterització d'aquests coneixements previs:

- semblen dotats d'una certa coherència interna (d'ací que autors com Driver parlen "d'esquemes conceptuals" i no de simples preconcepcions aïllades),
- són comuns a estudiants de mitjans i edats diferents,
- presenten una certa similitud amb concepcions que van estar vigents al llarg de la història del pensament i
- són persistents, és a dir, no es modifiquen fàcilment mitjançant l'ensenyament habitual, fins i tot reiterat.

A.3. Quin pot ser l'origen de les concepcions alternatives de l'alumnat sobre qüestions relacionades amb la ciència?

Es pot avançar la hipòtesi que no són fruit de l'experiència, sinó idees innates (el que n'explicaria la persistència i la semblança amb les concepcions històriques). Aquesta hipòtesi, no obstant açò, no té en compte que les idees intuïtives del nostre alumnat no són fàcilment adquirides; per contra, són el resultat d'un llarg procés basat en experiències quotidianes en un cert mitjà cultural. De fet, els alumnes molt joves o les cultures molt primitives no tenen la relativa coherència dels esquemes conceptuals alternatius dels adolescents o de la física preclàssica. D'altra banda, el punt de vista innatista no dóna cap explicació sobre com el paradigma aristotèlic va ser històricament

substituït, ni de què pot fer-se per a ajudar l'alumnat a adquirir conceptes científics que s'oposen a les idees innates.

Alguns autors, no obstant açò, han defensat interpretacions diferents. Convé detenir-se a estudiar-ne els arguments —compartits intuïtivament per part del professorat— i aprofundir així en l'origen d'aquestes preconcepcions per a fonamentar-ne un possible tractament que facilite la comprensió dels coneixements científics per l'alumnat i que evite els “errors conceptuals”. Les preconcepcions o idees alternatives s'originen en (Furió i altres, 2006):

- *el procés d'inducció*, intuïció i imaginació que l'alumne realitza, des de la infància, per a intentar explicar i predir el que ocorre al voltant, és a dir, els fenòmens del seu entorn natural i tècnic. Així, les seues experiències quotidianes reforcen constantment la idea que els cossos més pesats cauen més de pressa, o que cal aplicar una força perquè un cos es moga, etc.);
- *el llenguatge ordinari*, que constitueix la cristallització d'un coneixement precientífic, en el qual *calor* i *fred* apareixen com a substàncies o la paraula *animal* constitueix un insult o en el qual trobem l'ús de termes científics amb significats diferents i ambigus (per exemple *força*, *treball*, *energia*, etc.)
- *les formes de raonament* espontànies de l'alumnat, com la causalitat lineal, el raonament analògic, seqüencial, etc.;
- els errors introduïts explícitament pels textos, pel professorat, etc.

Aquests preconceptes, capaços de coexistir amb coneixements que els contradueixen, actuen com a vertaders obstacles, impedeixen la comprensió de conceptes nous transmesos pel professorat i produeixen errors conceptuals.

Els resultats concordants de nombroses investigacions permeten afirmar l'existència d'esquemes conceptuals espontanis. Aquests esquemes tindrien en certa manera la categoria de coneixements precientífics, fruit d'una epistemologia del sentit comú, pròxima a la que explica la constitució de la física aristotelicoescolàstica, vigent durant més de 20 segles i el desplaçament de la qual per la física clàssica no fou precisament fàcil. Tenim ací un primer element explicatiu de la persistència de les preconcepcions.

Però únicament l'existència de preconcepcions no pot justificar els resultats tan negatius obtinguts per l'ensenyament habitual en la comprensió dels coneixements científics per l'alumnat. Bachelard hi havia assenyalat ja que: “M'ha sorprès sempre que els professors de ciències, en major mesura, si cap, que els altres, no compreguen que no es compregua (...). No han reflexionat sobre el fet que l'adolescent arriba a la classe de

Física amb coneixements empírics ja constituïts: es tracta, per tant, no d'adquirir una cultura experimental, sinó més aviat de canviar de cultura experimental, de derrocar els obstacles ja acumulats per la vida quotidiana” No seria, segons açò, l'existència de preconcepcions per ella mateixa el que explicaria els mediocres resultats obtinguts en l'aprenentatge de conceptes, sinó la “falta de comprensió” del professorat assenyalada per Bachelard, és a dir, l'ensenyament mateix.

Convé detenir-se, per tant, a analitzar la possible inadequació d'aquest ensenyament per a facilitar l'adquisició dels coneixements científics.

A.4. Analitzeu críticament l'ensenyament habitual dels conceptes en secundària amb la finalitat d'aprofundir en la comprensió de la seua ineficàcia per a desplaçar les concepcions precientífiques pels coneixements científics.

Per a efectuar aquesta activitat caldrà analitzar textos extrets de llibres de ciències de secundària. En ells, es fàcil apreciar que preval la idea que és suficient transmetre els coneixements científics de manera clara i ordenada per aconseguir que l'alumnat els comprenga. També es comprova que no s'hi tenen en compte les preconcepcions de l'alumnat. És particularment significatiu el text sobre l'energia, en el qual, en pretendre introduir en dues pàgines escasses conceptes complexos, fins i tot a nivell qualitatiu, com treball o energia i les seues formes, s'incorre en tots els errors típics, amb la qual cosa els ensenya i transmet a l'alumnat. Quasi no hi ha cap activitat i les que s'ofereixen són molt directives. Açò resulta preocupant. No solament és que no es tenen en compte aportacions de la investigació recent en didàctica de les ciències, sinó que tampoc es fa cas a decrets de currículum, en els quals sí que es tingueren en compte. Aquests, ja al principi de la dècada del 1990, plantejaven en les orientacions que és necessari partir dels coneixements previs, és a dir, tenir en compte que l'alumnat ja sap coses. Açò és una prova més de les grans inèrcies de l'ensenyament de les ciències: malgrat la reforma, amb tots els esforços que va comportar d'innovació curricular i formació del professorat, aquests acaben ensenyant el mateix i de la mateixa manera.

Tampoc es tracta únicament dels textos escolars, sinó que la societat mateixa ofereix una gran quantitat d'errors conceptuals en pel·lícules, còmics, anuncis, diaris i revistes,...

A.5. Reflexioneu sobre la possible influència dels mitjans de comunicació social en algunes concepcions alternatives, i citeu-ne, si és possible, alguns exemples rellevants.

- En *La guerra de les galàxies* se sent el soroll dels canons a l'espai.
- En la MIR, a 400 km de la terra, el locutor diu: "...en absència de gravetat...".
- La paraula *treball* és anterior al concepte científic de treball. L'alumnat el pot entendre com fatiga, treball intel·lectual,... En el llenguatge ordinari, treball i esforç són sinònims, per tant, no consideren que hi ha treball si no es produeix esforç.
- La paraula *pur*, pot significar un cigar, una persona casta, una cosa sense contaminants,... quin significat li donem en afegir-la al concepte *substància*?
- Tradicions:
 - Traure els rams de flors per la nit en les habitacions de malalts.
 - La creença generalitzada que de la brutícia naixen animals...

Però no solament al nostre país, sinó també a nivell internacional, es va produir una sorpresa general en analitzar els primers resultats sobre "errors conceptuals". Açò ja és un clar índex que les estratègies d'ensenyament no tenien en compte les concepcions inicials de l'alumnat. Aquesta absència d'atenció a allò que l'alumnat puga pensar, als obstacles que les preconcepcions puguen representar, resulta molt evident en els llibres de text, com han mostrat diversos anàlisis. Pot dir-se, en efecte, que en la gran majoria dels textos:

- no s'inclouen activitats que permeten posar de manifest (directament o indirecta) les possibles concepcions alternatives de l'alumnat en referència als temes estudiats;
- no s'inclouen activitats ni es fan referències que porten a analitzar críticament el que diu el sentit comú o l'experiència quotidiana sobre els conceptes implicats;
- no s'inclouen observacions que criden l'atenció sobre les idees que històricament han suposat una barrera a la construcció dels coneixements (i que podrien constituir també una barrera per a l'aprenentatge de l'alumnat) en el domini considerat;
- no s'inclouen activitats per a veure en quina mesura s'ha aconseguit la comprensió real dels conceptes introduïts, en quina mesura les concepcions precientífiques han sigut superades.

S'han fet també anàlisis dels errors conceptuals continguts en aquests textos (Carrascosa, 1985), que van des de títols com "Les forces com a causa del moviment" a explicacions del moviment circular uniforme del tipus "Pel principi d'acció i reacció, la força centrípeta en crea en el cos una altra igual i oposada denominada centrífuga". Però més greu que aquesta transmissió directa de concepcions incorrectes —que té, sobretot, un valor de símptoma— és la visió que es transmet del treball científic: els conceptes

són introduïts de manera aproblemàtica, és a dir, sense fer referència als problemes que en conduïren a la construcció ni detenir-se en els conflictes d'idees que el tractament d'aquests problemes generà. No solament s'ignora així que l'alumne no és una taula rasa, sinó que es trivialitza el canvi d'idees que la construcció dels coneixements científics suposa, i s'arriba fins i tot a presentar-los com una expressió del sentit comú, quan constitueixen precisament la ruptura amb les "evidències" del sentit comú.

2.1. Instruments per a la detecció d'idees alternatives

Hi ha diverses tècniques per a identificar i aclarir les concepcions alternatives que l'alumnat pot posseir en els diversos camps de les ciències. A continuació, n'analitzarem breument algunes.

A.6. Descriu alguns mètodes que es puguin utilitzar per a la detecció i estudi de possibles concepcions alternatives.

Qüestionaris:

- S'utilitzen quan ja hi ha idea que hi ha determinats errors conceptuals.
- Cal tenir precaucions en el disseny, perquè són complicats de fer i cal fer-ne proves pilot.
- Convé elaborar-los entre diverses persones.
- Hi ha d'haver una opció que siga "no ho sé" per tal d'evitar respostes aleatòries. També es pot preguntar si estan molt segurs o poc, d'allò que responen.
- Cal incloure un apartat en què s'incite l'alumne a explicar per què ha escollit una determinada opció.
- Els resultats són fàcils d'obtenir i quantificar, però si no està ben dissenyat, no diu res.
- Cal tenir cura d'allò que es diu com a introducció a les qüestions, com s'orienten les preguntes, per tal d'evitar esbiaixar-les,...
- Es poden passar abans i després de donar el tema i que se l'autocorregisquen. Veure els progressos anima a seguir estudiant.
- És interessant passar-lo temps després de donar el tema, per tal de constatar si s'aprengueren bé els conceptes, si s'han oblidat, si es mantenen les idees errònies,...

Discussions: Serveixen de motivació perquè deixar que l'alumnat expresse opinions en millora l'actitud. Algunes maneres d'originar discussions a classe podrien ser les següents:

- Proposar activitats en què l'alumnat pugui discutir i donar respostes acceptables.
- Iniciar un tema i discutir-lo a classe.
- Discutir el tema en grups d'alumnes (4-6 persones).
- Demanar una redacció extensa del tema en qüestió.
- Redactar un text i demanar que el comenten.
- Comentaris escrits del problema. No la mera aplicació de fórmules, sinó l'explicació del que fan i per què ho fan.
- Activitats de conflicte cognitiu.

Mapes conceptuals: conceptes tancats en quadres i units per fletxes amb paraules que indiquen el tipus de connexió que hi ha entre ells. Malgrat que el propòsit fonamental no és detectar idees alternatives, poden servir per a fer-ho.

Preguntes obertes: S'utilitzen quan no se sap quins són els errors conceptuals. Si es coneixen, dona millors resultats el qüestionari.

Entrevistes: Són més costoses, perquè no es poden entrevistar 40 persones cada hora, però permeten un control molt superior de les variables. El problema és que els resultats no són tan generalitzables.

Es poden gravar en audio o vídeo i fer preguntes obertes, ensenyar còmics, dibuixos,... i analitzar el que contesten.

Solen utilitzar-se quan no se sap ben bé el que s'està buscant. Es poden oferir vinyetes i anar preguntant: Què passa ací? I ací?... Per què has contestat açò?...

Fragments de pel·lícules de ciència-ficció, dibuixos animats, còmics,...

En definitiva, són molts i molt variats els mètodes que es poden utilitzar i l'experiència a classe ajudarà a determinar quin és el més adient en cada cas. Sols cal que el professor siga conscient del problema i deixi parlar l'alumnat.

A.7. Dissenyeu algunes qüestions que puguin servir per a posar de manifest l'existència de concepcions alternatives en una àrea determinada.

3. PROPOSTES ALTERNATIVES PER A LA INTRODUCCIÓ DELS CONCEPTES CIENTÍFICS

A.8. Alguns professors no tenen en compte a les seues classes la possible existència de concepcions alternatives entre l'alumnat, malgrat tenir una sòlida formació científica. Com expliqueu aquest fet?

En primer lloc, hem d'assenyalar que tenir una "sòlida formació científica" no implica que també es tinga la formació didàctica corresponent. Per desgràcia, gran part del professorat desconeix l'existència d'aquestes idees alternatives. A més, pensen que l'alumnat no té coneixements previs de física i que l'única cosa que cal fer és explicar clarament els continguts adequats a cada edat i nivell.

D'altra banda, també hi ha el problema de la manca de coneixements d'història de la ciència. Un gran nombre dels errors conceptuals i les preconcepcions de l'alumnat són similars a alguns dels que s'han donat al llarg de la història de la ciència, com per exemple, en moviment, dinàmica, calor, herència biològica, etc. Un professor que conega aquests problemes serà molt més receptiu i entendreà millor les dificultats de l'alumnat per a entendre la constància de la massa en moltes reaccions,... Al mateix temps, conèixer com es resolgueren aquests problemes ajudarà a trobar estratègies per a la modificar-los.

El principal interès de les investigacions sobre esquemes conceptuals alternatius de l'alumnat no resideix, per descomptat, en el coneixement detallat de quins en són els preconceptes en cada camp, tot i que aquest coneixement aparega avui com a imprescindible per a un correcte plantejament de les situacions d'aprenentatge. La fecunditat d'aquesta línia d'investigació està associada, sobretot, a l'elaboració d'un nou model d'aprenentatge de les ciències.

A.9. Quines estratègies per a l'ensenyament i aprenentatge de les ciències podrien derivar-se dels estudis sobre preconcepcions?

La necessitat d'estratègies d'aprenentatge noves que feren possible el desplaçament de les concepcions espontànies pels coneixements científics ha donat lloc a propostes que —al marge d'algunes diferències, particularment terminològiques— coincideixen bàsicament a concebre l'aprenentatge de les ciències com una construcció de coneixements, que parteix necessàriament d'un coneixement previ. Es pot parlar així de l'emergència d'un model constructivista d'aprenentatge de les ciències (Novak, 1988) que integra les investigacions recents sobre didàctica de les ciències (Gil i altres, 1991; Resnick, 1983; Driver, 1986 i 1988,...) amb moltes altres contribucions precedents (Bachelard, Kelly, Piaget, Vigotsky,...).

Segons aquest nou model, perquè es produísca un *aprenentatge significatiu* de la física i química (i de qualsevol ciència), en lloc d'un aprenentatge purament memorístic és necessari que hi haja una interacció entre l'estructura conceptual prèvia i la informació nova que pot —o no— produir-hi canvis. Aquesta situació és comparable, en certa manera, amb els canvis de paradigma en les ciències assenyalats per Kuhn, atès que com Hewson (1981) assenyala: “*L'aprenentatge de la ciència és complex, l'alumne ha d'adquirir informació nova, reorganitzar el coneixement que hi ha i fins i tot abandonar idees profundament assumides (...). L'analogia entre l'aprenentatge individual i el canvi conceptual en les disciplines científiques ha sigut fructífera i ha propiciat un marc adequat per a l'anàlisi de l'aprenentatge de les ciències*”.

Descriurem a continuació, breument, les diferents possibilitats d'interacció conceptual que involucra l'aprenentatge de la ciència, segons el model PHGS (Posner, Hewson i altres, 1982), amb les quals coincideixen altres autors:

- *L'assimilació*, que té lloc quan les idees prèvies permeten tractar la informació nova, la qual queda, per tant, incorporada (assimilada) a l'esquema conceptual.
- *L'acomodació*, que és el canvi que es produeix quan els conceptes previs són inadequats per a tractar la informació nova. Açò produeix una insatisfacció que es tradueix en una reestructuració o reorganització dels conceptes previs, o bé en una substitució dels conceptes que hi ha per uns altres de nous.

Segons aquest model, perquè es produísca la reorganització conceptual i, sobretot, la substitució de conceptes previs per uns altres de nous, és a dir, perquè es produísca el *canvi conceptual*, és necessari que:

- Hi haja insatisfacció amb les idees prèvies, per a la qual cosa el professorat ha de presentar un nombre suficient d'anomalies o problemes que l'esquema no puga resoldre.

- Les idees noves siguen intel·ligibles (l'alumne ha de comprendre el que signifiquen), plausibles (reconciliables amb els fenòmens coneguts) i fructíferes (capaces d'explicar les anomalies oposades, ampliar el camp de coneixements i obrir camps d'investigació nous).

Els diversos models d'ensenyament proposats tenen com a objectiu explícit provocar canvis conceptuals. Així, per a Rosalind Driver (1986) la seqüència d'activitats inclouria:

- Identificar i aclarir les idees que l'alumnat ja té.
- Posar en qüestió les idees de l'alumnat a través de l'ús de contraexemples.
- Introduir conceptes nous mitjançant pluges d'idees de l'alumnat, presentació del professorat o materials d'instrucció.
- Proporcionar a l'alumnat oportunitats noves per a usar les idees noves i fer que hi adquirisquen confiança.

Una de les revistes científiques més importants, *Science*, es va fer ressò d'aquest concepte en publicar el treball de Resnick (1983), que resumeix així les principals característiques de la visió constructivista:

- Aquells que aprenen construeixen activament significats. No reproduïxen simplement el que lligem o se'ls ensenya.
- Comprendre alguna cosa suposa establir relacions. Els fragments de coneixement aïllats són oblidats.
- Tot aprenentatge depèn de coneixements previs.

4. LA TRANSFORMACIÓ DE L'APRENTATGE DE CONCEPTES

Les investigacions sobre preconcepcions van conduir a concebre l'aprenentatge com un canvi conceptual a partir de les concepcions que ja hi havia. Els resultats experimentals suggereixen que aquestes estratègies d'ensenyament basades en el model de canvi conceptual afavoreixen l'adquisició de coneixements científics més eficaçment que l'estratègia habitual de transmissió/recepció. De fet, l'atenció a les idees prèvies de l'alumnat i l'orientació de l'ensenyament que tendeix a fer possible el canvi conceptual apareixen avui com adquisicions rellevants de la didàctica de les ciències, alhora

teòricament fonamentades per evidència experimental i amb el suport d'aquesta. Malgrat açò, alguns autors han constatat que certes concepcions alternatives són resistents a la instrucció, fins i tot quan aquesta està orientada explícitament a produir el canvi conceptual.

Les estratègies de canvi conceptual proposen començar l'estudi d'un tema traient a la llum les preconcepcions que l'alumnat té en aquest camp per a, a continuació, posar-les en qüestió, a través de l'ús de contraexemples, i provocar així conflictes cognitius que preparen per a acceptar les idees científiques correctes.

A.10. Assenyaleu possibles inconvenients d'aquestes estratègies per a explicar per què els seus resultats no són suficientment positius i suggeriu-ne modificacions possibles.

Es pot realitzar una crítica de les estratègies d'ensenyament de canvi conceptual descrites, en un doble aspecte: d'una banda, sembla que posen l'èmfasi exclusivament en la modificació de les idees. I encara que és cert que el canvi conceptual té exigències epistemològiques i no ha de ser considerat un simple canvi del contingut de les concepcions, en la nostra opinió és necessària més insistència en què el canvi conceptual comporta un canvi metodològic. En conseqüència, les estratègies d'ensenyament han d'incloure explícitament activitats que associen el canvi conceptual amb la pràctica d'aspectes clau de la metodologia científica, com va ocórrer històricament (Gil i Carrascosa, 1985). Pensem, al respecte, que un dels defectes de l'ensenyament de les ciències repetidament denunciats ha sigut estar centrada quasi exclusivament en els coneixements declaratius (en els “què”) i oblidar els procedimentals (els “com”). Així, no pot esperar-se que siga suficient parlar de canvi conceptual perquè es tinguin en compte les exigències metodològiques i epistemològiques que açò comporta. Per contra, cal témer que sense una insistència molt explícita i fonamentada, les activitats creatives del treball científic —la invenció d'hipòtesis, l'elaboració de dissenys experimentals, etc.— continuen pràcticament absents de les classes de ciències, com hem pogut constatar en els materials analitzats. No obstant açò, les estratègies d'ensenyament al fet que ens hem referit en l'apartat anterior no semblen incloure aquesta aproximació de l'activitat de l'alumnat a allò que constitueix la investigació científica.

Encara és possible fer una altra crítica més fonamental, si cap, a aquestes estratègies d'ensenyament: la seqüència que proposen consisteix, com es recordarà, a traure a la llum les idees de l'alumnat i a afavorir-ne la formulació i consolidació, per a després

crear conflictes que les posen en qüestió i introduir a continuació les concepcions científiques amb més potència explicativa, que feren possible, històricament, el canvi conceptual. És cert que aquesta estratègia pot, puntualment, donar resultats molt positius perquè crida l'atenció sobre el pes de determinades idees de sentit comú, assumides acríticament com a evidències; però també és cert que es tracta d'una estratègia "perversa". En efecte, quin sentit té fer que l'alumnat expliciti i afirmi les seues idees per a seguidament qüestionar-les?, com es pot no veure en aquesta actuació un artifici que ens allunya de l'essència de la construcció de coneixements? Aquesta construcció no es planteja mai per a qüestionar idees o provocar canvis conceptuals, sinó com un resultat de les investigacions realitzades per a resoldre problemes d'interès; problemes que s'aborden, com és lògic, a partir dels coneixements que es tenen i d'idees noves que es construeixen a títol temptatiu. En aquest procés, les concepcions inicials podran experimentar canvis i, fins i tot, encara que més rarament, ser qüestionades radicalment, però aquest no serà mai l'objectiu, sinó, repetim, la resolució dels problemes plantejats.

En resum, és cert que aquestes estratègies poden, puntualment, donar resultats positius en cridar l'atenció sobre preconcepcions assumides acríticament com a evidències; però també és cert que practicades de manera reiterada (en quasi tots els temes) es tracta d'una estratègia "perversa" perquè afavoreix la formulació i consolidació de les idees prèvies, per a seguidament qüestionar-les, amb el que es pot provocar a la llarga la inhibició de l'alumnat. A més, allunya la situació d'aprenentatge del que constitueix la base de la construcció dels coneixements científics, que és la resolució dels problemes plantejats per la ciència, la tecnologia, etc.

Finalment, cal assenyalar que el canvi conceptual continua sent objecte de debats com, per exemple, el que es va realitzar sobre el tema en "Ensenyament de les ciències" (Oliva, 1999) i com ho mostra la psicologia cognitiva en afirmar que molts errors es generen *in situ* en resposta a demandes contextuais, és a dir, no són fruit de preconcepcions.

4.1. Aprenentatge com a canvi conceptual, metodològic i axiològic

A.11. Proposeu un model d'ensenyament aprenentatge de les ciències que tinga en compte les propostes vistes en els capítols anteriors sobre l'ensenyament i aprenentatge dels continguts metodològics i actitudinals, i les limitacions vistes en aquest sobre el canvi conceptual.

Hem pogut observar un paral·lelisme en absolut superficial, entre el procés d'aprenentatge i la manera de producció dels coneixements científics. En altres paraules, s'estableix una analogia fructífera entre l'aprenentatge individual i els canvis de models, teories, etc., en les disciplines científiques, la qual cosa dóna suport a la idea d'un ensenyament de les ciències d'acord amb les característiques del treball científic (Gil i altres, 1991).

Per açò, el nou model didàctic hauria, per tant, d'enfocar l'aprenentatge, no solament com a canvi conceptual, sinó també com a canvi metodològic. L'alumnat únicament arribarà a canviar les formes usuales de raonament i a superar les tendències metodològiques usuales de traure conclusions precipitades i a generalitzar acríticament a partir d'observacions merament qualitatives si és posat reiteradament en situació d'aplicar la metodologia científica, és a dir, en situació de plantejar-se problemes, emetre hipòtesis a la llum dels coneixements previs, dissenyar experiments, realitzar-los, analitzar-ne els resultats, que verifiquen o falsegen la hipòtesi, etc. (Carrascosa i Gil, 1985).

I, a més, aquest plantejament d'ajustar l'ensenyament a les característiques de la metodologia científica és necessari, no solament perquè la familiarització de l'alumnat amb el treball científic és un objectiu per ell mateix, sinó perquè els canvis conceptuals perdurables exigeixen alhora canvis metodològics en l'alumne (Gil i Carrascosa, 1985), és a dir, sense el canvi metodològic no és concebible un canvi conceptual efectiu i, per tant, una vertadera superació dels preconceptes erronis.

No obstant açò, aquestes investigacions, que posen de manifest que l'alumnat aprèn poc en ciències, així com les propostes dels investigadors, es difonen molt lentament entre el professorat. Per aquestes dates, a mitjan dècada del 1980, es constata a més un descens de l'interès de l'alumnat cap a l'aprenentatge de les ciències (especialment, la física i la química) i, en conseqüència, un abandonament de l'estudi d'aquestes (Solbes, 2009 a).

Per açò, en les conclusions de les recerques de la dècada del 1990 es proposa aconseguir no solament canvis conceptuals i procedimentals, sinó també axiològics i actitudinals. Un instrument molt potent per a aconseguir aquest canvi és la inclusió de continguts d'història de la ciència i d'interaccions CTS. I açò últim per les raons següents (Solbes, 2009 b):

- presentar una imatge més contextualitzada i, per tant, menys deformada de la ciència;

- desenvolupar actituds positives i crítiques cap a la ciència, i intentar superar el desinterès i el rebuig;
- millorar l'aprenentatge, atès que aquest “estarà limitat si la persona no veu connexions rellevants entre aquesta activitat i els seus interessos personals”.

A més, com es pot veure en el treball esmentat abans (Solbes, 2009 b), aquest model d'ensenyament com a canvi conceptual, de procediments i axiològic és coherent amb les aportacions de la psicologia cognitiva i de les neurociències.

4.2. Ensenyament-aprenentatge com a investigació

A.12. Prenent en consideració que les activitats que es plantegen a l'alumnat no són tant per a qüestionar idees o provocar canvis conceptuals com per a resoldre problemes d'interès, proposeu l'estratègia més adequada per aconseguir-ho.

En primer lloc, cal subratllar que es tracta de realitzar activitats d'interès per a l'alumnat i no solament per al professorat. En segon, cal assenyalar que una de les estratègies d'ensenyament més coherent amb l'orientació constructivista és la que planteja l'aprenentatge com el tractament de situacions problemàtiques d'interès. I açò ens remet de nou a la necessitat d'associar l'aprenentatge de coneixements teòrics a la familiarització amb el treball científic: d'aquesta manera, tot aprenentatge apareix ara com un tractament de situacions problemàtiques, i desapareix així l'habitual separació entre les activitats d'introducció de conceptes, resolució de problemes i treballs pràctics.

Seguint aquesta manera de treballar, per a resoldre els problemes, l'alumnat haurà d'emetre hipòtesis, basades en les seues idees (equivocades o no), que seran contrastades mitjançant anàlisis crítics, experiments, etc. D'aquesta manera es podran posar de manifest els possibles errors i limitacions de les idees exposades per l'alumnat i es podran introduir les idees noves com a resposta a problemes que l'alumne s'haurà plantejat prèviament. Per a ser consolidades, les idees noves hauran de ser confrontades repetidament (Gil i altres, 1991).

Per açò, el nou model planteja els treballs pràctics com a petites investigacions en les quals l'alumnat defineix el problema, emet hipòtesis, fins i tot dissenya els experiments, els realitzen, n'analitza els resultats obtinguts, n'elabora informes, etc. Així mateix, replanteja els problemes amb una metodologia de treball que no pot ser una altra que abordar-los com investigacions, cosa que permet l'alumnat analitzar qualitativament el

problema, elaborar estratègies de resolució, analitzar-ne els resultats (les situacions límit, etc.) (Gil i altres, 1991). Es tracta d'evitar els plantejaments empiristes i purament operatius, i organitzar l'ensenyament de la física per a familiaritzar l'alumnat amb la metodologia científica i afavorir així el canvi metodològic, des de les seues formes espontànies de raonament a una metodologia més coherent amb el treball científic.

Finalment, per al nou model, les interaccions CTS i alguns aspectes històrics són també continguts de les matèries científiques (Solbes, 2009 b). Per exemple, la història de les ciències, en considerar-les una activitat humana més, posa de manifest que la ciència és un conjunt articulat de teories o models que interpreten la realitat; quan aquests models no poden explicar certs problemes, són substituïts per uns altres nous. D'altra banda, l'anàlisi de les relacions CTS posa de manifest que les ciències estan sotmeses a certs condicionants i determinades per la societat en què es desenvolupen.

La inclusió de les interaccions CTS i d'aspectes històrics, juntament amb el replantejament del mètode de treball a l'aula i de l'avaluació (dels quals parlarem més endavant), contribueix, com ja hem assenyalat, a un canvi d'actitud cap a les ciències i l'aprenentatge d'aquestes. D'altra banda, permet que l'ensenyament de les ciències es transforme en un element fonamental per a la formació dels ciutadans, no solament per a la capacitat professional d'aquests, sinó també perquè puguin comprendre, jutjar i prendre decisions en els temes científics i tecnològics que, en el món contemporani, influeixen cada vegada més activament en l'agenda política i els assumptes socials.

5. ELS CONCEPTES EN L'ENSENYAMENT DE LES CIÈNCIES DE LA NATURA PRIMÀRIA

A.13. Analitzeu el Decret sobre la ciència de la natura i indiqueu els continguts conceptuals que hi apareixen.

Aquesta activitat permet que el professorat en formació es familiaritze amb el nou Decret sobre la ciència de la natura (BOE, 8 de desembre de 2006; vegeu l'aula virtual), que l'analitzi i seleccione els continguts conceptuals que hi apareixen, la qual cosa facilitarà que els coneguen.

A.14. Amb quins criteris s'han seqüenciat aquests continguts en els tres nivells que constitueixen l'ensenyament secundari?

Per a centrar més el debat, ens podem referir al segon cicle d'ensenyament secundari, és a dir, 3r i 4t d'ESO. Es tracta d'una activitat complexa i per açò convé que els diversos grups d'estudiants la realitzen fora de l'horari lectiu, d'acord amb el concepte de crèdit europeu. Després, és convenient que es discutisquen a classe els possibles criteris, per exemple: d'allò més pròxim a allò més llunyà, tant espacialment com temporalment, és a dir, mitjançant una progressiva ampliació de les escales espacials i temporals; dels aspectes més relacionats amb el propi cos i el creixement als aspectes més relacionats amb la salut col·lectiva. D'altra banda, algunes capacitats i continguts, fonamentalment procediments i actituds, requereixen un tractament cíclic i es repeteixen amb nivells de profunditat diferents.

6. EL PROGRAMA D'ACTIVITATS

Pel que fa als materials i el mètode de treball, una de les propostes coherents amb el nou model d'aprenentatge són els programes d'activitats, que hem usat des de l'inici del curs. Açò permet donar resposta a les qüestions següents:

A.15. Què s'entén per programa d'activitats?, com cal utilitzar-los? i quins inconvenients pot plantejar-ne l'ús?

La idea central és que cada tema, des de la introducció de conceptes a la discussió de les aplicacions socials, passant per la resolució de problemes o el treball experimental, es convertisca en un conjunt d'activitats, degudament organitzades, que ha de realitzar l'alumnat (pot estar estructurat en grups reduïts, entre 4 i 6 persones), sota la direcció del professor (Calatayud, 1988). Driver (1988) afirma que la implicació més important del model constructivista en el disseny de currículums és "no concebre el currículum com un conjunt de coneixements i habilitats, sinó com un programa d'activitats a través de les quals poden ser construïts i adquirits aquests coneixements i habilitats".

Aquestes activitats problemàtiques han de permetre a l'alumnat exposar les idees prèvies, elaborar i afirmar coneixements, explorar alternatives, etc., i superar la mera assimilació de coneixements ja elaborats. A més, aquestes activitats han de cobrir el contingut de cada tema amb una lògica interna, evitar així un aprenentatge inconnex i

aprofitar totes les ocasions possibles perquè l'alumne es familiaritze amb la metodologia científica. Finalment, convé ressaltar que la gran flexibilitat que ofereixen les activitats permet adaptar-les als diferents interessos i capacitats de l'alumnat, posats de manifest per molts autors.

Per a utilitzar el programa d'activitats és convenient estructurar la classe en grups reduïts, perquè afavoreix el nivell de participació i la creativitat necessàries per a emetre hipòtesis, realitzar dissenys, etc. Una manera eficaç de treball pot consistir a realitzar una posada en comú després de dur a terme cada activitat, i tractar que no hi empren un temps excessiu. S'hi poden utilitzar diverses tècniques: una transcripció simultània de les respostes dels grups en la pissarra o sol·licitar la resposta d'un grup només, i fer que els altres grups la critiquen o completen. Açò permet al professor centrar les intervencions, realitzar reformulacions globalitzadores de les aportacions dels grups o, fins i tot quan aquestes siguen incompletes, afegir informació. Açò no suposa una transgressió del mètode proposat, el fet que l'alumnat haja abordat prèviament les qüestions fa que la seua receptivitat davant la informació siga superior, per respondre a qüestions que ells ja s'han plantejat.

Pel que fa als inconvenients, el professorat en actiu sol esmentar sobretot la gran quantitat de temps que necessiten els plantejaments actius. Però els problemes en realitat són uns altres. En primer lloc, els programes, de continguts enciclopèdics, la reducció dels quals és una reivindicació antiga i fonamentada. Cal assenyalar que, al nostre país, l'única reducció produïda ha sigut la del temps que la llei atorga per a impartir-los. En segon lloc, algunes persones assenyalen que resulta un mètode d'ensenyament rígid, al qual es contraposa un eclecticisme que no excloua ni la transmissió de coneixements ja elaborats ni un treball individualitzat. Hem d'assenyalar que, de fet, aquesta proposta d'ensenyament no els exclou. Pel contrari, el propòsit dels programes d'activitats és evitar la tendència espontània a fer prevaldre l'activitat del professor, és a dir, a centrar el treball a classe en el discurs ordenat del professor i en l'assimilació d'aquest per l'alumnat. Allò que es considera essencial, repetim, és que prevalga l'activitat de l'alumnat, sense la qual no hi ha aprenentatge significatiu. No obstant això, no s'exclouen les intervencions del professor ni tampoc que alguna activitat pugui consistir a escoltar una exposició del professor o a llegir un text (per a extraure'n les idees clau, comentar-lo, etc.).

Finalment, cal assenyalar que aquesta proposta metodològica suposa atorgar un paper nou al professorat, segons el qual augmenten considerablement les funcions que ha de realitzar (el que ha de saber i saber fer). Deixa de ser un transmissor de coneixements

per convertir-se en un professional amb els coneixements i recursos necessaris per a dissenyar i organitzar activitats d'aprenentatge i dirigir el treball de l'alumnat, sense limitar-lo a la mera assimilació de les exposicions ni renunciar a una acció orientadora (coherent amb qualsevol tasca col·lectiva d'investigació). Perquè açò siga possible, és necessari que les noves tasques siguen incorporades en materials per a l'aula i introduïdes en programes de formació en la pràctica per a professors (Gil i altres, 1991).

A.16. Penseu com es pot fer la traducció d'un dels textos analitzats anteriorment en una seqüència d'activitats que afavorisquen una tasca investigadora per part de l'alumnat.

Puntualitzarem la qüestió i comentarem que es podrien qüestionar els continguts mateixos, però açò pot resultar més difícil per a l'alumnat, per tant, simplement se'ls demana una traducció. Si ens centrem ja en l'activitat mateixa, després de dir que dues tercers parts del cos estan constituïdes per aigua i exemplificar-ho, com correctament realitza el projecte "Un món per a tots", es poden plantejar les preguntes següents:

Com perd aigua el nostre cos? Com la recupera? D'on prové l'aigua potable que consumim?

Visitar una estació potabilitzadora. Elaborar un esquema amb els passos seguits per a potabilitzar l'aigua.

En l'altre text titulat "L'energia mou el món", s'incorre en el tòpic que ja va denunciar Feynman el 1966 (Feynman, 2000). Hi preguntava què fa moure un gos de joguet amb corda i esperava que la resposta fóra l'energia. Feynman assenyala que la pregunta és encertada, però que la resposta no és afortunada perquè es tracta d'una explicació merament verbalista. Proposava a canvi que es desmunte el joguet, per a veure com funciona. I per a comprovar si l'aprenentatge era significatiu preguntava: "Sense utilitzar la nova paraula que acabeu d'aprendre, tracteu d'expressar-ho en el vostre llenguatge propi".

I fins i tot va més enllà i segueix la cadena de transformacions de l'energia fins al seu origen i diu: "Es mou perquè el Sol brilla", "Què té a veure amb la lluentor del Sol? És va moure perquè jo li vaig donar corda", "I per què, amic meu, pots tu moure't per a donar corda a aquest moll?", "Jo menje", "Què menges tu, amic meu?", "Jo menje plantes", "I com creixen les plantes?", "Creixen perquè el Sol brilla".

Referències bibliogràfiques

- CALATAYUD, M. L.; CARBONELL, F.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; GIL, D.; GRIMA, J.; HERNÁNDEZ, J.; MARTÍNEZ, J.; PAYÁ, J.; RIBÓ, J.; SOLBES, J. i VILCHES, A. (1988). *La construcción de las ciencias físico-químicas. Programas guía de trabajo y comentarios para el profesor*, València, NAU Llibres.
- CARRASCOSA, J. (1985). “Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 3 (3), pàgs. 230-234.
- CARRASCOSA, J. (2005). “El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, núm. 2 (2), pàgs. 183-208, <http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen2/Numero_2_2/Carrascosa_2005A.pdf>.
- CARRASCOSA, J. (2005). “El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, núm. 2 (3), pàgs. 388-402, <http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen2/Numero_2_3/Carrascosa_2005B.pdf>.
- CARRASCOSA, J. (2006). “El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, núm. 3 (1), pàgs. 77-88, <http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen3/Numero_3_1/Carrascosa_2006.pdf>.
- CARRASCOSA, J. i GIL, D. (1985). “La metodología de la superficialitat i l’aprenentatge de les ciències”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 3 (2), pàgs. 113-120.
- DRIVER, R. (1986). “Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 4 (1), pàgs. 3-15.
- DRIVER, R. (1988). “Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 6 (2), pàgs. 109-120.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. i TIBERGHIE, A. (1999). *Ideas Científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid, Morata.
- DUIT, R. (2004). “Bibliography: Students’ and teachers’ conceptions and science education (STCSE)”, Kiel, Alemania, Leibniz Institute for Science Education (IPN), <<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>>.
- FEYNMAN, R. (2000). *El placer de descubrir*, Barcelona, Crítica.

- FURIÓ, C.; SOLBES, J. i CARRASCOSA, J. (2006). “Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. Resultados y perspectivas”, *Alambique*, núm. 48, pàgs. 64-78.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori.
- HEWSON, P. W. (1981). “A conceptual change approach to learning science”, *European Journal of Science Education*, núm. 8 (3), pàgs. 229-249.
- HIERREZUELO, J i MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*, Barcelona, Laia, MEC.
- NOVAK, J. D. (1988). “Constructivismo humano: un consenso emergente”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 6 (3), pàgs. 213-223.
- OLIVA, J. M. (1999). “Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 17 (1), pàgs. 93-109.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. i GERTZOG, W. A. (1982). “Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change”, *Science Education*, núm. 66, pàgs. 211-227.
- RESNICK, L. B. (1983). “Mathematics and Science Learning: a new conception”, *Science*, núm. 220, pàgs. 477-478.
- SOLBES, J. (2009 a). “Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): resumen del camino avanzado”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 6 (1), pàgs. 2-20, <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen6/Numero_6_1/Solbes_2009a.pdf>.
- SOLBES, J. (2009b). “Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 6 (2), pàgs. 190-212, <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen6/Numero_6_2/Solbes_2009b.pdf>.

Capítol 7.

L'AVALUACIÓ COM UNA EINA DE MILLORA DE L'APRENTATGE I L'ENSENYAMENT

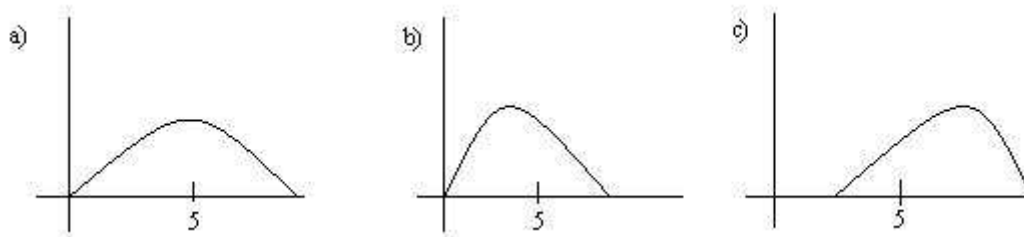
Des del final de la dècada del 1980, l'avaluació ha constituït una línia d'investigació prioritària en didàctica de les ciències. Per a tots és evident el pes que té l'avaluació en l'alumnat ("l'atenció es dirigeix exclusivament al que pot ser objecte d'examen") i en el professorat ("que veu condicionat l'ensenyament per l'avaluació i, especialment, per les proves externes"). En altres paraules, el que no s'avalua no existeix, ni per a l'alumnat ni per al professorat. A açò hem d'afegir que la falta de confiança en l'èxit dels estudiants en ser avaluats ha suposat una de les causes de les actituds negatives d'aquests cap a l'aprenentatge de les ciències. En resum, l'avaluació és la pedra clau que tanca l'arc, sense la qual aquest s'esfondra.

Per a desenvolupar l'estudi de l'avaluació seguirem el fil conductor següent:

1. Les concepcions del professorat i de la societat sobre l'avaluació.
2. Les finalitats de l'avaluació.
3. L'avaluació com a instrument d'aprenentatge.
4. Les activitats d'avaluació i la qualificació.
5. L'avaluació com a instrument de millora de l'ensenyament.

1. LES CONCEPCIONS DEL PROFESSORAT I DE LA SOCIETAT SOBRE L'AVALUACIÓ

A.1. Les gràfiques adjuntes presenten possibles distribucions de les notes obtingudes en una prova per l'alumnat d'una classe. Assenyaleu quina d'aquestes distribucions és més correcta i per què.



En presentar aquesta qüestió a professorat en formació, una majoria opta per les gràfiques a o b, la qual cosa suposa que, en el millor dels casos, es considera correcte un fracàs del 50% dels estudiants, com han mostrat diverses investigacions (Alonso, Gil i Martínez-Torregrosa, 1992 a i b). Alguns ho qüestionen i opten per la c), amb l'argument que així és com hauria de ser. Aquesta manera de pensar en realitat és fruit del que succeeix en la realitat de les aules i està determinada per l'experiència prèvia dels futurs professors, ja que en ciències, sobretot en Física i química, el percentatge de suspesos és, tradicionalment, molt elevat. Si tenim en compte, d'altra banda, la influència de les expectatives del professorat en els resultats de l'avaluació i de l'aprenentatge, que posarem de manifest en els apartats següents, es comprèn la gravetat d'aquesta predisposició al fracàs generalitzat de l'alumnat.

A.2. Què opines de la idea següent?: “Hi ha molts alumnes que ‘no poden’ a causa de les limitacions intel·lectuals i uns altres que ‘no volen’ a causa de problemes de caràcter, de personalitat. En el fons, es tracta de problemes en gran part d’origen familiar i genètic”.

Aquestes idees van ser posades de manifest per estudiants del CAP en discutir amb ells sobre les gràfiques de l'activitat anterior i, per açò, és convenient comentar-les explícitament. Es tracta d'una idea amb una llarga tradició i per aquest motiu mereix una anàlisi detallada, com la que han fet diversos autors com Gould (1997), Lewontin i altres (1997), Lalueza (2001), etc. Aquests autors posen de manifest que considerar genètica la inclinació a l'estudi o la capacitat per a comprendre unes explicacions determinades és una idea de sentit comú i així es pot trobar expressada en novel·les vuitcentistes, en les quals la força de la sang manté “bons” els orfes de “bones” famílies malgrat els mitjans miserables en què es crien, com *Oliver Twist*, i que aconsegueix la màxima expressió en el determinisme de l'herència de Zola.

Però d'on ve aquesta predisposició? Tractarem de donar resposta a aquesta qüestió amb un repàs històric a diverses tesis que intenten determinar què és la intel·ligència i com es mesura.

Al final del segle XIX, metges com Broca, Lombroso i altres van tractar de mesurar la intel·ligència a partir de la grandària del cervell. Francis Galton i el seu deixeble Karl Pearson van intentar demostrar que el geni era hereditari a partir d'estudis estadístics. Ja en el segle XX, el pedagog i psicòleg francès A. Binet considerà que no es podia valorar la intel·ligència a partir de mesures físiques, sinó a través de la realització de tasques que requeriren comprensió, capacitat aritmètica, etc. Així, juntament amb el seu col·lega T. Simon, va dissenyar un *test de predicció del rendiment* escolar, amb la intenció de detectar els estudiants que necessitaven una atenció especial i així millorar-ne l'educació.

Malgrat que Binet no pretenia etiquetar, en la pràctica, psicòlegs anglosaxons (Goddard, Spearman, Terman i un llarg etcètera) utilitzaren el test per a obtenir un índex, el quocient intel·lectual (QI), que ha sigut utilitzat durant molts anys com una mesura numèrica de la intel·ligència i que mesurava una única quantitat innata, en gran part fruit de l'herència i poc modificable per l'ambient familiar i escolar. Açò es posava de manifest objectivament perquè les persones de classe treballadora, de minories racials, immigrants, etc., obtenien els pitjors resultats en la mesura del QI, la qual cosa permetia explicar les desigualtats socials com una causa de les desigualtats d'intel·ligència.

Sir F. Galton (1822-1911) assegurava que el conjunt de dotacions innates de l'individu era un factor determinant per a l'èxit en la vida. Per demostrar-ho, estudià un conjunt de pares amb característiques excel·lents i mostrà que tendien a tenir fills amb les mateixes característiques. Per analitzar les dades obtingudes, contractà el matemàtic Karl Pearson que inventà un procediment d'anàlisi estadístic descriptiu, denominat *coeficient de correlació*, molt utilitzat després en diverses situacions d'investigació. A partir de la creença en la utilitat i exactitud del QI, Galton pensà aplicar la selecció artificial als éssers humans per tal de millorar la raça i formalitzar així la teoria de l'eugenesia, és a dir, la selecció planificada de la raça humana per esterilització dels individus menys aptes.

Sense arribar tan lluny, els defensors de la intel·ligència heretada també solen ser partidaris de mesures classificatòries i selectives en educació. Per exemple, Cyril Burt (1883-1971) acceptava l'existència de diverses intel·ligències específiques relacionades amb cada tipus de tasques concretes, però consideraven que hi havia una intel·ligència general, el QI, que hi prevalia. Aquest autor va tractar de demostrar el caràcter hereditari del QI i va atorgar un paper secundari als factors socials i de l'entorn, a partir d'estudis amb dos conjunts de dades. Un d'ells en què avaluava i comparava la intel·ligència dels pares i els fills, i l'altre amb comparacions semblants realitzades amb bessons educats per famílies diferents.

Així, Cyril Burt va influir en la implantació en el sistema educatiu de l'examen "*eleven plus*", que impedia que l'alumnat prosseguira estudis a partir d'una determinada edat si no els superaven (com les revàlides que els estudiants espanyols havíem de superar als 13 i als 15 anys, en finalitzar el batxillerat elemental i el superior).

Durant la Primera Guerra Mundial, L. M. Terman realitzà tests d'intel·ligència als reclutes dels Estats Units per tal de categoritzar-los, fou la primera vegada que s'utilitzaven en segments importants de població. El 1916, publicà una revisió del test Stanford-Binet, no per aconseguir que els xiquets amb menor capacitat reberen més atenció, sinó per identificar-los i classificar-los en itineraris per a alumnes superdotats, brillants, mitjans, lents i especials, cadascun dels quals tindria un currículum especialitzat.

Al nostre país en tenim un exemple recent en els treballs desenvolupats pel psiquiatra A. Vallejo Nájera (1926-1990), cap dels Serveis Psiquiàtrics Militars i comandant de l'exèrcit franquista. Al llarg de la carrera tractà de mostrar que hi havia una relació íntima entre marxisme i inferioritat mental, relació que "*permetria segregar des de la infantesa els subjectes afectats i alliberar la societat de tan terrible plaga*" (*La locura en la guerra. Psicopatología de la guerra española*, Valladolid, 1939). Cap assenyalar que el seu treball li donà bastant prestigi i que va presidir el Primer Congrés Internacional de Psiquiatria a París, el 1950.

Més endavant, el gran desenvolupament de la genètica (a partir del descobriment de l'estructura de l'ADN per Watson i Crick) va donar motiu al determinisme genètic que pressuposava que una sèrie de trets de l'individu, com la intel·ligència, estan determinats genèticament. Conseqüentment, a partir de la dècada del 1960 tornen a aparèixer teories sobre l'origen hereditari (genètic) de la intel·ligència, com les de H. Eysenck i A. Jensen que afirmaven que les persones de raça negra tenien QI menors que les de raça blanca perquè eren genèticament inferiors.

Ara bé, si els test mesuren la intel·ligència, la pregunta que sorgeix a continuació és: què és la intel·ligència? Com que cada persona difereix de les altres en les habilitats (per comprendre idees complexes, adaptar-se al medi, adoptar diverses maneres de raonar, superar obstacles, etc.), cal aclarir quantes classes d'intel·ligència hi ha i, per tant, com definir-la, qüestió que encara està en debat.

Actualment hi ha dues escoles de pensament al respecte. De la primera ja hem parlat. Entre els components de la segona destaquen Thurstone o Guilford, que afirmen que hi ha classes d'intel·ligència diferents, encara que discrepen respecte a quines són. Consideren que la intel·ligència està constituïda per una sèrie d'aptituds mentals

independents i igualment importants, com la comprensió verbal, la numèrica, l'espacial, la memòria, el raonament, etc., la qual cosa impossibilita la classificació dels individus en una única escala (el QI). També els conductistes i els seus principals crítics, els cognitius, qüestionen l'estabilitat de la intel·ligència i centren l'estudi en els processos (conductuals en un cas i cognitius en l'altre) que la constitueixen, que, com a processos, són dinàmics i susceptibles de millora.

Però les crítiques més acerades a les teories de la intel·ligència hereditària provenen de biòlegs com els esmentats abans Gould, Lewontin, Rose, Kamis, Lalueza, etc. Aquests autors posen de manifest que molts resultats d'aquestes teories s'han obtingut en violar els canons de l'objectivitat científica, com és el cas de Cyril Burt, que va falsificar resultats i va inventar parells de bessons idèntics. També han demostrat que els tests de QI incloïen referents culturals específics, i fins i tot judicis classistes, comportaments socialment acceptables o estereotips socials.

Pel que fa al determinisme genètic, subratllen que ningú ha pogut relacionar cap aspecte del comportament social humà amb un gen particular, ja que els trets que manifesta un organisme, el fenotip, no estan determinats pel genotip. Són una conseqüència de la interacció de gens i ambient. És per tant un error dir que la biologia i la cultura sumen el 100% de l'individu, com fan els que assenyalen que un determinat percentatge de la intel·ligència està determinat pels gens i la resta, per l'ambient. Obliden la interacció de tots dos i que l'ambient és variable i, en conseqüència, aquests percentatges poden variar amb el temps.

Podria pensar-se que hem dedicat massa espai a desenvolupar les idees sobre la intel·ligència i l'herència, però considerem que es tracta d'un tema subjacent a moltes concepcions sobre avaluació, especialment les classificatòries i selectives. Una vegada centrats en el tema, a continuació analitzarem algunes concepcions docents i socials sobre avaluació.

A.3. Considereu, a títol d'hipòtesi, possibles preconcepcions que el professorat pugui tenir sobre l'avaluació en ciències i que convinga analitzar per a no quedar presoners de possibles idees, comportaments o actituds incorrectes, assumides acríticament.

Posats en disposició de discutir sobre el tema, és molt fàcil que l'alumnat recapacite sobre esquemes mentals i idees que, malgrat que són contraproductives, estan molt esteses entre els docents:

- L'avaluació sols quantifica —mesura— el grau de coneixements adquirits per l'alumnat, no s'avaluen raonaments, actituds,...
- El professor està fora del procés, es limita a calcular aquesta quantificació basant-se en les notes dels exàmens.
- Es pren com un fet terminal i no com un punt de partida per a millorar.
- Es considera que una assignatura és important quan la suspenen molts alumnes; en cas contrari, és una “maria”.
- No s'avaluen ni el professor ni el sistema, únicament són avaluable els coneixements de l'alumnat.
- És un procés discriminador i selectiu.
- Es queda en constatar si l'alumne passa o no passa, no hi ha retroalimentació, per tant, és únicament punitiu, no sumatiu.
- Atén únicament l'expressió formal.
- Es dedica poc de temps al seu disseny.

Per a emprendre un replantejament global de l'ensenyament de les ciències cal qüestionar preconcepcions docents, la importància de les quals en l'activitat del professorat pot ser tan rellevant o més que les preconcepcions de l'alumnat en l'aprenentatge de les ciències. En efecte, comença avui a comprendre's que el professorat té idees, actituds i comportaments sobre l'ensenyament causats per una llarga formació “ambiental”, en particular durant el període en què van ser alumnes, que exerceix una notable influència perquè respon a experiències reiterades i s'adquireix d'una manera no reflexiva, com alguna cosa natural, obvia, “de sentit comú”; s'escapa així la crítica i es converteix, insistim, en un vertader obstacle. I cal sospitar que l'avaluació siga un dels aspectes de l'activitat docent més afectat per aquestes preconcepcions (Gil i altres, 1991; Alonso, Gil i Martínez-Torregrosa, 1992).

Com ja hem assenyalat, els dissenyadors de currículums no solen tenir en compte la tremenda influència de les concepcions del professorat en el procés d'implementació curricular, tan gran que produeix el fracàs de molts esforços de renovació curricular. En concret, si les innovacions curriculars no van acompanyades de canvis similars en l'avaluació, no es pot consolidar el canvi didàctic proposat. Poc importen, en efecte, les innovacions introduïdes o els objectius enunciats: si l'avaluació continua consistint en exercicis per a constatar el grau de retenció d'alguns coneixements conceptuals, aquest serà per a l'alumnat el vertader objectiu de l'aprenentatge.

Però el problema principal és que es tracta d'un conjunt d'idees, comportaments i actituds interrelacionats, que es donen suport mútuament i que es poden resumir en cinc apartats (Gil i altres, 1991):

- La idea que resulta fàcil avaluar les matèries de ciències amb objectivitat i precisió, a causa, precisament, de la naturalesa dels coneixements avaluats.
- La tendència a limitar l'avaluació a allò que siga més fàcilment mesurable i evitar tot allò que pugui donar lloc a respostes imprecises. En associació amb la creença en l'objectivitat de l'avaluació, cal esperar que es produïssa un comportament tan greu o més: limitar la pràctica avaluadora a allò aparentment “més objectiu”, és a dir, als coneixements fàctics, a les lleis a través d'exercicis numèrics tancats o de qüestions de resposta unívoca en els quals no càpia l'ambigüïtat.
- La concepció elitista i determinista de l'aprenentatge de les ciències, que suposa que aquestes matèries no estan a l'abast de tots i, en conseqüència, que una avaluació ben plantejada posarà de manifest el fracàs d'un percentatge important de l'alumnat i discriminarà els “bons alumnes” i els “mals alumnes”.
- Molt relacionada amb l'anterior, la tendència autoexculpatòria, que consisteix a atribuir els alts percentatges de fracàs en l'avaluació a causes externes a la didàctica emprada. Els resultats negatius obtinguts sovint per percentatges elevats d'alumnes són imputables als alumnes mateixos o a l'ensenyament... precedent.
- Finalment, a manera de síntesi de les idees i els comportaments anteriors, la tendència a convertir l'avaluació en un instrument de mera constatació, de simple qualificació. Aquesta tendència, subjacent en les idees anteriors, té implicacions específiques: avaluació terminal, caràcter d'obstacle que cal superar, actuació del professor com a “jutge” i “policia”...

A.4. Estem suposant, a títol d'hipòtesi, que el professorat pensa que “resulta fàcil avaluar les matèries científiques amb objectivitat i precisió, donada la naturalesa mateixa dels coneixements avaluats”. Per tant, convé, en primer lloc, aportar indicis (observacions qualitatives, etc.) que donen suport a la possible existència d'aquesta concepció.

Aquesta activitat facilita una aproximació crítica a la creença comuna que “resulta fàcil avaluar les matèries científiques amb objectivitat i precisió, donada la naturalesa mateixa dels coneixements avaluats”. L'alumnat, organitzat en equips de treball, es refereix a fets com la seguretat amb què es procedeix a atribuir qualificacions numèriques amb decimals, del tipus 4,75, al fet que alguns professors (especialment d'Universitat) suspenguin amb aquesta qualificació i a la resistència que solem mostrar els professors a modificar aquestes qualificacions.

Efectivament, a poc que observem el llistat de notes de qualsevol assignatura de ciències ens adonarem que, en el fons, es funciona com si realment no hi haguera cap marge d'imprecisió, és a dir, d'una manera poc científica.

A.5. Proposeu alguns dissenys experimentals per a posar a prova la suposada objectivitat i precisió de l'avaluació de l'aprenentatge de les matèries científiques.

A continuació, s'expliciten algunes de les idees més comunes que han sorgit en cursos anteriors i s'han posat en pràctica en diverses investigacions.

La primera idea que sorgeix habitualment és donar a corregir un mateix examen a diversos professors. Aquest és un disseny clàssic que ja va ser utilitzat per Hoyat amb exercicis de Física del batxillerat francès. Convé, per tant, valorar *positivament* aquesta proposta i proporcionar alguns resultats perquè procedisquen a analitzar-los. Pot recordar-se així que Hoyat va trobar que un mateix exercici de Física era qualificat amb notes que anaven del 2 al 8 (¡¡!!).

Aquest disseny s'ha utilitzat nombroses vegades amb resultats similars; no obstant açò, una única prova no ens permet concloure que queda determinada la falta d'objectivitat i precisió. Com alguns equips assenyalen, aquestes discrepàncies en les notes poden ser, simplement, el fruit de criteris diferents (“Hi ha professors rigorosos, uns altres amb màniga ampla...”). Sorgeix així la idea d'aquest altre disseny: fer corregir de nou el mateix examen, al cap d'un cert temps, als mateixos professors. Aquest disseny també va ser utilitzat per Hoyat, amb resultats que mostraven una forta dispersió de les notes donades pels mateixos professors.

Una altra variant que pot sorgir sobre aquesta idea és la d'incloure dues o tres còpies formalment diferents (lletres diferents, modificació de l'ordre de resposta de les preguntes...) en aquells casos en què el professorat ha de corregir un nombre elevat d'exàmens. I de nou apareix una gran dispersió de les notes donades a un mateix examen.

Diversos autors (Alonso i altres, 1992) han utilitzat reiteradament un disseny més sofisticat, que permet veure com influeixen les *expectatives del professor*. Consisteix a plantejar a professorat en actiu i en formació, en el context d'un seminari sobre l'avaluació, l'activitat següent: es proposa a cada professor la valoració d'un breu exercici i se li demana una puntuació entre 0 i 10 i, sobretot, comentaris que puguin ajudar l'alumne a comprendre millor la qüestió plantejada. L'exercici que es lliura per a corregir és sempre el mateix, amb l'“única” diferència d'un text introductor molt curt, que en la meitat de les còpies atribueix l'exercici a un alumne “brillant” i en l'altra meitat, a un alumne “que no va massa bé”. Tot i que es tracta d'un comentari mínim, provoca diferències de 2 punts en les mitjanes (¡¡!!).

Una investigació similar, destinada a mostrar el sexisme del professorat de Física, fou realitzada per Spear i va consistir a proposar la correcció d'un examen a uns 300 professors d'ensenyament secundari a fi que avaluaren tot un seguit d'aspectes: nivell, precisió científica, capacitat per a prosseguir estudis científics... Cada còpia de l'examen va ser presentada al 50% del professorat amb la signatura d'un alumne i a l'altre 50% amb la signatura d'una alumna. Els resultats van mostrar que el "xic" va ser qualificat per damunt de la "xica" en cadascun dels 14 aspectes que calia avaluar amb diferències estadísticament significatives (¡¡!!).

En la mateixa línia, convé recordar la cèlebre experiència de "Pigmalió a l'escola". En una sèrie d'escoles es va fer creure al professorat que un test d'intel·ligència havia detectat que un determinat alumne (triat en realitat a l'atzar) tenia un quocient intel·lectual extraordinari, era una espècie de "diamant en brut". Dos anys després es va poder constatar que els alumnes assenyalats havien experimentat un desenvolupament intel·lectual molt superior al dels seus condeixebles.

A.6. Analitza alguns dels resultats obtinguts amb aquests dissenys. Quines conclusions s'aconsegueixen?

Com veiem, tots aquests resultats qüestionen la suposada objectivitat i precisió de l'avaluació en un doble sentit. D'una banda, mostren fins a quin punt les valoracions habituals estan sotmeses a amplíssims marges d'incertesa (encara que els professors acostumen a escriure notes com 4,75 i creuen en la seua validesa i immutabilitat, com si tot el que han après sobre marges d'imprecisió, reproductibilitat de resultats, etc., deixara de ser vàlid quan es tracta d'avaluar) i, d'altra banda, aquestes investigacions fan veure que l'avaluació constitueix un instrument que afecta molt decisivament allò que s'hi pretén mesurar, és a dir, el mateix procés avaluat. Dit d'una altra manera, els professors no solament ens equivoquem en qualificar (i donem, per exemple, puntuacions més baixes en matèries com la Física a exercicis que creiem fets per les xiques), sinó que contribuïm al fet que els nostres prejudicis, en definitiva, els prejudicis de tota la societat es convertisquen en realitat: al final les xiques tenen assoliments inferiors i actituds més negatives cap a l'aprenentatge de la Física que els xics i els alumnes considerats mediocres al final ho són. L'avaluació resulta, més que la mesura objectiva i precisa d'uns assoliments, l'expressió d'unes expectatives en gran mesura subjectives però amb una gran influència sobre l'alumnat i el professorat.

A.7. Analitzeu les proves d'avaluació que s'adjunten per a veure quins aspectes contemplen.

Resulta preocupant que, en proves de Coneixement del medi en les quals se suposa que no hi ha pressions externes, trobem el mateix reduccionisme conceptual que en les proves dels últims cursos de l'institut, que el professorat atribueix al condicionament de proves externes com les PAU. És tot un símptoma que les proves habituals d'avaluació dissenyades pel professorat de tots els nivells done suport plenament al mateix model. En el fons, posa de manifest una idea subjacent en la societat sobre l'educació i l'avaluació, que hem intentat mostrar en el primer apartat.

Anàlisis realitzades a exàmens com les proves d'accés a la universitat han mostrat que són de gran importància, perquè es tracta de proves que condicionen extraordinàriament l'ensenyament de les ciències, no solament en batxillerat, sinó també en 4t curs de l'ESO. En aquestes proves s'ha constatat un gran reduccionisme, ja que es limiten als continguts conceptuals i reforcen la hipòtesi que la recerca de màxima objectivitat i precisió pot derivar (ha derivat) en un perillós empobriment de l'educació científica. D'altra banda, com van posar de manifest els estudis de López i altres (1983), els resultats obtinguts per l'alumnat en les PAU no tenen correlació amb els obtinguts en COU.

La recerca de la màxima objectivitat, eliminant també al màxim l'ambigüitat, distorsiona el treball científic que és, per definició, incert i intuïtiu (Hodson, 1992). En canvi, si canviem la qüestió i en compte de preguntar-nos com aconseguir que l'avaluació siga objectiva ens preguntem com aconseguir que reflectisca allò que es considera important, estarem passant a plantejar-nos quins aspectes de l'aprenentatge de les ciències volem avaluar.

A.8. Quines conseqüències té la realització de proves d'avaluació de tipus convencional en la innovació educativa i en la formació del professorat?

Una causa no menyspreable de rebuig de les innovacions és el caràcter tradicional de l'avaluació de l'aprenentatge de les ciències. En aquest sentit, els exàmens institucionals de cada país també són responsables, per omissió, de la poca eficàcia dels canvis, perquè els continguts de les innovacions de l'ensenyament de les ciències no hi solen estar presents, dissenyats sempre a favor dels continguts més tradicionals i propedèutics (Oliva i Acevedo, 2005). No es plantegen mesurar competències generals i bàsiques, les quals impliquen l'aplicació de coneixements i procediments científics a situacions del món real (Acevedo, 2005).

Aquests exàmens engeguen un cercle viciós, que és letal per a la implantació de les innovacions: *no s'ensenyà allò que és nou perquè no s'avalua... i no s'avalua perquè no s'ensenyà*. En definitiva, pot afirmar-se que, tard o d'hora, les innovacions que no

s'integren harmònicament en els currículums es veuen condemnades al fracàs, perquè amb prou faenes aconseguen modificar el resistent nucli dur propedèutic del currículum real aplicat en les aules.

2. LES FINALITATS DE L'AVALUACIÓ

Amb objecte de trencar amb les limitacions de les concepcions espontànies que acabem d'analitzar somerament, convé procedir a un replantejament global de l'avaluació que no done res per suposat i n'aclarisca tots els aspectes, començant per reflexionar respecte a la qüestió: per què cal avaluar.

A.9. Si no es pot acceptar la idea d'una avaluació com a judici objectiu i terminal de la tasca realitzada per cada alumne... Quines haurien de ser les funcions de l'avaluació?

L'anàlisi crítica realitzada fins ací ha permès als equips comprendre que no té sentit una avaluació que consistisca a jutjar "objectivament" i terminalment la tasca realitzada per cada alumne. Per contra, el professor s'ha de considerar corresponsable dels resultats que aquests obtinguen: no pot situar-se enfront d'ells, sinó amb ells; la seua pregunta no pot ser "qui mereix una valoració positiva i qui no?", sinó "quines ajudes necessita cadascú per a seguir avançant i aconseguir els assoliments desitjats?". Ara bé, per aconseguir-ho són necessaris un seguiment atent i una retroalimentació constant que reorienten i impulsen el treball de l'alumnat. Açò és el que té sentit en una situació d'aprenentatge orientada a la construcció de coneixements, a la investigació. L'alumnat ha de poder confrontar les produccions amb les d'altres equips i —a través del professor— amb la resta de la comunitat científica; i han de veure valorat el seu treball i rebre l'ajuda necessària per a seguir avançant, o per a rectificar si fóra necessari.

L'avaluació es converteix així en un instrument d'aprenentatge, és a dir, en una *avaluació formativa*, i substitueix els judicis terminals sobre els assoliments i les capacitats de l'alumnat. Però, encara que açò representa un progrés indubtable, aquest resulta insuficient si no es contempla també com un *instrument de millora de l'ensenyament*. En efecte, les disfuncions en el procés d'ensenyament-aprenentatge no poden atribuir-se exclusivament a dificultats de l'alumnat i resultarà difícil que l'alumnat no veja en l'avaluació un exercici de poder extern (i, per tant, difícilment acceptable) si només se'n qüestiona l'activitat.

Si realment es pretén fer de l'avaluació un instrument de seguiment i millora del procés, cal no oblidar que es tracta d'una activitat col·lectiva, en la qual el paper del professor i

el funcionament del centre constitueixen factors determinants. L'avaluació ha de permetre, per tant, incidir en els comportaments i actituds del professorat. Açò suposa que els estudiants tinguin ocasió de discutir aspectes com el ritme que el professor imprimeix al treball o la manera de dirigir-se a l'alumnat. I cal *avaluar també el currículum mateix*, amb la intenció d'ajustar-lo al que pot ser treballat amb interès i profit per l'alumnat. D'aquesta manera, els estudiants acceptaran molt millor la necessitat de l'avaluació, que apareixerà realment com un instrument de millora de l'activitat col·lectiva.

Les funcions de l'avaluació poden resumir-se, per tant (i així solen ser assenyalades pels equips com a fruit de la seua reflexió) en:

- Incidir en l'aprenentatge (afavorir-lo).
- Incidir en l'ensenyament (contribuir a millorar-lo).
- Incidir en el currículum (ajustar-lo al que pot ser treballat amb interès i profit per l'alumnat).

En els apartats següents mostrarem com l'avaluació pot incidir en l'aprenentatge i en l'ensenyament. A continuació, es mostra un tipus de proves que poden influir en el currículum, ja que es tracta de projectes d'avaluació transnacionals com PISA.

A.10. Llegiu el tex de l'Annex 1 i contesteu les preguntes següents: Què avalua PISA? Què implica això respecte a les finalitats de l'avaluació? Com es poden explicar els diferents resultats entre països que són avaluats?

PISA avalua bàsicament competències: lectora, matemàtica i científica (hi aprofundirem en l'activitat següent). Hi ha un canvi de finalitats, perquè PISA avalua les 3 dimensions de l'ensenyament-aprenentatge:

- Els processos o les destreses científiques.
- El context en què s'aplica el coneixement científic.
- Els conceptes i continguts científics.

Les diferències no són tan grans, com es veu si es passen els resultats a puntuació decimal, però així i tot, si es comparen amb els primers, per millorar, es veu que en Finlàndia canvia molt la manera d'ensenyar (perquè canvia molt la formació i la manera d'escollir el professorat) i el context social de l'educació.

A.11. Llig el text del quadre i assenyala quins són els procediments i els coneixements que avalua PISA. Són coherents amb la recerca en didàctica de les ciències? I amb els decrets de secundària? I amb la pràctica educativa?

PISA (2005) identifica 5 processos científics:

1. *Reconèixer qüestions científicament investigables:* Aquest procés implica identificar els tipus de preguntes que la ciència intenta respondre, o bé reconèixer una qüestió que és o pot ser comprovada en una determinada situació.
2. *Identificar les evidències necessàries en una investigació científica:* Comporta la identificació de les evidències que són necessàries per a contestar als interrogants que poden plantejar-se en una investigació científica. Així mateix, implica identificar o definir els procediments necessaris per a la recollida de dades.
3. *Extraure o avaluar conclusions:* Aquest procés implica relacionar les conclusions amb les evidències en què es basen o haurien de basar-se. Per exemple, presentar a l'alumnat l'informe d'una investigació donada perquè en dedueixen una o diverses conclusions alternatives a què poden arribar.
4. *Comunicar conclusions vàlides:* Aquest procés valora si l'expressió de les conclusions que es dedueixen a partir d'una evidència és apropiada a una audiència determinada. El que es valora en aquest procediment és la claredat de la comunicació més que la conclusió.
5. *Mostrar la comprensió de conceptes científics:* Es tracta de mostrar si hi ha comprensió necessària per a utilitzar els conceptes en situacions distintes en què es van aprendre. Açò suposa no sols recordar el coneixement, sinó també saber exposar-ne la importància o usar-lo per a fer prediccions o donar explicacions en situacions noves.

Aquests procediments s'introdueixen en continguts seleccionats a partir dels següents criteris:

- Que apareguen en situacions quotidianes i tinguen un alt grau d'utilitat en la vida diària.
- Que es relacionen amb aspectes rellevants de la ciència, seleccionar aquells que amb més probabilitat mantinguen la importància científica en el futur.
- Que siguin aptes i rellevants per a detectar la formació científica de l'alumnat.
- Que siguin aptes per ésser utilitzats en processos científics i no sols que correponguen a definicions o classificacions que únicament han de ser recordades.

Són molt coherents amb la recerca en didàctica de les ciències, ja que estan elaborades pels principals investigadors del camp, com Miller, Osborne i altres. En les competències de ciències, demanen als estudiants que siguin capaços d'avaluar proves factuais, de distingir entre teories i observacions, i de valorar el grau de confiança que cal concedir a les explicacions proporcionades. Per això es tenen en compte les relacions CTS a l'hora de triar continguts i per veure en quina mesura els alumnes manifesten competències argumentatives. Es a dir, s'analitza si els alumnes expressen l'argument com una simple opinió o, pel contrari, les afirmacions que ofereixen es recolzen en fets o es justifiquen amb fonaments basats en teories, valors o en altres arguments; si deriven conclusions basades en proves; si critiquen fonamentadament un argument d'una altra persona (Jiménez i Díaz, 2003). També són bastant coherents amb els decrets estatals de ciències, malgrat que en batxillerat no és plantegen competències. Caldria investigar-ne la coherència amb els decrets autonòmics (es poden consultar els ensenyaments mínims, les competències i els criteris d'avaluació de l'ensenyament primari en el BOE núm. 293 (08/12/2006); el currículum de l'ESO en el DOCV 24/07/2007 i el currículum de batxillerat en el DOCV 15/07/2008) i amb el que fa el professorat, que podeu veure al Practicum.

3. L'AVALUACIÓ COM A INSTRUMENT D'APRENTATGE

A.12. Quines haurien de ser les característiques de l'avaluació perquè es convertisca en un instrument d'aprenentatge?

Aconseguir que l'avaluació constitueixi un instrument d'aprenentatge, es convertisca en una avaluació formativa, suposa dotar-la d'unes característiques que trenquen amb les concepcions de sentit comú que hem analitzat succintament en el primer apartat. Resumirem a continuació la discussió d'aquestes característiques (Gil i altres, 1991; Gil i Martínez-Torregrosa, 2005).

- Una primera característica que ha de tenir l'avaluació per a exercir un paper orientador i impulsor del treball de l'alumnat és que pugui ser percebuda com a *ajuda real, generadora d'expectatives positives*. El professor ha d'aconseguir transmetre l'interès pel progrés de l'alumnat i el convenciment que un treball adequat al final produirà els assoliments desitjats, fins i tot si inicialment apareixen dificultats. Convé, per aconseguir-ho, una planificació molt acurada des de l'inici del curs, començar amb un ritme pausat, revisar els prerequisits (perquè no es convertisquen, com sovint ocorre, en un obstacle), plantejar tasques simples, etc.

- Una segona característica que ha de tenir l'avaluació perquè pugui exercir la seua funció d'instrument d'aprenentatge és l'*extensió a tots els aspectes —conceptuals, procedimentals i actitudinals— de l'aprenentatge de les ciències*, que trenque la seua reducció habitual a allò que permet una mesura més fàcil i ràpida: la rememoració repetitiva dels “coneixements teòrics” i l'aplicació igualment repetitiva d'aquests a exercicis de llapis i paper. Es tracta d'ajustar l'avaluació, és a dir, el seguiment i la retroalimentació a les finalitats i prioritats establertes per a l'aprenentatge de les ciències. L'avaluació s'ajusta així a uns criteris explícits d'assoliments que ha aconseguir l'alumnat, al contrari del que ocorre amb l'avaluació que se cenyeix a la “norma” (basada en la comparació dels exercicis per a establir els “millors”, els “pitjors” i el “terme mitjà”) a la qual habitualment s'ajusta, més o menys conscientment, gran part del professorat.
- D'altra banda, a l'hora de fixar els criteris no es pot oblidar que només allò que és avaluat és percebut pels estudiants com a realment important. Cal, per tant, avaluar tot allò que els estudiants fan: des d'un pòster confeccionat en equip als informes del treball dut a terme. Duschl (1995) ha ressaltat, en particular, la importància del quadern de treball o “portadocuments”, en els quals cada estudiant ha d'arreglar i organitzar el coneixement construït i que pot convertir-se —si el professor s'implica en la revisió i millora— en un producte fonamental, capaç de reforçar i sedimentar l'aprenentatge, i evitar adquisicions disperses.
- Si acceptem que la qüestió essencial no és esbrinar quins alumnes són capaços de fer les coses bé i quins no, sinó aconseguir que la gran majoria siga capaç de fer-les bé, és a dir, si acceptem que el paper fonamental de l'avaluació és incidir positivament en el procés d'aprenentatge, cal concloure que ha de tractar-se d'una avaluació al llarg de tot el procés i no de valoracions terminals. Açò no suposa, com sovint interpretem els professors i els alumnes mateixos, “trossejar” l'avaluació realitzant proves després de períodes més breus d'aprenentatge per a obtenir al final una nota per acumulació, sinó, insistim, integrar les activitats avaluadores al llarg del procés amb la finalitat d'incidir-hi positivament, donar la retroalimentació adequada i adoptar les mesures correctores necessàries en el moment convenient. És cert que cinc proves, encara que tinguen un caràcter terminal —després de l'ensenyament d'un determinat domini— és millor que una sola al final del curs; almenys hauran contribuït a impulsar un estudi més regular i a evitar que es perden encara més alumnes; però la incidència d'aquestes en l'aprenentatge continua sent mínima, o, pitjor encara, pot produir efectes distorsionadors. En efecte, sovint la matèria avaluada ja no torna a ser tractada, per la qual cosa els alumnes que han superat les proves poden arribar al final del curs havent oblidat pràcticament tot el que van

estudiar, amb coneixements fins i tot més escassos que aquells que van fracassar inicialment i es van veure obligats a revisar pel seu compte.

S'accentua així, a més, la impressió que no s'estudien les coses per a adquirir uns coneixements útils i interessants, sinó per a passar unes proves. És important, referent a aquest punt, ser conscients de les lleis de l'oblit (Kempa, 1991) i planificar revisions/aprofundiments d'allò que es considere realment important, per tal que l'alumnat aferme aquests coneixements encara que açò obligue, és clar, a reduir el currículum i a eliminar aspectes que, de totes maneres, serien mal apresos i oblidats molt ràpidament.

- Finalment, però no per això menys important, hem de referir-nos a la necessitat que l'alumnat participe en la regulació del seu procés d'aprenentatge (Jorba i Sanmartí, 1995; Alonso, 1995) i els hem de donar oportunitat de reconèixer i valorar els seus avanços, de rectificar les seues idees inicials i d'acceptar l'error com un factor inevitable en el procés de construcció de coneixements.

4. LES ACTIVITATS D'AVALUACIÓ I LA QUALIFICACIÓ

Vistes les característiques fonamentals que una avaluació hauria de tenir per a convertir-se en un instrument eficaç d'aprenentatge, convé ara detenir-se a considerar les maneres concretes de realitzar aquesta avaluació:

A.13. Suggeriu maneres concretes de realitzar l'avaluació que permeten incidir positivament en l'aprenentatge de les ciències.

Cal dir, en primer lloc, que una orientació constructivista de l'aprenentatge permet que *cada activitat realitzada en classe per l'alumnat constituïska una ocasió per al seguiment del seu treball*, la detecció de les dificultats que es presenten, els progressos realitzats, etc. És aquesta una manera d'avaluar extraordinàriament eficaç per a incidir "obre la marxa" en el procés d'aprenentatge, que es produeix a més en un context de treball col·lectiu, sense la distorsió de l'ansietat que produeix una prova individual. Aquesta manera de treballar no elimina, no obstant açò, la necessitat d'activitats d'avaluació individuals que permeten constatar el resultat de l'acció educativa en cadascun dels estudiants i obtenir informació per a reorientar-ne convenientment l'aprenentatge. A aquest efecte, considerem molt convenient realitzar alguna prova menor en la majoria de les classes sobre algun aspecte clau d'allò que s'ha treballat. Açò permet:

- impulsar al treball diari i comunicar seguretat en l'esforç;
- donar informació tant al professor com a l'alumnat sobre els coneixements que es tenen, sobre les deficiències que s'hagen produït, la qual cosa fa possible la incidència immediata sobre aquestes i sobre els progressos realitzats, es contribueix així a crear expectatives positives;
- reunir un nombre elevat de resultats de cada alumne i reduir sensiblement l'aleatorietat d'una valoració única.

En qualsevol cas, sempre és convenient discutir immediatament les possibles respostes a qualsevol activitat plantejada, el que permetrà conèixer si la classe està o no preparada per a seguir endavant amb possibilitats d'èxit. S'afavoreix així la participació de l'alumnat en la valoració dels seus exercicis i en la seua autoregulació (Alonso, Gil i Martínez-Torregrosa, 1995). Es pot aprofitar també aquesta discussió —si es realitza al començament d'una classe— com a introducció al treball del dia, i centrar l'atenció de l'alumnat d'una manera particularment efectiva.

A.14. Considereu, en particular, els pros i contres de l'examen com a manera d'avaluar.

Malgrat l'interès i efectivitat d'aquestes petites proves, els exàmens o proves més extenses continuen sent necessaris. És cert que l'examen és vist sovint com a un simple instrument de qualificació de l'alumnat i és criticat justament pel que suposa d'aleatorietat, tensió que bloqueja, etc. (Gould, 1997); no obstant açò, un examen, o millor dit, una sessió de globalització, és també una ocasió perquè l'alumnat s'enfronte amb una tasca complexa i pose en tensió tots els seus coneixements. Si assumim la crítica a l'examen com un instrument exclusiu de qualificació, cal que ens referim al paper de les sessions de globalització com a una ocasió privilegiada d'aprenentatge si s'acompleixen algunes condicions:

- En primer lloc, és necessari que la sessió supose la culminació d'una revisió global de la matèria considerada, incloent-hi activitats coherents amb un aprenentatge per construcció de coneixements: des d'anàlisis qualitatives de situacions obertes al tractament de les relacions ciència-tècnica-societat; des de la construcció i fonamentació d'hipòtesis, més enllà de les evidències de sentit comú, a la interpretació dels resultats d'un experiment, etc.
- En segon lloc, és molt convenient que el producte elaborat per cada estudiant en aquestes sessions siga retornat comentat el més prompte possible i que es discutisquen, qüestió per qüestió, les possibles respostes, les contribucions positives i els errors apareguts, la persistència de preconcepcions, etc. Els estudiants, amb el seu

producte davant, es mantenen oberts i participatius com mai durant aquestes revisions, que constitueixen activitats d'autoregulació molt eficaces. I és també convenient, després d'aquesta discussió, sol·licitar dels estudiants que facen de nou, amb tota cura, a sa casa la tasca i tornen a lliurar-la. Açò contribueix molt eficaçment a afermar allò que s'ha après, com es pot constatar en els dies següents amb la realització de petits exercicis sobre els aspectes que hagueren plantejat més dificultats.

- És també necessari que les condicions de realització d'aquestes activitats globalitzadores siguin compatibles amb el que suposa una construcció de coneixements que comporta temptatives, rectificacions, etc. i, en particular, que l'alumnat no es veja restringit per limitacions de temps que només són compatibles amb la simple repetició de coneixements memoritzats.

No és possible detenir-se ací en una descripció detallada de cadascun dels moments d'avaluació que s'acaben de referir, ni tan sols entrar a plantejar altres aspectes d'importància com, per exemple, el tipus d'instruments destinats a arregar informació (Geli, 1995). Insistim tan sols, per a acabar, que l'alumnat ha de veure degudament valorades totes les seues realitzacions, tots els seus productes col·lectius o individuals des de la construcció d'un instrument a, molt en particular, el seu quadern o dossier de classe i no solament aquelles plantejades com a proves. S'incrementa així la informació disponible per a valorar i orientar adequadament l'aprenentatge de l'alumnat i es contribueix al fet que aquest veja reconeguts tots els esforços amb el consegüent efecte motivador.

Es tracta, en definitiva, d'aconseguir una total confluència entre les situacions d'aprenentatge i d'avaluació (Pozo i altres, 1992), d'explotar el potencial avaluador de les primeres i dissenyar les segones com a vertaderes situacions d'aprenentatge. Cal també transformar els enunciats de les activitats d'avaluació habituals perquè perdin el seu caràcter d'exercici memorístic o simplement operatiu i afavorisquen una activitat més significativa.

A.15. Analitza aquest ítem tret dels "Exemples d'ítems de coneixement científic. Programa Pisa", on també apareixen els criteris de correcció i comentaris. Quines característiques té? Quins canvis plantegen en el currículum?

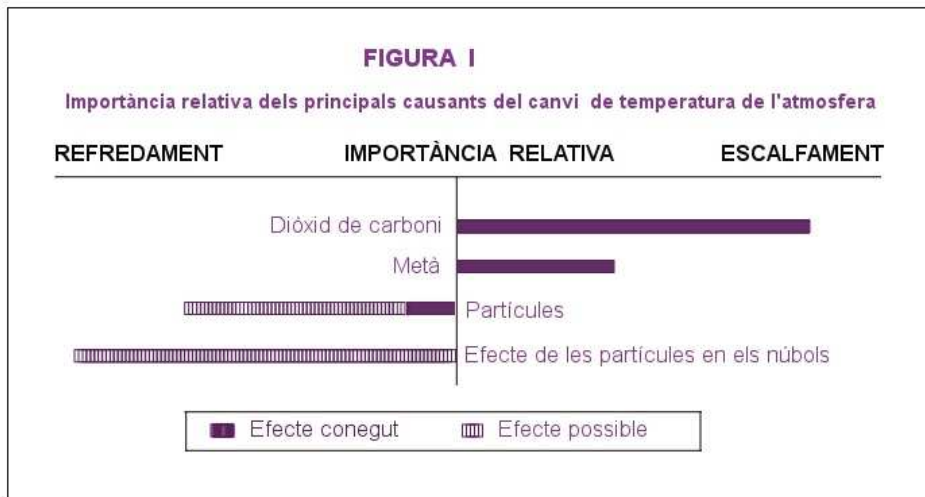
EL CANVI CLIMÀTIC

Llegiu la informació següent i contesteu les preguntes que apareixen a continuació.

Quines activitats humanes contribueixen al canvi climàtic?

La combustió del carbó, la gasolina i el gas natural, així com la desforestació i diverses pràctiques agrícoles i industrials, alteren la composició de l’atmosfera i contribueixen al canvi climàtic. Aquestes activitats humanes han portat a un augment de la concentració de partícules i gasos de l’efecte hivernacle en l’atmosfera.

La importància relativa dels principals causants del canvi de temperatura es representa en la Figura I.



La Figura I mostra que l’augment de les concentracions de diòxid de carboni i de metà produeix un escalfament. L’augment de les concentracions de partícules dóna lloc a dos tipus de refredaments, anomenats “Partícules” i “Efectes de les partícules en els núvols”.

Les barres que s’estenen des de la línia del centre cap a la dreta indiquen un escalfament. Les barres que s’estenen des de la línia del centre cap a l’esquerra indiquen un refredament. Els efectes relatius de les “Partícules” i “Efectes de les partícules en els núvols” són prou dubtosos: en cada cas, l’efecte possible està dins de l’interval representat per la barra morada clara.

ÍTEM: Utilitzeu la informació de la Figura 1 per a desenvolupar un argument que done suport a la reducció de l’emissió de diòxid de carboni per les activitats humanes mencionades.

Característiques de l'ítem.

Àrea: Les ciències de la Terra i del medi ambient (temps i clima).

Tema: Canvi atmosfèric.

Procés: Comunicar conclusions vàlides.

Competència requerida: Interpretació d'evidències i conclusions científiques.

Tipus de resposta: Oberta.

Criteris de correcció:

Puntuació màxima

Puntuació 1: Respostes que indiquen que

- el diòxid de carboni és, relativament, el major causant del calfament global i/o les conseqüències de l'augment del diòxid de carboni són conegudes;
- el diòxid de carboni és, relativament, el major causant de calfament global i/o les conseqüències de l'augment del diòxid de carboni són conegudes, però també menciona que s'han de tenir en compte els possibles efectes de les partícules.

Cap puntuació

Puntuació 0: altres, incloses respostes com

- No indica que el diòxid de carboni és, relativament, el major causant del calfament global.
- No se centra en el fet que les conseqüències de l'augment del diòxid de carboni són conegudes, però també menciona que s'han de tenir en compte els possibles efectes de les partícules.
- Indica que un augment de la temperatura tindrà males conseqüències en la Terra.
- Se centra en les activitats que contribueixen a l'augment de l'emissió de diòxid.

Comentari sobre l'ítem

La pregunta requereix que l'alumnat utilitze la informació proporcionada per a justificar una acció determinada que consisteix en la reducció de l'emissió de diòxid de carboni produïda per l'activitat humana.

Una pregunta posterior (no mostrada ací) demana als estudiants que usen la mateixa informació de manera contrària, per a donar suport al fet que l'activitat humana realment no constitueix un problema. En ambdós casos, les preguntes avaluen la capacitat de comunicar conclusions basades en l'evidència.

En conjunt, les dues qüestions són un exemple de la precaució amb què s'ha d'utilitzar la informació científica en casos complexos. Les preguntes depenen del coneixement de les matèries científiques, com ara per què el refredament i l'escalfament influeixen en el canvi climàtic i com el diòxid de carboni, el metà i les partícules en l'aire poden ser els causants d'aquests efectes. No obstant això, l'objectiu és construir un argument a partir de les dades proporcionades i avaluar la capacitat de comunicar-ho d'una manera adequada. En aquest exemple, es puntua la resposta que identifica la relació que hi ha entre la informació donada i l'argument proposat i no es puntuen les respostes que fallen en l'argument explicatiu de la reducció en l'emissió, encara que mencione les activitats que contribueixen a la producció de diòxid de carboni.

El disseny de les qüestions PISA té un format més obert que les usuals, ja que intenta mesurar competències generals i bàsiques més que coneixements acadèmics, les quals impliquen l'aplicació de coneixements i procediments científics a situacions del món real; açò és, PISA opta per un model d'alfabetització científica conceptual i procedimental (Acevedo, 2005).

Podem analitzar unes altres qüestions en la pàgina web següent: <http://www.ince.mec.es/pub/itemscienciaspisa.pdf>.

A.16. Procediu a transformar algunes activitats extretes d'exàmens presentats anteriorment i concebeu-ne unes altres més adequades. Proposeu, en particular, alguna activitat que afavorisca l'autoregulació dels estudiants.

La transformació d'activitats d'avaluació extretes d'exàmens habituals és una tasca atractiva per al professorat en formació, que, després de les reflexions realitzades fins aquest moment, avancen sense dificultats en el sentit de proposar activitats que afavorisquen l'aprenentatge amb sentit, que permeten posar en joc allò que “de veres” pensen els alumnes. Les propostes solen ser variades i pertinents, i mostren que n'hi ha prou amb un esforç explícit de superar els plantejaments memorístics habituals per a aconseguir bons resultats (Alonso, Gil i Martínez-Torregrosa, 1995).

Afavorir l'autoregulació de l'alumnat de primària no és fàcil, per açò potser calga limitar-ho al tercer cicle. Es pot, per exemple, presentar directament a l'estudiant una resposta errònia, suposadament pertanyent a una altra persona, però que és molt probable que coincidisca amb el seu pensament i demanar-li que la corregisca. D'aquesta manera s'aconsegueix que adopte una actitud de reflexió crítica i no es deixi portar pel que sembla obvi.

Una altra manera d'afavorir-la i, en definitiva, d'aconseguir que siguin conscients del que s'està tractant i per què, quant s'ha avançat i el que queda per avançar, proposar recapitulacions periòdiques, construcció de mapes conceptuals, etc., i, molt en particular, l'acurada elaboració i revisió del quadern de treball o “portadocuments” (Duschl, 1995).

El treball realitzat fins ací ens ha permès trencar amb l'habitual identificació entre avaluació i qualificació dels estudiants. Cap plantejar-se, no obstant això, si la qualificació conserva alguna funcionalitat en la nova proposta avaluadora.

A.17. Avaluar no és simplement qualificar, però quina idea de qualificació pot derivar-se de les finalitats i característiques de l'avaluació discutides fins aquest moment?

La qualificació pot ser convenient —a més de constituir una exigència social difícilment evitable com a complement de l'avaluació formativa que hem intentat fonamentar—, però açò exigeix també una profunda modificació de l'ús i sentit de la qualificació (Gil i Martínez, 2005):

- En primer lloc, la qualificació ha de ser una *estimació* dels assoliments de cada estudiant, una indicació del grau de consecució dels objectius que es persegueixen. A més, la qualificació no hauria de tenir, com sovint ocorre, una funció comparativa i discriminatòria, en la qual la valoració d'un estudiant depèn dels resultats dels altres, atenent a una "norma" que aproxima les qualificacions a una gaussiana (amb, per definició... una meitat d'estudiants fracassats!). Per contra, cada estudiant ha de saber que una qualificació positiva depèn exclusivament que aconseguisca els assoliments que es persegueixen. És més, ha de saber que aquests assoliments s'ajusten a allò que els estudiants de la seua edat poden arribar a realitzar i són perfectament assolibles.
- En segon lloc, la qualificació ha de constituir una estimació qualitativa que utilitze categories àmplies (no té sentit una qualificació numèrica del tipus 6,75), que es recolze en una diversitat d'elements i es justifique amb comentaris detallats. Com més elements es puguen prendre en consideració (incloses, molt en particular, les activitats ordinàries d'aprenentatge realitzades a classe) i com més àmplies siguen les categories, més fiables i fàcils de consensuar resulten les estimacions. De fet, una qualificació d'aquestes característiques permet que no hi haja discrepàncies sensibles entre les valoracions del professor i les de l'estudiant mateix (o la que poden realitzar els seus companys). A més, una avaluació contínua (un seguiment continu, basat en una pluralitat d'elements com els descrits) proporciona una percepció bastant ajustada del domini aconseguit pels estudiants, tant al professor com a ells mateixos.
- Tota qualificació ha de ser presentada com una indicació provisional i ha d'anar acompanyada, en cas necessari, de propostes d'actuació per a millorar-la (i de la comunicació d'expectatives positives en aquest sentit). No és el mateix, per descomptat, donar a un estudiant una valoració d'"insuficient" que explicar-li que ha de realitzar progressos en tals i tals altres aspectes per a aconseguir una valoració global positiva, estimular-lo en la realització de les tasques corresponents i donar-li suport amb un seguiment adequat.

Aquesta naturalesa de les qualificacions com indicacions provisionals, destinades a afavorir l'autoregulació dels estudiants, pot veure's reforçada si se substitueixen les

valoracions negatives, del tipus “insuficient”, per un “pendent de qualificació” sense connotacions de rebuig. Però no es tracta, és clar, de proposar un simple canvi de denominació, sinó de plantejar amb claredat que l’avaluació té com a finalitat afavorir uns determinats assoliments i que el treball ha de continuar fins a aconseguir-los *en el temps que calga*. Fins i tot si açò implica, en algun cas, continuar els mateixos estudis el curs següent, cal presentar aquesta prolongació com una cosa positiva, com una adaptació al ritme que l’estudiant pot portar en aquest moment determinat, amb el convenciment que així afermarà la preparació per a prosseguir millor els estudis. Es tracta, en definitiva, d’introduir ací la mateixa flexibilitat que es té amb el període de formació d’un investigador, el mateix convenciment que el factor essencial és arribar a un producte satisfactori i transmetre expectatives positives al respecte.

Cal que assenyallem, finalment, que una qualificació amb aquestes característiques s’integra coherentment en la proposta d’avaluació com a instrument d’aprenentatge i la seua assumptió genera expectatives positives que es tradueixen en millors resultats i en una nova manera d’enfocar les relacions entre professorat i alumnat, més d’acord amb la proposta d’aprenentatge com una investigació dirigida.

5. L’AVALUACIÓ COM A INSTRUMENT DE MILLORA DE L’ENSENYAMENT

La proposta d’avaluació com a instrument de millora de l’aprenentatge és insuficient si no s’estén a l’avaluació a l’activitat del professorat i al currículum mateix (Imbernon, 1990; Rodríguez, Gutiérrez i Molledo, 1992; Porlán, 1993; Santos, 1993), és a dir, si no es contempla també com un instrument de millora de l’ensenyament, del currículum, i fins i tot del funcionament del centre i de tot el sistema educatiu. Ens ocuparem ací breument de l’avaluació de l’ensenyament, és a dir, de l’activitat del professorat, i del currículum.

A.18. Quins aspectes de l’activitat del professorat de ciències convindria sotmetre a avaluació? Es tracta de contemplar tot allò que puga tenir una incidència, directa o indirecta, en la qualitat de l’ensenyament.

Pel que fa a l’avaluació de l’ensenyament, la idea central continua sent concebre l’avaluació com un instrument de seguiment i regulació per a la millora del procés, atenent les diverses dimensions de l’acte educatiu. En particular, cal atendre al paper dels docents com a responsables de la creació d’un clima d’aula i de centre (Perales i Cañal, 2000) susceptibles de facilitar la implicació de l’alumnat en tasques d’interès. En l’annex II es presenta un conjunt de qüestions construïdes amb aquests plantejaments (Carrascosa i altres, 1991) i que han sigut utilitzades amb estudiants de secundària

(alguns aspectes tractats al qüestionari, com la resolució de problemes, no són pertinents per al professorat de primària, per tant, per a utilitzar-lo l'haurien d'adaptar). Es pot demanar als estudiants, com en moltes ocasions, que, en coherència amb allò que s'ha exposat sobre l'avaluació del professor i a manera de tasca pràctica, valoren aquests aspectes de la seua activitat.

A.19. Indiqueu el que, en la vostra opinió, seria un centre educatiu eficaç i proposeu, a títol d'hipòtesi, quines haurien de ser-ne les característiques.

Les preguntes que hem plantejat en aquesta activitat (què podem entendre per una escola eficaç i quines haurien de ser-ne les característiques) es relacionen amb l'origen d'una línia d'investigació particularment interessant: la denominada Effective School Research. Ens detindrem breument a analitzar-ne els resultats i els acararem amb les respostes temptatives donades a aquestes preguntes pel professorat en formació.

L'Effective School Research és una línia d'investigació que contrasta amb la generalitat de les investigacions educatives que, com sabem, solen partir de les dificultats, d'allò que funciona malament, amb el propòsit de comprendre'n les causes i concebre i assajar-hi solucions. L'enfocament de l'Effective School Research (Rivas, 1986) ha sigut radicalment diferent ja que ha consistit a cercar un nombre suficient de centres en els quals l'ensenyament funcione bé, és a dir, en els quals l'alumnat i el professorat se senten a gust, en els quals l'alumnat isca ben preparat i amb desitjos de prosseguir estudis superiors, etc., i veure què és el que caracteritza aquests centres.

Els resultats de més de 20 anys d'investigació entorn de les escoles eficaces (Rivas, 1986) permeten referir-se a les característiques següents d'aquestes:

- Les altes expectatives que el professorat dels centres eficaços tenen i transmeten a l'alumnat. Pot ser interessant ací recordar moltes altres investigacions a les quals ja ens hem referit en aquest mòdul com la de Spear i d'altres similars inclòs "l'efecte Pigmalíó".
- El temps escolar d'aprenentatge, entès com a tal el que correspon a una implicació activa de l'alumne en les tasques, sempre que aquestes estiguen programades per a produir una notòria proporció d'èxits.
- El seguiment continu del treball de l'alumnat i la retroalimentació que el professorat proporciona de les tasques realitzades, sempre des de l'òptica d'una valoració positiva, d'una ajuda al progrés.
- Un ambient ordenat i distès de disciplina compartida, més pròxim al clima d'un centre d'investigació que al de les aules en les quals es percep "una atmosfera de

control (...) que el professor manté amb grans i deliberats esforços”, com correspon a una situació de “treballs forçats”...

Tots aquests factors es refereixen al clima de l'aula i resulten coherents, com dèiem, amb les orientacions del model d'aprenentatge de les ciències com a investigació dirigida. Alguns d'aquests factors, com l'ambient ordenat de treball, l'autodisciplina compartida, etc., són igualment vàlids pel que fa al clima del centre, però, com és lògic, aquest té les exigències pròpies que són també ressaltades per l'Effective School Research i que resulten coherents amb tot el que s'ha vist fins ací sobre la importància de la dimensió axiològica.

- L'existència d'un projecte de centre, elaborat amb la participació de l'alumnat i tota la comunitat educativa. Es tracta d'establir un conjunt limitat d'objectius bàsics, ben definits i assolibles, sobre els quals es concentren els esforços de tots els membres de la comunitat escolar.
- En estreta relació amb el punt anterior destaca la participació del professorat de les escoles eficaces en tasques d'(auto)formació permanent i la implicació d'aquests en innovacions i investigacions educatives. El professorat adquireix així les característiques d'“investigadors en l'acció” que realitzen un treball obert, creatiu i rellevant, que els permet superar el clima de frustració que, en ocasions, acompanya l'activitat docent, així com les expectatives socials entorn d'aquells que poden o no rebre una educació científica, a les quals ja ens hem referit, etc.

Com assenyalàvem al principi, es tanca així el cercle d'una sèrie de factors clarament interdependents. Perquè, com podria pensar-se que l'aprenentatge de l'alumnat tinga les característiques d'una investigació, si la direcció d'aquest treball no constitueix per a nosaltres, el professorat, una activitat creativa?

Referències bibliogràfiques

- ACEVEDO, J. A. (2005). “TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 2(3), pàgs. 282-301.
- ALONSO, M.; GIL, D. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1992 a). “Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación. Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento”, *Revista de Enseñanza de la Física*, núm. 5 (2), pàgs. 18-38.
- ALONSO, M.; GIL, D. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1992 b). “Los exámenes en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación”, *Enseñanza de las ciencias*, núm. 10 (2), pàgs. 127-138.
- ALONSO, M.; GIL, D. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1995). “Actividades de evaluación coherentes con una propuesta de enseñanza de la Física y la Química como investigación: actividades de autorregulación e ínter regulación”, *Revista de Enseñanza de la Física*, núm. 8 (2), pàgs. 5-20.
- BAIRD, J. R. (1986). “Improving learning trough enhanced metacognition: A classroom study”, *European Journal of Science Education*, núm. 8 (3), pàgs. 263-282.
- CARRASCOSA, J.; FERNÁNDEZ, I.; GIL, D. i OROZCO, A. (1991). “La visión de los alumnos sobre lo que el profesorado de ciencias ha de saber y saber hacer”, *Investigación en la Escuela*, núm. 14, pàgs. 45-61.
- DUSCHL, R. (1995). “Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 13 (1), pàgs. 3-14.
- FRASER, B. J. (1994). “Research on classroom and school climate”, en GABEL, D. L. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and learning*, Nova York, McMillan Pub Co.
- GELI, A. (1995). “La evaluación de los trabajos prácticos”, *Alambique*, núm. 4, pàgs. 25-32.
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori.
- GIL, D. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (2005). “¿Para qué y cómo evaluar?”, pàgs. 159-183, en GIL, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P. i VILCHES, A. (eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?*, Santiago, UNESCO.

- GOULD, S. J. (1997). *La falsa idea del hombre*, ed. Revisada i ampliada, Barcelona: Crítica.
- IMBERNON, F. (1990). “La formación del profesorado”, *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 178, pàgs. 88-97.
- JORBA, J. i SANMARTÍ, N. (1993). “La función pedagógica de la evaluación”, *Aula de Innovación Educativa*, núm. 20, pàgs. 20-23.
- JORBA, J. i SANMARTÍ, N. (1995). “Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos”, *Alambique*, núm. 4, pàgs. 59-77.
- KEMPA, R. F. (1991). “Students’ learning difficulties in science. Causes and possible remedies”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 9 (2), pàgs. 119-129.
- LALUEZA, C. (2001). *Races, racisme i diversitat*, Alzira, Bromera i Universitat de València.
- LEWONTIN, R. C.; ROSE, S.; KAMIS, L. J. (1996). *No está en los genes*, Barcelona, Grijalbo.
- OLIVA, J. M. i ACEVEDO, J. A. (2005). “La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 2 (2), pàgs. 241-250.
- PERALES, F. J. i CAÑAL, P. (2000). “Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias”, Alcoi, Marfil.
- POZO, I.; GÓMEZ, M. A.; LIMÓN, M. i SANZ, A. (1992). “Procesos cognitivos de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química”, CIDE, MEC, Colección Investigadora.
- Programa PISA (2005). *Ejemplo de ítems de conocimiento científico*, Madrid, MEC, <<http://www.institutodeevaluacion.mec.es/publicaciones/?IdCategoriaPublicacion=3#indice0>>.
- RIVAS, M. (1986). “Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica”, *Bordón*, núm. 264, pàgs.693-708.
- RODRÍGUEZ, L. M.; GUTIÉRREZ, F. A. i MOLLEDO, J. (1992). “Una propuesta integral de evaluación en Ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 10 (3), pàgs. 254-267.
- SANTOS, M. A. (1993). “La evaluación: un proceso de diálogo, comprensión y mejora”, *Investigación en la Escuela*, núm. 20, pàgs. 23-35.
- SATTERLY, D. i SWAM, N. (1988). “Los exámenes referidos al criterio y al concepto de ciencias: un nuevo sistema de evaluación”, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 6 (3), pàgs. 278-284.

Annex 1. EL PROJECTE PISA

El projecte PISA (Programme for International Student Assessment) va ser iniciat el 1997 pels governs dels països membres de l'Organization for Economic Cooperation and Development (OECD en anglès; OCDE en català i castellà). El seu propòsit era realitzar avaluacions transnacionals i oferir els resultats obtinguts sobre el rendiment educatiu de l'alumnat dels estats membres. Es tracta d'un projecte obert al qual se sumen països nous en cada avaluació i, fins i tot, dins de cada país participen regions, nacionalitats o comunitats autònomes.

Cada vegada que es desenvolupen aquestes proves, s'avaluen en cada país entre 4.500 i 10.000 alumnes. Els resultats de les avaluacions PISA permeten als administradors i gestors de la política educativa comparar el funcionament dels seus sistemes educatius amb el d'altres països i prendre decisions en l'àmbit nacional. PISA pretén ajudar-los a orientar les polítiques educatives i impulsar reformes en l'ensenyament i la millora dels centres educatius, sobretot en aquells casos en què s'obtenen pitjors resultats disposant de recursos similars.

PISA no és l'únic estudi transnacional que s'utilitza per a comparar el rendiment de l'alumnat. Durant els últims 40 anys s'han realitzat diversos estudis, la majoria dirigits per la International Assessment for Educational Progress (IAEP) de l'Educational Testing Service (ETS) i per la IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement), com el TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), que avalua cada 4 anys els coneixements i les habilitats matemàtics i científics que s'espera que han d'aprendre a l'escola, i el PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study), que seria el corresponent per a les habilitats lectoescriptores. A més, aquests estudis informen sobre els temes que el professorat desenvolupa a classe així com la gestió i cultura escolar del centre, entre altres.

Aquestes altres avaluacions s'han centrat en resultats directament relacionats amb el currículum i, per tant, sols en aquelles parts d'aquest que són comunes a tots els països participants. Per contra, l'objectiu fonamental del projecte PISA és conèixer la preparació dels estudiants de 15 anys d'edat per afrontar els reptes quotidians de la vida adulta. Com que PISA no és un projecte rigorosament vinculat al currículum, es facilita la comparació de resultats entre països, amb independència de l'organització de l'ensenyament que aquests tinguen.

Les proves es realitzen a l'alumnat de 15 anys. Es considera que és el moment idoni perquè, encara que la major part dels joves dels països de l'OCDE continuen l'educació després d'aquesta edat, als 15 anys estan pròxims a finalitzar el període d'escolarització

obligatòria, en el qual els estudiants han seguit, per regla general, un currículum bàsic comú.

L'objectiu bàsic del projecte PISA és avaluar la formació necessària de l'alumnat per a la vida adulta. No es tracta d'una avaluació estricta, ja que cada país participant té el seu propi currículum, sinó que hi adquireix una importància capital el concepte de competència. Es pretén constatar la capacitat de l'alumnat per aplicar coneixements, transferir-los a conceptes nous i resoldre situacions semblants als reptes de la vida pràctica. Per tant, ofereix un enfocament funcional. Fins ara, s'ha centrat en les competències d'alfabetització lectora (any 2000), matemàtica (2003) i científica (2006).

Cal fer notar que, per tal de poder fer un seguiment dels progressos en cadascuna de les tres àrees, en les diverses ocasions en què s'ha aplicat PISA, s'han plantejat qüestions dels tres tipus d'alfabetització assenyalats, però en cada ocasió s'ha posat l'accent en una àrea específica de coneixement, a la qual se li han dedicat dos terços del temps total de les proves d'avaluació.

Dels 57 països avaluats, 30 són els integrants del conegut "club dels països desenvolupats" de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE), i presenten una qualificació mitjana de 500 punts. Per baix d'aquests 500 punts de mitjana se situen països com els Estats Units (489), Espanya (488), Noruega (487), Itàlia (475) i, molt per baix, tancant la llista de l'OCDE, Turquia (424) i Mèxic (410). En aquest informe es valoren per primera vegada les capacitats científiques de l'alumnat, en les quals els estudiants finlandesos obtingueren 563 punts, molt per davant dels de Hong Kong (542), que es col·locaren en segona posició, seguits pels de Canadà (534), Taiwan (532), Estònia i Japó (531).

En les avaluacions realitzades fins ara, Espanya mostra uns resultats mediocres, i s'hi pot observar que els escolars espanyols no arriben a la mitjana en cap dels resultats publicats.

A més, si comparem els resultats dels alumnes espanyols en les proves dels anys 2003 i 2006 s'aprecia que, el 2006, la comprensió lectora de l'alumnat espanyol de 15 anys ha baixat d'una manera "molt notable" (de 481 a 461 punts), la de matemàtiques és "lleugerament inferior" (485 a 480) i la de ciències a penes varia en comparació amb el 2003 (puja de 487 a 488).

Altres països no pertanyents a l'OCDE que també participen en el projecte PISA també se situen per baix d'esta mitjana: Xile amb 438 punts, Uruguai (428), Argentina (391), Brasil (390) i Colòmbia (388).

Annex II: QÜESTIONARI PER A L'ANÀLISI DEL FUNCIONAMENT DE LA CLASSE

(Amb la finalitat de millorar el funcionament de la classe, valoreu de 0 a 10 en quina mesura els aspectes següents formen part del comportament del professor.)

- 1. Tracta per igual a les alumnes i els alumnes.** No fa cap distinció entre xics o xiques, a tots pregunta amb la mateixa freqüència, en valora igualment les intervencions a classe i els exàmens, els exigeix el mateix, etc.
- 2. Coneix i domina la matèria que ensenya.** Coneix bé els continguts que imparteix i sap contestar o preparar les respostes adequades a les preguntes de l'alumnat.
- 3. Té en compte els resultats de l'avaluació.** Analitza els resultats obtinguts per l'alumnat en la seua assignatura i es preocupa per introduir tots els canvis necessaris per a millorar-los.
- 4. Té comportaments personals que contribueixen al fet que s'estudie la seua assignatura més eficaçment i més a gust.** Es tracta de jutjar si presenta almenys algunes qualitats com les següents: és amable amb l'alumnat, està obert a les crítiques, té sentit de l'humor, arriba puntualment a classe, inspira confiança, etc.
- 5. El seu ensenyament no és només de continguts, sinó que se centra també en aspectes metodològics importants.** No pretén només que l'alumnat adquireisca coneixements d'un sol tipus, sinó que es preocupa també per aspectes metodològics i proposa amb freqüència activitats on aquests hagen d'inventar hipòtesis, dissenyar experiències, etc.
- 6. Demostra interès per la seua matèria i per l'ensenyament.** Mostra dedicació i entusiasme pel seu treball, es preocupa per fer les coses bé i fa l'efecte que li agrada l'ensenyament.
- 7. Té en compte les idees prèvies de l'alumnat.** Abans d'introduir conceptes o coneixements nous o en plantejar algun problema, per exemple, es preocupa en general per saber quines són les idees (encertades o no) que l'alumnat puga tenir-hi al respecte, en valora les opinions, els punts de vista, etc.
- 8. Es prepara les classes.** Porta preparat prèviament allò que es tractarà a classe i es nota que ha reflexionat abans, en general, sobre la majoria de les activitats que es proposen.
- 9. Sap crear i mantenir un bon ambient de treball a classe.** En les seues classes no es perd el temps i sol haver-hi un clima de treball que permet traure'n un bon profit.
- 10. S'esforça per conèixer personalment tots els alumnes.** Quan per exemple, algun no va molt bé, s'interessa personalment a saber quins problemes té i intenta animar-lo i ajudar-lo en la mesura que siga possible, valora positivament els progressos que es fan, no ridiculitza ningú, respecta l'alumnat, etc.
- 11. Fa les classes actives i participatives.** Durant les classes no parla només ell o ella, sinó que també fa intervenir l'alumnat amb freqüència i proposa activitats problemàtiques on aquests exposen i contrasten les idees, estableixen els punts en comú, presenten conclusions, etc.
- 12. Explica amb claredat.** Presenta els continguts i els problemes que cal tractar de manera lògica i coherent i quan s'expressa sol fer-ho de manera clara i comprensible.

13. **Utilitza didàcticament la història de la ciència.** En la classe se sol manejar la història de la ciència, per mostrar, per exemple, com es van desenvolupar alguns conceptes científics, idees de l'època contra les quals calgué lluitar, implicacions socials i importància d'alguns descobriments científics...
14. **Proposa treballs pràctics com a petites investigacions.** Es realitzen alguns treballs pràctics on l'alumnat no es limite a seguir unes instruccions ja donades, sinó que ells mateixos han d'emetre hipòtesis, suggerir possibles muntatges per a realitzar un experiment, etc.
15. **S'assegura que l'alumnat domine els coneixements i les habilitats necessaris abans d'abordar un tema nou o tasques més complexes.** Abans de començar a estudiar un tema, per exemple, dedica si cal algun temps destinat a revisar els coneixements previs imprescindibles perquè l'alumnat pugui entendre allò del que parlarà i tingui confiança en la seua capacitat per a seguir endavant.
16. **Insisteix que s'analitzen sempre els resultats.** No es conforma que l'alumnat enuncie una resposta a una qüestió o done simplement els resultats numèrics dels problemes o dels treballs pràctics, sinó que demana que s'analitzen críticament, es comparen els uns amb els altres, se n'extraguen conclusions, etc.
17. **En la seua assignatura se segueix un fil conductor clar.** Intenta que l'alumnat conega en tot moment on està i què és el que es tractarà a continuació. El temari que cal seguir té una justificació i no s'estudien temes que no tenen res a veure entre ells. Per contra, tot encaixa progressivament i es construeix un conjunt coherent de coneixements.
18. **Té en compte aspectes socials de la ciència.** En les seues classes, es tracten alguns problemes derivats de les relacions entre la ciència, la tècnica i la societat, i es consideren, per exemple, els possibles avantatges i inconvenients que per a la societat tenen diversos descobriments científics, les seues aplicacions tècniques més importants en la vida real, etc.
19. **Abans de començar pròpiament l'estudi d'un tema, sap motivar l'alumnat cap aquest.** No comença els temes entrant immediatament en matèria. Primer intenta interessar l'alumnat cap al que s'estudiarà, per exemple mitjançant activitats on se'n ressalte la importància, aplicacions, etc.
20. **Dedica temps suficient perquè l'alumnat manipule i assimile els coneixements nous a mesura que aquests s'introdueixen.** Els temes es veuen a una velocitat raonable i es dedica el temps necessari perquè l'alumnat manipule els conceptes en diverses situacions, assimile els coneixements nous, etc.
21. **Proposa activitats de síntesi, recapitulació, etc.** En acabar l'estudi d'un tema o d'un bloc de temes, no es passa immediatament a un altre, sinó que sol proposar activitats de revisió, com per exemple elaborar esquemes, síntesis, etc.
22. **Sap dirigir el treball en grup de l'alumnat.** L'alumnat a classe està distribuït en grups reduïts de treball i el professor o professora en dirigeix el funcionament, proposa les activitats, en valora les intervencions, orienta, aporta informació quan és necessari, etc.
23. **No ignora els alumnes que van malament en l'assignatura,** sinó que per contra, s'hi interessa, els anima a participar i tracta d'ajudar-los perquè es posen al mateix nivell que la resta.
24. **Valora tot el treball realitzat i ensenya a guardar-lo de manera ordenada.** Es preocupa perquè el treball realitzat no es perda, sinó que, per contra, totes les activitats que realitzaran es guarden d'una manera ordenada, inclosos exàmens, pràctiques, etc., de manera que pugui tornar a utilitzar-se, repassar, etc.
25. **Aconsegueix que l'alumnat s'adone del que va aprenent.** Proposa activitats que fan que s'adonen del que realment van aprenent i els augmenten la confiança en la capacitat per a progressar en els coneixements de l'assignatura.

- 26. Sap despertar interessos nous en l'alumnat.** Planteja l'ensenyament de manera que no solament connecta amb moltes de les coses que els interessin, sinó que també és capaç d'aconseguir que s'interessin per altres temes nous que desconexien o als quals no paraven esment.
- 27. Justifica els continguts que es tractaran.** Quan per exemple es comença a estudiar un tema, se sol esforçar en justificar d'alguna manera els continguts que s'estudiaran al llarg d'aquest i a establir un fil conductor entre els diversos apartats.
- 28. Prepara prèviament les proves o exàmens globals,** dedica algunes sessions prèvies a revisar els continguts més importants, resoldre possibles dubtes, etc.
- 29. Realitza una correcció pública dels exàmens.** Reparteix els exàmens corregits a l'alumnat i dedica alguna sessió a corregir-los, comenta els errors més freqüents, explica els dubtes, el sistema utilitzat per a valorar-lo, etc.
- 30.** Per a finalitzar, enuncieu tots els aspectes que considereu importants en un professor(a) perquè pugui ensenyar bé la matèria, que no s'hagen citat aquí, i qualifiqueu entre zero i deu el grau en què el vostre professor(a) posseeix cadascun.