

EXPERIMENTACIÓ AMB TECNOLOGIA E^xAC DES D'UNA ORIENTACIÓ DE L'ENSENYAMENT COM A INVESTIGACIÓ

SOLER-SELVA, VICENT, F.¹ y GRAS MARTÍ ALBERT²

¹ Institut d'Ensenyament Secundari Sixto Marco

Av. de Santa Pola, 6. E-03203 Elx. Alacant

vicent@medtelecom.net

² Departament de Física Aplicada, Universitat d'Alacant

agm@ua.es

<http://www.ua.es/dfa/agm> <http://www.curiedigital.net>

Resum. Es proposa la integració d'experiments quantitius en les classes de física o de química mitjançant l'experimentació assistida per calculadora gràfica (E^xAC). Aquesta integració reforça el procés d'ensenyament-aprenentatge i encaixa amb l'orientació de l'ensenyament com a investigació dirigida. S'insisteix en la conveniència de no separar allò que tradicionalment s'ha anomenat *treball pràctic de la teoria i problemes*, és a dir, d'harmonitzar en comptes d'atomitzar. Aquesta harmonització s'afavoreix orientant l'experimentació cap a dissenys senzills que permeten centrar l'atenció en l'ús d'idees més que no pas en el muntatge d'aparells complexos. S'hi donen alguns exemples concrets d'actuació en l'aula.

Paraules clau. Calculadora gràfica programable, ensenyament secundari, treballs pràctics.

Summary. We propose to integrate the performance of quantitative experiments in the physics or chemistry lectures by means of E^xAC (Experimenting with the Aid of a graphics Calculator). This integration reinforces the teaching-learning process and fits perfectly well into the framework of science teaching by guided research. We insist on the convenience of not separating what has traditionally been called «practical work» from the «recitation and problem-solving sessions», i.e., in harmonizing instead of atomizing. This harmonization is favoured if one orients the experiments towards simple designs that allow to concentrate one's attention in the manipulation of ideas and not in complex set ups. Some specific examples of in-class practice are also given.

Keywords. Graphing/programmable calculator, high school, laboratory work, guided research.

«A Despira, s'hi arriba de dues maneres:
en vaixell o en camell. La ciutat es presenta diferent
a qui ve per terra o a qui ve per mar.»

Italo Calvino. *Les ciutats invisibles*.

CIÈNCIES EXPERIMENTALS SENSE EXPERIMENTS?

Molts alumnes de secundària s'introdueixen en l'estudi de la física i química, ciències experimentals, fent pocs o cap treball pràctic. En particular, els llibres de text no s'estenen generalment massa en suggeriments experimentals (Rivera i Izquierdo, 1996). Estudis anteriors (Tamir i García, 1992) havien arribat a conclu-

sions semblants: «el nombre d'exercicis pràctics de laboratori continguts en molts dels llibres de text analitzats és prou baix [...] i gairebé no es té en compte el potencial del treball de laboratori per a fer evident l'aprenentatge de conceptes»; la problemàtica, doncs, ve de lluny.

Per contra, l'experimentació té certament atractius per a l'estudiant. Així, en preguntar l'alumnat de secundària què és el que més li agrada o què és el que espera d'un curs d'introducció a la física i química, cap alumne no se'n oblidava de dir que «fer experiments». Potser el que demanen és «veure» i «acció» (Di Stefano, 1996). Caldria no menysprear aquestes expectatives; al contrari, aprofitar-les com a element motivador per avançar en l'aprenentatge de les ciències.

L'actitud del professorat també hi compta. Diversos treballs fan palesa una «visió empirista de la ciència com a tendència majoritària entre els professors» (Porlán i Marín, 1996), però el que passa dins l'aula és ben distint: «tot i la importància donada [verbalment] a l'observació i experiments, l'ensenyament, en general, és purament llibresc, sense gairebé cap treball experimental» (Gil, 1993). Així, doncs, en el desenvolupament de les classes de ciències sembla donar-se una contradicció.

No hem d'oblidar, però, que s'ha constatat que, moltes vegades, després de la realització de treballs pràctics i malgrat la bona predisposició dels alumnes, aquests han quedat decebuts. Hem d'afegir, a més a més, que aquest «veure» experimental no ens garanteix un canvi durador i un aprenentatge significatiu permanent, com ens recorden amb exemples Hierrezuelo i Montero (1991). Per aquests motius d'un temps ençà es qüestiona l'eficàcia de la realització d'experiències en la forma concebuda clàssicament (González, 1992; Hodson, 1994; García-Sastre, 1998; Izquierdo et al., 1999). En concret, es proposa una revisió dels treballs pràctics (com també del procés global d'ensenyament-aprenentatge), introduint-hi uns canvis que l'apropen vers les maneres del treball científic (Gil, 1993). Val a dir que aquests plantejaments de renovació estan dirigits a tots els nivells educatius, incloent-hi l'universitari (Insausti, 1997; García-Sastre, 1998; Salinas, 1998).

EXPERIMENTS AMB OBJECTIUS I MÈTODES INNOVADORS

Davant d'aquesta panoràmica, cal posar remei a l'absència de treballs pràctics en la docència habitual de les ciències, però cal fer-ho tenint en compte les consideracions anteriors i les orientacions didàctiques més fonamentades.

El que es presenta ací no suposa cap revolució metodològica, ni és totalment original: els canvis més importants proposats per al treball pràctic vénen de ben enrere (Calatayud et al., 1978, 1980). Tampoc no es pretén dir ací el que cal fer —els èxits sempre són parcials—, sinó el que fan els autors: es proposa reflexionar sobre el profit que se'n pot derivar de la realització de demostracions d'aula seguint determinades orientacions i amb el concurs d'una tecnologia didàctica recent. És fàcil arribar al convenciment que la seua execució és més beneficiosa que perjudicial. Sobretot si aquests treballs pràctics són substituïts per no-res. Es tracta, en definitiva, de mostrar un recurs més al qual pot acudir el docent d'una manera relativament fàcil.

No es tracta, tampoc, de recuperar un empirisme-inductivisme, fortament i reiteradament contestat (Carrascosa et al., 1993), ni tampoc apuntar-se a corrents que atribuirien a l'experimentació i la tecnologia un paper tan secundari que sembla se'n pogués prescindir. Ja s'ha insistit suficientment en altres llocs (Gil, 1994) que l'ensenyament habitual (llibre de text, transmissió verbal, pràctiques de laboratori massa dirigides...) no ha contribuït gaire a produir aprenentatges significatius. Per aquest motiu, com s'ha dit adés, el que aquí s'exposa és recórrer a l'experimentació per a crear situacions problematitzades, en definitiva, per a contribuir a «la creació d'un context de resolució de problemes» (Martínez-Torregrosa i Verdú, 1992). El treball pràctic s'entén integrat en el conjunt d'activitats programades pel professorat per actuar en l'aula o fora. Al cap i a la fi, s'ha de tenir present que en la pràctica científica mai no s'experimenta al marge d'una teoria o d'un model sobre el problema investigat. A més a més, la realització «d'experiments sense pensar o escriure sobre ells no aporta gran cosa a la classe de ciències» (Izquierdo, 1996). Per tot això, assolirà una importància fonamental allò que es faci tant prèviament com amb posterioritat a l'etapa pròpia de mesura i observació.

S'afegeixen a continuació unes consideracions generals sobre els treballs pràctics, que poden contribuir a clarificar posicionaments actuals. La primera pregunta que caldria plantejar-se és si cal fer o no treballs pràctics en l'ensenyament de la física i química. De la consulta de la literatura citada més amunt podem extraure les conclusions següents:

- Ningú no proposa que les activitats pràctiques s'han d'abandonar.
- Cal (re)pensar el paper, naturalesa i objectius de les pràctiques.
- No s'ha de reduir el treball pràctic a exercicis en els quals els estudiants realitzen activitats o manipulacions guiats per clares i precises instruccions («receptes de cuina»).
- L'adquisició de tècniques o destreses de laboratori tenen poc valor en si mateixes, en particular si no han de fer-se servir més endavant.
- Les demostracions d'aula poden ser útils en una àmplia extensió de situacions.

En les mateixes referències es poden trobar algunes orientacions per al desenvolupament de les experiències:

- El treball pràctic s'ha de considerar com un mètode que permeti ampliar el coneixement teòric o comprendre'l, més que una activitat relacionada amb el desenvolupament d'habilitats específicament pràctiques.
- Els alumnes necessiten unir les pràctiques a la seua estructura conceptual; en cas contrari, les recordaran com una sèrie d'experiències desconnectades (Driver, 1986).
- Les pràctiques han d'emprar-se per a «posar l'alumne en situació de produir —o reconstruir— aquells coneixements que la didàctica tradicional es limita a transmetre ja elaborats» (Calatayud et al., 1980).

- S'ha de tenir clar el propòsit d'una lliçó concreta i triar l'activitat d'aprenentatge que s'adapte millor als objectius (Hodson, 1994).

- No té sentit diferenciar entre «teoria», «problemes» i «treballs pràctics» (Gil et al., 1999)

- Els experiments poden crear oportunitats de reflexió sobre l'entramat ciència, tècnica i societat, CTS (Lazarowitz i Tamir, 1993; Solbes i Vilches, 1997).

Donarem algun exemple de la contribució de les noves tecnologies —en concret, de l'E^XAC (experimentació assistida per calculadora gràfica)— a la integració d'experiments en les programacions didàctiques. Enumerarem també alguns avantatges i inconvenients que comporta, en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències l'ús d'aquesta tecnologia.

MUNTATGES SENZILLS, CONCEPTUALMENT SENSE LÍMITS

En el disseny dels treballs pràctics tradicionals, el professorat té molt present les dificultats que es deriven de l'estructura organitzativa del centre escolar (García-Sastre, 1998): nombre d'alumnes per grup, materials i espais disponibles, durada de cada sessió i nombre d'aquestes, programes teòrics massa densos, etc. Anys enrere determinats centres educatius experimentaren algunes millores; les seues reivindicacions, però, estan lluny de ser ateses en la totalitat i la política d'adquisició de materials i disseny dels laboratoris de física i química en els centres de secundària mereixeria algunes reflexions en el futur. Les propostes d'actuació en l'aula han de tenir en compte aquesta realitat, també, a més de les orientacions que es donen des dels «laboratoris» de didàctica de les ciències, per tal que siguin realitzables i donen lloc a un progrés significatiu en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències.

Hi ha, doncs, moltes raons que apunten cap al disseny de muntatges senzills. Les paraules, tantes vegades citades, de Maxwell vénen a reforçar aquesta idea: «el valor educatiu d'un experiment és, sovint, inversament proporcional a la complexitat del dispositiu experimental». Això no obstant, la riquesa fenomenològica que acompanya un experiment pot ser il·limitada, com opinava lord Kelvin: «fes una bombolla de sabó i observa-la. Pots estudiar-la durant tota la teua vida i extreure d'ella una lliçó de física rere l'altra».

La sofisticació, en principi, podria distraure l'atenció, provocar «interferències», mentre que un experiment senzill, en certa mesura, permet aïllar fenòmens. Amb un experiment senzill:

- No depenem de mitjans especials (laboratori, transport...).
- S'afavoreix una focalització de l'atenció en el fenomen a estudiar.
- No hem d'invertir molt de temps en muntatges i comprovacions.

- S'afavoreix la unificació coherent de l'entramat tradicional teoria-problemes-pràctiques.

- No tenim, en principi, la dificultat del cost.

- Propiciem que, abans o després de la demostració d'aula, les pugi realitzar l'alumnat.

Per altra banda, els experiments poden fer-se també en l'aula de «teoria». Caldria repetir ací, potser fins i tot comparant, l'opinió que «quan la realització d'un experiment exigeix una habilitat que els estudiants no han de tornar a necessitar, o nivells de competència que no poden assolir ràpidament, s'han de trobar procediments alternatius, com ara premuntatges d'aparells, demostracions del professor o la simulació amb ordinador» (Hodson, 1994). Així, podem enumerar una sèrie de raons que evidencien en què poden ser profitoses les demostracions d'aula senzilles:

- Faciliten als estudiants una primera experiència, un contacte amb la naturalesa i amb el fenomen que estudien (Woolmough i Allsop, 1985).

- Resulta atractiva l'oportunitat de posar en pràctica mètodes d'aprenentatge més actius, per a interactuar lliurement amb el professor i amb els altres alumnes (Hodson, 1994).

- Són un estímul per a provocar contradiccions i incongruències (o fins i tot acords!) entre les idees de l'alumne i les reconegudes com a científiques.

- Pel caràcter «persuasiu que la realitat i l'experimentació juguen en un text científic» (Rivera i Izquierdo, 1996).

- Les demostracions d'aula poden connectar conceptes teòrics de la ciència amb l'experiència quotidiana de l'alumnat, incloent-hi els canvis tecnològics. Com diu Solomon (1987): «Un bon currículum no hauria de crear un buit entre les activitats escolars i les altres experiències de la vida. Més aviat, al contrari.»

Un disseny senzill de l'experiment no implica, insistim, necessàriament —ni en general ocorre— que els conceptes involucrats són escassos o irrelevants. Ben al contrari, un treball adient del professorat pot dotar els experiments senzills de condicions per assolir molts objectius educatius i provocar canvis (actitudinals, epistemològics i metodològics) en l'alumnat.

L'ús de noves tecnologies, com l'E^XAC, en el disseny de demostracions d'aula senzilles pot contribuir, també, que l'alumnat comence a reflexionar sobre l'entramat de ciència i tecnologia, i així veurà connectada la cultura tecnològica extraacadèmica amb la ciència escolar. A continuació es descriuen els fonaments de l'E^XAC; es pot trobar una exposició més extensa en Soler-Selva i Gras-Martí (1998 i 2000).

L'EXPERIMENTACIÓ ASSISTIDA AMB CALCULADORA GRÀFICA (E^XAC)

Entre les moltes aplicacions potencials de la informàtica en l'ensenyament de la física i química es contempla l'ús

de l'ordinador en el laboratori (experimentació o laboratori assistit per ordinador, EXAO o LAO). Aquestes eines permeten modificar substancialment la programació didàctica i faciliten que l'estudi dels processos naturals en els laboratoris es pugui abordar com el resultat de petites investigacions (Calatayud et al., 1980): organitzats en petits grups o en gran grup com a part de demostracions d'aula, amb un major temps dedicat a dissenyar l'experiment i a reflexionar, i menys temps dedicat a les mesures.

Creiem que el disseny d'experiències assistides amb calculadora gràfica (E^XAC) pot constituir un instrument didàctic amb molts avantatges sobre altres opcions, especialment l'EXAO o LAO, i que afavoreix l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències seguint les orientacions que la plantegen com una investigació dirigida pel professor (Fraser i Tobin, 1998).

Com mostra la figura 1, els dispositius electrònics que componen l'E^XAC són els següents: una calculadora gràfica programable (que permet programar l'arreglada, l'emmagatzematge i l'anàlisi de dades en temps real), una interfase (CBL - Calculator Based Laboratory), i almenys una sonda o sensor (que respon a la magnitud o magnituds que es desitja mesurar). La CBL és un dispositiu electrònic de mà per a l'arreglada automàtica de dades del laboratori o del món que ens envolta. Aquestes dades, enregistrades en la CBL, s'exporten de forma automàtica a la calculadora gràfica per a una anàlisi posterior. Amb sondes adequades es poden mesurar moviments, temperatures, lluminositat, pH, forces, CO₂, conductivitats, camps magnètics i moltes altres magnituds.

Cal destacar que l'equipament E^XAC no necessita d'un ordinador (encara que l'ús posterior a l'experiment pot re-

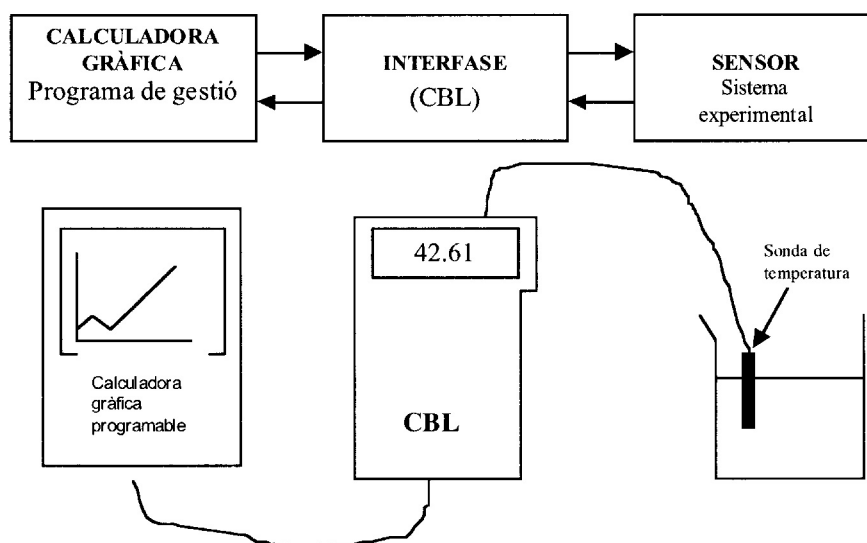
sultar d'utilitat, amb paquets de tractament de dades com EXCEL, Graphical Analysis, etc.). En aquest fet, l'absència de l'ordinador en l'execució de l'experiment, rau un dels avantatges de l'equipament E^XAC enfront d'altres opcions, tal vegada un poc més precises i de major capacitat de memòria, però de maneig més complicat i que no poden moure's de lloc amb facilitat. L'E^XAC és de fàcil aprenentatge i maneig, i permet efectuar experiments tant en l'ensenyament secundari com el l'universitari (Soler-Selva i Gras-Martí, 2000).

En comparació amb el laboratori tradicional, l'E^XAC gaudeix d'avantatges comuns amb els sistemes LAO/EXAO, que enumerarem a continuació (Aranda i Ruiz, 1991; Herran i Parrilla, 1994):

- 1) deixa més temps per al disseny dels experiments i la valoració de les dades obtingudes;
- 2) la repetició de la mesura o, fins i tot, de l'experiència, és fàcil i ràpida;
- 3) elimina bona part de l'error manual, ja que permet especificar el nombre de mesures i l'interval entre mesures;
- 4) en processos qualitius, permet apreciar relacions o evolucions;
- 5) permet considerar processos de durada prolongada;
- 6) proporciona, al final del procés, i de manera immediata, un registre de taules de valors i gràfics, per a un estudi més aprofundit;
- 7) incrementa la qualitat de les mesures respecte dels equips tradicionals;

Figura 1

Elements que intervenen en el disseny d'experiments assistits amb calculadora gràfica programable (E^XAC).



8) té major rapidesa, facilitat, quantitat i seguretat en l'adquisició de dades, ja que, una vegada preparat l'experiment, es limita la influència de factors distorsionadors del procés de mesura; i, finalment,

9) permet la construcció de «biblioteques de registres experimentals» en suport magnètic, amb la qual cosa es facilita l'elaboració d'informes i s'afavoreix l'intercanvi i la comunicació de resultats.

A banda d'aquests avantatges davant el laboratori tradicional, l'E^XAC presenta una sèrie d'avantatges propis, en comparació amb els sistemes EXAO/LAO, que enumerarem també:

10) les nocions bàsiques de la calculadora gràfica s'aprenen ràpidament (en unes poques hores);

11) la manejabilitat de l'E^XAC està garantida pel seu escàs pes (poc més de mig kg), la qual cosa ens permet de desplaçar l'equip fàcilment i fer registres de camp;

12) es poden fer experiments a casa (exploració de fenòmens quotidians de la vida de l'alumnat) o fora del centre educatiu;

13) l'ús compartit dels components E^XAC és un avantatge en centres de pocs recursos: el professor de matemàtiques pot usar la calculadora gràfica, i altres professors de ciències poden també fer servir l'E^XAC;

14) no es requereixen coneixements informàtics: l'ús de l'ordinador és opcional en l'E^XAC;

15) hi ha una gran facilitat d'intercanvi d'informació entre calculadores gràfiques, i així es poden distribuir mesures d'un grup d'alumnes a d'altres;

16) el sistema, compacte i ben protegit, està dissenyat a prova de professorat i alumnat;

17) el cost de l'equipament E^XAC mínim és molt inferior al d'un equipament EXAO/LAO i, fins i tot, de molts dels equipaments tradicionals dels laboratoris de secundària; i, finalment,

18) es pot fer servir una pantalla de cristall líquid i visualitzar la pantalla de la calculadora gràfica amb un retroprojector; això facilita la realització i la discussió amb el professor, en temps real, d'experiments per part d'un grup d'alumnes o de tots els del curs. Es potencia així la demostració d'aula i la discussió o posada en comú del grup complet d'alumnes.

S'apunten com a criteris addicionals que han guiat la incorporació de l'E^XAC com a nova tecnologia didàctica els següents:

- contribueix a desenvolupar actituds i pràctiques de cooperació;
- facilita la participació de l'alumnat en la recerca, generació, assimilació i aplicació del coneixement;

- té en compte les característiques dels usuaris;

- ofereix al docent i a l'alumnat la possibilitat de pensar i fer experiments que difícilment es poden desenvolupar amb altres mitjans;

- amplia la diversitat de mètodes que pot fer servir el professor per a mantenir l'interès dels estudiants;

- contribueix a crear un entorn educatiu favorable per a la reflexió sobre l'entramat ciència i tecnologia.

No s'hauria d'acabar aquesta enumeració sense parlar dels riscos de l'E^XAC, és a dir, optar per una determinada tecnologia no ha de comportar una actitud acrítica (Sancho, 1994). Poden derivar-se «riscos pedagògics» d'un ús abusiu, com a conseqüència d'un acaparament de les activitats del laboratori per l'equip automatitzat. Aquests perills es corresponen amb una interpretació errònia basada en el convenciment que, pel fet de ser possible mesurar més i millor, els objectius educatius i científics del treball en els laboratoris s'aconsegueixen automàticament; açò produeix en l'alumnat una falsa impressió de joc, de màgia o d'automatisme. D'igual manera que no totes les activitats són necessàriament adequades per a una sessió de laboratori tradicional, no hem d'esperar que totes les experiències siguin adequades per a fer-les amb l'E^XAC, a banda del fet ben conegut que és necessari advertir els estudiants que no té cap sentit una mesura que no vingi acompanyada d'una valoració dins del context global de l'experiment. En resum, no cal forçar l'ús de l'E^XAC en experiments que no resulten clarament beneficiats amb la seua introducció. No s'ha de perdre el referent general: l'objectiu és aconseguir un aprenentatge significatiu i reflexionar sobre les noves tecnologies i les ciències.

EXEMPLES D'ACTUACIÓ EN L'AULA AMB L'E^XAC

En aquest apartat mostrarem exemples d'experiments senzills i rics en fenomenologia física que han fet els nostres alumnes en petits grups i que també hem desenvolupat en l'aula com a demostracions. Les demostracions d'aula han seguit les pautes generals següents:

a) distribució de l'alumnat en grups de quatre estudiants;

b) enunciat pel professorat d'un problema obert, clarament incardinat en la programació general;

c) treball en grup: acotació del problema, operativització d'allò objecte de recerca, emissió d'hipòtesis, disseny experimental i reflexió sobre la tecnologia escollida;

d) elaboració d'un informe provisional (verbalització: avançar en l'elaboració del discurs o, de forma més modesta, practicar la comunicació oral i per escrit) per a contrastar-lo amb les propostes d'altres grups i que el professorat propose noves orientacions;

e) a continuació es realitza l'experiència com a demostració d'aula, acompanyada del contrast de les hipòtesis emeses;

f) finalment, després de la revisió (si cal), s'elabora un informe.

L'anterior és un camí senzill d'enunciar i difícil de recórrer. Hi ha dificultats de tota mena; per exemple, no és tasca fàcil saber com dirigir la discussió de forma que l'alumnat no centre la seua atenció i esforç a tractar d'endevinar què és allò que l'ensenyant espera escoltar. L'aparent linealitat aquí expressada pel que fa al treball en l'aula va acompanyada, en la realitat, de retorns i desviaments que, ben orientats, esdevenen igualment oportuns i productius.

S'observa, una vegada més, que el pes important no rau en la manipulació d'instruments, sinó en l'activitat anterior i posterior a la realització de la mesura. No obstant això, per als autors no és una etapa secundària en el procés d'investigació orientada en el que creiem que encaixa la forma d'actuació en l'aula que hem enunciat (Calatayud et al., 1980; García-Sastre, 1998), l'enregistrament de dades i l'observació del comportament real del sistema objecte d'estudi. Ben al contrari, i en particular, aquest procés de mesura implica triar una determinada tecnologia i això també –s'ha de tenir present– contribueix a definir l'activitat científica (Valdés, 1999); i tampoc no s'ha d'amagar a l'alumnat que els avenços tecnològics possibiliten noves formes d'observar (Sardà i Sanmartí, 2000).

Encara més: per a l'alumnat, si més no, els problemes oberts, sense el resultat de la mesura, resten «oberts» per sempre i a l'espera de quelcom imprecís. L'E^xAC cobreix aquesta funció des d'una orientació del procés d'ensenyament-aprenentatge que ens aproxima a la proposta d'ensenyament per investigació i que, en el nostre cas, de forma succinta, es caracteritza per les pautes enunciades anteriorment. En resum, es tracta de plantejar una situació problemàtica oberta i d'engegar un ambient d'aprenentatge que emule el treball científic en grups d'aprenents «novells», en interacció entre ells i amb el professor, i sota la direcció d'aquest (Gil et al., 1999).

Cal fer l'advertiment general que, «en aquest tipus d'activitats, el professor, en conèixer [una] la resposta correcta, no considera altres possibles interpretacions» (Lucas i García-Rodeja, 1990). En les discussions d'un experiment s'ha de tenir present aquest perill, que pot representar una dificultat afegida en el procés d'ensenyament-aprenentatge.

Comentarem breument ací alguns exemples d'enunciats de problemes factibles de ser abordats tot seguint l'orientació que hem esbossat i en la qual s'ha incorporat i integrat la demostració d'aula amb l'E^xAO:

Problema 1. Estudia el moviment d'una persona.

Problema 2. Com es refreda un cafè?

Problema 3. Es genera corrent en caure un imant a través d'una bobina?

Problema 4. Com varia la força que exerceix una cadena en caure sobre una superfície?

Quadre I

Activitats fonamentals proposades inicialment pel professorat per a abordar el problema 1.

Problema 1: Estudi del moviment d'una persona

A1. Quin interès pot tenir estudiar el moviment d'una persona? Reflexiona sobre el moviment d'un paracaigudista, caminar, córrer, etc.

A2. Delimita el problema a estudiar, fixa les restriccions simplificadores que cregues convenient i concreta les variables que mesuraràs en l'estudi d'aquest moviment.

A3. Fes un estudi qualitatiu enunciant hipòtesis i avançant possibles resultats.

A4. Representa els gràfics $e-t$, $v-t$, $a-t$ que cal esperar si es tracta d'un $m.r.u.$ o d'un $m.r.u.a.$

A5. Disseny el muntatge experimental indicant clarament com mesuraràs i enregistraràs les variables. Elabora un esborrany d'informe per comentar-lo en classe.

A6. Quins instruments de mesura faria servir Galileo per estudiar el moviment que proposes? Compara'ls amb els de classe (E^xAC). Hi ha relació entre la tecnologia del radar o sonar i la de l'equipament emprat aquí? Comenta la frase «la ciència deu més a la màquina de vapor que la màquina de vapor a la ciència».

A7. (*Demostració d'aula*) Enregistra un moviment rectilini de qualsevol alumne caminant.

A8. Analitza els resultats de les mesures tenint en compte les hipòtesis i el contingut sobre cinemàtica dels textos de la biblioteca d'aula.

A9. Descriu el tipus de moviment que ha de fer una persona per tal d'obtenir el gràfic següent; tot seguit, tracta de reproduir-lo i enregistrar-lo en la calculadora gràfica.

A10. Seguint les indicacions generals donades en classe, elabora un informe final.



Problema 5. Estudia la funció de les pastilles antiàcid usuals en l'estómac.

Problema 6. De què depèn la pressió d'un líquid?

Problema 7. És contínua la intensitat de llum emesa per una bombeta o un tub fluorescent?

Problema 8. Les plantes modifiquen la composició de l'atmosfera?

Problema 9. Com s'afina un instrument musical?

Problema 10. Investiga l'escalfament d'un recipient per radiació solar: efecte hivernacle.

El nombre de propostes que es poden trobar en la bibliografia (Donald i Sapatka, 1997) o per internet (<http://www.vernier.com>, www.picotech.com, www.ua.es/dfa/agm) és gairebé il·limitat.

En el quadre següent es mostren les activitats fonamentals proposades inicialment pel professor per a abordar el problema 1. La resta de propostes experimentals (problemes) tenen unes guies per a l'alumnat semblants a la d'aquest problema.

Com a exemple del tipus de mesures que es poden aconseguir amb l'equipament que proposem, mostrem en la figura 3 unes dades obtingudes en el desenvolupament del problema 3. Es tracta de mesurar el potencial induït en una bobina per un imant que cau lliurement a través d'ella. És fàcil adonar-se de la utilitat d'aquest experiment per a engegar discussions qualitatives en l'aula, tant abans com després d'haver vist com es fa l'experiment. La realització de l'experiment és, d'altra banda, ben senzilla i ràpida: tot

transcorre –des de la programació de l'experiment fins a la visualització dels resultats en la pantalla– en pocs minuts. A més d'analitzar aquesta situació de durada finita d'un procés físic (Soler-Selva et al., 2001), es poden discutir també les lleis de Faraday i de Lenz, es poden esmentar els generadors de corrent altern, etc. En cursos més avançats es pot arribar a analitzar la relativitat del moviment, si hom repeteix l'experiment amb un imant fix i una bobina en moviment.

A més a més, un grup d'alumnes de secundària derivà el problema 3 cap a la investigació d'una problemàtica relacionada amb la caiguda d'un imant a través d'una bobina, però molt més rica conceptualment que la proposta inicial (la memòria d'aquest treball es pot veure en l'enllaç «Sixto Marco», dins l'adreça: <http://www.ua.es/dfa/agm/LAC.htm>).

Quant a la riquesa que poden assolir les experiències, remetem el lector a l'article de Fraile i altres (1997) que mostra un exemple que encaixaria en l'enunciat del problema 2. Igualment podria haver-se dirigit cap a l'estudi de l'energia d'enllaç intermolecular de diferents alcohols, per exemple, a partir del refredament de la sonda de temperatura que ocorre en evaporar-se aquests alcohols en la seua superfície.

Altres exemples comentats es poden consultar en el treball de Soler-Selva i Gras-Martí (2000) o en la pàgina <http://www.ua.es/dfa/agm/LAC.htm>, on es poden trobar també exemples de memòries elaborades per l'alumnat de secundària, després d'haver treballat seguint les orientacions discutides en aquesta comunicació.

CONCLUSIÓ

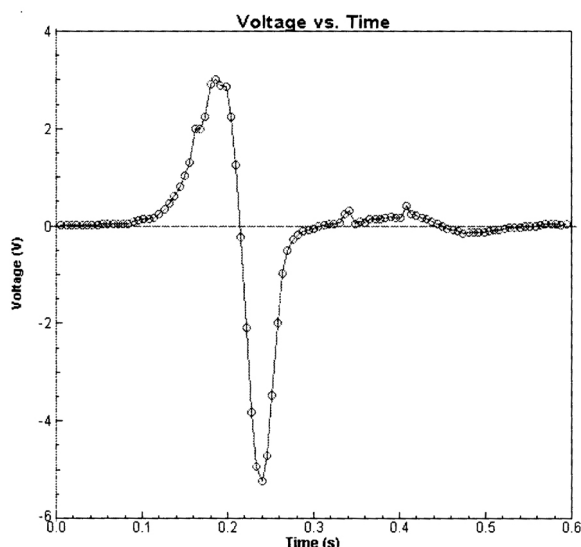
La realització de treballs pràctics (experiments de física i química) no s'ha d'abandonar, però cal repensar les accions concretes de l'actuació en l'aula (Izquierdo et al., 1999, Gil et al., 1999).

Es proposa, en el present treball, recuperar les demostracions d'aula i l'ús de les noves tecnologies, en particular l'E^xAC, per complementar l'anàlisi qualitativa de problemes oberts, com proposen Gil i Martínez-Torregrosa (1983), amb experiments quantitius, organitzant la tasca de l'alumnat com una investigació orientada pel professor, i que tinga ben present la metodologia científica.

El jovent de la nostra societat està creixent en una cultura altament tecnològica que, tanmateix, sovint queda molt desconnectada de la ciència que s'ensenya tradicionalment (Maiztegui et al., 2001). Seria convenient que l'alumnat que està convivint amb la tecnologia, la trobe també als centres educatius, ja que s'admet que noves tecnologies comporten noves formes d'observar; la seua introducció, però, no ha de restar al marge de consideracions crítiques. Una manera de connectar l'experimentació basada en la instrumentació que ací s'ha discutit, amb alguns aspectes essencials de la tecnologia i l'ensenyament de les ciències es pot veure en Soler-Selva i altres (2002).

Figura 2

Voltatge induït en una bobina de 42 Ω, 2000-voltes per un imant cilíndric que cau a través d'ella.



REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ARANDA, J. i RUIZ, F. (1991). L'EXAO: l'ordinador al laboratori. *Revista de Física*, 1(1), pp. 50-52.
- CARRASCOSA, J., FERNÁNDEZ, I., GIL, D. i OROZCO, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de las ciencias y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra (IV Congreso), pp. 43-44.
- CALATAYUD, L., GIL, D., GINER, F., ORTIZ, E., SERO, E. i SEVILLANA, C. (1978). *Proyecto de renovación de los trabajos prácticos en bachillerato*. València: ICE-València.
- CALATAYUD, L., FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J., GIL, D., ORTIZ, E., SEVILLANA, C. i SOLER, V. (1980). *Trabajos prácticos de química como pequeñas investigaciones*. València: ICE-València.
- DI STEFANO, R. (1996). Student reactions to in-class demonstrations and to the presentation of a coherent theme. *Am. J. Phys.*, 64(1), pp. 58-68.
- DONALD, L.V. i SAPATKA, S. (1997). Physical science with CBL. *Vernier Software*. Portland, Oregon. Estados Unidos.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- FRAILE DELGADO, J.J., GARCÍA HOURCADE, J.L., GARCÍA MONTES, J., RODRÍGUEZ DE ÁVILA, C. i RUBIO REGUEIRO, J.L. (1997). Estudio experimental de procesos de calentamiento y enfriamiento. Resultados e implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp. 329-342.
- FRASER, B. i TOBIN, K.G. (eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluber Academic Publishers.
- GARCÍA SASTRE, P. (1998). «Los trabajos prácticos en el modelo constructivista: desarrollo y evaluación». Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- GIL, D. i MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 7(3), pp. 231-236.
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 154-164.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. i PESSOA, 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*, 17 (2), pp. 311-320.
- GONZÁLEZ, M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), pp. 206-211.
- HERRAN, D. i PARRILLA, J. L. (1994). La utilización del ordenador en la realización de experiencias de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 393-398.
- HIERREZUELO, J. i MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la física y química*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- INSAUSTI, M.J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de química general en un primer curso de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 123-130.
- IZQUIERDO, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de la ciencia. *Alambique*, 8, pp. 7-21.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. i ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 45-59.
- LAZAROWITZ, R. i TAMIR, P. (1993). Research on Using Laboratory Instruction in Science, en Gabel, D. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, pp. 94-128. Nueva York: McMillan Publishing Co.
- LUCAS, A.M. i GARCÍA-RODEJA, I. (1990). Contra las interpretaciones simplistas de los experimentos realizados en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 11-16.
- MAIZTEGUI, A. et al. (2001). ¿Alfabetización científica o alfabetización científica y tecnológica? (Comunicación privada. Enviada a publicar.)
- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. i VERDÚ, R. (1992). ¿Cómo organizar la enseñanza para un mejor aprendizaje? La estructura de los cursos y de los temas en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias (IV Congrès)*. Número extra.
- PORLÁN, R. i MARTÍN, R. (1996). Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. *Alambique*, 8, pp. 23-41.
- RIVERA, L. i IZQUIERDO, M. (1996). Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique*, 7, pp. 117-122.
- SALINAS, J. (1998). Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2, pp. 112-119.
- SANCHO GIL, J.M. (1994). Hacia una tecnología crítica. *Cuadernos de Pedagogía*, 230, pp. 8-12.
- SARDÀ, J. i SANMARTÍ, N. (2000). Ensenyar a argumentar científicament: un repte de les classes de ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 405-422.
- SOLBES, J. i VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), pp. 377-386.
- SOLER-SELVA, V.F. i GRAS-MARTÍ, A. (1998). Laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG). *Revista de Física*, 2(5), pp. 40-43.

- SOLER-SELVA, V. F. i GRAS-MARTÍ, A. (2000). Integració del laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG) en l'ensenyament secundari. *Revista de Física*, 2(8), pp. 36-40.
- SOLER-SELVA, V.F., RIPOLL-MIRA, E. i GRAS-MARTÍ, A. (2001). Finite-size or finite-duration effects in the modelling of physical systems. Actes de GIREP 2000 (Barcelona).
- SOLER-SELVA, V.F., VALDÉS-CASTRO, P., BECERRA-LABRA, C., CANO-VILLALBA, M. i GRAS-MARTÍ, A. (2002). La experimentación asistida con calculadora (EXAC): una vía para la educación científico-tecnológica. II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias. L'Havana, Cuba.
- SOLOMON, C. (1987). *Entornos de aprendizaje con ordenador*. Madrid: Paidós-MEC.
- TAMIR, P. i GARCÍA, M.P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), pp. 3-12.
- VALDÉS, P. i VALDÉS, R. (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 521-531.
- WOOLMOUGH, B.E. i ALLSOP, T. (1985). Citat per Miguens, M. i Garret, R.M. (1991). *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 229-236.

[Artículo recibido en septiembre de 2001 y aceptado en junio de 2002.]