

Avaluació de miniaplicacions de física (physlets) com a complement d'activitats d'aula

Àngel Torres,* Vicent F. Soler-Selva,† i Albert Gras-Martí‡

Introducció: miniaplicacions (applets o physlets)

El professorat viu el repte permanent d'aconseguir que el nombre d'alumnes que abasten un aprenentatge significatiu s'apropi al màxim possible a la totalitat. Afortunadament, una diversitat d'eines didàctiques, adequadament inserides, i amb una orientació metodològica apropiada, pot afavorir l'ensenyament i l'aprenentatge (E/A) dels continguts d'una àrea concreta, en el nostre cas la física de batxillerat i dels primers cursos universitaris. Se sap, però, que l'extensió excessiva del currículum i el temps limitat de què es disposa porten a proposar treball complementari per a fer fora de l'aula. Aquest element no presencial es veu, també, com a part d'un procés de renovació docent que avança cap al sistema de «crèdits europeus». Les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) poden ser un element d'ajut en aquest procés de renovació.

Les TIC han envaït l'entorn social i, de rebot, l'acadèmic. Internet, en particular, fa possible la transmissió i l'ús de documents interactius multimèdia o *hipertextos*. Malgrat el potencial educatiu d'aquests recursos, s'han publicat poques experiències educatives reeixides que vagin més enllà de temptejos o de propostes sense continuïtat. Gras-Martí et al. (2003) en donen alguns exemples: ús d'Internet per a complementar l'activitat d'aula, per a enriquir la interacció entre professorat i alumnat, per a impartir cursos de formació de professorat, per a repassar conceptes i eines matemàtiques bàsiques o per a millorar les activitats del laboratori (Alfonso, 2004).

Experiència didàctica

L'experiència d'utilització de *physlets* s'ha desenvolupat al llarg de tres cursos, en secundària i en el primer curs universitari.

*Àngel Torres (Elx, 1967), llicenciat en Química per la Universitat d'Alacant, és professor de física i química de l'IES Joanot Martorell d'Elx (angeltorresfq@yahoo.es).

†Vicent F. Soler Selva (Elx, 1954), llicenciat en Física per la Universitat de València (1978), és professor de física i química de l'IES Sixto Marco d'Elx (vicentselva@telefonica.net).

‡Albert Gras-Martí (Gandia, 1951), llicenciat en Física per la Universitat de València (1974), és professor del Departament de Física Aplicada de la Universitat d'Alacant (agm@ua.es).

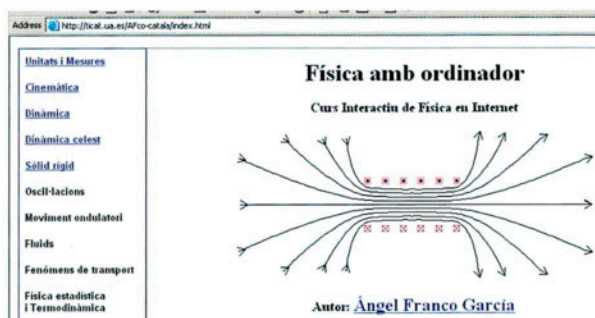


Figura 1: Versió catalana del curs del professor Àngel Franco (<http://ticat.ua.es/Afco-catala>)

S'està estenent la proposta d'aprofitar els recursos educatius que proporcionen les TIC, però no com a *complements* del procés educatiu i, per tant, prescindibles, sinó com a recursos per a la millora del procés d'E/A (Carnicer, 2003). En aquesta línia, analitzem ací una experiència educativa basada en l'ús de miniaplicacions (*applets*) per a millorar l'aprenentatge de la física, i fem un esforç per avaluar les millores educatives que representa. Una miniaplicació (*applet*) és un panell inserit en una pàgina web, que conté una animació interactiva que inclou la possibilitat de modificar paràmetres i de mostrar les conseqüències que se'n deriven en visualitzar l'evolució del sistema. En particular, un *physlet* —*physics applet*— es dissenya per a tractar alguns aspectes d'un fenomen fisicoquímic determinat. Hi ha moltíssims *applets* d'ús lliure en la xarxa d'Internet i tracten tots els temes de la física: dinàmica, so, òptica, efecte fotoelèctric, radioactivitat, etc. (Torres i Soler-Selva, 2003). Aquests recursos poden entrar a formar part de les activitats per a fer a l'aula o a fora. Franco (2003) ha descrit les potencialitats dels *applets* per a l'E/A de la física, i dóna suggeriments per utilitzar-los. Les capacitats didàctiques de les simulacions de processos fisicoquímics són, entre d'altres, les següents (Christian i Belloni, 2001):

— Ajudar els estudiants a entendre millor les translacions entre les diverses representacions del fenomen investigat (representacions verbals, equacions, gràfics, diagrames, taules de valors, vectors, mapes de contorn, etc.).

— Ajudar a comprendre les equacions com a relacions físiques entre mesures.

Exemple de fitxa de treball del *physlet* sobre l'energia

Objectiu

Estudieu la variació de l'energia cinètica i l'energia potencial gravitatòria i la relació entre aquests dos valors, per a un cos en caiguda vertical amb $v_0 = 0$ i en dues situacions diferents: sense aire (sense fricció) i amb aire (amb fricció).

Emissió d'hipòtesis

Abans de contestar les preguntes amb l'*applet*, avança respostes a les preguntes:

A) 1a, 1b, 1d; 3 (gràfiques aproximades); 4a, 4b, 4c, 4d, 4e.

B) 1a, 1b, 1c; 2a, 2b; 3a, 3b, 3c, 3d, 3e.

Localització del *physlet*

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/ball1.html>

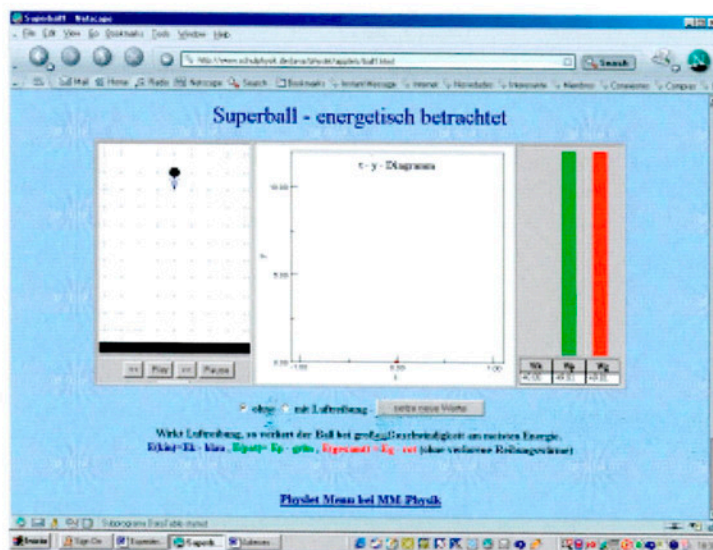


Figura 2: Part d'una fitxa de treball amb l'*applet*

- Guiar l'alumnat en el procés de construcció de models mentals de sistemes físics.
- Constituir activitats d'aprenentatge engrescadores.
- Crear un entorn de discussió entre companys i amb el professorat.

En l'experiència que descrivim ací hem fet servir també *applets* del curs de Física per Internet del professor Àngel Franco, en la versió catalana:

<http://ticat.ua.es/AFco-catala> (figura 1). En el portal <http://www.fisica-basica.net>, on s'allotja el curs, hi ha també molts altres recursos per a l'ensenyament de la física, classificats per temes, per nivells, etc. Recentment s'hi han incorporat altres eines complementàries (<http://ticat.ua.es/David-Harrison>). Per a la selecció dels *applets* ens hem guiat pels criteris d'avaluació de materials pedagògics digitals del projecte Merlot (<http://www.merlot.org>), basats en la qualitat dels con-

tinguts, l'efectivitat potencial com a eina d'E/A i la facilitat de l'ús. Pel que fa als continguts, per exemple, és important que la simulació adrexe qüestions de comprensió per part dels estudiants, especialment aquelles que són un prerrequisit per a la comprensió difícil de matèries més avançades de l'assignatura. Hem tingut ocasió de constatar que alguns dels *applets* que hem analitzat (i descartat) estaven mal dissenyats o menaven a interpretacions errònies. És important que el professorat faci una selecció acurada dels materials digitals que subministra a l'alumnat.

S'ha posat a prova la modalitat de treball amb els *applets* a casa (treball no presencial). S'ha elaborat una fitxa de treball que acompanya les activitats amb cada *applet* (figura 2; se'n poden veure més mostres a <http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2003/2003.htm>). La intervenció del professorat en el disseny dels mate-

Exemple de qüestionari previ (i posterior) al physlet "Energia"

Nom: _____ Grup: ____ Data: _____

1. Si alliberem una pilota des de la posició A i negligim el fregament amb l'aire, assenyalat la resposta o respostes correctes :

- a) $E_{cA} = E_{cB} = E_{cC}$
- b) $E_{pA} = E_{pB} = E_{pC}$
- c) $E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB} = E_{cC} + E_{pC}$
- d) $E_{cA} - E_{pA} = E_{cB} - E_{pB} = E_{cC} - E_{pC}$



2. A l'òrbita d'un satèl·lit pot considerar-se absència total de fregament ja que a tal altura no hi ha pràcticament atmosfera. Sabent que la velocitat del satèl·lit en la posició A és major que en la posició B, assenyalat la resposta o respostes correctes:

- a) L'energia cinètica no és constant al llarg de la trajectòria, però l'energia potencial sí.
- b) L'energia potencial no és constant al llarg de la trajectòria, però l'energia cinètica sí.
- c) Ni l'energia cinètica ni l'energia potencial són constants al llarg de la trajectòria.
- d) La diferència entre l'energia cinètica i energia potencial sí que és constant al llarg de la trajectòria.

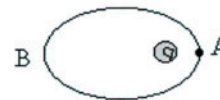


Figura 3: Part d'un qüestionari d'avaluació

rials docents (les fitxes que acompanyen els *applets*) és fonamental. Així, cal adequar el treball amb els *applets* als objectius de les nostres matèries. D'altra banda, en molts casos els exercicis que plantegen els *applets* són tancats i no sempre afavoreixen la consecució dels objectius d'aprenentatge que ens hem fixat (Alfonso, 2004). En el nostre cas hem plantejat unes fitxes amb activitats semiobertes. Cada fitxa consta de l'adreça electrònica on es troba l'*applet*, una imatge de la pàgina web corresponent, una mitjana de quatre qüestions per *applet* i, en alguns casos, alguna instrucció sobre el funcionament de l'*applet*, tot i que s'ha procurat de triar aquells que resultaven més intuïtius. En general, el termini assignat per retornar cada fitxa ha estat d'una setmana. Per a fer arribar a l'alumnat les fitxes de treball dels *applets* s'han posat en pràctica dues opcions: mitjançant el correu electrònic, o bé via una adreça de descàrrega d'Internet. Una opció no presenta avantatges significatives sobre l'altra.

L'alumnat ha tingut la possibilitat de fer consultes a classe o a través del correu electrònic. En lliurar l'informe al professor, aquest, en molts casos, ha retornat el treball demanant aclariments o millores en l'exposició de les respostes. Finalment, passat el termini establert per al lliurament final, un dels professors ha enviat a tot l'alumnat la fitxa amb un ventall de respostes correctes.

Avaluació

L'avaluació de l'aprenentatge que s'aconsegueix en els estudiants amb l'ús de *physlets* és una qüestió que es mou entre la necessitat i la dificultat. Som ben consci-

ents que una conducta que afavoreix la innovació educativa consisteix a dipositar en els nous recursos educatius unes expectatives de canvi positiu desmesuradament elevades. Els detractors, d'altra banda, n'exigirien prop del cent per cent d'èxit per començar a plantejar-se canvis. El parany de posar fites tan altes pot abocar els primers al desencís i els altres a la justificació de l'immobilisme. Contra aquests perills, cal fer una bona avaluació de cada experiència d'aprenentatge i tractar d'avaluar les millores de l'ensenyament que se'n deriven.

Un objectiu de l'experiència és, doncs, avaluar si l'ús de *physlets* influeix en l'aprenentatge de conceptes de física, i en quina mesura. Amb aquesta finalitat, hem dissenyat bateries de tests que s'han passat als estudiants abans i després del treball amb el *physlet*. Les enquestes han estat nominals, així hem pogut comparar les respostes que donen a les qüestions inicialment i una vegada han treballat l'*applet* corresponent. La figura 3 mostra una part d'un d'aquests qüestionaris.

Resultats i discussió

Comencem per comentar com l'alumnat ha avaluat l'experiència didàctica. En enquestes successives als estudiants de batxillerat que cursen física als nostres instituts, hem trobat que les connexions ràpides, tot i que creixen de mica en mica —en el curs 2002-03 tenien ADSL el 18% dels estudiants i en l'actual més del 60%—, no abasten tot l'alumnat. Encara no podem fer experiments docents que usen Internet de manera més profunda, però sí que es poden posar en pràctica experiències mixtes, a través d'Internet i facilitant *applets* en grava-

cions (USB, discos), ja que hem constatat que gairebé la totalitat de l'alumnat té ordinador a casa. Cal ressaltar que l'ús dels *applets*, en concret, presenta l'avantatge (davant del vídeo, de la imatge o del so) que ocupa un nombre de kilobytes insignificant i el transport del centre a casa o la distribució via Internet no presenta, per tant, cap dificultat tècnica.

Una qüestió interessant en tota investigació didàctica és l'eventual sensació d'aprenentatge que puga tenir l'alumnat. La majoria dels alumnes (> 80 %) opina que haver treballat amb les simulacions de processos físics els ha facilitat l'aprenentatge de la física; només un de cada cinc alumnes no contesta o no s'hi mostra receptiu. I quan se'ls demana que especifiquen per què el treball amb *applets* els resulta interessant, les contestacions majoritàries (69,8 %) són que la imatge interactiva ajuda pel seu caràcter visual i completa les explicacions vistes a classe, però, en canvi, la relació directa del treball amb l'*applet* i l'examen de l'assignatura els sembla petita (3,8 %). Aquest resultat està d'acord amb l'obtingut per altres investigadors que han analitzat la influència de les imatges en l'aprenentatge (Rita Otero et al., 2003).

Pel que fa a la valoració de l'alumnat de l'ús dels *physlets* en relació amb d'altres estratègies didàctiques, com ara els exercicis numèrics o els laboratoris, la gran majoria dels estudiants aposta per augmentar l'ús dels *applets* (87 %); un 78 % opina en contra de substituir les sessions d'*applets* per més classes ordinàries d'exercicis i un 21 % prefereix les classes tradicionals d'exercicis. Tanmateix, quan se'ls pregunta pel treball amb *applets* per comparació al treball en el laboratori, la balança es bolca cap a la segona opció (79 %). Aquest resultat no sorprèn si es té en compte l'atractiu que sempre ofereix, a priori, el laboratori als estudiants; a més, ja s'ha trobat en altres estudis (Rivera i Izquierdo, 1996; Soler-Selva i Gras-Martí, 2000). En comparació de les sessions de laboratori tradicionals, els *applets* presenten diversos avantatges per al professorat i un, d'indubtable, és el temps que cal perquè l'alumnat els dugui a terme. Però els *physlets* no els hem plantejat per a substituir les pràctiques tradicionals de laboratori, sinó per a complementar el treball pràctic en un entorn on el temps per a bastir tots els continguts és manifestament insuficient.

També el professorat ha avaluat el treball de l'alumnat. Un objectiu bàsic del nostre estudi era esbrinar quin efecte tenien sobre l'aprenentatge els materials elaborats, basats en l'ús d'*applets*, i les fitxes de treball. L'hem mesurat mitjançant qüestionaris que preguntaven sobre situacions relacionades amb l'activitat i que es van passar als alumnes *abans* i *després* d'haver treballat amb la simulació (cada alumne tornava a fer *el mateix* qüestionari). Com a exemple, la figura 4 mostra els resultats per al cas d'un *applet* sobre aspectes energètics en un procés dinàmic; s'hi han analitzat els

coneixements dels estudiants qüestió per qüestió. Hem separat els resultats en quatre grups: «Milloren» correspon a alumnes que mostren una millora en la contestació a cada qüestió concreta, quan comparem les respostes donades abans i després de l'activitat amb l'*applet*; «Mantenen B o R» són aquells que no mostren cap canvi en les seues respostes (siguen aquestes bones o regulars); el tercer grup, «Mantenen M», són aquells alumnes que es mantenen en l'error, és a dir, que han contestat malament la qüestió corresponent tant abans com després de fer l'estudi amb l'*applet*; finalment, el quart grup, «Empitjora», correspon a aquells alumnes que contesten la qüestió pitjor després del treball amb l'aplicació informàtica. Si ens referim a la mitjana de les respostes que mostra la figura 4 resulta que, per a aquest *physlet*, milloren la resposta el 26 % dels alumnes, mantenen la resposta bona o regular el 30,2 % dels alumnes, no modifiquen la resposta errònia un 34,4 % i empitjoren la resposta un 9,4 % dels alumnes. Resultats d'aquest tipus (especialment els que mostren desaprenentatge) són clarament útils per cercar maneres de millorar tant el treball a l'aula, com el contingut i el treball de les activitats fetes amb la simulació. Caldria, potser, creuar aquests resultats amb informació sobre el temps dedicat a l'estudi de la matèria corresponent tant en els tests fets abans com després del treball amb la simulació. Aquestes dades no es van arregar en l'estudi actual.

Cal esperar que la dificultat conceptual del tema que s'estudia, així com la qualitat de la simulació triada, tinga influència sobre les millores aconseguides en l'aprenentatge. Així ho constatem, per exemple, amb un *applet* que tracta de la llei dels gasos. Aquest apartat de l'assignatura resulta més abstracte i allunyat de l'experiència diària de l'alumnat i, per tant, aquest té menys concepcions alternatives que amb el tema de mecànica tractat mitjançant l'*applet* anterior. Es troba, en aquest cas, que la millora atribuïble a la simulació només és significativa en determinades qüestions, és a dir, que els *applets* ajuden més en situacions en què els alumnes tinguen dificultats pel fet que els nous coneixements entren en conflicte amb les idees prèvies que tenen sobre el tema.

Caldrà analitzar amb més profunditat els casos d'alumnes que, tot i contestar bé o regularment els tests abans de treballar amb l'*applet*, després de les activitats amb les simulacions ho fan més malament. L'única raó que se'ns acut, no contrastada per cap dada objectiva que hàgem obtingut, és la influència de factors aleatoris diversos (cansament, manca d'atenció suficient, no comprensió de l'*applet* o possibles limitacions d'aquest, etc.). Aquest aspecte requereix més investigacions. D'altra banda, obtenir en una experiència educativa un 23 % de millora en els resultats de l'alumnat és, creiem, una xifra ben esperançadora i encoratjadora, que indica que

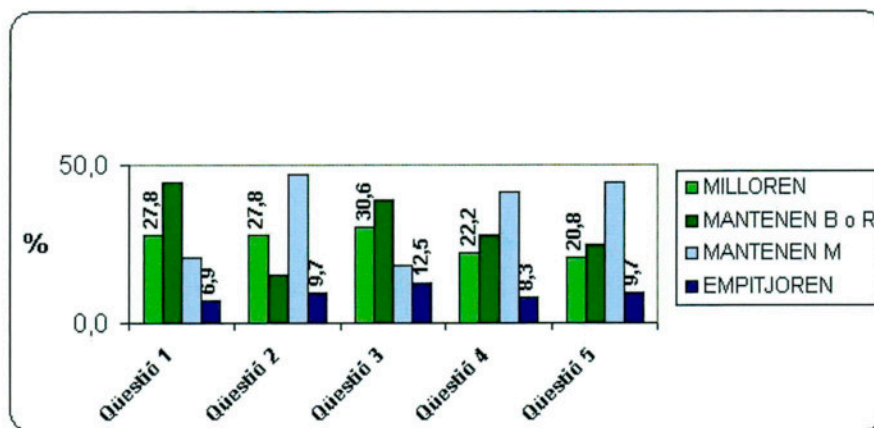


Figura 4: Avaluació physlet «Energia», per qüestions

anem pel bon camí. Ja sabem que guanys desproporcionats en educació són sempre sospitosos i, de ben segur, poc generalitzables.

Conclusions

S'han obtingut dades que permeten afirmar que cal donar continuïtat a l'experiència de treball amb *applets* i reorientar algunes actuacions per a tenir resultats més profitosos en el futur. La conclusió que s'extrau de l'avaluació de l'ús és positiva, però caldria estendre l'experiència en el temps: fer-ne un seguiment durant diversos cursos i, òbviament, aplicar-la en altres centres, amb alumnat i professorat diferents. Els *physlets* i l'Internet, dins de col·lectius de professorat com ara l'AEFiQ-Curie (<http://www.curiedigital.net>) o les associacions anàlogues de la resta de l'Estat, reuneixen les condicions adequades per a la creació d'una comunitat d'usuaris d'aquests programes informàtics i per a fer un seguiment de l'avaluació de l'ús que se'n fa.

A més a més, l'avaluació hauria de servir per esbrinar si l'aplicació dels *physlets* afavoreix objectius concrets de l'aprenentatge de les ciències, com ara: els *physlets* ajuden l'estudiant a construir models de sistemes físics?, afavoreixen l'autoaprenentatge?, faciliten el treball en equip (l'intercanvi i la contrastació d'informació entre companys)?, contribueixen a superar concepcions alternatives?, poden ajudar l'alumnat a comprendre el control de variables?, etc. Algunes d'aquestes qüestions les han analitzat parcialment Rita Otero et al. (2003) en un context més orientat a l'efecte de la imatge; en aquest estudi s'adverteix, però, amb raó, que no hem de caure en el parany de pensar que els *applets* són «senzills». Per contra, són recursos docents ben sofisticats i poderosos, que convé incorporar amb cura i atenció a la nostra pràctica docent. Els *physlets*, però, poden integrar-se en el context més general d'analitzar imatges de simulacions físiques, descriure-les i parlar-ne, en la línia de les propostes de Jorba et al. (1998) de lligar llenguatge i ensenyament de les ciències.

Hem constatat en les enquestes que els nostres alum-

nes mostren un grau major de motivació per l'assignatura, exhibeixen una bona disposició cap a aquest tipus d'ensenyament i, per descomptat, adquireixen familiaritat amb les TIC des d'activitats concretes i significatives fetes dins l'assignatura. Aquesta, pensem, és la millor manera d'aprendre a utilitzar una eina transversal com és l'alfabetització informàtica bàsica.

Finalment, després de tres cursos d'experiència podem fer els suggeriments següents, que incorporarem en la nostra pràctica futura i que esperem que servisquen també per als col·legues que s'animen a repetir l'experiència:

- Cal assegurar-se de quants alumnes tenen accés fàcil a Internet fora del centre i de quants tenen ordinador personal; així mateix, convé saber si tenen els coneixements mínims per manejar aquestes eines.
- El professorat ha de triar aquells *physlets* més adequats per a assolir l'objectiu didàctic, guiats per criteris com els que hem enunciat en aquest treball.
- Les fitxes que el professorat facilita a l'alumnat han de ser clares.
- En primer de batxillerat dona bons resultats treballar a l'aula d'informàtica del centre; en segon curs i amb alumnes universitaris es troben molts avantatges en el treball a casa.
- L'elaboració d'un informe amb les respostes més correctes afavoreix la reflexió i l'arribada a conclusions de l'alumnat.
- Resulta convenient fer una posada en comú a l'aula, al final del treball amb cada *physlet*.

Agraïments

A l'ICE i al Vicerectorat de Convergència Europea i Qualitat de la Universitat d'Alacant, pel seu suport per a la realització d'aquest treball, dins del programa de Xarxes Docents; i al Secretariat del mateix Vicerectorat pel suport als projectes de portals estàtics i dinàmics per a l'E/A de la física: <http://www.fisica-basica.net>, <http://ticat.ua.es> i <http://ticat.ua.es/David-Harrison>.

Bibliografia

- ALFONSO, C. A. A., Prácticas de Laboratorio de Física general en Internet, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **3**, (2) (2004). http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero2/ART6_Vol3_N2.pdf [Consulta: 23 agost 2005].
- CARNICER, A., Aprender física a la xarxa, *Revista de Física*, **3**, (4), 36–37 (2003).
- CHRISTIAN, W., BELLONI, M., *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*, Prentice Hall (New Jersey, 2001).
- FRANCO, Á., Internet en la enseñanza y el aprendizaje de la Física, *Revista Española de Física*, **17**, (5), 63–66 (2003).
- GRAS-MARTÍ, A., PARDO CASADO, M., CELDRÁN MALLOL, A., SANTOS BENITO, J. V., MIRALLES TORRES, J. A., CATURLA TEROL, M. J., CANO VILLALBA, M., Algunos instrumentos per a la millora de l'aprenentatge de física en primers cursos universitaris, *Revista de Física*, **3**, (5), 4–9 (2003). <http://www.iecat.net/pperiodiques/> [Consulta: 26 desembre 2005].
- JORBA, J., GÓMEZ, I., PRAT, A. (ED.), *Parlar i escriure per aprendre. Ús de la llengua en situacions d'ensenyament-aprenentatge des de les àrees curriculars*, ICE UAB (Barcelona, 1998).
- RITA OTERO, M., GRECA, I. M., LANG DA SILVEIRA, F., Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: Un estudio comparativo, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **2**, (1) (2003). <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art1.pdf> [Consulta: 12 juny 2005].
- RIVERA, L., IZQUIERDO, M., Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias, *Alambique*, **7**, 117–122 (1996).
- SOLER-SELVA, V., GRAS-MARTÍ, A., Integració del laboratori assistit amb calculadora gràfica (LACG) en l'ensenyament secundari, *Revista de Física*, **2**, (8) 36–41 (2000).
- TORRES, Á., SOLER-SELVA, V. F., Internet i *applets* per a la física de 2n de batxillerat, *VII Jornades de l'AEFQ-Curie* (2003). <http://www.curiedigital.net> [Consulta: 23 agost 2005]
-