

LLENGUATGES DE LA FÍSICA I RECURSOS DIGITALS DELS DOCENTS*

GRAS-MARTÍ¹, ALBERT ; CANO-VILLABA¹, MARISA; MILACHAY², YURI; SIFREDO³, CARLOS;
SOLER-SELVA⁴, VICENT y VALDÉS⁵, PABLO

¹ Dept. Física Aplicada, Universitat d'Alacant. <agm@ua.es>

² Dept. Física, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

³ Ministerio de Educación, Cuba.

⁴ IES Sixto Marco, Elx.

⁵ Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Cuba.

Paraules clau: TIC; Simulacions (applets); Fulls de càlcul; Sensors; Vídeo.

INTRODUCCIÓ

Constantment es desenvolupen eines digitals que tenen com a suport l'ordinador i que anomenarem laxament Tecnologies de la Informació i de la Comunicació (TIC).** Aquestes innovacions tecnològiques en suport lògic (programaris) i físic (equipaments) poden servir per a millorar el procés d'ensenyament/aprenentatge (E/A). Els exemples són nombrosos: fulls de càlcul, miniaplicacions (*applets*), càmares de vídeo, aules digitals o campus virtuals, webQuests, instrumentació digital per a l'experimentació, tests en línia, etc. L'adquisició de coneixements i d'habilitats relacionades amb les TIC representen continguts i metodologies noves que s'han d'integrar en l'E/A.

Per tal d'evitar l'ús indiscriminat o amb poc fonament didàctic de les TIC en l'E/A (Gómez González, 1998), cal documentar les proves i les avaluacions que se'n fan de la posada en pràctica en l'aula (tant presencial com virtual). Un altre dels objectius de la difusió i la contrastació d'experiències didàctiques és arribar a construir un "mapa comunitari" (Redish, 1999) entre els docents, a través de la comunicació constant en línia, l'intercanvi d'experiències i de propostes de millora, l'avaluació i la crítica continuades, etc. En definitiva es tracta de seguir, en la comunitat educativa, un procediment habitual de la recerca científica com és *publicar* i *replicar* els experiments educatius. A partir de recerques empíriques sistemàtiques (que fan servir mètodes quantitatius o qualitius) es cerquen comportaments reproduïbles en l'estructura dels resultats educatius i en la manera com evolucionen.

Un exemple molt senzill de replicació d'una eina digital, les recerques via Internet, l'hem publicat en Gras-Martí *et al.* (2003a). Hem investigat també l'aplicació didàctica de les eines d'un Campus Virtual (Gras-Martí i Cano-Villalba, 2005), les simulacions de processos físicoquímics (Torres i Soler-Selva, 2004), l'experimentació automatitzada (Soler-Selva *et al.*, 2002), els tests en línia (Gras-Martí *et al.*, 2003b), etc.

* **Proposta de comunicació oral:** VII Congreso Int., Investig. en Didáctica de las CC, Granada, 2005.

** Les TIC fan referència a serveis, aplicacions i tecnologies que fan servir equipaments i programes informàtics, i que sovint es transmeten a través de les xarxes de telecomunicacions. Les TIC permeten l'emmagatzematge, la recuperació, el tractament, l'adquisició, la producció, la comunicació, l'enregistrament i la presentació de dades i d'informació.

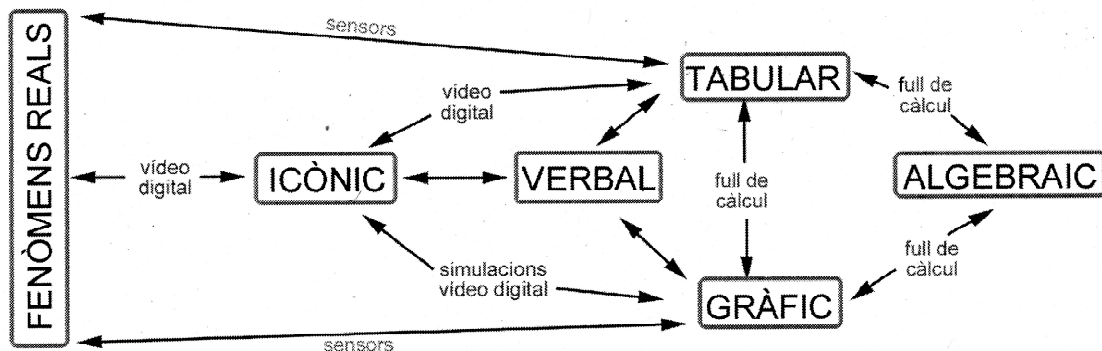


FIG. 1

Interrelació entre llenguatges de representació científica i instrumentació de recollida de dades, de modelització i d'anàlisi de observacions de fenòmens físics.

L'aprenentatge de coneixements científics per part dels alumnes passa per l'adquisició de la capacitat per a descriure els fenòmens físics fent servir simultàniament diversos tipus de llenguatges o descripcions (Juan *et al.*, 2003):

- el llenguatge icònic, que emprava diagrames per a mostrar de manera esquemàtica com varia una magnitud en funció d'altres (temps, posició, etc.);
- la descripció tabular, que arreplega de manera ordenada els valors de les magnituds corresponents;
- el llenguatge gràfic, que consisteix a representar en un eixos de coordenades la variació d'una magnitud amb una variable determinada;
- la representació verbal, que és la narració del fenomen mitjançant termes més o menys tècnics;
- el llenguatge algebraic, que cerca de trobar equacions que relacionen les magnituds investigades.

En aquesta comunicació descriurem l'aplicació (i l'avaluació) a l'estudi d'un tema de física de quatre eines TIC (vídeo digital, fulls de càlcul, simulacions, i experimentació amb sensors i instrumentació digital), al llarg de 3 anys i compararem els resultats entre si i amb els d'un curs en el qual no en vam fer servir cap. L'estudi cerca d'explicitar interrelacions entre els llenguatges de representació que fa servir la pràctica científica i les eines utilitzades, fig. 1.

Descriurem l'objectiu i la població a què s'ha dirigit el treball i comentarem l'anàlisi que se n'ha fet.

POBLACIÓ I INSTRUMENTS ANALÍTICS

El projecte pretén avaluar l'efecte sobre l'aprenentatge dels estudiants d'elements TIC relacionats amb diversos llenguatges de la ciència. L'experiència educativa s'ha dut a terme amb alumnes de primer curs de Física dels processos biològics de CC. Biològiques de la Univ. d'Alacant. S'ha treballat amb mostres de vora 30 alumnes (que fan l'ensenyament en català).

En les classes seguim un programa-guia d'activitats i els alumnes treballen dividits en petits grups (Furió, 2001). Per a aprofundir l'estudi dels temes hem fet servir les eines TIC que mostra la taula 1, una per cadascun dels 3 cursos. El curs més antic (01-02) serveix de referència. Es poden veure més detalls sobre la metodologia emprada en la referència de la columna de la dreta.

TAULA 1
Recursos TIC emprats per a complementar el treball grupal actiu.

Curs	Eina TIC	Metodologia emprada
01-02	---	---
02-03	E ^x AC (experimentació assistida per calculadora gràfica)	Soler-Selva i Gras-Martí. (2003)
03-04	Vídeo, digitalització i fulls de càlcul	Juan et al. (2003)
04-05	Miniaplicacions (<i>applets</i>)	Torres i Soler-Selva (2004)

Els instruments dissenyats per a l'avaluació de l'experiència didàctica són de tres tipus:

- Qüestions (pre i post tema)
- Anàlisi taxonòmic dels quaderns de treball
- Qüestionaris oberts

Pel que fa al primer tipus d'instruments hem aprofitat una eina coneguda en recerca en l'ensenyament de la física, el Force Concept Inventory (Hake, 2000) i hem desenvolupat qüestions anàlogues per al tema particular que estudiàvem. El segon instrument d'anàlisi es basa en una taxonomia de sis nivells de coneixements i d'habilitats inspirada en l'informe PISA (2003), taula 2. El tercer instrument d'anàlisi ha indagat sobre les actituds i la motivació dels estudiants cap a l'assignatura. Per limitacions d'espai únicament descriurem, i breument, la taxonomia esmentada.

TAULA 2
Taxonomia de coneixements i habilitats en l'anàlisi de situacions problemàtiques.

Nivell	L'alumne és capaç de...
6	...modelitzar situacions problemàtiques complexes. Pot formular i comunicar de manera precisa les seues accions i reflexions.
5	...treballar amb models per a situacions complexes. Pot formular i comunicar les seues interpretacions i raonaments.
4	...treballar amb models explícits per a situacions concretes complexes. Pot construir i comunicar explicacions i argumentacions.
3	...fer servir una representació però no és capaç de treballar amb models explícits. Pot executar procediments que s'hagen descrit clarament. Pot desenvolupar informes breus.
2	...interpretar i reconèixer situacions en contextos que no requereixen més que la inferència directa. Pot emprar algorismes bàsics i fórmules.
1	...respondre qüestions que involucren contextos familiars on s'hi presenta tota la informació relevant i es defineixen clarament les qüestions.

Com veiem, la taxonomia distingeix entre un model i una representació (compareu el nivell 3 amb els superiors). Per descomptat que una anàlisi completa d'un model científic engloba representacions múltiples interrelacionades. No cal dir que hem hagut d'adaptar l'aplicació d'aquestos nivells a un alumnat que té coneixements de matemàtiques i de física força rudimentaris (Santos Benito i Gras-Martí, 2003).

RESULTATS, DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

La taula 3 mostra un anàlisi dels exercicis sobre un tema concret (el moviment harmònic simple) fets pels alumnes abans (pre) i després (post) d'haver treballat l'eina TIC corresponent. En el cas primer (primera línia), quan no es va fer servir cap eina TIC conjuntament amb les discussions teòriques, no tenia sentit fer post-test. Per altra banda, les fluctuacions d'any en any (d'eina en eina) en les qualificacions mitjanes, $\langle x \rangle$ i en la desviació típica, σ , obtingudes en els pre/post tests són fluctuacions esperables pel fet que es tracta de promocions diferents d'alumnes.³ Dels resultats de la taula sí que es constata, però, que l'aplicació d'un instrument TIC millora sempre els resultats pel que fa a $\langle x \rangle$, al temps que generalment n'augmenta la dispersió apreciablement. De la mateixa manera, l'efecte es deixa notar en el % d'alumnes que aproven l'assignatura, 3a columna. Aquesta columna reflecteix el resultat de l'aplicació repetida, a diversos temes, de la mateixa eina TIC.

TAULA 3
Columnes pre/post test: mitjana de les qualificacions dels alumnes, $\langle x \rangle$, i desviació estàndard σ , en tests fets sobre el tema objecte d'aplicació de l'eina TIC corresponent. Columna 3a: % d'aprovat en cada curs. Columna 4a: $\langle x \rangle$, i σ dels nivells taxonòmics descrits en la taula 2.

Eina	Pre-test		Post-test		% aprovats	Nivell taxonòmic	
	$\langle x \rangle$	σ	$\langle x \rangle$	σ		$\langle x \rangle$	σ
---	4.1	2.0	---	---	30	2.4	1.2
E ^X AC	3.9	1.5	5.6	2.1	43	3.1	1.4
Vídeo/ modelització	4.4	2.2	6.1	2.5	48	3.3	1.5
Simulacions	4.3	2.3	5.8	2.5	52	3.6	1.7

La darrera columna de la taula 3 mostra els valors $\langle x \rangle$ i σ dels nivells de classificació d'habilitats dels alumnes amb els models i les representacions, taula 2. A cada alumne se li assigna un nivell en funció d'unes qüestions breus i de l'anàlisi del quadern de treball. És clara, també, la millora general progressiva que s'observa en passar d'un E/A sense el recurs a les TIC (on, com calia esperar, la desviació estàndard és baixa i al voltant d'un nivell mitjà també baix), a un E/A basat en la experimentació, en el vídeo o en les simulacions. Les enquestes a l'alumnat reflectien nítidament aquesta bona disposició cap a un E/A que fera servir recursos TIC, tot i que la part instrumental (E^XAC) no resulta senzilla als estudiants, que no estan habituats a l'experimentació en física. L'ús del vídeo els resulta més atractiva (els alumnes de Biologia estan més habituats a la imatge), però la posterior modelització de les dades afegia la dificultat de les matemàtiques. Finalment, la simulació de processos amb miniaplicacions (*applets*), pel seu caràcter més visual i interactiu, és l'activitat més ben valorada i que es tradueix en una millora relativa en els valors taxonòmics. Igual que ocorre amb les qualificacions dels tests, la desviació típica reflecteix una gran dispersió en les respostes dels alumnes al treball amb models, sempre dins d'uns valors més baixos que seria desitjable.

Resulta evident que tot i que l'objectiu és ensenyar a modelitzar els nostres alumnes, s'ha de fer més èmfasi en la transposició entre les representacions que usem i els models. Anàlisis més detallades de l'ús de les eines TIC en cada curs i dels resultats transversals entre cursos es deixen per a una comunicació posterior.

En conjunt, doncs, hem aconseguit millores en un procés d'E/A que integra eines TIC. Som conscients que la tecnologia és un simple vehicle per a dur a terme actuacions que contribueixen al procés, i que per ella mateixa no proporciona millores en l'aprenentatge. Investigacions com la present són d'interès per aplanar

3. Les qualificacions van de 0 a 10 punts.

el camí cap al sistema de crèdits europeus (l'anomenat sistema ECTS), on l'adquisició d'habilitats transversals i capacitats d'alt nivell cognitiu cobra gran protagonisme.

AGRAÏMENTS

A l'ICE i al Secretariat i Vicerektorat de Convergència Europea i Qualitat de la Universitat d'Alacant (UA), pel suport (Xarxes Docents i *Portal per a l'E/A de la Física*, dins del programa d'aplicació de les TIC a la millora de l'ensenyament). Al Projecte Havana de la UA, per l'ajut que ha permès aquesta col·laboració.

REFERÈNCIES

- FURIÓ, C. (2001). *La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente*. En Investigaciones en didáctica, 15-42. J. Guisasaola (Ed.), UPV-EHU.
- GÓMEZ GONZÁLEZ, E. (1998). Nuevas tecnologías y enseñanza de la física, *Revista Española de Física*, 12 (2) 44.
- GRAS-MARTÍ, A., CANO-VILLALBA, M. i CANO VALERO, C. (2003a). Cursos de TIC per al professorat de ciències: comparació de modalitats presencial, semipresencial i no presencial (p, sp, np). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3 (1) 1-25.
(En línia: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero1/Art3.pdf>, consultat, 5-4-03).
- GRAS-MARTÍ, A. i CANO-VILLALBA, M. (2005). Debats i tutories com a eines d'aprenentatge per a alumnes de ciències: anàlisi de la integració curricular de recursos del Campus Virtual. *Enseñanza de las Ciencias*, acceptat.
(En línia: <http://ticat.ua.es/agm/recerca-divulgacio/debats-tutorias.pdf>, consultat, 1-7-04).
- GRAS-MARTÍ, A., SANTOS, J.V., PARDO, M., MIRALLES, J.A., CELDRAN, A., i CANO-VILLALBA, M. (2003b). Revision of prerequisites: ICT tools, *AEQ-Academic Exchange Quarterly*, 7 (3).
(En línia: <http://rapidintellect.com/AEQweb/redpast.htm>, consultat, 2-2-03).
- HAKE, R.R. (2000). *The Need For Improved Physics Education of Teachers: FCI Pretest Scores for Graduates of High-School Physics Courses*. Physics Educ. Res. Conf. (En línia: <http://www.physics.indiana.edu/~hake/>, consultat el 22-3-01).
- JUAN, A., JULIÁ, M., JOVER, E., PRATS, G., PONS, I., MARTÍNEZ, B. (2003). El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio de la cinemática del movimiento. *Curie digital*, 53-65.
(En línia: <http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2003/2003.htm>, consultat, 3-6-03).
- PISA (2003). *Measuring Student knowledge and skills: The PISA Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*. Paris: OECD. (En línia: <http://www.pisa.oecd.org>, consultat, 3-1-04).
- REDISH, E.F. (1999). Building a community consensus map of physics education. *APS Meeting*. (En línia: <http://www2.physics.umd.edu/~redish/Talks/APSCent/sld004.htm>, consultat, 5-9-01).
- SANTOS BENITO, J. V. i GRAS-MARTÍ, A. (2003). Conocimientos de física de alumnos universitarios: influencia de las reformas educativas, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2).
(En línia: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>, consultat, 8-6-03).
- SOLER-SELVA, V.F., i GRAS-MARTÍ, A. (2003). Experimentació amb tecnologia ExAC des d'una orientació de l'ensenyament com a investigació, *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 173-181.
- SOLER-SELVA, V.F., VALDÉS, P., BECERRA, C., CANO-VILLALBA, M., GRAS-MARTÍ, A. (2002). La experimentación asistida con calculadora (EXAC): una vía para la educación científico-tecnológica, *Revista Iberoamericana de Educación*. (En línia: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/553Soler.PDF>, consultat, 9-4-02).
- TORRES, A i SOLER-SELVA, V.F. (2004). Avaluació de l'aprenentatge amb physlets. Entre la necessitat i la dificultat. *Curie digital*, 1-12. (En línia: <http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2004/VIIIJ/Avaluacio-aprenentatge-Physlets-AngelTorres-VicentSoler.pdf>, consultat, 8-6-04).