

Renovació didàctica necessària a la Universitat: la Física, per exemple

**A. Gras-Martí¹, J. Guisasola-Aranzabal²,
C. Becerra-Labra³, M. Cano-Villalba⁴,
R.G. Arànegas-Gómez⁵, J. Martínez-Torregrosa⁶**

Resum

Potser està arribant el temps en el qual la renovació didàctica a les universitats no tindrà més remei que produir-se a escala apreciable. Afortunadament, la recerca en l'àrea de coneixement anomenada Didàctica de les Ciències està en la seua maduresa. Discutirem alguns factors que poden conduir inexorablement a aquesta renovació de mètodes i de materials docents; mostrarem exemples on ja s'estan produint algunes actuacions, i descriurem breument casos concrets de renovació en l'aula.

L'ensenyament de les ciències a la Universitat

L'ensenyament de les Ciències Experimentals a la Universitat, i en particular de la Física, està actualment en un procés de desenvolupament i canvi en tot el món (Redish i Rigden; 1997). Aquest procés de qüestionament i renovació es deu, en part, a les evidències aportades per la recerca en Didàctica de la Física sobre com es pot intentar posar remei al fracàs generalitzat dels estudiants en l'aprenentatge d'aquesta matèria, i també per la demanda social d'un ensenyament que permeta una alfabetització científica del ciutadà d'aquest nou segle.

En l'anàlisi de l'ensenyament universitari és necessari posar en qüestió visions, moltes vegades descoratjadores o derrotistes, que solen ser acceptades com a òbvies i inevitables. Com a exemple esmentarem dues d'aquestes idees referides al fracàs en l'aprenentatge de la Física:

- a) Hi ha una manca de preparació dels estudiants deguda al pobre aprenentatge aconseguit en el nivell de secundària (Calatayud et al., 1992).
- b) El fracàs generalitzat dels estudiants en Física és "natural" ja que la pròpia naturalesa de la ciència és d'elevada demanda cognitiva (sempre hi haurà "llestos" i "maldestres").

El primer punt crearia una dificultat afegida a l'ensenyament de la Física en el primer curs universitari, mentre que el segon argument comença a ser alarmant quan el fracàs i

¹ Albert Gras Martí (Gandia, 1951), llicenciat en Física per la Universitat de València (1974), és professor de Física Aplicada a la Universitat d'Alacant.

² Jenaro Guisasola Aranzabal (Donostia, 1953), professor del Dept. de Física Aplicada I, Universitat del País Basc-Euskal Herriko Unibertsitatea, llicenciat en Física per la Universitat de Barcelona (1977) i Doctor en Física per la UPV-EHU (1996).

³ Carlos Becerra Labra (Talca, 1959), Magister en Física per la Universidad Austral de Chile (1990), és professor del Instituto de Matemática y Física, Universidad de Talca, Xile

⁴ M. Cano Villalba (Blanca, 1975), estudiant de CC. Químiques i Informàtica.

⁵ Raquel G. Arànegas Gómez (Elx, 1976), llicenciada en Química per la Universitat d'Alacant (1999), és professora de Física i Química de Secundària.

⁶ J. Martínez Torregrosa (Torrevieja, 1954), llicenciat en Física (1976) i doctor per la Universitat de València (1987), és professor de Dept. de Didàctica de les Ciències a la Universitat d'Alacant.

l'abandonament en la Universitat afecta a la gran majoria de l'elit dels alumnes de Secundària, aquells estudiants de qualificació mitjana d'excel·lent i notable en Secundària -els "llestos".

Aquestes dues afirmacions justificarien el baix nivell d'aprenentatge i el fracàs escolar, tot atribuint-los a factors externs a l'ensenyament i al professorat universitari i, per tant, impossibles de tractar com a problemes propis de la universitat. Amb visions d'aquesta índole, aspectes potencialment qüestionables de l'ensenyament universitari poden ser acceptats com a realitats naturals i immodificables. En aquest sentit ens sembla necessària una revisió crítica de les estratègies docents habitualment utilitzades en l'aula, basades generalment en la idea ingènua de què ensenyar és transmetre coneixements i que una bona transmissió dels coneixements implica un bon aprenentatge.

D'altra banda, els cursos introductoris de Física de les carreres universitàries de Ciències i Enginyeries es dissenyen i s'ensenyen com si tots els estudiants anaren a obtenir un doctorat en Física. Tanmateix, la major part dels estudiants que fan nivells introductoris de Física de primer cicle no en cursaran més en cursos posteriors. Per tant, les seues necessitats no són tingudes en compte explícitament.

No és estrany, doncs, que l'interès dels estudiants per cursar determinades disciplines científiques minve i es redueixen les matrícules. Així ens trobem amb xifres preocupants en diverses universitats de l'estat, com ara la de Valladolid, on s'ha reduït en un 30% el nombre de matriculats en la Facultat de Ciències en el període 94/95 a 99/00. En la Universitat de Saragossa s'ha passat de 450 alumnes en el primer curs de llicenciatura el curs 91/92 a 55 el 99/00. Aquest curs 01-02, la matrícula en la Facultat de Ciències de la Universitat del País Basc s'ha reduït de nou un 16%, etc.

D'ençà de principis del 90, el professorat universitari comença a preocupar-se davant l'elevat fracàs escolar dels seus estudiants, el descens en la matrícula (Solbes 1994), i els nombrosos estudis empírics que mostren que els estudiants de primer cicle d'universitat posseeixen concepcions diferents d'aquelles que es volien ensenyar (Mazur, 1997).

En revistes com aquesta, són escassos els treballs que aborden el procés d'ensenyament-aprenentatge (com ara, el de Castel Subías, 1993). Amb la nostra contribució pretenem encetar un debat sobre aquest tema, i donar a conèixer un camp de recerca que no té l'activitat ni la difusió necessàries al nivell universitari.

Deficiències en l'ensenyament

Analitzem breument, doncs, en quines condicions es fa l'ensenyament universitari. S'han detectat greus mancances en la preparació científico-matemàtica de l'alumnat que fa una carrera científica. No sols el tant per cent d'aprovat en els exàmens és ben reduït, sinó que quan se'ls passen qüestionaris amb preguntes ben bàsiques i senzilles a titulats ja encerts (en els cursos del CAP) l'índex "d'encerts" és ben minso. De fet, els resultats són equiparables als obtinguts per alumnes que acaben d'encetar la carrera.

El fracàs escolar és un bon símptoma del fracàs de l'ensenyament impartit. En el nivell preuniversitari (Secundària Obligatòria i Postobligatòria) s'han vingut desenvolupant des dels anys 80 diferents propostes fonamentades teòricament que es revelen contra visions descoratjadores que accepten com a inevitable el fracàs escolar dels estudiants. També la recerca sobre l'ensenyament de les ciències a la Universitat aporta evidència sobre la insuficiència dels "cursos tradicionals" del primer cicle per a permetre als estudiants una comprensió dels conceptes bàsics, insuficiència que està relacionada amb el gran fracàs escolar que s'hi detecta.

D'altra banda, les limitacions en què es desenvolupa l'ensenyament de física a les carreres de Ciències o les d'Enginyeria -la reducció del nombre de crèdits de física i la manca de coordinació entre assignatures, etc.- fan molt difícil la superació d'aquestes carències durant el primer curs universitari.

Al mateix temps, sol estar generalitzada entre el professorat universitari la idea de què ensenyar és fàcil, qüestió de conèixer bé els continguts (conceptes, lleis, teories) i de tenir personalitat, "sentit comú" i una poca de "mà esquerra" amb els estudiants (Gil et al, 1991). Així, la part del treball universitari dedicat a l'ensenyament seria la part rutinària, la que no té majors complicacions i que sols exigiria transmetre als estudiants un discurs ordenat dels continguts que ja sap el professorat. Aquesta idea simplista de l'ensenyament, denunciada reiteradament per la recerca en Ensenyament de la Física, es veu reflectida en la carrera docent universitària (recordem el diferent tractament donat als esglaons docents i investigadors).

La renovació necessària no es redueix als continguts del programa, ni tan sols a la manera "d'ensenyar", sinó que hauria de contemplar canvis que possibilitaren el desenvolupament de destreses. En efecte, informes elaborats per diferents associacions i col·lectius professionals i socials indiquen que l'ensenyament universitari ha de desenvolupar en l'alumne destreses que el capaciten per a resoldre problemes i per a treballar en equip. Així mateix, es valoren cada vegada més les competències en comunicació i habilitats interpersonals. Tanmateix, els programes de les disciplines bàsiques universitàries fan poc per desenvolupar i enfortir aquestes competències importants.

Davant d'aquesta situació, que en altres entorns laborals resultaria dramàtica, afortunadament podem recórrer a un grapat de recursos proporcionats per la recerca didàctica, i a actuacions concretes com les que després veurem.

Orientacions per a una renovació

En la perspectiva de l'ensenyament per transmissió oral dels coneixements se suposa que la informació donada pel professorat pot ser directament assimilada per l'alumnat en un procés de reproducció d'aquesta informació. En aquest sentit, els cursos en la universitat són molt tradicionals i el seu principal objectiu és donar als estudiants una informació competent (en el sentit de què siga correcta i important en el cos teòric de la disciplina) i pertinent, així com el més clara possible. Es considera en menor mesura com adquireixen els estudiants aquesta informació o què significa l'aprenentatge.

Tanmateix, des de la perspectiva constructivista de l'ensenyament, el professorat, per mitjà de la discussió, de les idees proporcionades pels alumnes, dels treballs pràctics, del treball en grup, etc., ha de crear un *entorn d'aprenentatge* on aquest aprenentatge siga més probable. Segons el constructivisme, els principals processos mentals dels estudiants són determinats per la pròpia manera de pensar. Això implica que els estudiants poden elaborar una comprensió específica diferent a la que el professor volia ensenyar (Gil, 1991).

La recerca educativa ha anat fent propostes de renovació didàctica a tots els nivells de l'ensenyament. Així, de fa vint anys s'està desenvolupant una línia de recerca en l'ensenyament de la Física (Wandersee et al., 1994) que aporta múltiples evidències empíriques de les existències de veritables dificultats d'aprenentatge en diferents camps de la Física i ha permès desenvolupar un cos de resultats agrupats sota el nom genèric de "concepcions alternatives". Recentment, aquestes investigacions han estat acompanyades de treballs relacionats amb els processos d'aprenentatge i formes de raonament dels estudiants (Salinas et al., 1996). Així mateix, nombrosos estudis fan referència a què els estudiants han de comprendre la naturalesa de la disciplina científica (Gil, 1993) en el sentit que els estudiants necessiten *practicar* diferents característiques de la metodologia científica, com ara: fer preguntes apropiades en una anàlisi qualitativa d'una situació problemàtica, fer prediccions, dissenyar l'experimentació, arregar i analitzar dades, identificar resultats i comunicar els resultats als companys. També es proposen nous continguts en els programes de Física que afecten als conceptes, als procediments i a les actituds (Guisasola, et al. 2001b).

És necessari assenyalar, però, que en el nivell universitari la recerca educativa en Física és tan sols incipient i no ha abastat el desenvolupament de l'Ensenyament Secundari, on

s'ha elaborat un cos de coneixements teòrics (Perales y Cañal, 2000) potencialment transferibles al nivell universitari.

El desenvolupament del procés incipient d'innovació en l'ensenyament universitari dependrà, en bona mesura, de l'actitud del professorat universitari. Està el professorat universitari disposat a admetre que l'ensenyament és una part essencial del seu treball, que pot ser posada en qüestió i millorada mitjançant un treball cooperatiu i de recerca? Experiències en diversos països indiquen que el professorat ha estat reticent en el passat, però s'està mostrant cada vegada més receptiu als resultats del seu ensenyament, a mesura que ha de fer front a les demandes dels estudiants i de la pròpia societat. Algunes universitats han començat ja a reaccionar. En mostrem uns exemples.

Algunes actuacions

Hi ha moltes àrees sobre les quals es pot incidir per tractar de millorar la docència universitària. Anem a esmentar-ne un parell: els projectes de recerca educativa, que busquen la renovació docent, i els programes de doctorat en investigació didàctica.

Diverses universitats han començat recentment a dedicar una (petita) quantitat de recursos a fomentar la recerca i la innovació pedagògica. Per exemple, l'ICE de la Universitat d'Alacant (UA) ha resolt recentment la 2a convocatòria anual d'ajudes per a projectes d'investigació sobre l'ensenyament de matèries específiques. Els aspectes que es volen investigar són, per ordre de prioritat, els següents:

- *Identificació de problemes de tipus didàctic i anàlisi de possibles causes* (dificultats especials d'aprenentatge de determinats aspectes de la matèria, concepcions dels professors sobre l'ensenyament i l'aprenentatge, etc.).
- *Característiques de l'ensenyament de matèries universitàries que afavoreixen un aprenentatge de qualitat* (formes alternatives de posar en pràctica aspectes bàsics de l'ensenyament, com ara l'avaluació, els treballs pràctics, l'estructuració dels temes, etc.).
- *Anàlisi d'aspectes concrets de l'ensenyament habitual* (com s'avalua i quin tipus d'aprenentatge s'afavoreix; com s'ensenya als alumnes a enfrontar-se a situacions roves, com ara la resolució de problemes; què saben els alumnes sobre determinats aspectes en entrar en una carrera i en acabar-la, etc.).

La convocatòria va acompanyada, d'altra banda, de cursos específics de formació del professorat universitari, dictats per experts en didàctica de les Ciències Experimentals. Tot i que el programa és massa jove per poder-lo avaluar, les primeres impressions és que està aconseguint que germine la llavor del qüestionament i de la renovació entre el professorat universitari.

Una segona àrea on es pot incidir és en la creació de plans o programes de doctorat en Didàctica de les Ciències. En la UA ha començat a caminar fa un any un d'aquests programes, en col·laboració amb col·legues d'Història de les Ciències. En la Universitat del País Basc, on també hi ha un grup d'innovació educativa, en la UA, i en altres universitats, especialment catalanes i valencianes, s'estan dirigint tesis doctorals en didàctica de temes específics de física (com ara l'ensenyament del concepte de camp i potencials elèctrics, la introducció del concepte de diferencial, o la resolució de problemes de física i com integrar-los en un plantejament estructurat i problematitzat de la física dels primers cursos universitaris). S'està creant, a poc a poc, una xarxa d'experts en Didàctica que es va estenent per tot l'Estat i per països sud i centramericans, i que seran generadors de futurs estudis i actuacions de renovació didàctica.

Com a exemple més concret d'innovacions parlarem de dos exemples, l'ensenyament de l'electromagnetisme i la resolució de problemes de física.

Exemple: nous materials i maneres

Ens hem de replantejar al nivell universitari, igual que ho han hagut de fer els nostres col·legues d'altres nivells d'ensenyament, quins materials docents fem servir, com fem les classes de teoria i de problemes, com fem els treballs pràctics i, en general com plantegem l'activitat dins l'aula de manera que afavoresca el procés d'ensenyament–aprenentatge.

Ja comença a haver-hi materials, al nivell universitari, que tenen en compte els resultats de la recerca didàctica. Un exemple des de l'àrea de l'electromagnetisme són els textos de Chabay i Sherwood, (1999) i Guisasola i Pérez de Eulate (2001a). Els autors ressalten, també, els millors resultats obtinguts per alumnes del seu curs en comparació amb alumnes sotmesos a l'ensenyament (mètodes i material docents) tradicionals.

Els autors d'aquest treball fem classes actives amb una metodologia poc coneguda en l'ambient universitari: el mètode d'ensenyament per investigació orientada. Els alumnes estan distribuïts en grups de treball i el professor els orienta en el procés d'aprenentatge fent servir un programa–guia d'activitats. Se'ls plantegen activitats que han de discutir en grup durant uns minuts; després, es posen en comú els resultats dels grups generant una discussió col·lectiva. El professor clarifica i orienta a partir de les seues respostes, és a dir, es va construint la matèria a partir de les seues idees (prèvies). Les dades concretes d'aquesta innovació educativa i els seus resultats, els publicarem aviat.

Exemple: la resolució de problemes de física

En l'ensenyament i en l'aprenentatge de la física dels primers anys de la Universitat se sol dedicar una part important del temps disponible en l'aula i fora d'ella a la resolució de problemes de “llapis i paper”. Aquesta activitat es considera tant un mitjà d'aprenentatge com un instrument d'avaluació. Tanmateix, resulta preocupant que la resolució de problemes siga una causa persistent i fonamental de frustració que es manifesta en el fracàs i abandonament més o menys generalitzat dels alumnes quan s'enfronten a un problema que se separe, fins i tot lleugerament, dels fets a classe.

És necessari, per tant, un replantejament profund de com ensenyem a resoldre problemes, a enfrontar-se a nous problemes. Com s'ha dit abans, la revisió crítica i l'anàlisi de la metodologia docent tradicional ha d'abastar, fins i tot, allò que sempre hem pres com a obvi. Per exemple, el mateix concepte de problema ha de ser revisat (Martínez-Torregrosa 1987).

S'està desenvolupant una tesi doctoral sobre aquestes qüestions, que comença per investigar la didàctica usada en el nivell universitari per a la resolució dels problemes de física, i contrastar la hipòtesi fonamental següent: que els problemes de física no són presentats com a tal, com a situacions obertes que requereixen investigacions, que suposen l'ocasió de posar en pràctica la metodologia científica, sinó com a simples exercicis d'aplicació que els alumnes han d'assimilar i reproduir. Els resultats d'aquestes tesis seran objecte de publicacions futures.

Conclusions

Som conscients de les greus mancances en preparació, coneixements i hàbits d'estudi de l'alumnat que enceta una carrera científica i, malauradament, en bona part de l'alumnat que l'acaba. Diàriament es comprova, també, que l'ensenyament habitual condueix a resultats molt pobres.

Hem comentat breument com es poden fer classes amb una nova metodologia (treball en grup sobre un programa d'activitats que responen a una estructura problematitzada dels temes, posades en comú i discussió col·lectiva sota la guia del professor, integració dels elements educatius, etc.). S'està demostrant que aquesta metodologia és viable i didàcticament més profitosa (publicació pendent). La renovació obliga, però, a desenvolupar materials de treball que, amb un nou enfocament basat en la recerca didàctica i, en concret,

en l'orientació de l'aprenentatge com a investigació, permeten una comprensió i assimilació millor dels conceptes i del mètode científic.

En aquestos moments la preocupació ha augmentat: no sols es tracta d'atraure, sinó també de retenir els alumnes dins el sistema. Amb aquesta fi, les universitats que vulguen mantenir o augmentar el seu prestigi han de millorar la qualitat de la docència, tant des del punt de vista conceptual com metodològic.

Però el missatge final ha de ser ben clar: s'ha avançat una mica, el camí del qüestionament crític i de la renovació és ple de dificultats, hi ha opcions fonamentades en la recerca didàctica... i resta moltíssim per fer encara.

Bibliografia

CALATAYUD, M. L., GIL, D. y GIMENO, J. V., Cuestionando el pensamiento espontáneo del profesorado universitario: ¿las deficiencias de la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes?, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 14, 71-81, 1992.

CASTEL SUBÍAS, C., *Revista de Física*, 51-56, 2n semestre de 1993.

CHABAY, R. W., SHERWOOD, B. A., *Electric & magnetic interactions*, Preliminary Second Edition, Ed. Wiley, 1999.

GIL, D., BELENDEZ, A., MARTIN, A. y MARTINEZ-TORREGROSA, J., La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos de 'sentido común', *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 12, 43-48, 1991.

GIL, D., Contribución de la historia y filosofía de la ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza /aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 11, nº 2, 197-212, 1993.

GUISASOLA, J. y PEREZ DE EULATE, L. (Editores), *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*, Servicio editorial de la Universidad del País Vasco, 2001a.

GUISASOLA, J., FURIÓ, C., CEBERIO, M. y ZUBIMENDI, J.L., ¿Es necesaria la enseñanza de contenidos procedimentales en cursos introductorios de Física en la Universidad?, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, vol. 1, 2001b.

MARTÍNEZ TORREGROSA, J., La resolución de problemas de física como investigación: un instrumento de cambio metodológico, Tesis doctoral, 1987.

MAZUR, E., 1997, *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle, Prentice Hall y en <http://galileo.harvard.edu>

PERALES, F.J. i CAÑAL, P. (Editores), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil, Alcoy, 2000.

REDISH, R., RIGDEN, R. (editors), The changing role of Physics departments in modern universities. *Proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education*, editat per *American Institute of Physics*, 1997.

SALINAS, J. CUDMANI, L.D. y PESA, M., Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 209-220, 1996.

SOLBES, J., CALVO, A., POMER, F., *Revista Española de Física* 8 (4), 45-49 (1994).

WANDERSEE J. H., MINTZES J. J., NOVAK J. D., *Research on alternative conceptions in Science*, Handbook of Research on Science Teaching and Learning, 1994.