



**Comunicació: Resoldre problemes per aprendre. Identificació de competències de 'pensament científic'**

*Anàlisi de les disciplines des de la perspectiva de les competències*

Grup IDES 'Resoldre problemes per aprendre'

Universitat Autònoma de Barcelona

*Resum*

En aquesta comunicació presentem el *treball col·lectiu* que hem dut a terme en els tres darrers anys en el grup IDES 'Resoldre problemes per aprendre' i *les conclusions* a les que hem arribat.

El *treball col·lectiu* que exposem consisteix en la revisió dels problemes que es proposen als estudiants de ciències (en les classes i en els exàmens) per tal d'ajustar tan bé com es pugui la demanda conceptual i pràctica que s'hi fa a les possibilitats de treball autònom dels estudiants. Els problemes que tenen aquestes característiques són identificats per nosaltres com a 'problemes autèntics'; es presenten en el llindar del que els estudiants ja saben, oferint-los alhora la perspectiva teòrica adequada per tal que es plantegin autèntiques preguntes i puguin dissenyar un procediment adequat per a respondre-les. Gràcies a la resolució de problemes autèntics els coneixements que incorporen i construeixen dels estudiants es podran aplicar a les activitats professionals que més endavant hauran de realitzar ; amb ells, els estudiants assoleixen *competències de pensament científic*. Però no és gens fàcil dissenyar-los i requereix una nova manera de considerar les disciplines científiques, més oberta, vinculada a les seves aplicacions i a habilitats professionals i de recerca.

Les nostres *conclusions* es refereixen a què ha estat i què hauria d'esdevenir el nostre grup de professors IDES. La principal d'elles, a la qual es refereix el títol d'aquesta comunicació, és que l'èmfasi actual en l'avaluació per competències requereix que els professors duguin a terme una anàlisi de la seva disciplina per tal de dissenyar les activitats dels estudiants de manera que incideixin en la principal competència, que és el desenvolupament de pensament científic.



## Introducció

L'experiència docent que exposem aquí es deriva de les nostres reunions com a grup d'innovació IDES (Unitat de Innovació de la Docència en l'Ensenyament Superior), que valorem positivament. Per això comencem per explicar-les.

Els canvis que s'han produït en els joves que accedeixen a la universitat i les propostes que es van formulant sobre un nou espai universitari europeu han canviat les relacions entre els professors i els estudiants universitaris i aquest és l'origen de les principals dificultats amb les que ens trobem. Els professors ens troben amb uns estudiants poc motivats i amb unes recomanacions de canviar la manera de fer classes que, en general, es consideren adequades però per a les quals es troben amb pocs recursos. Els objectius dels professors i dels estudiants no coincideixen prou. L'oferta de formar un grup d'Innovació que se'ns ha fet des de la unitat IDES de la UAB ens ha permès posar en comú les nostres preocupacions i expectatives de millora docent i cercar estratègies per tal de concretar les orientacions que se'ns donen.

Considerem que la *formació científica requereix la coordinació entre les classes teòriques, la de pràctiques i la de problemes*, cosa que no es produeix fàcilment per diverses causes, algunes d'elles fora del nostre control. Ara bé, hem procurat identificar alguns aspectes que sí que podem millorar i trobar la manera de millorar-les i de dur a terme una reflexió que ens permeti justificar les accions empreses.

Hem participat col·lectivament, com a professors, en sis cursos en els quals hem presentats els nostres resultats a altres professors del Campus. Aquests cursos ens han ajudat a contrastar idees i a fer més coherent les nostres idees sobre la docència universitària de les ciències.

Procurem publicar la feina que anem fent, perquè això ens ajuda a concretar les idees i a deixar constància, fins i tot per a nosaltres mateixos, de les millores que creiem haver assolit; ens ajuda també a avaluar-les, identificant criteris de millora que són resultat d'haver pogut disposar d'aquest espai de conversa i reflexió entre professors.



Els objectius que ens hem plantejat i que continuen orientant les nostres reunions són els següents:

- Analitzar els enunciats dels problemes per fer-los *autèntics*; plantejar situacions - problema que presentin un context d'activitat científica real que es pugui fer servir per introduir la disciplina (com *epítom*)
- Explorar noves estratègies de presentar de manera coordinada els principals conceptes i pràctiques, a partir de la *coordinació de la tasca dels professors de teoria, de pràctiques i de problemes*
- Fer un seguiment del procés de '*modelització científica i matemàtica*' dels estudiants quan resolen problemes
- Identificar les *competències de pensament científic* que podem avaluar en les nostres classes, a partir del plantejament de problemes oberts al qual es refereixen els tres punts anteriors
- Caracteritzar l'aportació que representa per a cada un de nosaltres el fet de formar part d'un *grup permanent d'innovació docent* i intentar treballar amb un *marc teòric* explícit.

Hem treballat en química, física, biotecnologia i biologia, amb una dedicació preferent als primers cursos i a les assignatures instrumentals (química a ciències ambientals, química per mestres, física per geòlegs).

### **Plantejar situacions - problema amb diferents finalitats**

Hem preparat una plantilla que ens ajuda a analitzar els problemes de 'paper i llapis' que en donem als estudiants i hem intentat modificar-ne els enunciats d'acord amb nous objectius didàctics: no volem ensenyar a resoldre els problemes, sinó que els estudiants ho facin de la manera més autònoma possible. (Fig. 1)

Alhora que adaptem els enunciats dels problemes als coneixements dels estudiants i els orientem cap a allò que volem que aprenguin, hem procurat ampliar-ne els continguts,



perquè ens hem adonat que, en aquests moments, la majoria d'ells demanen aplicar fórmules i arribar a un resultat numèric, sense una reflexió qualitativa prou explícita. Creiem que cal proposar problemes que introdueixin els estudiants en la disciplina i també d'altres que s'enfoquin ja cap a les decisions que han de prendre els professionals a partir de la disciplina / assignatura que s'està ensenyant (Química Industrial).

Estem començant a treballar també en problemes oberts que es presenten en contextos 'reals' en els quals prenen sentit els conceptes teòrics que els estudiants coneixen i que poden aplicar al resoldre la situació problemàtica. Ens guiem per la bibliografia recent sobre 'Aprentatge basat en problemes' (ABP)

També creiem que és important utilitzar un problema obert, que es pugui relacionar amb algun fenomen o experiment ben conegut pels estudiants, per a fer d'*Epítom* d'una gran part del programa (és a dir, que resumeixen d'una manera simple el sentit i la novetat del que es vol explicar, els interrogants que volem que els estudiants es plantegin en començar un tema i els resultats que volem obtenir). Com exemple, presentem un problema sobre el cicle de l'aigua en l'assignatura 'Termodinàmica i Cinètica' al primer curs de Ciències Ambientals i els resultats obtinguts. (Fig. 2, veure poster)

### **Exploració de noves estratègies per presentar de manera coordinada els principals conceptes i pràctiques.**

Hem detectat una dificultat real de coordinar els aspectes teòrics i pràctics en les assignatures de ciències. En una comunicació anterior (Jornades, 2004) es va presentar l'organització de les classes de pràctiques de Biotecnologia com a resolució d'un problema pràctic, i la presentació de l'informe final, com una ocasió d'utilitzar els coneixements teòrics de diferents assignatures de manera coordinada.

Hem explorat l'aportació de pràctiques magistrals a les classes teòriques. Tot i que hi ha hagut una àmplia tradició d'aquesta manera de donar classe, en aquest moment es fan presentacions més teòriques, tot i que aquestes s'il·lustrin amb recursos de les NTIC. En



### III Jornada d'Innovació Docent 2006

la comunicació es presentaran alguns resultats en les assignatures de Física per a Geòlegs i de 'Química Bàsica' per a mestres. (Fig. 3)

Creiem que és important que els estudiants identifiquin els aspectes pràctics de les assignatures per tal que siguin capaços de modelitzar el món real. És a dir, voldríem que el pensament teòric sigui, pels estudiants, una manera de donar sentit al món i no memorització d'axiomes que no arriben a poder aplicar. Ara bé, els models teòrics no es poden implantar en la ment dels estudiants sinó que han de ser construïts a partir de reconèixer determinats problemes en el món real. Per això és molt important presentar als estudiants les situacions experimentals sorprenents a les que ens acabem de referir, que ajudin a plantejar les preguntes apropiades per a la nova perspectiva teòrica que es vol introduir. (Fig. 4)

#### **Avaluació per competències. Competències de pensament científic**

La recomanació d'avaluar per competències que ara es fa des de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES) correspon a un model de 'coneixement a ensenyar' vinculat a l'activitat científica real, que defuig l'enciclopedisme; però hi ha un perill de creure que les competències es poden avaluar a partir d'un conjunt de 'conductes' que s'aprenen de manera independent unes de les altres, quan la missió de la Universitat és desenvolupar coneixements que tenen sentit per explicar determinats fenòmens i que es poden aplicar tant per resoldre problemes com per dissenyar noves tecnologies, aplicacions industrials o innovacions; és a dir, coneixements que brollen de l'activitat científica i que tornen a ella obrint noves perspectives de treball. A nosaltres ens ha resultat molt senzill relacionar la nostra activitat sobre resolució de problemes amb les *competències* que han d'adquirir els estudiants, atès que 'resoldre problemes' és una de les principals competències científiques, la més rellevant per a l'ensenyament de les ciències perquè requereix aprendre a pensar a partir de les teories / models dels científics.

Han estat proposades diverses classificacions de 'competències, tant pel que fa a les generals com a les específiques, i la resolució de problemes apareix en totes elles com



### III Jornada d'Innovació Docent 2006

una de les principals competències generals. Per nosaltres és molt important l'aprenentatge de disciplines concretes i per tant, la relació entre les competències considerades generals i els continguts específics als quals s'apliquen; i és igualment important que les competències que s'han d'avaluar formin part de la proposta docent que es recull en el programa. És a dir, 'resoldre problemes' pot ser un procés general per aprendre i per desenvolupar el pensament inquisitiu, sempre i quan els continguts dels problemes sigui adequat a les característiques concretes del que cal aprendre. Això ens obliga, no només a reorganitzar els continguts dels programes sinó també a proposar-ne de nous.

Segons la proposta de Delors (2000) totes les competències es podrien incloure en les següents: saber, ser, fer, conviure, que es refereixen a les principals dimensions de l'activitat humana, les quals no poden anar separades, des d'un punt de vista educatiu: no pot ser competent en el saber qui no ho és en el ser (creativitat), en el fer (experiència vital) o en el conviure (interacció amb altres). La competència 'Resoldre problemes', com qualsevol altre, requereix saber, fer, ser i conviure, tot alhora.

Hem vist que el contingut dels problemes s'ha de contextualitzar millor i que s'ha de fer més divers, per tal d'implicar les quatre dimensions de l'activitat que fa que una persona sigui 'competent'. Alguns de nosaltres considerem que la dinàmica històrica de les disciplines proporciona situacions que ens inspiren per dur a terme aquestes canvis. (Fig. 6)

Per tal d'avançar en aquesta direcció, hem cregut oportú analitzar els 'problemes autèntics' que hem dissenyat des de la perspectiva de les competències, és a dir, considerant-los una 'activitat' per a la qual es requereix 'pensament científic' i, a partir d'això, veure quines són les competències concretes que els estudiants hauran de desenvolupar i de les quals tindrem evidències i podrem avaluar. S'ha dut a terme aquesta anàlisi a les pràctiques integrades de Biotecnologia i en l'assignatura de Química per a mestres. (Fig. 5)



## **Elaboració d'un marc teòric per al treball professional del docent d'una disciplina**

En els cursos que hem anat fent els professors hem identificat algunes de les situacions que resulten ara més conflictives. (Fig. 7, relació de problemes docents que compartim, de solucions que ens semblen, a tots, bones o dolentes, de dubtes que compartim, de discrepàncies que hem identificat i de recursos que necessitem).

Si bé creiem que és necessari identificar 'competències docents' que ens ajudin a avaluar la nostra pròpia feina docent, ho hem de fer segons les nostres possibilitats i condicions actuals i avançar poc a poc a mesura que anem veient que és millor actuar d'una determinada manera que d'una altra i per què.

Les noves estratègies docents que donen importància al receptor de l'acció docent, que és l'alumne, i procuren fer-lo responsable del seu aprenentatge per tal i l'avaluació dels estudiants 'per competències' que es proposa des de l'EEES, *obliga a una reflexió molt seriosa* que ens fa veure que les noves estratègies només podran assolir els resultats esperats si canvien també els continguts dels programes. Aquesta reflexió *que s'ha de dur a terme des de les diferents disciplines universitàries* i requereix un treball en equip, professional docent, dels professors. Com que és una tasca estrictament '*professional docent*', *ha de ser duta a terme pels professors de les diferents titulacions*: internament, els d'una mateixa titulació, i externa, establint relacions entre els professors d'altres titulacions que poden tenir dificultats similars o que fan una aportació singular en algun moment. Ens ajuda a avançar en aquest sentit la bibliografia que es refereix a pensament i tasca dels professors.

Aquesta reorganització dels continguts ens fa pensar amb el propi nom de disciplina, com quelcom que es prepara per al deixeble i ens permet connectar amb aportacions de la filosofia i la història de les ciències que permeten comprendre que els continguts dels ensenyaments han canviat dràsticament en determinats moments de la història, per raons socials i no només acadèmiques. Això ens dóna més llibertat per a seleccionar temes d'interès pels alumnes d'ara i que els prepari millor per a les feines a les que probablement tindran accés.



L'èmfasi en les competències ens ha portat a considerar *la formació humana dels nostres estudiants* i la relació entre els coneixements científics i els valors.

Amb tot això ens plantejem l'elaboració de referències teòriques (didàctiques) pròpies que ens permetin fonamentar el nostre treball de 'professors de ciències', avaluar els resultats que obtenim amb la nostra docència (comptant que els nostres objectius ara ja no són els de fa uns anys) i justificar els canvis que introduïm en les classes. Per a nosaltres han estat importants els estudis sobre la dinàmica científica (l'evolució històrica de les disciplines) que destaquen el canvi conceptual, tecnològic i lingüístic que es produeix quan es resolen els problemes autèntics (veure fig. 6) (Toulmin, 1977) i mostren les característiques d'aquests problemes; i les aportacions de les ciències cognitives, que estudien l'emergència dels coneixements humans i que consideren que els 'models teòrics' estructuraren tant el pensament quotidià com el científic.

### 3. Conclusions

Les principals conclusions generals del nostre seminari són les següents.

- La millora de la qualitat docent que es proposa des de l'EEES passa per modificar els continguts dels programes i aquesta modificació requereix considerar la ciència com una 'activitat humana', que transforma el món d'una manera que no és arbitrària i que, per tant, ha de tenir objectius clars
- En aquesta etapa de canvi que estem vivint, les competències concretes a desenvolupar a les classes de ciències no poden ser establertes de manera rígida a priori sinó que els propis professors han d'identificar les que poden arribar a avaluar en les seves propostes docents més reeixides. Tot i això, els estudis sobre competències i les diferents classificacions que se'n fan són punts de referència i d'inspiració molt útils.
- Les reunions del nostre seminari ens han mostrat la possibilitat de treball conjunt entre professors de diferents assignatures per reflexionar sobre temes docents i analitzar les dificultats, expectatives i creences que compartim tots els professors. A partir d'aquests seminaris es van concretant tant la formació com els recursos que es





### III Jornada d'Innovació Docent 2006

requereixen. Creiem que els professors hem de disposar de temps per a una docència crítica, que requereix petits canvis de manera habitual però molt més encara en aquesta etapa de construcció de l'EEES, i donar lloc a recerques didàctiques que siguin degudament reconegudes en els CV dels professors.

Les conclusions específiques sobre les modificacions que hem introduït i les que estan en curs són les següents.

- Estem dissenyant nous problemes (física, biologia i química física)
- Estem identificant i estudiant el procés de 'Modelització teòrica' en l'ensenyament de la física (en els primers anys de la llicenciatura de Física, amb un èmfasi als experiments 'il·luminadors') i en el de la 'química bàsica' (assignatura optativa a Magisteri, amb èmfasi en el procés d'argumentació en resoldre problemes)
- Hem identificat competències que podem avaluar en les nostres respectives assignatures, prenent la resolució de problemes com a conjunt de competències de 'pensament científic', que són les que volem potenciar (Biotecnologia, química)

En resum, un dels principals problemes és la desmotivació dels estudiants, que s'agreuja quan els seus coneixements previs no coincideixen amb els que espera el professor. Aquest fet contrasta amb el nou requisit de potenciar el treball autònom dels estudiants. Creiem que els canvis que hem introduït en les nostres assignatures marquen la direcció a seguir i que sense aquesta disposició a canviar els programes i els exàmens no es podrà aconseguir el nou estil de docència que s'està impulsant.

La remodelació dels continguts ha de permetre generar activitat científica *amb sentit pels estudiants*. Això requereix, a més de coordinació entre les classes de pràctiques, de problemes i de teoria, un ús intel·ligent dels recursos audiovisuals i de la xarxa (internet, Webs, simulacions) i trobar la manera d'evitar 'tallar i enganxar' i, en canvi, donar criteris per seleccionar les informacions que permeten desenvolupar pensament teòric per interpretar fenòmens i solucionar problemes.

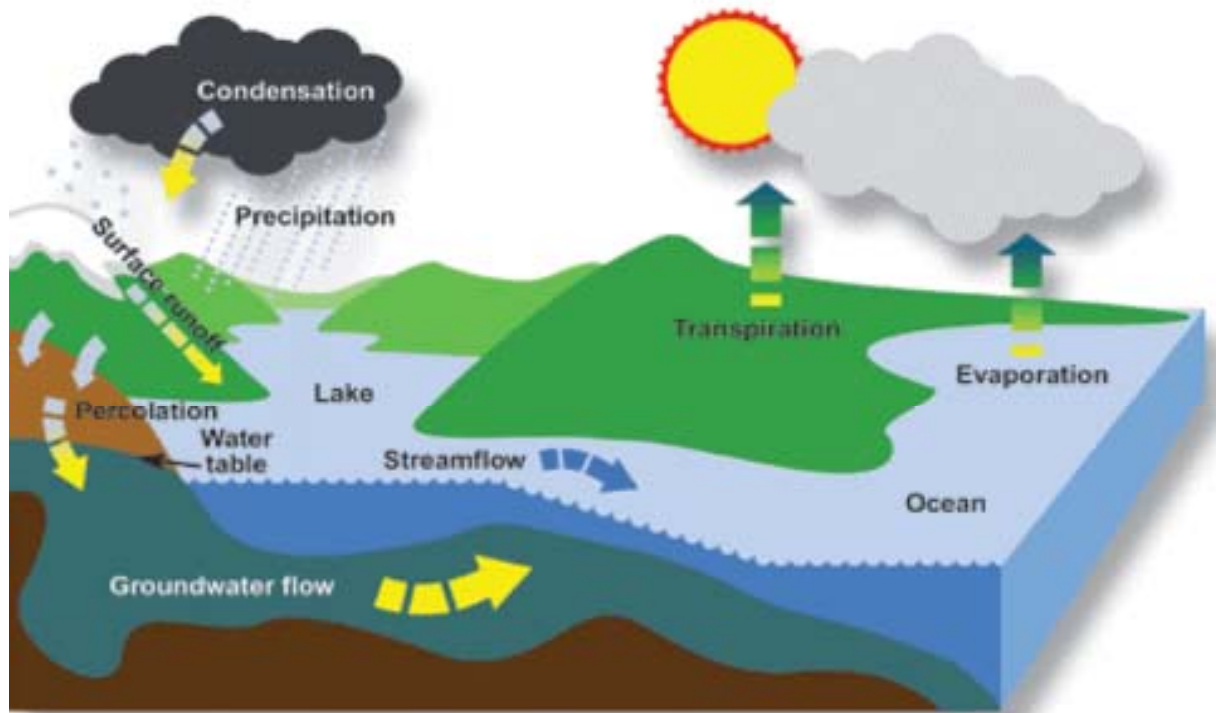


Fig. 2. Un problema epítom: Què passa amb l'energia de l'aigua de pluja quan arriba al terra?



**Avaluació de l'Assignatura, Avaluació de competències**

Forma d'avaluació	Pes relatiu a la nota final	Competències que avalua
Informe (Grup)	30%	Científiques i tecnològiques, presentació de dades, etc. Treball en equip Gestió de la informació
Examen individual	60%	Avaluació, conceptes i habilitats bàsiques desenvolupades en l'informe (Científiques i tecnològiques) Saber i saber fer
Actitud al laboratori i en tutories	10%	Autoaprenentatge, autoavaluació, Actituds interpersonals treball en equip, treball en xarxa, gestió del temps

Fig. 6 Competències en les pràctiques integrades de Biotecnologia

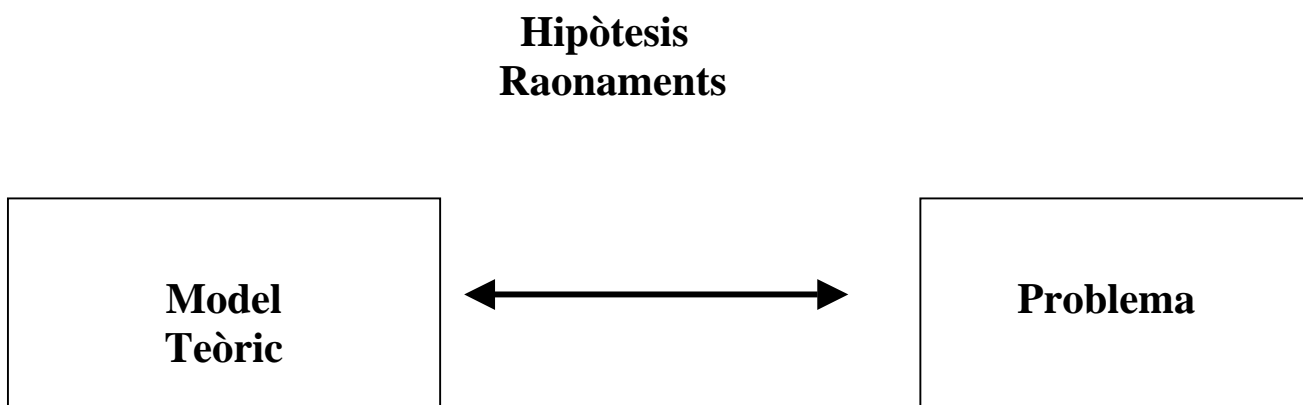


Fig. 4 Procès de modelització

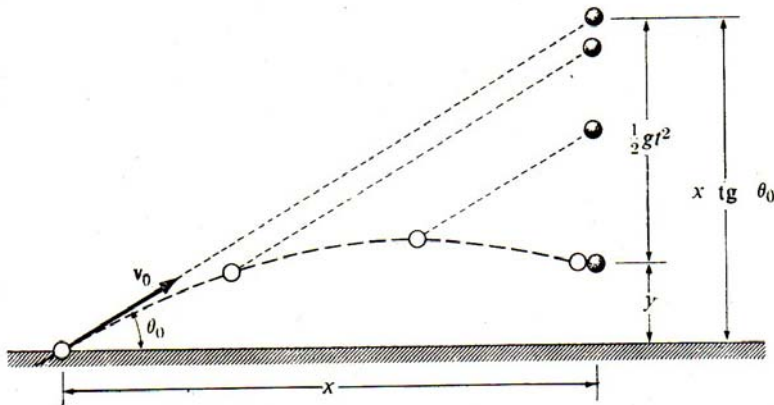


FIG. 6-7.

Fig. 3. Fets paradigmàtics, que es contrasten amb Models



Les **situacions problemàtiques** que han fet avançar el coneixement científic són:

- fenòmens que plantegen qüestions que es confia poder resoldre, tot i que encara no s'hagi aconseguit fer-ho;
- fenòmens que s'expliquen de manera parcial i les explicacions poden millorar, fer-se més complertes, més precises;
- relació poc satisfactòria entre conceptes de la disciplina;
- relació poc satisfactòria entre conceptes de diferents disciplines;
- conflictes entre els procediments i conceptes de les ciències i les idees i actituds habituals entre la gent en general.

Com que tots els conceptes científics tenen tres aspectes diferenciats: representació (model teòric al qual pertanyen), llenguatge (símbols, representacions gràfiques, equacions bàsiques..) i aplicació ('coses' que es poden fer amb ells), els **procediments de solució** consisteixen en: introduir noves representacions, millorar la terminologia, innovar la tècnica . Apareixen així 15 'variants conceptuais': 5 tipus de problemes i tres aneres de resoldre'ls

Fig. 6 Variabilitat conceptual en el desenvolupament de les disciplines, segons Toulmin 1977



*Problemas docents que compartim*

Manca de motivació dels estudiants

Coneixements inicials diferents d'abans

Normatives noves sobre els plans d'estudi

Dificultat de compaginar recerca i docència, poc valor de la docència en relació a la recerca

Canvi generacional i un futur incert pels professors més joves

*Solucions docents que ens semblen bones*

Treball en grup, avaluació entre iguals, generar un ambient de debat, autoregulació

Relacionar teoria i pràctica

Aconseguir no haver de suspendre

Gestionar el temps amb més llibertat

*Hi ha dubtes que compartim*

Com avaluar d'acord amb el canvi d'objectius docents? Com fer una avaluació conjunta?

Com treballar en grup, els professors?

Com dissenyar i avaluar competències transversals?

Quins són els objectius, les preguntes, els programes que desenvolupen competències científiques?

Es pot superar la manca de motivació dels estudiants amb instruments didàctics?

*No estem d'acord*

Sobre la possibilitat real d'emprendre determinats canvis

Sobre la possibilitat de fer treballar de manera autònoma

Sobre la possibilitat d'avaluar de manera diferent

*Continuïtat en la formació docent*

Es necessària formació continuada, participar en seminaris sobre docència, compartir es resultats dels MQD

Reconèixer les recerques sobre docència

Construir pensament teòric sobre la professionalitat del docent d'una matèria

Es requereix suport als professors que fan innovacions

*Coincidim en el diagnòstic de la situació actual*

Es bo 'convergir cap a Europa' en l'EEES

Hi ha quelcom que es pot canviar ara mateix: allò que veig clar, que crec saber fer i que puc justificar

Fig. 7. Opinions dels professors en els cursos 'Resoldre problemes per aprendre'



## Bibliografia

- Baig., M. 2005. *Resoldre problemes per aprendre ciències: Realitat, modelització i matemàtica en problemes de Física*. EINES. Grup d'Interès de l'IDES. Servei de publicacions. UAB (2005).
- Bodner, G.M. & Herron J.D.: 2002, 'Problem solving in chemistry' in Gilbert J.K. *et al* (ed). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Kluwer, Dordrecht.
- Couso, D., López, J., 2005. El problema dels problemes. En 'Resoldre problemes per aprendre', pp. 35-45
- Erduran S. & Duschl R.: 2004, 'Interdisciplinary characterization of models and the nature of chemical knowledge in the classroom', *Studies in Science Education*, **40**, 111-144.
- Ferrer, P., 2005 Probleme experiments. En Resoldre problemes per aprendre, pp. 53-59 EINES. Grup d'Interès de l'IDES. Servei de publicacions. UAB (2005).
- Gamow, G., and John M. Cleveland, *Physics, foundations and frontiers*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, cop. (1976).
- Gonzalez, J & Wagenaar, R, Eds (2003) Tuning Eduational Structures in Europe. Informe Final de la Fase I 2001-2002.
- Hayes, J. : 1980, *The complete problem solver*, The Franklin Institute, Philadelphia, PA.
- Izquierdo M.: 2005, "Com fer problemàtics els problemes que no en són prou. Noves temàtiques per als problemes de química" en *Resoldre problems per aprendre* EINES, d' innovació docent en educació superior, IDES, UAB, Barcelona.
- Márquez, C; Roca, M; Via, A (2002), Plantejar bones preguntes: El punt de partida per mirar, veure i explicar amb sentit. En *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciències*. XXII Premi Rosa Sensat de Pedagogia 2002.
- OECD: 2004, Problem Solving for tomorrow's world. First measures of cross-curricular competencies from PISA 2003, OECD, Paris.
- Suades, J., 2005. Problemes professionals. En Resoldre problemes per aprendre , pp. 59-65. EINES. Grup d'Interès de l'IDES. Servei de publicacions. UAB (2005).





---

[III Jornada d'Innovació Docent 2006](#)

Tanner, K., Allen, D., 2005. Approaches to Biology Teaching and Learning. Cell Biology Education Vol 4, pp. 112-117

Toulmin S.:1972 *Human Understanding*, Princeton University Press, Princeton