

# Fer química

## Making chemistry

Mercè Izquierdo i Montserrat Tortosa / Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de les Ciències

Cristian Merino / Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Instituto de Química



### resum

Es presenta una experiència feta amb alumnat de tercer d'ESO de diferents instituts d'educació secundària de Catalunya en el marc de l'experiència innovadora anomenada «Campus Ítaca» de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), que té com a objectiu animar els estudiants a seguir els seus estudis. En aquest article, es presenta el taller de química que s'ofereix a aquests estudiants, en el qual es presenta un problema contextualitzat que els alumnes han de resoldre utilitzant coneixements químics. Els alumnes hi intervenen activament i, finalment, expliquen els resultats obtinguts en un informe de dues pàgines, tot combinant vinyetes, text i dibuixos. Les explicacions elaborades pels alumnes són diverses i mostren els diferents estils de participació en l'activitat i diferents resultats.

### paraules clau

Contextualització en química, ESO, indagació al laboratori, química per a tothom

### abstract

We present an experience done with secondary school students (15 year old students) coming from different secondary schools in Catalonia (Spain). Students participated in a chemistry workshop, which was presented as a contextualized problem that they had to solve. Students were actively involved in looking for solutions, and testing them in the laboratory. Finally students wrote a two page report which included drawings, cartoons and texts. The results were diverse and demonstrated different styles of participation in the activity and also different results.

### keywords

Chemistry in context, compulsory education, laboratory investigation, chemistry for all.

## Introducció

A la nostra societat es produeixen canvis que ens afecten a tots els nivells, també en l'educatiu, i que ens condueixen a paradoxes: en un món en el qual s'utilitzen més conceptes científics i tecnològics que mai, assistim a una davallada de l'interès per les ciències que fa que una part important de la ciutadania sigui analfabeta funcional en ciències; persones, per esmentar alguns exemples, que no entenen conceptes bàsics senzills sobre la seva salut i alimentació, que no saben què triar davant de reptes socials com ara quins

tipus d'energia cal que les societats utilitzin davant l'acabament de fonts tradicionals o que no tenen arguments per saber si estan a favor o no dels transgènics davant la fam mundial. Això ens planteja un repte important als professors de ciències, que intentem contribuir al fet que els nostres alumnes esdevinguin persones amb criteri per actuar d'una manera responsable en una societat democràtica, un objectiu difícil d'assolir si manca la competència científica bàsica.

La competència científica (OECD, 2006) és la capacitat d'utilitzar el

coneixement científic per identificar preguntes i obtenir conclusions a partir d'evidències, amb la finalitat de comprendre i ajudar a prendre decisions sobre el món natural i els canvis que l'activitat humana hi produeix. Diversos informes que han aparegut darrerament (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen i Hemmo 2007) recomanen l'aprenentatge per indagació. L'alumnat, guiat pel professorat, proposa la manera de solucionar situacions problemàtiques en contextos que li són propers i resol els entrebancs que es troba durant el procés; també ha de saber comunicar i donar raó de

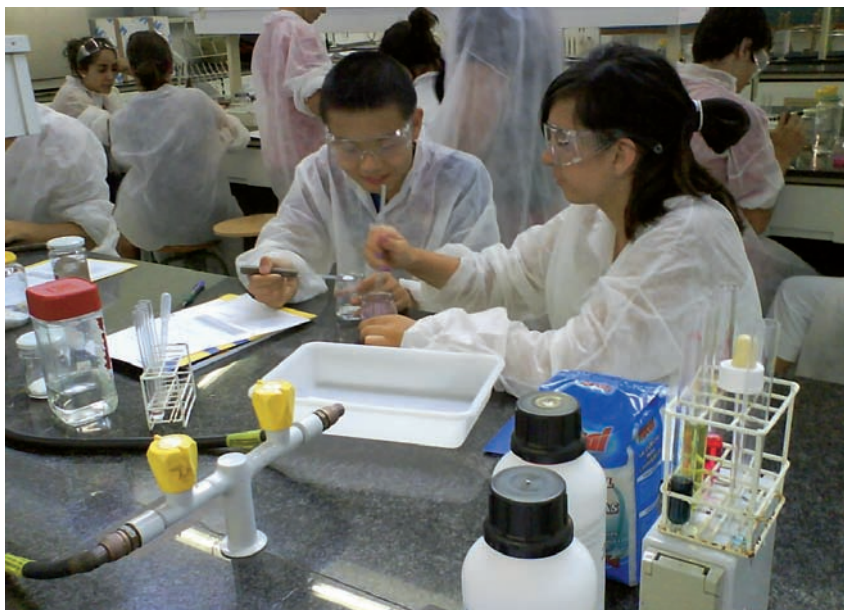


Figura 1. Alumnes intervenint experimentalment.

les seves accions i dels resultats obtinguts. En resum, es fa seu el procés, el viu i hi intervé; desenvolupa així les diferents dimensions de la persona que el faran «competent» fent ciències a l'escola. Per tal de desenvolupar aquestes dimensions, cal tenir activitats d'aula en les quals els alumnes puguin intervenir i controlar i prendre decisions sobre els fenòmens que s'estan produint, i en les quals també adquireixin experiència en allò que aprenen.

Entre el professorat de ciències hi ha diverses opinions sobre què cal ensenyar. Una opinió arrelada és que no es pot menystenir ni la complexitat creixent del coneixement científic ni el fet que cal preparar l'alumnat per continuar aprenent al llarg de tota la seva vida per poder-se adaptar amb èxit als entorns laborals i socials futurs dels quals formarà part. Tot i així, un dels problemes principals amb el qual es troben els professors en ensenyar ciències a tothom és la poca motivació d'una part important de l'alumnat. Els llenguatges i els problemes de la ciència semblen estranys als qui no pensen dedicar-s'hi i, en conseqüència, els alumnes no

els incorporen; per tant, no aprenen ni senten motivació per fer-ho. Hi ha estudis (Jenkins i Nelson, 2005; Vázquez-Alonso, Acevedo-Díaz i Manassero, 2005) que ens diuen que, en diferents països, l'adolescència és una de les etapes en les quals els aprenents estan menys motivats per les ciències, i els joves estudiats esmenten que la causa principal d'aquesta desafecció és la seva experiència a les aules de ciències.

Davant aquesta situació, els ensenyants ens preguntem: com podem concretar aquestes teories a l'aula?, quines ciències hem d'ensenyar?, què podem fer, com a professors, per motivar tots els estudiants i animar-los a implicar-se en la feina?

Es va veient que cal que els alumnes puguin dur a terme una activitat científica específica en un ambient de classe comunicatiu i discursiu, en el qual participen l'experimentació, les representacions mentals que s'expressen amb models i els llenguatges amb els quals s'argumenta, s'escriu, s'interpreta, es recorda, s'explica, es pregunta, etc. (Izquierdo i Aliberas, 2004; Izquierdo, 2005). Segons aquest enfocament, la

Una de les maneres de dur a terme activitats que promoguin l'adquisició de competències és integrar la ciència a la realitat dels estudiants: presentar situacions interessants, problemàtiques, adequades als interessos dels aprenents, que es puguin resoldre amb idees científiques noves, que són les que cal aprendre

finalitat de qualsevol proposta docent és integrar la ciència a la realitat humana de l'aprenent a partir de preguntes que el motivin. Perquè la ciència sigui realment significativa per als alumnes, cal que aquests aportin al treball de l'aula la seva pròpia manera de veure el món, les seves raons i explicacions i la seva manera de dir les coses, perquè, tot evolucionant, puguin anar-se assemblant a les científiques. Els continguts a ensenyar han d'ordenar-se al voltant de nuclis temàtics o models teòrics, que són les idees bàsiques (poques i clares) que permeten diferenciar les interaccions, les entitats i la manera d'intervenir i controlar els diferents tipus de canvis que s'estudien en ciència: als éssers vius, als sistemes físics, als canvis químics, als materials, etc.

Una de les maneres de dur a terme activitats que promoguin l'adquisició de competències és integrar la ciència a la realitat dels estudiants: presentar situacions interessants, problemàtiques, adequades als interessos dels aprenents, que es puguin resoldre amb idees científiques noves, que són les que cal apren-

dre. Per tal de presentar els problemes o les situacions adequades per introduir aquestes idees bàsiques (que són difícils perquè requereixen transformar els fenòmens de cada dia en «fets ideals que segueixen les lleis de la química»: Fourez, 1988), es poden explicar històries, narracions de coses que passen, que incloguin episodis familiars en els quals es pugui intervenir i que puguin donar lloc a experiments en els quals s'identifiquin les variables i les relacions que generin, finalment, fets científics, que serviran de model per treballar en altres fenòmens similars.

Si volem que es visqui la ciència a l'aula, necessitem identificar o crear episodis en els quals puguem fer intervenir l'alumnat i que, en fer-ho, sorgeixin històries interessants en les quals pugui prendre part. La narració ha de permetre plantejar les preguntes següents: què tenim?, què fem?, què passa?, per què passa?, preguntes que connectin amb vivències de l'aprenent. En plantejar-se-les, un determinat fenomen químic passa a formar part d'una experiència pròpia a partir de la qual, amb l'ajuda del professor i de la resta dels companys, podrà construir la interpretació científica del que està fent i veient.

Les explicacions narratives, que són tan pròpies de les etapes infantil i primària, poden ser molt útils en etapes posteriors, com la secundària i, en general, l'aprenentatge científic a qualsevol nivell. Aquestes explicacions no són com les dels llibres de text, que sovint parteixen de casos ideals però no de la pregunta inicial que va permetre seleccionar-lo ni com calia arribar a interpretar-lo, o de situacions que queden llunyanes per a l'alumnat. Les narracions es refereixen a fenòmens reals, sempre complexos, que no tenen una resposta total i immediata però

generen l'interès per tornar-hi, per pensar-hi, per intervenir amb noves preguntes, amb nous instruments, sense haver de donar immediatament la interpretació definitiva. Tenim (tenen) molts anys per relacionar millor els conceptes, per argumentar millor, per intervenir amb més precisió. L'error, quan n'hi ha, es pot corregir i, junt amb la incertesa que estimula, és part de les històries i forma part de la història de la ciència de cadascun, tot i que no aparegui als llibres de text clàssics (Izquierdo, Merino, i Adúriz-Bravo, 2009).

Les històries i les narracions ofereixen ocasions de dialogar entre mons possibles (el real i l'imaginat) i, en fer-ho, de posar a prova les idees, buscar evidències, identificar entitats, allargar el temps de diàleg entre alumnes i mestres, tot permetent introduir els conceptes químics bàsics en relació amb situacions problemàtiques en les quals intervenen persones i en les quals cal prendre decisions.

Les històries permeten posar la ciència en context. Per exemple, relacionar-la amb la indústria i, per tant, amb l'economia, amb els processos de producció, que requereixen clients, control i la rendibilitat d'un producte ben fet; o referir-se a la tasca dels científics, que genera fenòmens als laboratoris que són, alhora, un

repte i un risc. Tot i això, no es pot aprendre a partir de qualsevol fenomen, perquè les ciències són una construcció elaborada a partir de regles de pensar molt específiques, i la ciència escolar també ha de tenir una estructura (de fer, pensar i comunicar) que faciliti el record i la transferència del que s'ha après.

La proposta del «Campus Ítaca» permet d'integrar moltes d'aquestes noves maneres d'entendre l'ensenyament. Ofereix als estudiants una nova manera de relacionar-se amb el coneixement, amb activitats que els donen més protagonisme del que les escoles permeten. I, efectivament, els alumnes l'aprofiten i, en general, treballen molt bé al llarg de la seva estada a la universitat i s'ho passen bé.

### Context i contingut de l'experiència

El treball que presentem va ser dut a terme en el taller de química que té lloc dins del marc del «Campus Ítaca» (<http://campusitaca.uab.cat/>) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Aquest Campus està destinat a estudiants de secundària (nois i noies de 15 anys que han acabat el tercer d'ESO) amb l'objectiu d'animar-los a continuar estudiant després d'acabar l'etapa de l'ensenyament secundari obligatori. Una de les activitats que hi



Figura 2. Alumnes elaborant l'informe-narració final.

fan els estudiants és un taller de química dissenyat per Mercè Izquierdo, coautora d'aquest escrit i del qual els tres firmants hem estat professors. El taller de química s'anomena «No ens deixem enganyar per l'aspecte dels materials» i està plantejat com un joc de rol: al llarg de dues hores, els participants han de resoldre un problema i s'han de comportar com si fossin químics. El fet de posar-se la bata, les ulleres, recollir-se el cabell i situar-se en l'entorn «laboratori universitari» contribueix a generar l'ambientació prèvia necessària per emprendre una activitat nova i específica.

Es comença amb una narració que forma part de la contextualització del problema que cal solucionar i que expliquen els tutors posant-hi més o menys anècdotes i detalls; en ella es planteja que un grup de persones està aïllat en una casa a la muntanya, les condicions meteorològiques adverses les mantenen retingudes, necessiten sal comuna per fer funcionar la potabilitzadora d'aigua i decideixen «fer-ne». Apareix, amb això, una primera ocasió per al debat intercalada en la història: podem tenir sal si s'evapora l'aigua del mar, però se'n pot «fer»? Per saber més coses de la sal, es recorda la fórmula  $\text{NaCl}$ , que tots els alumnes coneixen. Per tant, per fabricar la sal comuna mitjançant un canvi químic es necessitaran substàncies que continguin els elements que la formen... i que reaccionin entre elles de la manera adequada per als nostres interessos! La narració continua amb noves preguntes: podem trobar substàncies així en una casa aïllada? El grup d'amics obre un armariet sota l'escala on apareix un full de paper amb una llista: alcohol, aiguarràs, aigua destil·lada, guix, sosa (carbonat de sodi), sulfat de coure, sulfumant-àcid clorhídric,

amoníac i uns pots amb líquids i sòlids, molt semblants als materials de neteja, adobs i altres que hi ha a la casa, que suposadament corresponen a la llista però que no tenen cap etiqueta (que descuidats que són els propietaris de la casa!). Un nou diàleg entre els alumnes i els tutors, intercalat en la narració, ens va donant la pista per començar a treballar: només ens podrien servir la sosa i el sulfumant, que reaccionen entre si perquè l'un és àcid i l'altre és base.

### En el taller s'estableix un diàleg continu entre els professors i tutors i els participants, i també entre els estudiants, a partir de les situacions problemàtiques que van sorgint durant la pràctica

Ara els alumnes, identificats ja amb el grup d'amics a la casa aïllada, es poden posar a treballar: han d'identificar les dues substàncies, fer-les reaccionar químicament i obtenir clorur de sodi «fiable». Un cop identificats els reactius (un terme introduït pels tutors per anomenar el sulfumant i el carbonat de sodi, per tal de començar a pensar en la reacció química que es provocarà a continuació), els estudiants han d'aconseguir que desapareguin del tot les substàncies inicials per tal que la sal final sigui ben pura. Cal, per tant, controlar l'evolució de la reacció fins a la proporció estequiomètrica utilitzant coneixements sobre indicadors àcid-base i fent servir un indicador que s'ha obtingut a partir d'una col·lombarda que suposadament havia portat un dels amics per preparar una amanida.

En el taller s'estableix un diàleg continu entre els professors i tutors i els participants, i també entre els estudiants, a partir de les situacions problemàtiques que van sorgint durant la pràctica. No cal dir la sorpresa que hi ha en veure el despreniment del gas, els canvis de color que es van produint al llarg del procés a mesura que afegeixen l'àcid al carbonat... i l'emoció quan aconseguen que ja no es desprengui gas i que la solució adquireixi el color que indica el punt final. I una certa decepció: on és la sal? Pensant-hi una mica, s'arriba a una bona proposta: la sal ha quedat dissolta, caldria evaporar l'aigua. Doncs fem-ho! Es porten algunes de les dissolucions al bany de sorra i, al cap de poc temps, apareix la sal. Les altres les deixem en un cristal·litzador i, així, el grup següent pot gaudir amb la bellesa dels cristalls de sal, ben diferents del carbonat de sodi que havien fet servir.

A la part final del taller es demana als alumnes que, de manera individual, expliquin la història del que han estat fent a la sessió. A causa del poc temps de què es disposa (dues hores en total), se'ls demana que ho facin en format «còmic», tot combinant algunes de les vinyetes que nosaltres proporcionem (a les quals cal incorporar text escrit), que ells poden seleccionar al seu gust, amb d'altres que ells mateixos dibuixin o escriuïn. Les vinyetes representen el context en el qual s'ha dut a terme l'activitat, però els alumnes han d'afegir-hi la part científica. Els alumnes enganxen les vinyetes que han triat en un nou full de paper i, si ho volen, poden afegir noves vinyetes de construcció pròpia; creen així un nou text, una història que adquireix dinamisme a causa del que cadascun d'ells incorpora al guió.

**La nostra recerca**

En aquest estudi, encara incipient, hem analitzat les produccions dels participants per respondre les preguntes següents:

– A què donen més importància els alumnes: al context o a la part científica?

– Poden establir-se tipologies d'alumnes en funció de la seva coherència científica (si recorden les idees principals, si les argumenten d'una manera correcta) i de la seva creativitat narrativa?

També hem analitzat les valoracions que els participants fan del taller sobre la base de les respostes a una enquesta de resposta tancada que completen després de l'activitat.

Les dades recollides corresponen als informes elaborats pels estudiants que van participar a l'activitat l'estiu de 2008 (juny i juliol). Tal com ja hem dit, les edats dels participants foren 14-15 anys; en cada taller es va treballar amb un grup format per dotze nois i dotze noies provinents de cinquanta-quatre instituts diferents de Catalunya; hi van participar, en total, quatre-cents trenta-dos alumnes.

Per a l'anàlisi de les produccions dels estudiants, s'han utilitzat les xarxes sistèmiques (Bliss, Monk i Orgbon, 1983). Aquests instruments d'investigació qualitativa permeten d'organitzar i analitzar les dades obtingudes d'acord amb categories que poden estar fixades prèviament o que van sorgint durant el procés.

**Resultats**

La sistematització de les dades ens ha portat a generar les dues xarxes, una referent als aspectes formals i una altra per a aspectes d'ordre semàntic, que es poden veure a les figures 3 i 4.

De l'anàlisi de la xarxa d'aspectes formals (figura 3) s'extreu que, per a l'elaboració de l'infor-

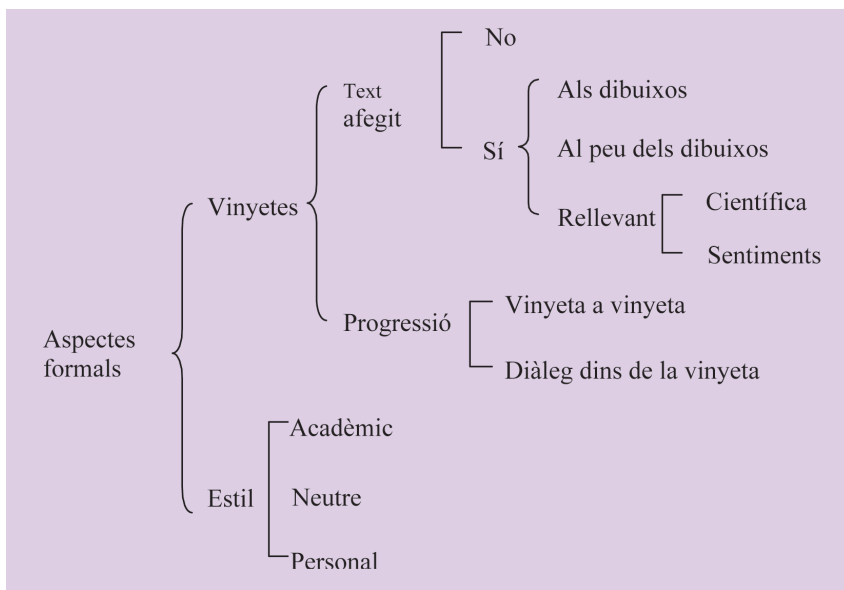


Figura 3. Xarxa sistèmica d'aspectes formals extreta a partir dels informes elaborats per alumnat de tercer d'ESO en acabar el taller.

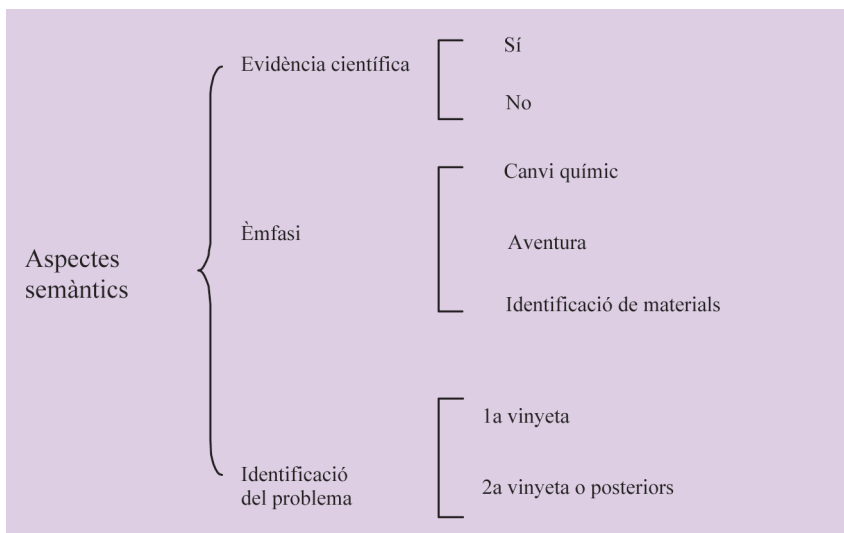


Figura 4. Xarxa sistèmica d'aspectes semàntics extreta a partir dels informes elaborats per alumnat de tercer d'ESO en finalitzar el taller.

me, tots els estudiants recorren a introduir textos a les vinyetes (Merino, Izquierdo i Tortosa, 2007; Merino, Tortosa i Izquierdo, 2007). D'aquesta manera, donen dinamisme i continuïtat a la «història» que estan explicant. La meitat de la mostra introdueix en el text termes que són rellevants des del punt de vista científic, és a dir, s'aprecia algun grau de domini del lèxic químic. Un nombre més reduït d'estudiants fa referència als «sentiments», és a

dir, dóna un major èmfasi a l'aventura narrada pel docent com a introducció a l'activitat.

Pel que fa a l'estil, hi ha una mescla entre discursos personals, academicistes i els que hem anomenat *neutres*. Entre els conceptes més esmentats, destaquen les propietats dels reactius buscats (bicarbonat de sodi i sulfumant) i els canvis que més han sorprès els alumnes, com ara l'efervescència i els canvis de color de l'indicador de pH.

A la segona xarxa (Merino i Tortosa, 2009) s'identifiquen nous elements de significat, la qual cosa ens ha permès de classificar les produccions dels estudiants en diverses categories:

1. Informes creatius: incorporen parts pròpies dels seus autors a la història. Trobem tres subcategories dins d'aquesta categoria:

1a) Informes creatius i científics. Les parts que s'afegeixen a la història estan relacionades amb el treball o amb conceptes científics, que s'utilitzen amb correcció.

1b) Informes creatius i científics amb errors conceptuals (figura 5).

1c) Informes creatius però no científics. Els alumnes incorporen a la seva explicació només aspectes relacionats amb el context.

2. Informes que no són creatius:

2a) Informes no creatius però científics. Expliquen el taller com un informe de pràctiques clàssic. Deixen vinyetes sense diàleg (figura 6).

2b) Informes no creatius i no científics. Els alumnes escriuen molt poc a les vinyetes, hi introdueixen només expressions quotidianes d'ús general (figura 7).

### Conclusions i implicacions didàctiques en l'ensenyament de la química

Estem satisfets del resultat del taller, perquè els estudiants gaudeixen i els agrada, tal com reflecteixen les enquestes finals. Molts d'ells és la primera vegada que tenen l'ocasió de «fer química» amb una certa autonomia i s'emporten a casa «la seva sal» amb una certa incredulitat barrejada amb satisfacció: no s'acaben de creure que l'hagin fet ells. I nosaltres també ens ho passem bé, perquè els introduïm a una feina que ens agrada: sintetitzar noves substàncies, identificar-les per les propietats o per la forma dels cristalls, controlar la reacció per arribar a tenir la substància

ben pura i sense perdre els reactius perquè es vessin o quedin sense reaccionar, entendre què passa i com és possible que desapareguin unes substàncies, que se'n formin de noves i es conservi la massa.

Els informes dels alumnes ens fan veure les moltes maneres d'explicar allò que suposadament tots els alumnes han fet igual. Potser a causa del format que proposem, ens trobem amb dos grups diferenciats d'estudiants:



Figura 5. Producció classificada com a creativa amb errors.



3. Necessiten suportament, i hi ha tres ampellets que ho podien ser, però no hi ha cap etiqueta.  
4. També necessiten sassa, i hi ha tres pots que podien contenir sassa, però tampoc hi ha etiqueta.

Figura 6. Producció classificada com a no creativa però científica.



Figura 7. Producció classificada com a no creativa i no científica.

els creatius, que tot seguit saben què fer i tenen idees per combinar les vinyetes, i els no creatius, que demanen instruccions abans de posar-se a treballar i que no estan segurs de si ho fan bé o no. Aquests darrers no arriben a aprofitar la «llibertat d'expressió» que se'ls ofereix; alguns només descriuen les accions que han fet,

sense implicar-s'hi emocionalment, i d'altres gairebé no escriuen res.

Els informes creatius, tal com hem vist, no sempre són correctes. Alguns prioritzen detalls que no són els fonamentals, o mantenen errors; d'altres són molt bons, perquè reconstrueixen el procés amb tota la frescor d'una experiència acabada de viure.

Creiem que els nostres resultats són una primera aproximació que ens ajuda a planificar millor la nova edició del taller que es produirà aquest estiu. Ens han de permetre d'entreveure de quina manera es pot canviar l'enfocament d'alguna part de l'activitat per aconseguir que més alumnes s'impliquin més en l'activitat química i s'animin a continuar estudiant ciències.

Una de les més arrelades es pot resumir de la manera següent: «Si les ciències són tan difícils d'ensenyar, cal que l'alumnat acabi l'etapa escolar amb les idees clares, encara que siguin poques».

### Bibliografia

- BLISS, J.; MONK, M.; ORGBON, J. (1983). *Exploratory qualitative analysis for educational research*. Londres: Croom Helm.
- FOUREZ, G. (1988). *La construction des sciences*. Brussel·les: De Boeck-Wesmael.
- IZQUIERDO, M. (2005). «Hacia una teoría de los contenidos escolares». *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1): 111-122.
- IZQUIERDO, M.; ALIBERAS, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions.
- IZQUIERDO, M.; MERINO, C.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (2009). «Arguing from narrative fiction». A: CZERNIAK, C.; DUSCHL, R.; KYLE, W.; SONDERGELD, T. [ed.]. *NARST Conference. Poster Symposium: Argumentation, epistemic operations and nature of science*. Califòrnia: NARST, p. 74.
- JENKINS, E.; NELSON, N. (2005). «Important but not for me: Students' attitudes towards secondary science in England». *Research in Science & Technological Education*, 23: 41-58.
- MERINO, C.; IZQUIERDO, M.; TORTOSA, M. (2007). *Doing chemistry in a new context*. 2nd European Variety in Chemistry Education. Praga: Charles University. Faculty of Science, p. 285-289.
- MERINO, C.; TORTOSA, M. (2009). «Narrar y hacer química en un nuevo contexto». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra: VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias: 1964-1966.
- MERINO, C.; TORTOSA, M.; IZQUIERDO, M. (2007). *Hacer química en un nuevo contexto*. *Jornadas de Enseñanza de la Química: Química, vida y progreso*. Múrcia: ANQUE, p. 7.
- OECD (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura*. Madrid: Santillana.
- ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D. H. W.; HEMMO, V. (2007). *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J.; MANASSERO, M. A. (2005). «Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: Hacia una educación científica humanística». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2): 1-30.
- grames de formació de professors en actiu i en projectes de recerca en col·laboració amb universitats de l'Estat espanyol i de l'Amèrica Llatina. És codirectora de la revista *Enseñanza de las Ciencias*. A. e. merce.izquierdo@uab.es.



### Cristian Merino Rubilar

és llicenciat en ciències de l'educació i professor de química i ciències naturals. Va obtenir el doctorat per la UAB, especialitat didàctica de les ciències experimentals, l'any 2009. Actualment és professor associat de l'Institut de Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Els seus interessos de recerca i formació estan relacionats amb el treball experimental i l'ensenyament de la química com a procés de modelització a l'educació secundària A. e. cristian.merino@ucv.cl



### Montserrat Tortosa Moreno

és catedràtica de física i química de l'Institut Ferran Casablanques de Sabadell, i profesora associada de la Facultat de Ciències de l'Educació de la UAB. Llicenciada en ciències químiques (1982) i biològiques (1988) per la UAB, i doctora en química (2001) per la UPC. Va ser professora associada de química a la UPC (1990-2005). Des del 2005 és investigadora del Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (UAB). A. e. mtortosa@xtec.cat.



### Mercè Izquierdo Aymerich

és doctora en ciències (química). És catedràtica de didàctica de les ciències a la UAB, on ha fet classes de química, història de la química i didàctica de les ciències. La seva recerca es dedica de manera específica al llenguatge i als aspectes històrics i epistemològics que tenen influència en l'ensenyament de la química. Ha dirigit tesis doctorals en didàctica de la ciència i ha participat en pro-