
Resoldre problemes per aprendre a fer ciències

Problem-solving as a way of learning how to do science

Mercè Izquierdo Aymerich

Catedràtica de didàctica de les ciències experimentals.
Professora emèrita de la Universitat Autònoma de Barcelona.

A/e: merce.izquierdo@uab.cat

Data de recepció de l'article: 9 de novembre de 2018

Data d'acceptació de l'article: 10 de març de 2019

DOI: 10.2436/20.3007.01.99

Resum

Es considera que el motor que impulsa la creació de coneixement científic, així com la seva evolució al llarg de la història, és la resolució de problemes. En aquest article considerem que també pot generar coneixement científic als centres d'ensenyament (escoles i universitats), sempre que els problemes es dissenyin amb la finalitat de *fer ciència a l'escola* i esdevinguin *problemes per aprendre a fer ciències*. A més, també reflexionem sobre com dissenyar-los i aplicar-los a les classes. La perspectiva que proposem és històrica, perquè tenim en compte els anys d'escolaritat com un camí que ha de recórrer l'alumne amb els seus professors i companys, al llarg del qual va adquirint expertesa en les matèries/disciplines i confiança en la seva capacitat de comprendre el món que l'envolta. Així com el coneixement científic canvia en relació amb els problemes que resol, també l'alumne viu la seva pròpia història de la ciència, en el seu context i amb la seva capacitat de comunicació i simbolització.

Paraules clau

Fer ciència, dissenyar problemes, coneixement, història, competències, escolaritat.

Abstract

It is assumed that the engine driving the creation of scientific knowledge and its evolution through history is the way that humans solve problems. In this paper, we postulate that *problems* can also generate scientific knowledge in

educational institutions as long as they are designed for “doing science at school” and as *problems for learning to do science*. We also reflect on how to design and apply problems to classes. We propose a historical perspective because we contemplate schooling as a path that the student must travel with teachers and colleagues. Along the way, students acquire expertise in matters and disciplines as well as confidence in their ability to understand the world around them. Likewise, scientific knowledge changes in relation to the solved problems and students may experience their own history of science in their own context and with their own capacity of communication and of symbolisation.

Keywords

Doing science, problem design, knowledge, history, competences, schooling.

Introducció

Els coneixements, tots, són el resultat de la interacció encuriosida de les persones amb el seu entorn, que els planteja reptes intel·lectuals i pràctics alhora. Per això es diu que la ciència és un sistema de resoldre problemes: imagina un món en el qual el problema adquireix sentit i proporciona el camí per a la resolució. No es poden plantejar preguntes si no s'intueix com podria ser la resposta.

L'ensenyament de les ciències hauria de fonamentar-se en la curiositat dels alumnes i en les seves preguntes, formulades com a «problemes» que cal resoldre en el marc d'un sistema conceptual que ha de ser disciplinari (no en tenim d'altre!). Per això, un dels principals objectius de la formació dels mestres ha de ser desenvolupar la capacitat d'estimular aquesta actitud en els alumnes; però molt sovint ens trobem que, ben al contrari, la resolució de problemes és un dels principals esculls amb els quals topen els alumnes i els fan fracassar en els exàmens. Ens manca una anàlisi de la relació entre l'enunciat del problema, el marc conceptual en el si del qual es planteja i l'expertesa necessària per resoldre'l.

Dedicarem els apartats següents a fer algunes consideracions referents a com han de ser els «problemes per aprendre a fer ciències», que són els que formen part de l'activitat científica escolar (ACE) i intentarem poder demostrar que no es pot fer servir un «problema» per «suspènre» l'assignatura quan l'alumne no el sap resoldre. Malauradament, a les nostres aules encara tenim massa exemples d'aquesta darrera versió, que va precedida de col·leccions de problemes que han de

ser resolts com a «deures» sense que, de vegades, se n'hagi entès cap de bé; hi ha prou evidències del fet que això no serveix de res (Kim i Pak, 2002).

La proposta docent que anomenem ACE té la finalitat de fer «ciència escolar» i, amb això, desenvolupar competències (curriculars) de pensament científic, tal com s'articulen en el document publicat pel Departament d'Ensenyament (Izquierdo, M., Caamaño, A. i Sarramona, 2014). En el disseny d'aquesta ACE, la resolució de problemes hi té un lloc central, però no en parlarem com si fos una tècnica d'aplicació universal que condueixi a un bon fi, sinó que reflexionarem sobre el contingut dels problemes, que han de fer que la ciència escolar sigui racional i raonable (Aliberas i Izquierdo, 2004).

Finalment, defensarem que tots els problemes que es plantegen als alumnes han de ser «per aprendre» i han de desenvolupar «competències curriculars». En aquests moments, en els centres d'ensenyament conviuen dues maneres de considerar els coneixements que s'hi ensenyen, que no han arribat encara a un consens: es valora l'aspecte enciclopèdic i formal (més aviat centrats en els continguts tal com estan escrits en els llibres) o es valora l'aspecte temptatiu i en evolució (més aviat centrats en projectes i en activitats dels alumnes). La conseqüència és que els problemes que es proposen als exàmens (que s'acostumen a referir als coneixements dels llibres) no són iguals que els problemes per avaluar competències (que donen més importància a l'activitat científica en un context proper a l'alumne) i això no té cap sentit. Totes les activitats escolars han de ser competencials.

Aproximació teòrica: les ciències evolucionen

Ens diu el filòsof S. Toulmin en el seu llibre *La comprensión humana* (1977):

Las personas demuestran su racionalidad no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto [...]. Las nociones fundamentales son las de «adaptación» y «exigencia» más que las de «forma» y «validez» [...] (p. 12).

Les ciències són el resultat de pensar racionalment sobre els resultats de la interacció de les persones sobre el que consideren el seu «entorn material». Aprendre ciències ha de ser també un exercici de racionalitat a partir d'experiències, i no ho pot ser si

les disciplines científiques es presenten a classe a partir d'uns llenguatges estranys (algoritmes, fórmules, vectors...) que són, suposadament, els que contenen la «veritat» que permetrà resoldre problemes que han estat generats pel desconeixement d'aquests mateixos llenguatges. Un «problema per aprendre ciències», és a dir, competencial, s'ha de poder resoldre de manera que aquest procés permeti comprendre el funcionament del món des de la perspectiva de la intervenció experimental que les diferents disciplines científiques han donat per bona en el seu propi àmbit.

Quines són les característiques de les disciplines científiques que han de donar sentit als problemes *competencials* que es plantegen als alumnes? Toulmin (1977) es refereix als objectius i problemes de les disciplines en el capítol 2. Ell interpreta l'evolució del coneixement científic al llarg de la història (filogènia) com un procés de formulació i resolució de problemes al llarg del qual els conceptes neixen, es desenvolupen, es fonen amb altres, desapareixen... Considera que aquesta obertura d'esperit ha donat lloc a les disciplines i les continuarà desenvolupant i, per això, defineix el contingut de les disciplines en relació amb tres conjunts d'elements relacionats entre ells: allò que volen explicar, el conjunt de conceptes i explicacions que es consideren vàlides, i l'experiència acumulada pels científics que treballen en la disciplina (què es pot fer, perquè té sentit en el marc teòric de la disciplina, i què no es pot fer, perquè no en té).

Aquesta manera evolutiva de considerar les ciències és especialment útil per a la ciència a l'escola perquè és ben segur que hi ha evolució en els coneixements dels estudiants al llarg dels cursos, a mesura que creixen i adquireixen maduresa (ontogènia). Però els manuals i els llibres escolars transmeten el missatge que les afirmacions, lleis, receptes per al treball de laboratori..., són *veritats* que s'han de memoritzar. Un enfocament ben diferent de com es veuen les ciències des d'aquesta perspectiva de treball racional a partir de la interacció encuriosida amb el món. Hi falta el gruix d'activitat humana, emocionada per quelcom que es vol explicar (perquè interessa, perquè inquieta...), creativa perquè imagina estructures que permeten explicar (més enllà del que es veu i es toca) i competencial, perquè genera expertesa.

Pel que fa a l'ensenyament de les ciències, ens trobem amb un dilema: d'una banda, hem de proporcionar als alumnes l'emoció de comprendre el funcionament del món material a partir de les situacions o els contextos que es prenen com a exemple i que l'han d'emocionar; però, com que aquesta comprensió la proporcionen les disciplines científiques, l'hem d'ensenyar a treballar segons les seves regles del joc per assolir l'expertesa científica que el farà «científic escolar». No ens val la classe tradicional, el llibre de text de sempre. Hem de fer que les disciplines científiques (que només s'ensenyen a l'escola!), cadascuna amb els seus propis llenguatges i procediments experimentals, esdevinguin racionals i raonables per als alumnes. Això vol dir que, seguint Toulmin, hem de donar opcions a «respondre a situacions noves» amb esperit obert, en un marc conceptual previ que farem evolucionar.

Si bé la classe és molt diferent d'un centre científic, també s'hi ha de generar coneixement. Per això, els «problemes» que hem de plantejar als alumnes formen part d'una estratègia didàctica que té la finalitat d'aprendre ciències de manera competencial; l'anomenem *activitat científica escolar (ACE)* perquè, amb ella, es volen promoure alhora el pensament teòric, la modelització del context, les finalitats a assolir i el treball experimental. L'ACE ha d'impulsar l'emergència de coneixement científic escolar: pensar en els fenòmens del món material des del marc d'una teoria científica. És a dir, transformar els fenòmens del món en models o exemples de les teories científiques i, amb això, explicar-los.

El disseny dels problemes és molt més *professional i docent* i la seva resolució, menys *ensenyable* del que pot semblar, perquè requereix identificar allò que és intrínsec i irrenunciable del coneixement científic per assegurar que s'ofereix als alumnes de manera que se'l puguin fer seu. El professorat ha de conèixer molt bé la disciplina que ensenya, veure-la amb els ulls dels alumnes que encara no la coneixen i fer propostes d'activitats que han de ser protagonitzades per l'alumnat: és cadascú que ha de reconèixer el problema i veure com resoldre'l.

Característiques del disseny dels «problemes per aprendre a fer ciències»

Si la finalitat dels problemes és construir coneixement disciplinari escolar que proporcioni competències curriculars, ja sabem quin és el camí. Els «problemes per

aprendre a fer ciències» han de promoure l'activitat científica dels alumnes amb relació a aquests tres elements, estretament relacionats: què es vol saber explicar, quins conceptes o explicacions es consideren vàlids i quina expertesa s'adquireix.

En primer lloc, l'alumne ha de reconèixer que hi ha un problema: que hi ha quelcom que voldria explicar però que no sap com fer-ho. I aquesta explicació que busca l'ha de situar en un context disciplinari en el qual s'acostuma a parlar i a experimentar d'una determinada manera, que ha de compartir per tal que l'explicació tingui sentit.

Els alumnes es plantegen preguntes segons la seva manera de veure el món, en el qual no hi ha àtoms, ni cèl·lules, ni energia. I ho fan amb finalitats que no són les de la disciplina i amb explicacions que es poden considerar fora de lloc. Els professors han de transformar les preguntes dels alumnes per situar-les en el món (abstracte) de les ciències i generar el problema. La pregunta pot no ser gens científica si es formula des d'un marc teòric màgic, per exemple, tot i referir-se al món material.

Què es vol saber explicar? Diferents estils de «problemes» de ciències

La manera de presentar el problema ja manifesta quina és la finalitat. Hi ha moltes maneres de fer-ho que són vàlides si demanen a l'alumne alguna cosa que pot comprendre i el fan explicar-se millor o adquirir més expertesa.

Garrett (1987) estableix una diferència entre «problema autèntic» i «puzle». Els problemes, segons ell, són aquells enunciats que no tenen solució prèvia en els esquemes teòrics actuals de l'alumne i que requereixen la creació de nou coneixement per ser resolts. Els *puzles* requereixen habilitat per combinar els coneixements establerts. Uns i altres poden canviar la manera de mirar el món dels alumnes: nous conceptes en el primer cas, noves perspectives en el segon.

Gil i Martínez Torregrosa (1983) estableixen, així mateix, la distinció entre els problemes que enfronten l'alumne amb situacions noves per a ells i aquells altres que no són més que repeticions de problemes que ja s'han resolt a la classe. Són els primers els que «fan aprendre» a l'alumne, és a dir, els que fan ampliar els seus esquemes de coneixement. Repetir problemes que no ha resolt un mateix no dona bons resultats, perquè simplement el problema no existeix com a tal per a l'alumne. Aquest sistema pot funcionar si, alhora, es dona el suport necessari per arribar a

comprendre quina és la demanda i com se satisfà.

Els *problemes* (autèntics, puzles, repeticions) poden ser tancats, perquè admeten una única resposta o solució, o oberts, quan se n'accepta més d'una. Els primers acostumen a ser numèrics i requereixen fer un càlcul i donar un resultat; els segons, en canvi, són qualitius i conviden a argumentar els avantatges i els inconvenients d'una determinada solució a un fet del món considerat problemàtic. Els problemes de física i química acostumen a ser tancats i quantitius i, de vegades, la demanda que s'hi fa no és cognitiva, sinó que es limita a un procediment de càlcul que és rutinari: no hi ha problema (Bodner i Herron, 2003; Van Kampen, Banahan, Kelly, McLoughlin i O'Leary, 2004).

Els problemes autèntics, els puzles i els exercicis de repetició (oberts o tancats) formen part d'un mateix espectre de situacions que fan pensar amb més o menys exigència. S'han de potenciar els problemes autèntics (els nostres *problemes per aprendre a fer ciències*), però els exercicis de repetició, ben plantejats i en el moment oportú, ajuden a consolidar els coneixements adquirits. I resoldre un puzle pot fer saltar una espurna que il·lumini el panorama i faciliti una nova manera de contemplar un fenomen que permet explicar-lo. Tots poden tenir el seu lloc a la classe sempre que quedi ben explícit què és el que es vol que l'alumne sàpiga explicar i quina és la seva situació de partida. Un mateix enunciat pot constituir un problema o un puzle, per exemple, segons el grau de maduresa amb el qual l'alumne s'hi enfronta.

En definitiva, la clau està a formular una bona pregunta, que és la que fa pensar i orienta l'activitat (Márquez, Roca i Via, 2002).

Conceptes o explicacions que es consideren vàlids (la disciplina)

La pregunta genera el problema. Toulmin ens parla de cinc tipus de pregunta que els científics s'han plantejat i que, en ser resoltes, han fet avançar el sistema conceptual de les disciplines. Són les següents:

- Referent a una situació nova que la disciplina ha de poder resoldre però encara no ho sabem fer.
- Referent a una millora de les tècniques per estudiar un fenomen conegut.

- Referent a explicacions parcials d'una mateixa disciplina que es poden unificar.
- Referent a uns mateixos conceptes que es resolen de manera diferent en les diferents disciplines científiques.
- Referents a conflictes entre els coneixements i maneres de fer de sentit comú i els de les ciències.

Els conceptes científics donen lloc a llenguatges i a representacions i corresponen a procediments d'aplicació. Per això, la resolució de cada tipus de problema pot modificar qualsevol dels tres aspectes o tots tres alhora, generant noves representacions, nous llenguatges, noves tècniques experimentals. Tenim, així, quinze tipus de problemes que configuren els «ideals explicatius de les disciplines».

Aquestes cinc preguntes són també aplicables a la ciència escolar i, associades a les finalitats que acabem d'esmentar, les podem considerar generadores dels coneixements científics escolars. Els quinze tipus de problema formen part del procés de transformació del món quotidià dels alumnes en un món científic sempre que puguin ser resoltes segons aquestes tres vies: amb nous llenguatges, noves representacions i nous procediments d'aplicació. Això vol dir que s'aniran considerant fenòmens rellevants que formen part de la vida dels alumnes (la relació sol-terra-lluna i les estacions de l'any, la combustió en relació amb l'alimentació, els canvis en el moviment dels cossos, l'acció de l'electricitat sobre els materials...) i es formularan «bones preguntes» que introdueixen conceptes (calor, substàncies, forces, canvis d'estat...) mitjançant la resolució dels cinc tipus de problema perquè conviden a mesurar, a relacionar i a anomenar amb llenguatge científic. Aquests fenòmens o problemes, un cop resolts, esdevenen exemples o models d'alguna de les disciplines científiques; com hem vist, també n'hi ha permeten establir relacions entre disciplines diferents i entre les disciplines i el pensament quotidià.

L'expertesa que s'adquireix (les competències)

L'activitat científica és imprescindible per adquirir expertesa en qualsevol disciplina de les que, a les escoles, constitueixen «assignatures» i, en conjunt, formen el currículum. Fa que l'alumne es faci seus els ideals explicatius (la vida, el canvi químic, la Terra, la salut...), comparteixi les seves preguntes (finalitats) i les respostes que se li

dona (conceptes i explicacions). S'ha de trobar còmode enfront del treball experimental que és propi de la matèria, dels seus símbols i maneres de parlar sobre el món. D'això en direm *esdevenir competent* en aquell saber concret.

No és possible adquirir aquesta familiaritat amb el coneixement si només s'hi pensa de tant en tant, quan es té classe d'aquella matèria i es diu com resoldre els exercicis que ens posaran de deures. Cal temps, perquè adquirir les competències de pensament científic que permeten resoldre *bons problemes* i, amb això, adquirir competències, és una cursa de fons. I, sobretot, coordinar la feina que es fa curs rere curs, de manera que els sabers adquirits un any se sumin als de l'any anterior.

Les competències curriculars són les que indiquen quin és el resultat esperat com a conseqüència d'haver treballat un conjunt de temes que l'administració educativa escull perquè considera que són la ciència que han de conèixer els estudiants que han seguit els cursos corresponents. Però hem vist la complexitat d'aquest «conèixer». Com que «emociona» (perquè parteix de l'interès de resoldre un problema) mobilitza les capacitats cognitives de fer, pensar, comunicar, i també les socials (compartir el coneixement, interessar-se per les seves aplicacions en la vida de les persones). Com que aquest coneixement es refereix a les ciències, requereix experimentar, explicar, modelitzar. Adquirir les competències curriculars vol dir que s'han adquirit les competències bàsiques i científiques concretades en els temes del currículum.

Fem propostes!

Hem vist fins ara que l'ACE és l'equivalent a l'escola de l'activitat científica que es desenvolupa en el marc d'una disciplina científica. En els dos casos, el producte d'aquesta activitat és el coneixement, que evoluciona gràcies a la resolució de problemes autèntics; però hi ha grans diferències, amb les quals cal comptar.

L'activitat científica disciplinària es desenvolupa en el context determinat per les preguntes que li són pròpies: la química amb els tubs d'assaig, la geologia amb pedres i paisatges, la biologia amb el microscopi, els cultius de... Les maneres de fer, de parlar i de pensar d'aquestes disciplines són les que convenen als diferents contextos, i tots els qui hi treballen comparteixen aquesta experiència. La ciència a l'escola, en canvi, ha de dedicar molt de temps a fer veure a l'alumnat que hi ha

preguntes científiques a fer-se, que no són les que els alumnes es plantegen de manera espontània: els professors han de fer canviar el context quotidià dels alumnes per apropar-lo al científic. I aquest és un procés lent, perquè requereix sintonitzar noves maneres de pensar, l'actuació sobre nous fenòmens i les maneres de parlar que millor ho simbolitzen.

Els problemes i la seva resolució, que és el tema que ara ens ocupa, són el motor d'aquesta transformació de les idees i maneres de fer dels alumnes. Els problemes per aprendre a fer ciències són els que més ens interessin perquè són els més competencials/científics. Tractant-los des de la perspectiva d'una exercitació de la racionalitat, podem fer les consideracions següents que ajudin a concretar la manera de treballar a classe:

– Pel que fa a la redacció dels problemes

Els problemes es proporcionen als estudiants en forma de text. Si, tal com proposem, són problemes que fan pensar, oberts a l'emergència de nou coneixement, és molt important que el text s'adeqüi a aquest objectiu. Ha de ser un text curt, fàcil de llegir i ha d'orientar l'atenció dels estudiants cap als punts clau en què volem que es fixin, sense distreure'ls amb consideracions que són irrellevants. Ha de ser interessant, redactat com una història que situï la reflexió en el context que li correspon. Les preguntes han de ser les adequades als objectius d'avaluació segons els quals es considerarà que la tasca ha reeixit (Márquez *et al.*, 2002). Com que volem que el problema «funcioni» i contribueixi a un aprenentatge competencial, és convenient demanar que altres professors llegeixin el text per assegurar que el text i les preguntes corresponen als aprenentatges previstos (Baños i Carrió, 2013).

Molt sovint els alumnes no entenen correctament els enunciats dels problemes, perquè no complementen el text amb els coneixements que ells ja tenen sobre el tema. És a dir, els alumnes fan una lectura literal de l'enunciat, quan haurien de fer una lectura inferencial. Si passa això, no és possible plantejar la pregunta clau i la pregunta que hi ha en el text no constitueix un autèntic problema.

– Pel que fa al contingut

Volem que l'alumne entri en el problema i que, alhora, aprengui, és a dir, que es

modifiqui la seva manera de veure el món. Sabem que fins i tot caldrà que incorpori un nou llenguatge que, en el cas de les ciències, té una arrel quantitativa. Això és difícil d'aconseguir i, per això, hi ha el perill de donar autonomia a l'alumne en la tria de què vol aprendre. Però, amb això, l'alumne només farà millor el que ja sabia fer, no s'obrirà als nous coneixements que només li proporcionarà l'escola: aquesta és la seva missió.

El repte en el disseny dels problemes per aprendre a fer ciències és encertar en la manera de proposar el contingut disciplinari, que no correspon només a un discurs del professor sinó a la tasca a fer: experimentar, llegir o comentar. La novetat és que qualsevol situació problemàtica real es pot estudiar des de diferents disciplines i els professors hem de preparar-nos per dialogar amb totes elles, tot i que no són les «nostres» (les que estudiarem en el seu moment) i per dissenyar la feina a fer de manera que es dediqui l'atenció necessària a les idees clau de cada una de les disciplines.

Una altra qüestió difícil de resoldre és la diversitat de capacitats i d'interessos dels estudiants. L'escola tendeix a prioritzar el coneixement formal, a l'estil de les matemàtiques; no considera que sigui tan important que un alumne balli bé o sigui un bon esportista com que sàpiga matemàtiques o química. No cal dir que l'alumne ballarí fracassarà a l'escola i l'alumne matemàtic, en canvi, sense ritme, anirà endavant. Crec que encara no sabem resoldre aquestes situacions, tot i que segur que es podrien plantejar «problemes per aprendre a fer...» també en aquestes àrees de coneixement, que tradicionalment han quedat al marge de l'escola. El cas és que els problemes que habitualment es plantegen no interessin a una part de l'alumnat: això fa que alguns alumnes s'endarrereixin, mentre que els altres van endavant. Així, com podem fer que els problemes es plantegin, tot seguint Vigotsky (1934), en la zona de desenvolupament proper dels alumnes tenint en compte que tenen capacitats tan diferents?

– Pel que fa a la resolució

En resoldre els problemes es posen a prova els diversos aprenentatges que es consideren imprescindibles en ciències: la capacitat de simbolització, la comprensió

de la terminologia utilitzada en l'enunciat, l'aplicació de principis abstractes a situacions diverses, concretes. Si el problema està ben plantejat, les demandes que es fan a l'alumnat en l'enunciat es poden complir; si no fos així, els alumnes no podrien resoldre el problema i no hi hauria aprenentatge perquè tampoc no hi hauria problema real.

Segons Kempa (1986), el procés de resolució dels problemes autèntics (els nostres «problemes per aprendre a fer ciències») consta de cinc passos: l'estudiant llegeix l'enunciat, en el qual es descriu una situació i es planteja una pregunta que es transforma en problema; la interpreta en termes de tasques a fer que tenen relació amb els models que s'han de construir; transforma les informacions operant amb elles; elabora una la resposta i la comprova, o bé reconeix que no se'n surt.

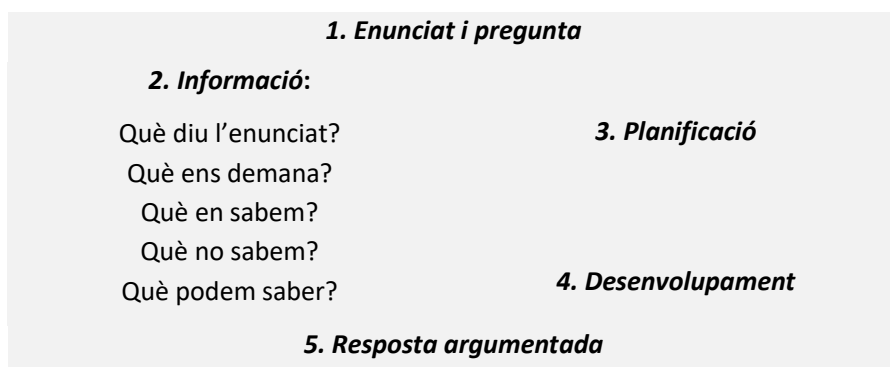
Gil i Martínez Torregrosa (1983) i Furió, Iturbe i Reyes (1994) han treballat a fons la resolució de problemes en el marc de la didàctica constructivista en què ens trobem encara, segons la qual és imprescindible conèixer la manera de pensar dels alumnes per poder fer un disseny adequat de la classe, que faciliti la interacció amb el món material i l'emergència de nou coneixement compartit. La seva recerca ha proporcionat noves proves de la ineficàcia de resoldre llistes de problemes tancats sense haver aprofundit prèviament en el seu significat. Podem concloure que no hi ha una tècnica de resoldre problemes que s'adquireix a còpia de fer-ne molts i que deslliuri d'haver de pensar i tampoc no hi ha un camí per aprendre que deixi de banda la resolució de problemes. Ens proposen una nova manera de plantejar i resoldre problemes de física i química, que consisteix a analitzar un esdeveniment en un determinat sistema físic, identificar-ne les variables i preveure els canvis que es poden produir segons les relacions de les variables. Un cop situats en aquest nou món- a causa de l'activitat científica de mesurar, relacionar, preveure, etc.- de l'esdeveniment transformat en quelcom abstracte, aquest esdevé similar a uns altres esdeveniments que resulten rellevants per a la disciplina, ja que s'analitzen i s'expliquen de la mateixa manera. No cal dir que aquesta proposta es pot aplicar a qualsevol problema de ciències.

Les investigacions en resolució de problemes demostren que són més competents els alumnes que utilitzen conceptes abstractes, que els permeten establir relacions entre

els conceptes implicats. Aquests alumnes són també els que presenten mapes cognitius (obtinguts, per exemple, per associació de paraules) més rics, en els quals els conceptes de què es tracta estan molt relacionats entre ells. Això ens demostra que és important que el coneixement previ estigui convenientment organitzat. En aquest sentit, són molt útils els mapes conceptuals o els heurístics com la V de Gowin (Novak i Gowin, 1989)

És convenient que els alumnes iniciïn la resolució dels problemes a partir de l'esquema conceptual adequat a la situació que se'ls presenta, i no a partir d'una utilització apressada de les dades. Han de començar per formular qualitativament la resolució; a continuació poden executar-la emprant les dades concretes de què disposen. S'ha vist també que utilitzar «fórmules» per resoldre els problemes no afavoreix la comprensió del problema ni del resultat obtingut, tot i que pot ajudar a obtenir uns determinats resultats considerats correctes.

Pot ser útil que els alumnes elaborin *bases d'orientació* en les quals resumeixin els passos a fer en la resolució dels problemes. Per exemple segons el cicle representat tot seguit:



FONT: Izquierdo i Grup d'Interès de l'IDES, eds., 2005

En la primer pas, l'alumne escriu la seva interpretació de l'enunciat i la demanda que se li fa, que es concreta en el pas n. 2. Amb els passos 3 i 4, es proposa el procés de resolució, el resultat del qual justifica en el pas n. 5.

L'ensenyament basat en problemes: ABP i altres

Una de les innovacions docents a la universitat que ha tingut més èxit és l'aprenentatge basat en problemes (ABP) (Araújo i Sastre, 2008). S'ha comprovat que

és especialment adequat per a estudis aplicats: dret, medicina, infermeria, biologia humana.

Aquesta estratègia educativa es va iniciar a la Universitat McMaster el 1969 amb el nom de *problem based learning* (PBL) i consisteix a fer que un petit grup d'estudiants treballi entorn d'una situació problemàtica, desenvolupant hipòtesis explicatives o simplement identificant nous aprenentatges que li permetin comprendre millor el problema i arribar a assolir els objectius previstos. Les tasques bàsiques en l'ABP són combinar informacions per proporcionar explicacions de manera raonada, identificar nous aprenentatges que són necessaris i caracteritzar conceptes generals que es poden aplicar a altres situacions. El més important d'aquesta proposta és que els estudiants han d'identificar què han après que abans no sabien, quins conceptes o principis nous s'han discutit, què podran utilitzar en el futur i com ho podran utilitzar, quins models poden ser importants en relació amb el problema encara que no s'hagin pogut explorar...

No sempre es requereix resoldre el problema perquè aquests poden ser molt oberts. S'ha vist que els més efectius són els que no són estructurats, en els quals la informació es presenta de manera no magistral, sinó per tal de fomentar la discussió, procurant que expliqui una història que tingui a veure amb un futur laboral (ja que estem parlant d'una proposta docent a la universitat) (Araújo i Sastre, 2008).

Per acabar, un problema que han de resoldre els professors

D'acord amb el marc teòric que hem proposat, l'ensenyament se centra en l'alumne: no podem implementar en el seu cervell coneixements i maneres de fer que el capacitin per utilitzar de manera creativa els coneixements adquirits; si parlem de «competències», hem d'estar preparats per a una manera de fer classe —i, sobretot, d'avaluar— molt diferent (Sanmartí, 2002). Per això, si bé resoldre problemes és una tasca docent amb una gran presència i tradició a les classes de ciències i en els exàmens, en aquest article prenem un significat completament diferent. No es fa servir per constatar un fracàs quan no es pot resoldre; si això passa, és que el problema no era adequat i no feia la seva funció.

L'ensenyament centrat en l'alumne li dona més autonomia, però no estalvia feina al

professor. Al contrari: fa que la docència esdevingui més «problemàtica» del que era fins ara, perquè reconeix la diversitat d'interessos i de coneixements previs dels alumnes, la distància entre els coneixements i llenguatges quotidians i els científics, les diferents maneres d'interpretar un mateix context i la dificultat de proposar un bon problema que tingui significat per a tots i que correspongui als temes previstos en el currículum.

El panorama docent canvia del tot i ho fa per tornar a ser el que sempre ha desitjat un bon mestre: ensenyar a pensar en el marc d'uns valors o drets humans —perquè això és ensenyar a viure—, però sense marcar de manera dogmàtica el camí, sinó mostrant les incerteses de les rutes i la importància de prendre decisions i assumir les conseqüències. El disseny de la classe ha de preveure menys exposicions magistrals i més treballs en petits grups, amb possibilitat de discutir i d'analitzar casos, adequats a les diferents etapes d'aprenentatge d'un tema: presentació inicial (què en sé), introducció de noves maneres de veure i de fer que porten a nous conceptes, aplicació a uns altres temes semblants...

Em sembla que ara estem en un moment molt interessant, en el qual proliferen les iniciatives, però ho fan segons un estil molt nostrat de tants caps, tants barrets. L'ensenyament per projectes (ABPr), les competències, l'STEM, etc., tenen un mateix denominador comú quant a la manera de fer (resoldre bons problemes), però no hi ha una reflexió comuna referent al currículum i no es pensa prou, em sembla, en les competències curriculars, que inclouen les bàsiques i les científiques perquè les concreten en alguns temes que cal saber. Perquè si, com hem vist, la dinàmica científica implica resoldre problemes en el si d'una comunitat científica que hi posa ordre (accepta alguns conceptes i en rebutja d'altres), la dinàmica científica escolar es pot perdre en un maresme de situacions resoltes sense que corresponguin al sistema conceptual que ha de garantir l'adquisició de competències curriculars.

Proposo fixar més l'atenció en la multidisciplinarietat (perquè un mateix fenomen en el món real planteja problemes a moltes disciplines alhora) i en la relació entre els textos (les demandes que es fan) i els contextos (les possibilitats de satisfer-les), proposant projectes i problemes que hi comptin de manera seriosa. També cal impulsar l'avaluació formadora, que fa reflexionar els alumnes sobre els seus

aprenentatges, individuals i de grup, i que és la que es requereix en un ensenyament que busca l'adquisició de competències curriculars (Izquierdo, M., Caamaño, A., i Sarramona, J., coord., 2014). I cal fer-ho sempre procurant que l'ensenyament no proporcioni ocasions de fracàs però que tampoc es banalitzï. Simplement, hem de reconèixer que hi ha moltes maneres d'aprendre, que els escenaris són diversos, que ho són els textos i els contextos i que tota la societat ha de col·laborar perquè els infants i els joves experimentin el goig d'aprendre ciències i descobreixin les seves pròpies capacitats, sense haver de fracassar perquè els fan seguir un camí que no comprenen.

Bibliografia

Aliberas, J., i Izquierdo, M. (2004). *Per a un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Cerdanyola: Servei de Publicacions de la UAB.

Araújo, U., i Sastre, G. (2008). *El aprendizaje basado en problemas: Una nueva perspectiva de la enseñanza en la Universidad*. Barcelona: Gedisa.

Baños, J.-E., i Carrió, M. (2013). Los textos en el aprendizaje basado en problemas: consejos que ayudan a su redacción. Dins M. Carrió, L. A Branda, i J.-E. Baños (coords.), *El aprendizaje basado en problemas en sus textos: Ejemplos de su empleo en biomedicina* (p. 21-25). Barcelona: Fundación Dr. A. Esteve. (Cuadernos de la Fundación Dr. Antonio Esteve, 27).

Bodner, G. M., i Herron, D. (2003). Problem – solving in Chemistry. Dins J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Rusti, D. F. Treagust, i J. H. Van Driel (eds.). *Chemical education: Towards a research - Based practice* (p. 235-261). Dordrecht: Kluwer.

Carrió, M., Branda, L. A., i Baños, J.-E. (coords.) (2013). *El aprendizaje basado en problemas en sus textos: Ejemplos de su empleo en biomedicina*. Barcelona: Fundación Dr. A. Esteve. (Cuadernos de la Fundación Dr. Antonio Esteve, 27).

Furió, C., Iturbe, J., i Reyes, J. V. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigacion en la escuela, 24*, 89-99.

Garrett, R. M. (1987). Issues in science education: problem solving, creativity and

- originality. *International Journal of Science Education*, 9(2), 125-137.
- Gil, D., i Martínez Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.
- Izquierdo, M. (coord.), Grup d'interès de l'IDES (eds.) (2005). *Resoldre problemes per aprendre*. Cerdanyola: Servei de Publicacions de la UAB.
- Izquierdo, M., Caamaño, A., i Sarramona, J. (coord.) (2014). *Competències bàsiques en l'àmbit científicotecnològic*. Barcelona: Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.
- Kempa, R. F. (1986). Resolución de problemas y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.
- Kim, E., i Pak, S.-J. (2002). Student do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70, 759-765.
- Márquez, C., Roca, M., i Via, A. (2002). Plantejar bones preguntes: el punt de partida per mirar, veure i explicar amb sentit. Dins N. Sanmartí (ed.), *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62. [XXII Premi Rosa Sensat de Pedagogia].
- Novak, J., i Gowin, B. (1989). *Aprendiendo a aprender*. Madrid: Martínez Roca.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza editorial.
- Van Kampen, P., Banahan, C., Kelly, M., McLoughlin, E., i O'Leary, E. (2004). Teaching a single physics module through Problem Based Learning in lecture-based curriculum. *American Journal of Physics*, 72, 829-834.
- Vigotsky, L. (1979). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. Dins A. R. Luria, A. Leontiev i L. Vigotsky, *Psicología y pedagogía*. Madrid: Akal.

Per citar aquest article:

Izquierdo, M. (2018). Resoldre problemes per aprendre a fer ciències. *Revista Catalana de Pedagogia*, 13, 45-62.

Publicat a <http://www.publicacions.iec.cat>