

Algunes reflexions docents sobre una qüestió controvertida

La motivació dels estudiants envers la química¹

Carles Furió Mas i Cristina Furió Gómez.

Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials · UV

El tema de la motivació dels estudiants envers l'aprenentatge de qualsevol matèria científica constitueix una preocupació seriosa per al professorat. En primer lloc, perquè els docents constaten una falta general d'interès dels alumnes i, sobretot, cap a la Física i la Química. Aquesta percepció és corroborada pels estudiants. Encara que siga a títol anecdòtic, recordem que en una de les darreres enquestes del MEC sobre el fracàs escolar dels estudiants de l'ESO mostrà que al voltant d'un 25% deia que no li interessaven els estudis científics i el 68% indicava que s'avorria a classe. En segon lloc, perquè al costat d'aquesta falta de motivació existeix un fracàs escolar en aquelles disciplines major que en les altres. És més, s'ha constatat que el desinterès de l'alumne augmenta conforme els estudiants de Secundària van rebent més cursos d'aquestes matèries. Per tant, els professors ens trobem amb el cercle viciós següent: Els alumnes vénen a classe de Química desmotivats; això fa que no paren atenció a les explicacions del professor/a; en conseqüència, s'avorreixen, augmenta el desinterès per aprendre i, per descomptat, no fan cap esforç per aprendre. Com trencar aquesta espiral "desinterès-baix rendiment acadèmic-major desinterès?"

Què fer? Una de les respostes espontànies que donem els professors consisteix a pensar que cal afegir a l'ensenyament aspectes motivadors que *mitiguen* l'èmfasi conceptual donat a la matèria. Però tots sabem que la qüestió és més complexa. Tan complexa com és el procés mateix d'ensenyament-aprenentatge de la química. D'aquí que considerem que la relació entre la motivació dels estudiants i l'ensenyament de la química siga una qüestió controvertida.

Hem de veure el problema de la desmotivació discent des d'una nova perspectiva basada en els resultats de la investigació en didàctiques de les ciències. La motivació no s'ha de concebre com a un element extern que cal afegir als components conceptual i procedimental de l'ensenyament-aprenentatge de la química, sinó que ha d'estar integrada de manera continuada en aquest procés, si hom vol aconseguir un canvi actitudinal en l'alumnat. D'una altra banda, cal reconèixer la imatge del context social sobre aquestes disciplines.

La imatge de la física i la química que té la societat (i, per tant, l'alumnat!) no és massa atractiva que diguem; sobretot, en comparació amb altres matèries com ara la Biologia o la Medicina. No només són aquelles matèries difícils i avorrides, sinó que a més són perilloses! A la física i la química se les relaciona amb l'armament, l'energia nuclear, la contaminació ambiental, etc. Mentre que la biologia i la medicina s'associen amb la lluita contra les malalties, la conservació del medi ambient o la millora de l'agricultura. Quan la premsa o la TV refereixen els grans reptes intel·lectuals del segle XXI, se centren fonamentalment en qüestions tals com la seqüència del

genoma humà, la clonació, la curació del càncer, l'ús de cèl·lules mare per a guarir malalties, etc.

En canvi, apenes hi són anomenats els principals desafiaments de la química per al segle XXI, tals com, per exemple, idear tecnologies en què se substituïsquen els combustibles fòssils per l'hidrogen com a font energètica primària (per exemple, les piles de combustible) amb la qual cosa el petroli es podria reservar per a obtenir materials i, alhora, es reduïrien les emissions del gas principal d'efecte hivernacle, el CO₂. O desenvolupar transistors mol·leculars, per exemple, per disposar d'ordinadors a escala nanoscòpica. Acceptem el fet que els nostres alumnes arriben impregnats de la imatge negativa de l'entorn on viuen i, per tant, desmotivats cap a la classe de Química. Però, també sabem que, independentment de com ens arriben, les actituds de les persones van canviant a mesura que van vivint situacions noves. I una d'aqueixes situacions noves pot ser la mateixa classe de Química. J. Lemke, en la conferència inaugural d'un Congrés d'Investigació en Didàctica de les Ciències, es preguntava: "Per què els professors no ens esforcem per conjugar la implicació intel·lectual i emocional dels estudiants amb les meravelles dels feïmens naturals?"

El procés convencional d'ensenyament-aprenentatge de la Química sol tenir com a principal objectiu una formació de l'estudiant centrada en l'assimilació de fets, lleis i teories que conformen un cos de coneixements científics. En aquest procés apenes es posa l'èmfasi en aspectes essencials de l'activitat científica que tenen relació directa amb la motivació. Alguns dels principals aspectes de l'ensenyament convencional que cal criticar amb la finalitat d'impulsar la motivació dels estudiants es presenten a continuació.

1. En l'ensenyament no se solen presentar els problemes que originaren la construcció dels coneixements científics i sense els quals no té sentit la introducció de conceptes i teories.

Com indica Ausubel (1978), sense problemes, els coneixements citats apareixen com a construccions arbitràries. És a dir, es transmet una visió aproblemàtica i ahistòrica de l'activitat científica oblidant que el coneixement és un mitjà, una eina, per resoldre problemes i no una finalitat. Vegem algun cas paradigmàtic en què tant l'ensenyament com els aprenents no mostren a quins problemes rellevants intenta donar resposta la introducció d'un concepte, com és el de *l'equilibri químic*. En el marc de les olimpíades de Química, es plantejà una pregunta oberta a una mostra de 90 estudiants seleccionats de 31 centres de batxillerat amb l'objecte que explicaren per què les substàncies reaccionen entre si. Es tractava d'analitzar en quina mesura els estudiants ubicaven aquest problema en el tema de l'equilibri químic,



bé des del punt de vista cinètic -explicant les reaccions incompletes- o des del punt de vista energètic amb la introducció del concepte d'energia lliure. Les categories principals de resposta trobades en aquesta mostra foren les següents:

- la majoria de les respostes, 54% associà la causalitat dels processos químics amb la unió entre àtoms (és a dir, "el seu problema" era explicar la formació d'enllaços en una mol·lècula, no el de per què reaccionen o no les substàncies); dels reactius);

- un altre 20% raonà basant-se en la semblança o complementarietat de les substàncies (concebudes com a una mena d'afinitats dels reactius);

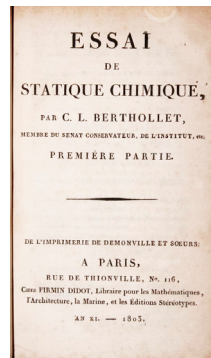
- el 19% de les respostes donà alguna justificació de tipus energètic ("disminució d'energia potencial del sistema") i entre elles, solament tres dels estudiants mencionaren la disminució d'energia lliure en el procés.

Recordem que, a finals del segle XVIII, les explicacions sobre el problema del perquè reaccionaven les substàncies es basaven en la idea de l'afinitat química. Aquest problema fou el *leit motiv* de l'obra de Berthollet, *Essai de Statique Chimique* (1803), on remarca la noció de "reaccions incompletes", la de l'equilibri químic i els factors de què depenia. En aquesta obra s'expliquen les reaccions químiques per les forces d'atracció newtonianes i per això allò "natural" no són les reaccions completes sinó les incompletes. La fi d'una reacció és un equilibri on l'afinitat és un factor més que influeix al costat d'uns altres com les concentracions i la temperatura. Quant a això, convé recordar que durant la Revolució francesa Berthollet fou l'encarregat de racionalitzar l'extracció de salnitre que s'utilitzava per fabricar la pólvora de canó rentant roques nitroses. Observà que era millor rentar amb aigua neta cada vegada, i, com més salnitre hi havia dissolt a l'aigua, menys eficaç era el rentat. Per tant, suggerí que la tendència a reaccionar (en aquest cas, dissoldre salnitre) no depenia només de l'afinitat, sinó també era una funció de la concentració dels reactius. No és estrany, doncs, que 60 anys després es presentà la llei de l'equilibri dels noruecs Guldberg i Waage (1864) en un article intitulat "Sobre les afinitats".

2. L'ensenyament de la Química no mostra la forma temptativa amb què els científics plantegen i tracten de resoldre els problemes.

Per exemple, als conceptes químics no se'ls dona el caràcter hipotètic i dinàmic que tenen (vàlidesa, limitacions, canvis, dependència de cos teòric). Això és, es transmeten visions estàtiques i dogmàtiques que distorsionen la naturalesa del treball científic i, pertant, serà difícil motivar els estudiants. Vegem algun exemple: En un famós text de *Química General* s'introdueix directament la hidròlisi de sals dient: «L'expressió hidròlisi d'una sal descriu la reacció d'un anió o un catió d'una sal, o ambdós, amb l'aigua. Generalment, la hidròlisi d'una sal afecta el pH d'una dissolució». Quin és el marc teòric que s'hi introdueix? Quin problema intenta resoldre aquest concepte? Quina vàlidesa té? Aquestes són preguntes lògiques que pot fer-se algun alumne motivat.

Es coneix molt bé en la història de la química que la idea d'hydròlisi d'una sal fou un hipòtesi *ad hoc* introduïda per Arrhenius en el marc de la seua teoria àcid-base per explicar la reacció àcida o bàsica de les dissolucions aquoses dels sals *neutres*. En aquest context teòric tractem que els estudiants compreguen les diferències

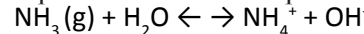


Esquerra: Primera edició (1803) de l'obra de Berthollet, *Essai de statique quimique*, on proposa el concepte *afinitat química*.

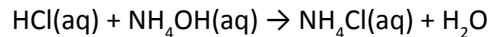
Dreta: S. Arrhenius.

entre els processos de dissolució, de *dissociació iònica*, d'hydròlisi i de neutralització. I per això els presentem els esquemes corresponents de reacció:

Equilibri en dissolució aquosa dels gas NH_3 :



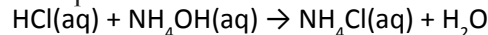
Neutralització entre àcid i base:



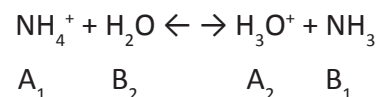
Hidròlisi del clorur amònic:



Equilibri àcid-base//hidròlisi sal:



Meditant davant d'aquests simbolismes el mateix alumne pot plantejar-se preguntes (i contradiccions!): Com acceptar que la dissolució aquosa del gas amoníac acabe sent la dissociació iònica de l'hydròxid amoníac i, tanmateix, la del clorur amoníac siga considerat un procés diferent anomenat *hydròlisi*? No sembla arbitrària la introducció d'aquest concepte? No sembla que siga el mateix neutralització que hydròlisi? És el mateix o no? Aquest problema de la hydròlisi, unit amb altres, com el del camp limitat de la vàlidesa de la teoria d'Arrhenius o la impossibilitat energètica que existisca lliure el protó al medi aquós, motivaren que la teoria d'Arrhenius fóra substituïda per la de Brønsted-Lowry el 1923 (Furió-Más et al, 2005). Però, en canviar de marc teòric, canviaren també els significats dels conceptes subsumits (Kuhn, 1972) i entre ells el de la hydròlisi. En aquesta última teoria, la hydròlisi de l'ió amoni la considerem una reacció entre un àcid i una base -com si fóra una neutralització!-, atés que l'esquema que hi fem servir és el següent:



En resum, en presentar els continguts actuals hi ha una falta d'atenció a la història i l'epistemologia de la ciència. Això ens impedeix conèixer quines foren les dificultats, els obstacles que calgué de superar i, per la mateixa raó, ens impedeix comprendre i resoldre moltes de les dificultats que també se'ls presentarà als estudiants. En conseqüència, una presentació dogmàtica dels conceptes i teories impedirà que els mateixos estudiants puguin plantejar-se la construcció de coneixements químics com a aventura del pensament impossibilitant la seua motivació.



3. S'ignoren en l'ensenyament de la Química, en particular, les interaccions CTS associades també a la construcció de coneixements.

Cal presentar continguts relacionats amb problemes en contextos socials on s'usen els coneixements químics per solucionar-los. No és fàcil, però és possible. Es pot recórrer a projectes d'ensenyament CTS ja publicats. Estem en l'era de la Química, en què hem passat de produir *materials estructurals* (alumini, plàstics, cautxú, etc.) a crear "materials a la carta" (Bensaude-Vincent i Stengers, 1997). Això és, a produir materials funcionals amb una o dues propietats específiques que ens interessin socialment. En aquest sentit, no és difícil introduir, per exemple, en el tema de l'enllaç químic, quan es tracten els metalls, què són i com s'obtenen els semiconductors tan importants en Electrònica i Informàtica. Es pot plantejar com una situació problemàtica què és i com funciona un xip electrònic dels que utilitzem, per exemple, en el rec per degoteig i arribar a qüestionar-se quina és la propietat específica buscada en un cristall de silici o de germani que hi ha en els transistors usats? Els alumnes han de conèixer que aquests materials tenen un comportament contrari al dels conductors quan s'eleva la temperatura (baixen la seua resistència) i el que això suposa d'estalvi energètic. Cal que arriben a explicar-se per què tenen aquesta propietat precisament els semimetalls de grup IV de la Taula periòdica, per què es "dopen" afegint impureses amb àtoms del grup III (B, Ga, In, Al) per fabricar semiconductors tipus P (acceptors d'electrons), o del grup V (P, As, Sb) quan es desitja obtenir semiconductors tipus N (dadors d'electrons). En aquest sentit, convé recordar que fa un parell d'anys es concedí el Nobel de Química a investigadors que obtingueren el grafè, substància formada per una capa bidimensional monomolecular amb una estructura com la d'una de les monocapes del grafit amb propietats mecàniques i elèctriques molt interessants des del punt de vista tecnològic.

Els estudiants han de conèixer i valorar el desenvolupament científic i tecnològic, les seues aplicacions i incidència en el medi físic i social. Això implica debatre a classe el caràcter sovint conflictiu del paper de les ciències i la necessitat d'una presa de decisions fonamentada pels ciutadans. Qualsevol dels problemes del medi ambient que tenim al País Valencià o en el món pot servir de situació problemàtica. Com a exemple de problema local i, alhora, global que pot servir de motiu per a analitzar el comportament de l'ozó. La situació problemàtica a plantejar podria titular-se: *Què passa amb l'ozó? És perjudicial o no?* El tractament científic del tema donaria peu a conèixer la gran propietat oxidant d'aquesta substància, a relacionar la seua formació amb la "boira fotoquímica" nociva que tenim molt sovint a l'estiu al litoral mediterrani i, contràriament, ens preocupem per la disminució de la molt estreta capa d'ozó que hi ha a l'estratosfera, ja que absorbeix part de les intenses radiacions ultraviolades que vénen del Sol...

No podem seguir ensenyant Química als futurs ciutadans tancant els ulls als problemes greus que encara la humanitat. No podem seguir ignorant la situació d'autèntica emergència planetària en què estem vivint en l'actualitat i la necessitat d'anar cap a un desenvolupament sostenible. No podem ser indiferents, doncs, com cità el poeta xilè Nicanor Parra: «Buenas noticias: La Tierra se recupera en un millón de años. Somos nosotros los que desapareceremos».

4. En l'ensenyament de la Química predomina la transmissió de conceptes i teories realitzades pel professor on el paper essencial de l'alumne és el de receptor sense apenes participació activa ni possibilitat de regulació del seu aprenentatge.

Cal una profunda transformació de les estratègies utilitzades en l'ensenyament de la química que tinguem com a objectiu bàsic afavorir l'activitat de l'estudiant plantejant-li problemes reals, ajudant-lo a idear estratègies o destreses que el familiaritzen amb el *saber fer* del treball científic, a valorar i prendre decisions per a l'acció: en aquest aprenentatge plantejat com a aventura del pensament en la solució de problemes, són inseparables els aspectes cognitius i afectius. Això requerirà un determinat escenari afectiu que mantinga cert clima emocional, un escenari respectuós i cordial. És a dir, necessitarà un clima d'aula positiu. Un altre canvi necessari per a estimular la motivació de l'estudiant en l'ensenyament de la Química és l'avaluació dels aprenentatges. Qualsevol avaluació que vulga incidir en la millora de l'aprenentatge necessita que l'estudiant reba alguna retroalimentació informativa, creïble i optimista sobre què ha aconseguit i també sobre els seus errors. En aquesta retroalimentació, el professor ha de tenir cura de no minvar l'autoestima de l'alumne i mostrar-li expectatives positives per a aconseguir l'èxit. El fracàs de l'estudiant no ha de concebre's com a falta de vàlua, ni comparar-se amb la resta, sinó com purs errors subsanables amb més treball.

En resum, la motivació està íntimament lligada al procés d'ensenyament-aprenentatge de la Química, a les situacions problemàtiques que es proposen als alumnes, a les estratègies d'aprenentatge que es desenvolupen a l'aula, als resultats que obtenen i al context en què estan aprenent, entre altres. Tots aquests factors poden contribuir a la motivació de l'estudiant i aconseguir la millora dels seus processos d'interregulació o autorregulació i, en definitiva, aconseguir una major autonomia que, comptat i debatut, és la finalitat de qualsevol educació, inclosa la química.

(1) Aquest treball és un resum d'una conferència que impartirem en les *Jornades sobre Ensenyament de la Química a Palma de Mallorca (2005)* organitzades per l'Associació Nacional de Químics Espanyols (ANQUE).

Referències bibliogràfiques

- Ausubel, D.P. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognitivo*. Mèxic: Trillas.
- Bensaude-Vincent, B. i Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid: Addison-Wesley.
- Furió-Más, C., Calatayud, M^a L., Guissola, J. & Furió-Gómez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented as teachers. *International Journal of Science Education*, 27 (11), 1337-1358.
- Kuhn, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.