

# Reflexions entorn d'algunes explicacions químiques dels estudiants en les proves d'accés a la universitat

Reflections about some explanations of chemistry students in the university access tests

Aureli Caamaño Ros i Fina Guitart Mas / Universitat de Barcelona. CESIRE-CDEC



## resum

Les proves de química d'accés a la universitat incorporen, des de fa dues convocatòries amb més freqüència, preguntes que demanen als estudiants de fer una comparació o justificar una predicció mitjançant un raonament o una explicació. En aquest article s'analitzen alguns tipus de respostes obtinguts des del punt de vista de les explicacions escolars que s'usen habitualment i de les que acostumen a donar els estudiants, tot destacant la importància de les explicacions interpretatives o causals, basades en models, enfront de les pseudoexplicacions o de les explicacions basades en regles heurístiques de poc valor conceptual.

## paraules clau

Explicacions químiques, explicacions alternatives, explicacions antropomòrfiques, explicacions teleològiques, regles heurístiques.

## abstract

The chemistry exam for the university entrance exam includes questions that require students to compare or justify a prediction by means of reasoning or explaining. This article reviews some typical responses obtained from the point of view of explanations used most by scholars and of the explanations that students tend to give, thus highlighting the importance of interpretative or causal explanations, based on models, compared to pseudoexplanations or explanations based on heuristic rules of little conceptual value.

## keywords

Chemical explanations alternative explanations, anthropomorphic explanations, theologic explanations, heuristic rules.

### Justificar, raonar i predir

En aquest article es fa una reflexió sobre algunes de les respostes donades pels alumnes a algunes preguntes de les proves de química d'accés a la universitat de Catalunya dels cursos 2009-2010 i 2010-2011. En les preguntes analitzades<sup>1</sup> es

demanava una comparació o una predicció justificada de determinades propietats fisicoquímiques. Es tractava de qüestions de raonament que requerien el fet de donar una explicació científica.

A continuació es descriuen les preguntes (es transcriu només la

part en la qual es demana l'explicació, i a la pregunta 1 els subapartats es presenten per separat) i alguns dels tipus de resposta que, com a correctors de les proves d'accés a la universitat, vam observar que els estudiants donaven amb molta freqüència (taula 1).

1. [http://www.gencat.cat/economia/ur/doc\\_un/pau\\_quim10j1.pdf](http://www.gencat.cat/economia/ur/doc_un/pau_quim10j1.pdf), [http://www.gencat.cat/economia/ur/doc\\_un/pau\\_quim11j1.pdf](http://www.gencat.cat/economia/ur/doc_un/pau_quim11j1.pdf)

Taula 1. Recull de preguntes i de les respostes més freqüents

**Justificació dels valors elevats de l'energia d'ionització d'un grup d'elements de la TP**
**Pregunta 1a**

Justifiqueu, a partir de l'estructura electrònica dels àtoms, per què la primera energia d'ionització és tan alta en els elements situats en els pics de la figura 1.

**Típus de resposta**

**1a-1.** Els àtoms que ocupen els pics de la figura tenen l'última capa completa ( $Z = 2$ );  $Z = 10$  ( $1s^2, 2s^2 2p^6$ );  $Z = 18$  ( $1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6$ ). Això fa que siguin molt estables i que tinguin molt poca tendència a perdre un electró.

**1a-2.** Els àtoms que ocupen els pics tenen l'última capa completa, amb dos o vuit electrons, i per això costa molt d'extreure un electró.

**Predicció comparativa de l'energia d'ionització de dos elements d'un mateix període**
**Pregunta 1b**

Amb l'ajut de la figura 1, compareu l'energia d'ionització del sodi ( $Z = 11$ ) amb la del magnesi ( $Z = 12$ ) i justifiqueu-ne els valors segons les estructures electròniques d'aquests dos elements.

**Típus de resposta**

**1b-1.** El magnesi té una energia d'ionització més gran perquè està més a la dreta de la taula periòdica.

**1b-2.** El magnesi té dos electrons a l'última capa i el sodi només en té un, per tant, al magnesi li'n sobren dos per quedar amb l'última capa completa, mentre que al sodi només li'n sobra un, la qual cosa fa que sigui més fàcil de perdre'l, mentre que al magnesi li és més difícil.

**Predicció del caràcter àcid, bàsic o neutre d'una sal en solució aquosa**
**Pregunta 2**

Raoneu si una solució aquosa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,030 M serà àcida, neutra o bàsica.

**Típus de resposta**

**2-1.** La solució aquosa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  serà àcida perquè el clorur d'amoni és una sal que prové d'un àcid fort i una base feble.

**2-2.** Molts alumnes no donaven un raonament qualitatiu, sinó que feien el càlcul del pH de la solució, obtenien un pH per sota de 7 i d'aquest resultat deduien que la solució era àcida. Cal aclarir que en el primer apartat de la pregunta es demanava de calcular el pH d'una solució aquosa d'amoniac de concentració 0,030 M i que al final es proporcionaven les dades següents: constant de basicitat ( $K_b$ ) de l'amoniac a  $25^\circ\text{C} = 1,8 \cdot 10^{-9}$ ; constant d'ionització de l'aigua ( $K_w$ ) a  $25^\circ\text{C} = 1,0 \cdot 10^{-14}$ , la qual cosa podia induir-los a fer un càlcul en el segon subapartat.

**Predicció comparativa de l'energia reticular de dos compostos iònics**
**Pregunta 3**

Expliqueu raonadament, a partir del model electrostàtic del sòlid iònic, si l'energia reticular del bromur de potassi serà més gran o més petita que la del clorur de sodi.

**Dades**

Nombres atòmics:  $Z(\text{Na}) = 11$ ;  $Z(\text{Cl}) = 17$ ;  $Z(\text{K}) = 19$ ;  $Z(\text{Br}) = 35$ .

Magnituds termodinàmiques	Valor ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
Entalpia de sublimació del $\text{NaCl(s)}$	107
Primera energia d'ionització del Na	496
Entalpia de formació del $\text{Cl(g)}$	122
Afinitat electrònica del Cl	-349
Entalpia de formació del $\text{NaCl(s)}$	-411

**Típus de resposta**

**3.** L'energia reticular del clorur de sodi serà més gran que la del bromur de potassi perquè l'energia d'ionització del Na és més gran que la del K i l'afinitat electrònica del clor és més gran que la del brom.

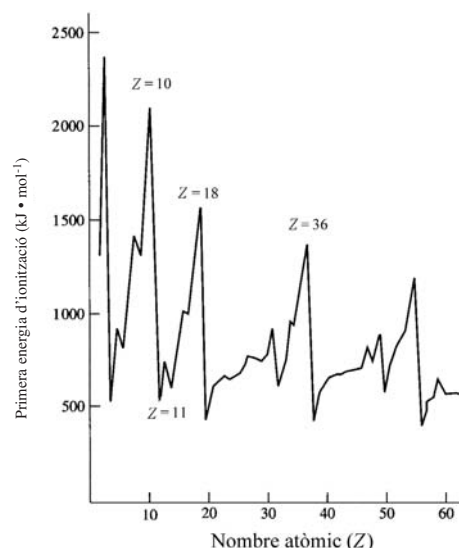


Figura 1. Primera energia d'ionització en funció del nombre atòmic.

En les respostes dels estudiants hi ha explicacions incorrectes o alternatives (no científiques); d'altres que, tot i portar a una conclusió correcta, no estan basades en un raonament científic, sinó en suposicions implícites o en regles heurístiques de poc valor conceptual, o bé són raonaments inconsistents o explicacions teleològiques (finalistes) dels fenòmens. Abans d'analitzar amb més detall aquestes respostes, abordarem un esquema classificatori de les explicacions científiques i de les explicacions que donen els estudiants.

**Tipus d'explicacions científiques: una proposta de classificació**

Les explicacions científiques són respostes a qüestions de diferents tipus que normalment responen preguntes sobre el com i el perquè. Segons Gilbert, Boulter i Rutherford (2000), es poden establir cinc tipus d'explicacions, que definim a continuació amb alguna modificació i que es resumeixen a la taula 2:

- Una explicació *intencional* és una explicació en resposta a una qüestió de tipus «per què cal explicar un fenomen?».
- Una explicació *descriptiva* respon a la qüestió «com és o quines propietats té un fenomen?». Acostuma a ser la primera explicació que es proposa en una investigació.
- Una explicació *interpretativa* es dona en resposta a la qüestió «de què està compost un sistema o

en què consisteix un fenomen?». Aquest tipus d'explicació sovint postula l'existència d'entitats no observables, tot fent hipòtesis sobre la seva naturalesa, distribució a l'espai i canvi en el temps.

– Una explicació *causal* respon a la qüestió «per què un sistema es comporta com ho fa quan canvien certs factors?». És una explicació que pot encadenar una sèrie de factors que s'influeixen consecutivament o que comparen l'efecte de diferents factors. Normalment està basada en una llei, un principi o un model.

– Una explicació *predictiva* respon a la qüestió «com es comportarà un fenomen sota unes altres condicions?».

D'acord amb els mateixos autors, una qüestió *oberta* permet diferents tipus d'explicació, mentre que una qüestió *tancada* dona pistes del tipus d'explicació que es demana.

De totes maneres, creiem que en general, quan demanem als nostres alumnes que expliquin un fet, els estem demanant que donin una explicació interpretativa o causal. Les explicacions descriptives les acostumem a anomenar *descripcions* i les explicacions predictives, simplement *prediccions*, si bé en general es demana també una explicació de la predicció feta. La taula 2 recull aquesta terminologia més usual.

La qualitat de les explicacions augmenta amb la introducció de nous models en el procés d'una investigació. Cada nou model intenta produir explicacions descriptives, interpretatives i causals millors que el model anterior, i prediccions més acurades i d'un abast més ampli (Gilbert, Taber i Watts, 2001). A l'escola també es millora la qualitat de les explicacions a mesura que s'utilitzen models escolars més sofisticats, tot passant de models basats en observacions macroscòpiques a models basats en entitats microscòpiques.

Taula 2. Tipus d'explicacions científiques

Classificació de Gilbert, Taber i Watts	Terminologia més usual
Explicacions intencionals	Finalitat de la investigació
Explicacions descriptives	Descripcions
Explicacions interpretatives	Explic. interpretatives o interpretacions
Explicacions causals	Explicacions causals
Explicacions predictives	Prediccions

### Tipus d'explicacions dels estudiants

Les *explicacions dels estudiants* es poden classificar atenent la validesa dels models utilitzats, la consistència lògica de les explicacions i la seva correcció lingüística. Segons Gilbert, Taber i Watts (2001), poden ser: científiques escolars, il·lògiques, alternatives, antropomòrfiques i teleològiques. Aquestes dues últimes les agrupem com a pseudoexplicacions. La taula 3 recull aquesta classificació d'explicacions, amb una subdivisió de les científiques segons si estan basades en models o en regles heurístiques.

– Les *explicacions científiques escolars* estan basades en models científics escolars acceptables i estan expressades amb coherència lògica i correcció lingüística. Acostumen a ser explicacions causals, que impliquen un conjunt de condicions o variables antecedents que són necessàries perquè el fenomen tingui lloc i es basen en l'aplicació d'un conjunt de lleis, principis o regles que determinen el comportament del sistema (regles de funcionament del model).

En aquestes explicacions caldria distingir entre les explicacions científiques basades en un model (interpretatives o causals) i aquelles altres que estan basades en regles heurístiques, que, malgrat que permetin arribar a una conclusió o predicció amb rapidesa, no tenen una base conceptual explícita; per exemple, explicacions basades en la posició que ocupa un element a la taula periòdica o en la regla de l'octet.

– Les *explicacions il·lògiques* presenten una argumentació inconsistent. Per exemple, les explicacions de tipus tautològic, que expliquen un fet a partir de la mateixa definició de la propietat o del fenomen. Així, es justifica que un àtom és més electronegatiu que un altre perquè té més tendència a atreure els electrons de l'enllaç. En realitat no s'està donant cap explicació, ja que el fet de dir que és més electronegatiu i que té més tendència a atreure els electrons és la mateixa cosa. Aquí també considerariem aquelles explicacions que són conseqüència d'una mala aplicació d'una regla, com, per exemple, considerar que l'ió sodi és més estable que l'àtom de sodi, perquè, a diferència de l'àtom de sodi, té l'última capa plena.

– Les *explicacions alternatives* es basen en concepcions o models alternatius, diferents dels models científics. Talanquer (2010; 2011) ha proposat que moltes concepcions alternatives dels estudiants són causades per *suposicions implícites* sobre la naturalesa de les coses, que guien les seves interpretacions i prediccions, així com la generació d'explicacions. Per exemple, moltes de les idees alternatives dels estudiants sobre l'estructura de la matèria es poden explicar suposant que conceben les substàncies com a agregats de trossos minúsculs formats pel mateix material. Aquesta suposició explica, per exemple, que els estudiants considerin que els àtoms tenen les mateixes propietats que les substàncies.

Diferents autors (Taber i Watts, 2000; Talanquer, 2010) han plantejat que hi ha concepcions alternatives que són el resultat de formes de raonament basades en regles heurístiques que simplifiquen els factors dels quals depèn un fenomen, la qual cosa redueix la seva complexitat i facilita el fet de trobar-ne una explicació. Un cop s'ha triat una variable que se suposa rellevant, l'explicació o predicció es fa normalment establint una associació simple entre causa i efecte (per exemple, com més gran sigui el factor, més gran serà l'efecte, o bé com més a prop estigui en el temps o en l'espai, més gran serà l'efecte). En la mateixa línia, Caamaño (2004) ha ressaltat la dificultat dels estudiants per elaborar raonaments que requereixen ser pensats a través d'una sèrie d'etapes, com, per exemple, la predicció qualitativa del signe de la variació d'entalpia d'una reacció a partir de la consideració de l'energia dels enllaços trencats i formats i del nombre d'enllaços que es trenquen o es formen. Davant aquesta complexitat, els alumnes tendeixen a considerar només un dels factors.

– Les *explicacions antropomòrfiques* són explicacions que atribueixen als objectes inanimats característiques de voluntat o de necessitats humanes. Per exemple, és una explicació antropomòrfica el fet de dir que un gas omple un espai buit perquè les molècules *volen* ocupar tot l'espai disponible. En molts casos, en l'ensenyament s'utilitza un llenguatge metafòric, com quan es diu que els àtoms o les molècules «*donen o comparteixen electrons*», «*ataquen altres molècules*», etc., la qual cosa no implica que aquestes metàfores s'hagin d'entendre de forma literal i, per tant, no les considerem explicacions antropomòrfiques.

– Les *explicacions teleològiques* són explicacions finalistes basades en el supòsit que un fenomen té lloc per tal d'aconseguir un

objectiu. Aquest tipus d'explicacions té el seu origen en la visió aristotèlica que considera que el comportament de les entitats naturals pot ser explicat en funció de propòsits intrínsecs (causes finals). D'aquesta manera, la conseqüència del fenomen es constitueix en la seva causa.

Els alumnes utilitzen amb freqüència aquest tipus d'explicacions. Caamaño (2003) ha assenyalat les següents: «les reaccions tenen lloc perquè els productes siguin més estables o tinguin menys energia» i «els àtoms reaccionen per aconseguir que la seva última capa tingui vuit electrons». Taber (2002; 2009) ha aportat una gran quantitat d'evidències sobre concepcions alternatives conseqüència d'una interpretació finalista de la regla de l'octet. Talanquer (2007) ha analitzat en profunditat els exemples més paradigmàtics d'explicacions teleològiques en química: les explicacions basades en la regla de l'octet, en el segon principi de la termodinàmica i en el principi de Le Châtelier.

Cal tenir en compte que moltes vegades les explicacions teleològiques són formulades sense una intencionalitat finalista real, però el llenguatge que s'utilitza a les classes o als llibres de text pot portar fàcilment al fet que els estudiants les entenguin com a finalistes.

### Una anàlisi de les respostes a les preguntes inicials

Reconsiderem ara les respostes observades en les proves d'accés a la universitat i analitzem-les d'acord

amb les diverses tipologies d'explicacions dels apartats anteriors.

Els tipus de resposta 1a-1 i 1a-2 que es donen a la pregunta 1a (taula 1) són explicacions basades en la regla heurística i finalista de l'octet: «Com que tenen la última capa completa, són àtoms molt estables i tenen poca tendència a perdre un electró», «com que tenen completa l'última capa, costa molt d'extreure un electró». És cert que la primera explicació incorpora la idea d'estabilitat, però si bé sota aquest terme pot haver-hi una visió energètica, és molt probable que en molts casos només hi hagi una visió de l'estabilitat com un estat final a aconseguir. Cap de les explicacions no es basa en una anàlisi en funció d'un model electrostàtic: «a igualtat de distància al nucli dels electrons de l'última capa de tots els elements d'un període, la major càrrega positiva en el nucli implica una força d'atracció més gran sobre els electrons i, per tant, una energia d'ionització més gran».

En el tipus de resposta 1b-1 donada a la pregunta 1b (taula 1) s'utilitza una regla heurística que, tot i ser certa («com més a la dreta d'un període, més gran és l'energia d'ionització»), no explica de forma causal la raó per la qual l'energia d'ionització del magnesi és més gran que la del sodi. Una explicació causal s'ha de basar en un model electrostàtic de l'àtom: «l'últim electró del magnesi és a la mateixa distància del nucli que el del sodi (perquè són a la mateixa capa), però el nucli del magnesi té

Taula 3. Diferents tipus d'explicacions dels estudiants

Científiques	Basades en models escolars (interpretatives o causals)
	Basades en regles heurístiques
Il·lògiques	
Alternatives	Basades en models alternatius (suposicions implícites, raonaments superficials, etc.)
Pseudoexplicacions	Antropomòrfiques
	Teleològiques



una càrrega elemental més que el del sodi, per la qual cosa la força d'atracció és més gran».

El tipus de resposta 1b-2 (taula 1) és una explicació inconsistent. El fet que li sobrin més electrons per tenir l'última capa completa no és cap explicació causal de l'energia d'ionització més gran del magnesi en relació amb el sodi. La idea dels estudiants que donen aquest tipus de resposta és que, com més electrons li sobrin a un element per tenir l'última capa completa, més difícil li serà perdre'n un. L'explicació causal correcta seria que «el magnesi i el sodi tenen l'últim electró a la mateixa capa, és a dir, a la mateixa distància del nucli, però com que el magnesi té un protó més que el sodi, la força d'atracció sobre ell és més gran i, per tant, l'energia per extreure'l és també més gran». El lector que vulgui conèixer un ampli ventall de concepcions alternatives sobre les energies d'ionització pot consultar l'article de Tan *et al.* (2008).

En el tipus de resposta 2-1 donada a la pregunta 2 (taula 1), referent al fet de predir l'acidesa, la basicitat o el caràcter neutre d'una solució de clorur d'amoni, de nou s'utilitza una regla que, tot i conduir de forma ràpida a una resposta correcta, no té un fonament causal, almenys d'una forma comprensible per als estudiants. Per a ells es tracta d'una mera regla mnemotècnica que funciona. Una explicació causal ha de basar-se en els models de dissociació iònica i d'àcid-base de Brønsted i Lowry: «la solució aquosa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  conté ions  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{Cl}^-$ , els ions  $\text{Cl}^-$  són neutres i els ions  $\text{NH}_4^+$  són àcids; en conseqüència, la solució serà àcida».

La resposta 2-2 (taula 1), que consisteix en la realització del càlcul, tot i que condueix al resultat correcte, no s'ajusta a l'objectiu de la qüestió, ja que no es demana un càlcul, sinó el

fet de fer una predicció qualitativa de si el valor del pH esperat serà àcid, bàsic o neutre.

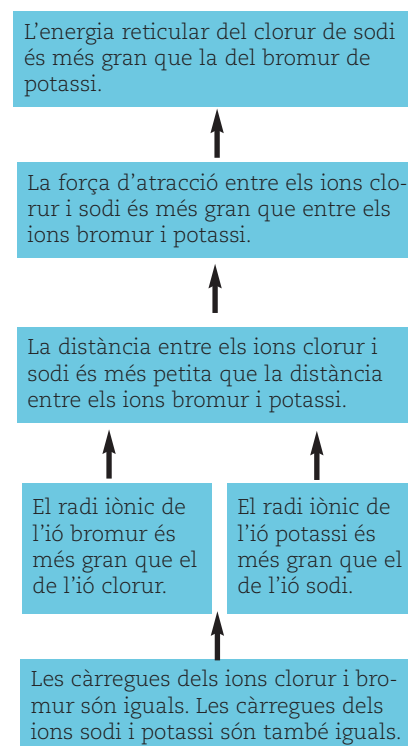
Pel que fa a la resposta 3 (taula 1), la majoria dels estudiants opta per triar dues de les propietats que apareixen en la taula de dades que es proporciona com les úniques variables rellevants i per aplicar un raonament superficial basat en la suposició implícita «com més gran sigui l'energia d'ionització de l'element alcalí i més gran sigui l'afinitat electrònica de l'halogen, més gran serà l'energia reticular». Un raonament d'aquest tipus requeria de tenir en compte les altres propietats de la taula i fer prediccions qualitatives comparatives correctes dels seus valors i de com aquests influeixen en l'energia reticular (cicle de Born-Haber), la qual cosa, en el cas de les entalpies de formació, seria difícil de fer. Sens dubte, el fet de presentar la taula de dades va donar pistes per utilitzar algunes d'aquestes magnituds en el raonament. És cert que l'enunciat especifica que l'explicació ha d'estar basada en el model electrostàtic de sòlid iònic (tal com també es planteja en el currículum de química del batxillerat), però probablement el terme *model electrostàtic de sòlid iònic* no sigui prou conegut pels estudiants o bé la presència de la taula de valors sigui més important per a ells com a indicatiu de les variables que han de tenir en compte.

Una explicació causal a la pregunta 3 (taula 1), basada en el model electrostàtic, seria la següent: «l'energia reticular d'un sòlid iònic depèn de la càrrega dels ions i de la distància a la qual es troben, la qual cosa depèn dels seus radis iònics». En els compostos que es comparen, les càrregues dels ions són les mateixes, però la mida de l'ió bromur és més gran que la de l'ió clorur, i la mida de l'ió potassi és més gran que la de l'ió sodi, per tant, la distància entre els ions en el bro-

mur de potassi és més gran que en el clorur de sodi, la qual cosa implica que la força d'atracció entre els ions en el clorur de sodi serà més gran que en el bromur de potassi i, consegüentment, l'energia reticular serà més gran en valor absolut (més negativa).

Taber (2002) ha proposat d'utilitzar diagrames de flux per ajudar els estudiants a escriure explicacions que constin de diverses etapes. A la taula 4 mostrem l'explicació causal a la pregunta 3 (taula 1) presentada a través d'aquest tipus de diagrama.

**Taula 4. Explicació causal del fet que l'energia reticular del clorur de sodi és més gran que la del bromur de potassi, basada en el model electrostàtic de sòlid iònic**



## Conclusions

L'anàlisi de les respostes dels estudiants a aquest tipus de preguntes trobades amb més freqüència posa de manifest que, generalment, no utilitzen explicacions científiques basades en models. Per contra, fan un ús molt freqüent de regles heurísti-

ques pràctiques, sense valor conceptual, i en moltes ocasions apliquen aquestes regles de forma errònia i construeixen explicacions il·lògiques.

Aquests exemples són suficients per fer-nos reflexionar sobre la importància d'usar a l'aula explicacions científiques basades en models i de ser molt curiosos amb el llenguatge per tal d'evitar que determinades formes d'expressar les lleis o els principis químics indueixin concepcions antropomòrfiques o teleològiques en els alumnes. La manera com usem la regla de l'octet hauria probablement de ser sotmesa a crítica, ateses les evidències que la investigació didàctica ha aportat sobre la influència que té en provocar concepcions alternatives (Taber, 2002; 2009).

També cal tenir present que entre una regla heurística de poc valor conceptual (que no afavoreix la comprensió del fenomen, com, per exemple, la utilitzada per predir l'acidesa d'una sal) i un raonament basat en un model científic és important que prioritzem aquest últim per aconseguir una millor comprensió conceptual del fenomen. En aquelles altres que són útils per fer prediccions ràpides (com, per exemple, les prediccions basades en la posició d'un element a la taula periòdica), els alumnes han de saber que són regles útils però que no constitueixen explicacions causals. El professorat hauria de ser rigorós en establir aquestes diferències per tal que els estudiants sabessin en cada moment quin tipus d'explicació se'ls demana.

### Referències bibliogràfiques

CAAMAÑO, A. (2003). «La enseñanza y el aprendizaje de la química». A: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. [coord.]. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó, p. 203-228.  
— (2004). «La enseñanza de la química: Conceptos y teoría,

dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares». *Alambique*, 41: 68-81.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; RUTHERFORD, M. (2000). «Explanations with models in science education». A: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. [ed.]. *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer, p. 193-208.

GILBERT, J. K.; TABER, K. S.; WATTS, M. (2001). «Quality, level and acceptability of explanation in chemical education». A: CACHAPUZ, A. [ed.]. 2001: *A chemistry odyssey. Proceedings of 6th European Conference on Research in Chemical Education / 2nd European Conference on Chemical Education*. Aveiro: Universitat d'Aveiro.

TABER, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure*. Vol. I: *Theoretical background*. Vol. II: *Classroom resources*. Londres: Royal Society of Chemistry.

— (2009). «Challenging misconceptions in the chemistry classroom: Resources to support teachers». *Educació Química. EduQ*, 4: 13-20.

TABER, K. S.; WATTS, M. (2000). «Learners' explanations for chemical phenomena». *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(3): 329-353.

TALANQUER, V. (2007). «Explanations and teleology in chemistry education». *International Journal of Science Education*, 29(7): 853-870.

— (2010). «Pensamiento intuitivo en química: Suposiciones implícitas y reglas heurísticas». *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2): 165-174.

— (2011). «El papel de las ideas previas en el aprendizaje de la química». *Alambique*, 69: 35-41.

TAN, K. C. D.; TABER, K. S.; LIU, X.; COLL, R. K.; LORENZO, M.; LI, J.; GOH, N. K.; CHIA, L. S. (2008). «Students' conceptions of ionisation energy: A cross-cultural study». *International Journal of Science Education*, 30(2): 263-283.



**Aureli Caamaño Ros**

és doctor en química per la Universitat de Barcelona (UB). Ha estat catedràtic de física i química de l'INS Barcelona-Congrés, coordinador i professor del curs de formació inicial (CAP) de l'ICE de la UB i professor de Didàctica de la química del nou màster de formació del professorat de secundària de la UB. És autor de diversos llibres i articles sobre l'ensenyament de la química. Actualment treballa en els àmbits de la formació del professorat i de l'elaboració de materials. És codirector de la revista *Alambique* i coeditor de la revista *EduQ*.

A. e.: aurelicaamano@gmail.com.



**Fina Guitart Mas**

és catedràtica de física i química de l'INS Jaume Balmes de Barcelona i actualment treballa al CESIRE-CDEC del Departament d'Ensenyament. Ha participat en diversos programes i cursos de formació del professorat de ciències, especialment en l'àmbit de la utilització eficaç de les TIC i del treball pràctic. Ha estat professora del màster de formació del professorat de secundària de la Universitat de Barcelona. És sotscoordinadora de química de les PAU, i autora de diversos articles i comunicacions sobre l'ensenyament de la química. És coeditora de la revista *EduQ*.  
A. e.: jguitar3@xtec.cat.