



Química quotidiana
Claudi Mans

Treballant les
competències a la
classe de química
Begoña Oliveras
Neus Sanmartí

Educació química i
sostenibilitat
Amparo Vilches
Daniel Gil

L'aprenentatge de la
química amb sensors:
casos pràctics, utilitat i
valoració
Montserrat Tortosa



Consell editor

Editors SCQ

Fina Guitart, catedràtica de Física i Química,
IES Jaume Balmes. Barcelona

Aureli Caamaño, catedràtic de Física i Química,
IES Barcelona Congrés, Barcelona

Editors associats

Mercè Izquierdo, catedràtica de Didàctica de les
Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de
Barcelona

Montserrat Tortosa, professora de Física i Química,
IES Ferran Casablanques, Sabadell

Col·laboradors de seccions

Josep Corominas, Escola Pia, Sitges, Barcelona

Pere Grapí, IES Joan Oliver, Sabadell

Éric Jover, Universitat de Barcelona

Claudi Mans, Universitat de Barcelona

Àngel Messeguer, Consell Superior d'Investigacions
Científiques (CSIC)

Antoni Planas, Institut Químic de Sarrià, Universitat
Ramon Llull

Neus Sanmartí, Universitat Autònoma de Barcelona

Rosa M. Tarín, Educació Primària, CESIRE, CDEC

Consell assessor

Antoni Alcázar, IES Serrat i Bonastre, Barcelona

Ramón Canela, Universitat de Lleida

Carles Furió, Universitat de València

Andoni Gárritz, UNAM, Mèxic

Marcelo Giordan, Universidad de Sao Paulo, Brasil

Carme González, Universitat de Barcelona

Roser Gorchs, Universitat Politècnica de Catalunya

Gisela Hernández, UNAM, Mèxic

Manuela Hidalgo, Universitat de Girona

Maria Jesús Martín-Díaz, IES Tres Cantos, Madrid

Isabel Martins, Universidad de Aveiro, Portugal

Jaume Mateu, IES Martí Franquès, Tarragona

Conxita Mayós, Departament d'Educació, Barcelona

Magda Medir, Universitat Rovira Virgili, Tarragona

Rosa M. Melià, IES Infanta Isabel, Barcelona

Eduardo Mortimer, Universidad Belo Horizonte, Brasil

José María Oliva, Revista Eureka, Cádiz

Teresa Pigrau, Educació Primària, CESIRE, CDEC

Teresa Prieto, Universidad de Málaga

Tura Puigvert, IES Alexandre Satorras, Mataró

Mario Quintanilla, Pontificia Universidad Católica
de Chile

Andrés Raviolo, Universidad de Bariloche, Argentina

Imma Ros, Departament d'Educació, Barcelona

Núria Ruiz, Universitat Rovira Virgili, Tarragona

Anna M. Sastre IES Castelló d'Empúries, Castelló
d'Empúries

Marta Segura, Escola Pia Diputació, Barcelona

Miquel Solà, Universitat de Girona

Societat Catalana de Química (SCQ)

<http://scq.iec.cat/scq/index.html>

President Romà Tauler

filial de l'

Institut d'Estudis Catalans (IEC)

Barcelona. Catalunya. Espanya

Impressió Gráficas Rey

ISSN: en tràmit

D.L.: B-35770-2008



INDEX

Química i societat

Química quotidiana. 4
Claudi Mans Teixidó

Conceptes i models químics

Algunes reflexions al voltant del tractament de
l'equilibri químic en el batxillerat. 10
Francesc A. Centellas i Massuet

Innovació a l'aula

Treballant les competències en la classe de Química. ... 17
Neus Sanmartí Puig, Begoña Oliveras Prat

Recerca en didàctica de la química

Usando analogias com função criativa: uma nova
estratégia para o ensino de química 24
Rosària Justí, Paula Cristina Cardoso

Química i educació ambiental

Educació química i sostenibilitat. 30
Amparo Vilches Peña i Daniel Gil Pérez

Treball pràctic al laboratori

Quin percentatge de carboni hi ha en una petxina? ... 40
Josep Corominas Viñas

Noves tecnologies

L'aprenentatge de la química amb sensors: casos
pràctics, utilitat i valoració. 45
Montserrat Tortosa Moreno

Història i naturalesa de la química

L'electrificació del canvi químic. Els seus inicis al
primer quart del segle XIX. 51
Pere Grapí Vilumara

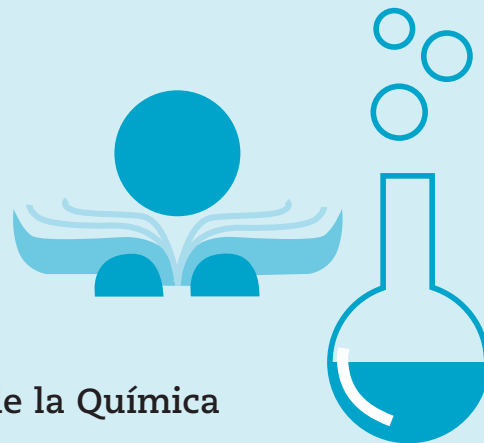
Treballs de recerca dels alumnes

Treball de recerca: Peix pesant? 58
Adrià Riera Palomino, Lourdes Díaz Rovira

Informacions 62



Editorial



“Neix Educació Química” EduQ: una revista adreçada a l'àmbit de la docència de la Química



Aureli Caamaño



Fina Guitart



Mercè Izquierdo



Montse Tortosa

Amb moltes ganes i il·lusió iniciem l'edició de la primera revista especialitzada en educació química al nostre país. “Educació Química” EduQ neix amb el suport de la Societat Catalana de Química, filial de l'Institut d'Estudis Catalans.

La iniciativa va sorgir de l'interès de fer una revista en llengua catalana, tot i que ocasionalment també es podran publicar articles en castellà, francès, portuguès, italià i anglès, adreçada al món de l'ensenyament de la química amb especial èmfasi en l'etapa d'educació secundària (12-18 anys) i amb el desig d'interessar també al professorat de ciències en general.

La revista es proposa ser un referent per al professorat de química i un mitjà de difusió de les seves idees i inquietuds. Voldria servir de nexa d'unió entre els docents de la química amb la intenció d'acostar les experiències d'uns nivells a les dels altres i facilitar estratègies i recursos per l'ensenyament i el desenvolupament de competències científiques relacionades amb l'àmbit de la química. EduQ pretén oferir al professorat articles de diverses tipologies d'utilitat per a la millora de la seva tasca diària i la seva formació professional.

Les diferents seccions de la revista posen de manifest els diversos àmbits que la revista es planteja cobrir, com ara *Actualitat química*, *Projectes curriculars*, *Innovació a l'aula*, *Conceptes i models químics*, *Estratègies i recursos didàctics*, *Treball pràctic al laboratori*, *Noves tecnologies*, *Història i naturalesa de la química*, *Química i societat*, *Química i educació ambiental*, *Recerca en didàctica de la química*, *Formació del professorat*, *Treballs de recerca dels alumnes* i *Ensenyar i aprendre ciències*.

Al primer número de la revista, preparat amb la màxima il·lusió però amb els dificultats i limitacions pròpies a l'hora de començar un projecte, hi trobareu articles que ens han fet arribar amb ganes d'aportar el millor i que enceten algunes de les seccions de la revista.

En la secció *Química i societat*, Claudi Mans a l'article “Química quotidiana” fa una lectura de temes de la vida diària en els quals

la química és rellevant, amb el carisma i enginy propis de l'autor,

La secció *Conceptes i models químics* s'estrena amb l'article “Algunes reflexions al voltant del tractament de l'equilibri químic en el batxillerat” en el qual Francesc Centellas revisa conceptes de l'equilibri químic comparant la seva presència en el currículum actual i els anteriors.

Neus Santmartí i Begonya Oliveras ens aporten l'article “Treballant les competències a classe de química” amb el relat d'una experiència innovadora a l'aula lligada al desenvolupament de les competències, la qual inaugura la secció *Innovació a l'aula*. En la secció *Recerca i didàctica de la química*, l'article “Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química” de les professores del Brasil, Rosària Justí i Paula C. Cardoso, ens parla de la importància de les analogies en el seu vessant creatiu per ajudar els alumnes a la comprensió de conceptes sobre l'enllaç químic.

“Educació química i sostenibilitat” és el títol de l'article d'Amparo Vilches i Daniel Gil, impregnat de valors i estretament lligat a la química, que obre la secció *Química i educació ambiental*.

Per iniciar la secció *Treball pràctic al laboratori*, Josep Corominas ens acosta al laboratori de química amb el relat de l'experiència “Quin percentatge de carboni hi ha en una petxina?” caracteritzat per la originalitat i l'estil propis de l'autor. “L'aprenentatge de la química amb sensors: casos pràctics, utilitat i valoració” és el tema que desenvolupa Montserrat Tortosa i que enceta la secció *Noves tecnologies*. En Pere Grapí en el seu article “L'electrificació del canvi químic. Els seus inicis al primer quart del segle XIX” obre les portes a la secció *Història i naturalesa de la química*.

I per acabar, en la secció *Treballs de recerca dels alumnes* l'alumne Adrià Riera i la seva tutora Lourdes Díaz, ens presenten el treball de recerca de batxillerat “Peix pesant?”

Amb el desig compartit per tot l'equip que ha endegat aquest projecte perquè tingui el ressò i la difusió que desitgem, volem fer arribar el nostre agraïment als autors per la seva col·laboració i a totes les persones i institucions, en particular a la Societat Catalana de Química, que donen suport a la iniciativa i fan que aquesta revista sigui una realitat.

Editors d'EduQ

Química quotidiana

Everyday chemistry

Claudi Mans / Departament d'Enginyeria Química. Facultat de Química. Universitat de Barcelona



resum

En el present article, s'hi descriu esquemàticament el mètode científic com a eina per anar integrant aspectes de la realitat quotidiana progressivament més complexos, i s'hi examinen els aspectes on la química és més rellevant. També s'hi comenten alguns dels temes quotidians més vinculats a la química i s'hi fa una reflexió final sobre la necessitat que l'alumne assoleixi una visió científica global adequada per a cada nivell de tot el que l'envolta.

paraules clau

Quotidià, cuina, etiqueta, producte.

abstract

In this paper the scientific method is presented as a tool to integrate the increasingly complex aspects of everyday life. Some everyday chemical topics are described, and a final reflection is made to ensure that the pupils achieve a global scientific vision of all aspects of their world, adapted to each level of knowledge.

key words

Everyday life, kitchen, label, product.

La lògica científica

Sembla que hi ha un acord de fons entre bona part del professorat, que afirma que cal tractar aspectes de la vida quotidiana a les aules, perquè això pot ser una eina que ajudi a motivar l'alumnat. O que els temes de la vida quotidiana són els que realment ens han de subministrar els

exemples dels temes acadèmics. El fet és que l'interès per relacionar el món de la docència i els fenòmens que succeeixen diàriament és explícit en molts plantejaments, i aquesta situació genera demanda de formació i replantejaments de currículums. L'objectiu d'aquest article és el de reflexionar sumàriament sobre el

paper de la realitat quotidiana en la dinàmica educativa. Ho farem des d'una perspectiva gens teòrica.

El sistema pedagògic ha d'ajudar a aconseguir que l'univers de cada alumne esdevingui cada cop més gran. Per avançar, és important partir de la realitat quotidiana. No cal explicar-ho gaire als

mestres d'infantil i primària: tota la seva praxi educativa comença per aquí. El procés de descobriment progressiu sempre segueix el mateix esquema dividit en quatre etapes, que no són tan lineals com les esquematitzo aquí.

El primer pas consisteix a *donar nom* a totes les coses —objectes, organismes, substàncies—, tal com la Bíblia afirma que va fer Adam amb els animals. El sistema educatiu, el món familiar, els mitjans de comunicació, els moments d'oci posen l'alumne en contacte amb realitats noves, que passen a ser assumides com a quotidianes i classificades en l'esquema propi.

El segon pas consisteix a *adonar-se* que, a les realitats existents, els podem atribuir certes propietats observables: quan la Rínxols d'Or entra a casa dels ossets, veu que hi ha una cadira gran, una de mitjana i una de petita, i està practicant la geometria; veu que hi ha un plat de sopa calenta, un altre de freda i un altre de tèbia, i està practicant un inici de física, i m'agrada pensar que un dels plats de sopa devia ser salat, l'altre, dolç, i el tercer estaria bé, cosa que la iniciaria en la química.

Els objectes, els organismes i les substàncies evolucionen en contacte entre ells. És a dir, observem que hi ha *fenòmens* que a vegades podem provocar i que també reben un nom.

La *verbalització* és, en aquestes dues primeres etapes, fonamental. Objectes, substàncies i fenòmens han de ser descrits inicialment amb el llenguatge propi de l'alumne. Aquesta és l'única manera que s'explicitin les concepcions pròpies. Després ja se subministrarà una terminologia més precisa, més científica.

El tercer pas consisteix a *preguntar-se per què les coses són com*

són i per què es donen els fenòmens. En aquesta etapa, cal una informació exterior, per veure si algú ho ha explicat abans. El sistema, a través de la intervenció del mestre o del professor, amb l'ús adequat de la informació disponible, subministra el coneixement de teories i d'interpretacions anteriors. Es posa aquí de manifest el valor de la confiança —crítica— en els resultats i en les interpretacions dels científics anteriors. Així es generen les teories que pretenen explicar els fenòmens. És el moment d'introduir-hi els conceptes científics no quotidians, que moltes vegades no són prou ben compresos per l'alumne, perquè no ha assumit el fet que totes les magnituds científiques són construccions inventades per tal d'intentar interpretar la realitat, simplificant-la i modelitzant-la. El concepte de *model predictiu* ens porta al darrer nivell.

En el quart i darrer nivell, cal preguntar-se: «Què passarà?». En el fons, aquesta és la qüestió fonamental de la ciència: arribar a *predir* el futur a partir del coneixement del present. S'enfonsarà el túnel del TGV que passi per sota de la Sagrada Família? Sortirà el fuel del *Prestige*? Em curaré? I, un cop predit què passarà, prendré les mesures oportunes per tal que el futur desitjable tingui lloc de la millor manera possible o per tal d'evitar que s'esdevingui un futur indesitjable. Cal dissenyar experiments per tal de veure quina fiabilitat tenen les prediccions, i corregir així les teories.

Un bon entorn on es pugui descobrir i avançar en l'adquisició de la lògica científica, i per tant la química, pot ser l'entorn quotidià. Però no tots els temes quotidians són vàlids, perquè no tot és química...

Un bon entorn on es pugui descobrir i avançar en l'adquisició de la lògica científica, i per tant la química, pot ser l'entorn quotidià. Però no tots els temes quotidians són vàlids, perquè no tot és química...

Alguns temes i productes quotidians on la química és rellevant són els següents:

- les etiquetes
- els productes de neteja
- els cosmètics
- la ciència de la cuina
- el medi ambient

On és rellevant la química

Amb l'objectiu de donar una bona imatge de la química, els químics benintencionats han repetit fins a l'extenuació que «tot és química». Fins i tot hi ha una exposició amb aquest nom. I bé, no tot és química, ni de bon tros. Sí, evidentment, que tota la realitat material pot ser descrita en termes de la seva composició, en termes químics. Però això, que és obvi, molt sovint no és important.

la química és la ciència rellevant quan del que es tracta és de la composició de la matèria, quan el que importa és el canvi de composició, i especialment quan té lloc per reacció química. La química és també rellevant en les relacions entre l'estructura i el comportament de les substàncies, els productes i els materials

Una vegada vaig dirigir un curs d'estiu on un col·lectiu de professors de tots els nivells educatius i alumnes universitaris vàrem usar el nou CosmoCaixa com a objecte observable, i vàrem intentar «deconstruir-lo», és a dir, partir de la seva realitat tal com ens és presentada i intentar-ne aïllar els aspectes físics, químics, matemàtics, biològics i geològics, més enllà del que era obvi. Una experiència molt interessant.



Un dels mòduls de CosmoCaixa on es visualitza la realitat quotidiana: els estats de l'aigua.

L'aproximació que vaig usar en el camp de la química va ser intentar veure en quins llocs, experiments, mòduls, la química és rellevant. Per utilitzar-ne un exemple trivial, el pèndol de Foucault pot ser descrit en termes de composició dels aliatges que formen la bola, el cable o les barretes indicadores. Però la química no és rellevant pel que respecta al fenomen en ell mateix: es podrien usar unes altres composicions amb un comportament igual.

És evident que la química és la ciència rellevant quan del que es tracta és de la *composició de la matèria*. Un exemple quotidià el trobem en les aigües minerals. No té importància la temperatura de l'aigua a la sortida, ni l'alçària de la deu, ni el cabal que en surt, ni el material de l'envàs, sinó la

composició química. També és la química la ciència que cal conèixer quan es dissenya un nou carburant sense plom, o quan es prepara un cosmètic, una tinta, un adhesiu o una maionesa. La química, doncs, és determinant quan tractem amb productes preparats, denominats genèricament productes *formulats*, en un ús del terme ben diferent de l'acadèmic: aquí un format és una barreja, mentre que la formulació química que s'explica a les aules fa referència a substàncies pures.

La química és també la ciència rellevant quan el que importa és el *canvi de composició*, i especialment quan té lloc per reacció química. En el procés de la digestió, la fisiologia en detalla una bona part del procés, però la química explica les dissolucions, les emulsificacions, les reaccions que tenen lloc entre els nutrients dels aliments. La generació d'òxids de nitrogen en els motors d'explosió i en les combustions té lloc mitjançant seqüències de reaccions més o menys complexes, i la química és la ciència que ens les explica. En el tema del forat a la capa d'ozó, la física és rellevant pel que respecta al moviment de masses gasoses entre nivells atmosfèrics, però és la química qui descriu les reaccions a causa de les quals l'ozó es destrueix o es forma.

La química és també rellevant en les *relacions entre l'estructura i el comportament* de les substàncies, els productes i els materials. El disseny d'un nou aliatge, d'un nou polímer o d'una nova fibra requereix conèixer la relació que hi ha entre l'elasticitat, la tenacitat o la resistència a l'impacte, com també la composició i l'estructura microscòpica i atómico-molecular dels materials. La ciència de materials és a la confluència entre la química i la física, integra informació de totes dues

per explicar el comportament dels materials i ajudar a dissenyar-ne de nous amb propietats especificades.

I, finalment, som en l'univers químic quan ens estem movent en la *continuitat entre el món microscòpic i el molecular*. Quan un cromosoma es descriu successivament en termes d'ADN i de cadena de desoxiribosa, àcid fosfòric i bases nitrogenades, passem directament de la descripció d'un objecte microscòpic —el cromosoma— a l'estructura atómico-molecular, domini de la bioquímica i la biologia molecular.

La química ens permet explicar, doncs, molts fenòmens i moltes propietats, però no tots, i molt sovint no està sola. Els fenòmens quotidians són complexos i fer-ne la descripció requereix, en molts casos, dilucidar clarament els components físics, químics, biològics o geològics que hi estan implicats. L'explicació detallada de la cocció d'una simple hamburguesa, per exemple, involucra aspectes de física —la transmissió de calor a través de masses sòlides—, de química —les reaccions de Maillard a la superfície de la peça— i de biologia —en la descripció de les estructures anatòmiques i dels agregats cel·lulars de la carn picada i el seu comportament en contacte amb la temperatura.

Els fenòmens quotidians són complexos i fer-ne la descripció requereix, en molts casos, dilucidar clarament els components físics, químics, biològics o geològics que hi estan implicats

Temes quotidians

A l'educació infantil i primària, la quotidianitat hi és present en tot moment, i la major part de centres d'interès, de temes i de projectes estan molt vinculats a la vida diària. D'altra banda, en aquests nivells no és possible fer l'explicació de fenòmens servint-se dels conceptes científics. La química, en aquests nivells, no és gaire més que màgia per aconseguir canvis de color, explosions i fums. El treball, aquí, ha de pretendre descriure la realitat, donar-li nom i desenvolupar la lògica científica amb deduccions assequibles de fets i observacions sobre situacions quotidianes.

És a ESO, i especialment a batxillerat, on els principis de la química constitueixen un ajut imprescindible per comprendre els fets que tenen lloc en l'entorn.

Es poden cercar exemples quotidians d'un camp determinat per contextualitzar-lo i motivar l'alumne fent-li veure que allò que s'explica realment té lloc en la pràctica. Són els ben sabuts exemples dels àcids i les bases de la cuina, la corrosió dels metalls com a exemple de reacció redox, com també diversos fenòmens més. És una bona pràctica, però limitada i que no sempre possibilita tractar tots els temes.

Un altre enfocament de la introducció de la quotidianitat parteix de la realitat diària en ella mateixa, amb l'objectiu d'observar-la, treballar-la i interpretar-la. I, en el transcurs d'aquest camí, anar fent aparèixer les eines —la ciència— que calguin per poder fer possible el treball. Aquest enfocament, que és freqüent en països anglosaxons en determinats centres, és difícil d'executar en la realitat acadèmica d'aquí, limitada pels currículums de compliment obligatori, i a la pràctica només es pot donar en



Els diferents elements informatius i formatius d'una etiqueta de producte alimentari.

treballs paral·lels al desenvolupament de les classes, com ara en activitats de recerca, en projectes col·lectius i en accions similars.

Alguns temes i productes quotidians on la química és rellevant són els següents:

Les etiquetes. El primer pas per descobrir la química en la quotidianitat és trobar-ne expressions escrites. Es troba terminologia química més o menys detallada, i més o menys aplicable a l'aula, en el món de les etiquetes dels productes comercials domèstics. A causa de la facilitat d'accés, riquesa i capacitat motivadora que presenta, em consta que aquest camp és molt explotat per part d'un bon munt de professors i alumnes.

En una etiqueta de producte alimentari, hi ha sobretot dos aspectes interessants: la composició (ingredients), amb indicació dels additius; i la composició nutricional, amb expressió del valor energètic, la proporció d'hidrats de carboni, greixos, proteïnes i altres nutrients. Tots dos s'expressen en llenguatge parcialment químic i poden constituir la font de diverses observacions,

reflexions i càlculs. La publicitat, els elements vinculats al reciclatge i altres informacions contingudes en les etiquetes són, en alguns casos, qüestions d'interès pedagògic.

Els productes de neteja. Entre els productes domèstics de neteja, hi ha tota una gamma de compostos de laboratori, que pot ser molt útil a l'hora de plantejar determinats treballs experimentals, sempre que es tingui la cura i la prevenció de riscos imprescindible. Hi trobem àcids com ara el sulfúric; bases com ara l'hidroxid de sodi del desembussador de canonades o l'amoníac anti-greix; oxidants com ara el lleixiu o determinades preparacions blanquejants; segrestants com ara els productes anticàlc; tensioactius com ara els detergents de rentar plats a mà, i també productes de comportament més complex, com ara els detergents en pols o el gel per a roba o vaixel·la. Tot plegat pot constituir una bona font de propostes de treballs experimentals molt variats, individuals o col·lectius, adequats per tractar molts temes i nivells, econòmics i motivadors,

i que poden engrescar la família completa, si és possible. L'elaboració de sabó domèstic és una pràctica estrella que combina una activitat experimental factible a diferents nivells, amb la possibilitat de fer una interpretació teòrica assequible; a més, sol haver-hi la motivació suficient per realitzar-la, perquè s'arriba a fabricar a casa de forma reeixida un producte que realment funciona.

Els cosmètics. Juntament amb els productes de neteja, són l'altre sector preferit per relacionar química i món quotidià. La comprensió detallada del perquè de la composició d'un cosmètic comú, indicat a l'etiqueta, depassa les possibilitats dels nivells de secundària, però és perfectament possible preparar un cosmètic simple. Hi ha dotzenes de receptes domèstiques fàcils de trobar. L'utilitat és el propi d'una cuina i, en una primera aproximació, la interpretació és també assumible.

La ciència de la cuina. La cuina és molt agraïda i molt atractiva, perquè el resultat final de l'experimentació és valorable immediatament. El problema de treballar la química de la cuina és l'extraordinària complexitat que comporta la interpretació dels fenòmens que hi tenen lloc, perquè s'hi involucren aspectes biològics, físics i químics que estan inextricablement lligats. Els fenòmens més importants que hi tenen lloc —la creació i evolució de sistemes dispersos; les reaccions de cocció, especialment les reaccions de Maillard; el treball amb fluids viscosos; l'evolució amb la calor de les peces biològiques, o la creació de productes nous com ara les croquetes— són summament complexos. L'anàlisi qualitativa dels processos culinaris i la descripció en termes d'etapes successives simples pot facilitar-ne la comprensió: és possible

interpretar força correctament els diversos passos consecutius de la confecció d'un pastís simple, però aquesta aproximació no és vàlida per a la major part de preparacions. La cuina és idònia per introduir-se en la manipulació, però és difícil d'integrar-la al currículum acadèmic.

El medi ambient. La motivació per la temàtica ambiental sol ser més alta que la d'altres qüestions. Això és fruit de l'educació anterior, de l'entorn familiar i de l'extraordinària pressió mediàtica sobre aquest assumpte. Una gran part dels aspectes ambientals tenen una component química, que moltes vegades es pot vincular a punts del programa acadèmic. S'han dissenyat amb èxit currículums de química prenent com a eix vertebrador la temàtica ambiental.

qualsevol de nosaltres hauria de poder agafar qualsevol cosa del que l'envolta i poder-ne dir quelcom sobre la composició i l'estructura microscòpica, lligant les propietats macroscòpiques i la composició atòmicomolecular. I seria interessant que això ho poguéss traduir al nivell de la ciència dels alumnes que està educant

Però, en tots els temes anteriors, he usat el terme «quotidià» d'una forma certament restringida. Per a cadascú, el que és quotidià és allò amb què conviu cada dia, i per a un alumne determinat el seu món quotidià pot estar format pels còmics japonesos, la

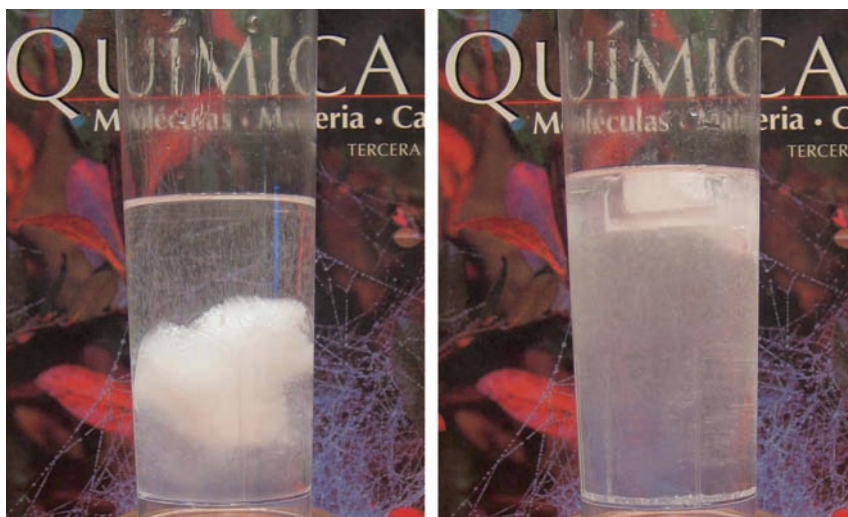
lliga de futbol americana, un reproductor d'MP3 o el darrer producte digital. També és d'aquesta realitat diària de la qual cal partir, si el que realment es vol és prendre l'entorn quotidià com a element motivador i com a element educador. Malauradament, no és la química la ciència rellevant en aquests tipus de temes, exceptuant els clips del YouTube, on es fan els explosius experiments amb Coca-cola i Mentos, o el cervellet de Baileys i Coca-cola. Aquests tipus de temes una mica transgressors sí que són motivadors, i pertanyen al món de la química.

Cal tenir una visió de tot

Un dels objectius de l'educació, crec jo, és el de donar les bases per fer una interpretació comprensiva de tot. De l'univers, de tots els seus objectes i substàncies, i de tots els seus fenòmens. A nivell personal, aquesta interpretació anirà evolucionant a mesura que cadascú vagi avançant en les diferents etapes del sistema educatiu i al llarg de la vida. Però en cada moment cal fer una interpretació del conjunt dels elements que constitueixen el «tot».

Més explícitament, jo crec que qualsevol de nosaltres hauria de poder agafar qualsevol cosa del que l'envolta i poder-ne dir quelcom sobre la composició i l'estructura microscòpica, lligant les propietats macroscòpiques i la composició atòmicomolecular. I seria interessant que això ho poguéss traduir al nivell de la ciència dels alumnes que està educant. I, com això, tot.

Hi ha diversos problemes en aquest enfocament. El primer és la necessitat que el professorat es formi. No ho sabem tot i, especialment en la nostra educació científica, s'ha posat més èmfasi en els aspectes teòrics que no pas



Quines explicacions es poden trobar al fet que aquests glaçons d'aigua de l'esquerra no flotin? Un cop fosos, quina explicació té el fet que, segons es pot veure a la dreta, si hi afegim uns altres glaçons d'aigua, ara sí que flotin?

en la relació entre la teoria i la realitat. El segon problema, i més important, és que la realitat és summament complexa i, per ser honestos, no hauríem d'explicar-la amb models simplificats. Per exemple, l'esquema simplificat del pas d'un estat de la matèria a un altre no va bé pràcticament amb cap substància quotidiana, si n'exceptuem l'aigua, alguns altres líquids i algun metall. Així, quan escalfem fusta, paper, roba o plàstic, aquests materials no es fonen, sinó que es cremen. La major part de substàncies i productes culinaris no es classifiquen bé en l'esquema format pels conceptes *sòlid*, *líquid* o *gas*. En tot cas, si el que realment pensem és que la nostra educació ha d'explicar la realitat per poder-la comprendre i, més endavant, per poder-la mantenir, arreglar o millorar, tot això no es pot passar per alt.

Referències bibliogràfiques

La bibliografia recent sobre temes de química i vida quotidiana comença a ser copiosa. Els múltiples treballs de Xavier Duran són molt apreciables. No hi ha gaires llibres que parlin dels cosmètics, dels detergents, etc. Em remeto a la bibliografia pròpia, al llibre sobre les etiquetes. En canvi, pel que fa a la ciència i a la cuina, hi ha dotzenes d'obres. D'entre totes, la més recomanable, sistemàtica i completa és la següent:

McGEE, HAROLD (2007). *La cocina y los alimentos*. Barcelona: Random House Mondadori, 941 p. [Traducció de la segona edició de l'obra *On food and cooking*, de 2004. Monumental i imprescindible]

S'indica, a continuació, alguna bibliografia recent de l'autor relacionada amb els temes citats:

MANS, C. (2005). *La truita cremada: 24 lliçons de química*. Barcelona: Col·legi de Químics de Catalunya. Distribuit per l'editorial Rubes. 8 edicions. La major part de capítols es refereixen a aspectes quotidians de la química i sobretot de l'alimentació.

MANS, C. (2006). «El quimioscopi». *Notícies per a Químics*, núm. 432, p. 5-10.

MANS, C. (2006). *Els secrets de les etiquetes*. Barcelona: Mina. Col·lecció Focus, núm. 14.

MANS, C. (2007). «Truita al salfumat». *Notícies per a Químics*, núm. 438, p. 5-13.

MANS, C.
<<http://www.angel.qui.ub.es/mans>> [Consulta: febrer 2008]



Claudi Mans, Catedràtic del Departament d'Enginyeria Química de la UB. Autor de llibres de text i divulgació, com "La truita cremada" o "Els secrets de les etiquetes", articles, conferències i comunicacions a congressos. Col·laborador de CosmoCaixa, Dept. Educació de la Generalitat de Catalunya, ICE de la UB, i Alicia-elBullitaller.
cmans@ub.edu
www.angel.qui.ub.es/mans

Algunes reflexions al voltant del tractament de l'equilibri químic en el batxillerat

Some reflexions about the treatment of chemical equilibrium in the baccalaureate

Francesc A. Centellas i Masuet / Departament de Química Física. Facultat de Química. Universitat de Barcelona

10



resum

En aquest escrit, s'hi recorda el tractament que rebia l'equilibri químic en el batxillerat que va estudiar l'autor de l'article i es compara amb el que s'imparteix en el batxillerat actual. S'hi palesa que, en el batxillerat d'avui dia, l'equilibri químic rep un tractament força més extens i amb una càrrega conceptual més elevada que la d'aquells anys. Aquest fet pot comportar, si la matèria no es tracta amb el temps requerit, que els estudiants d'avui dia no acabin d'entendre gaire bé el significat ni la utilitat de les magnituds i les constants fisicoquímiques introduïdes i, a la vegada, es dificulti que puguin assolir completament uns altres objectius més elementals.

D'altra banda, a partir de la revisió d'alguns dels textos de química més usats en els centres de batxillerat, en el present article es proposa tornar a considerar el tractament que reben certs aspectes concrets de l'equilibri químic i, en aquest sentit, s'hi discuteixen algunes de les inconveniències observades i s'hi plantegen alternatives per tractar els diferents aspectes d'una manera més adient

paraules clau

Equilibri químic, batxillerat, constants d'equilibri, estats estàndard.

abstract

This paper compares the explanation of chemical equilibrium when the author was a student, to the current one in Catalanian high schools today. It can be seen that the current chemical equilibrium explanation is more extensive and it has a greater conceptual importance than in the past. This can cause a problem if not enough time is given to teaching the subject, leading to a poor understanding of the meaning and use of the physicochemical magnitudes and constants. At the same time, this problem can hinder the reaching of other basic goals.

On the other hand, after the revision of the most used chemistry textbooks at high school level, a reconsideration of some aspects of the chemical equilibrium explanation is proposed. And so, some of the observed problems with the textbooks are discussed and alternative proposals for a clearer treatment of the subject are suggested.

key words

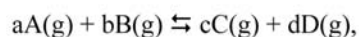
Chemical equilibrium, high school, equilibrium constant, standard condition

El tractament de l'equilibri químic en els batxillerats de fa uns quants anys

Un cop decidit que aquest article versaria sobre el tractament que es dóna a l'equilibri químic en el batxillerat actual, vaig procurar fer memòria dels continguts de termodinàmica que estudiàvem al llarg del batxillerat i del curs pre-universitari de la meua joventut.

Recordo vagament haver-hi entrat en contacte amb el primer principi de la termodinàmica. No recordo, en canvi, haver-hi treballat el segon principi, però sí haver-hi fet exercicis i problemes de termoquímica aplicant la llei de Hess i fent servir una magnitud estranya que el professor anomenava *entalpia*, per calcular la calor a pressió constant bes-canviada al llarg d'un procés químic determinat. Fins que no vaig ingressar a la Facultat, no recordo haver sentit parlar mai de l'energia de Gibbs; i pel que fa al tractament de l'equilibri químic, una part de l'assignatura que també es treballava en el batxillerat d'aquells anys, aquest s'hi introduïa definint de manera empírica l'expressió de la constant K_c , la qual s'expressava amb unitats (1).

Fa molts menys anys, el tractament de l'equilibri químic s'estudiava, essencialment, al COU i, gràcies a haver guardat els textos que van utilitzar els meus fills, he pogut fer una revisió més acurada del tema que estem tractant. L'equilibri químic s'introduïa a partir de l'evidència experimental i per a una reacció homogènia en fase gasosa del tipus:



les expressions de K_c i K_p tenien la forma:

$$K_c = \frac{[C]_{eq}^c \cdot [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \cdot [B]_{eq}^b} \quad K_p = \frac{(p_C)_{eq}^c (p_D)_{eq}^d}{(p_A)_{eq}^a (p_B)_{eq}^b}$$

(equacions 1 i 2)

on $[A]_{eq}$, $[B]_{eq}$, $[C]_{eq}$ i $[D]_{eq}$ i $p_{A eq}$, $p_{B eq}$, $p_{C eq}$ i $p_{D eq}$, com sabem, representen les molaritats i les pressions parcials de les substàncies A, B, C i D en l'equilibri, i a, b, c i d, els coeficients estequiomètrics de cadascuna en la reacció. Emprant un argument incorrecte, en el text dels meus fills es deia que, atès que, a l'hora de calcular K_c , les concentracions de les espècies reaccionants sempre s'expressaven en molaritats, es podien ometre les dimensions de la constant.

El tractament de l'equilibri en el batxillerat d'avui dia

Un cop acceptada la responsabilitat de la matèria de química de les PAU, vaig repassar el programa de l'assignatura que el Departament d'Ensenyament (ara d'Educació) havia establert per al

batxillerat. Simultàniament, vaig demanar a diversos companys que feien la docència de la matèria en centres de secundària que m'indiquessin quins eren els tres textos de química que més s'utilitzaven a casa nostra al llarg del batxillerat. En els textos recomanats, vaig poder comprovar que el tractament d'un equilibri homogeni en fase gasosa es feia d'una manera semblant al COU d'uns quants anys abans. Hi apareixien les constants K_p i K_c i, en tots, es relacionava el valor de la constant d'equilibri (en dos dels textos, no es mencionava explícitament si es tractava de K_p o de K_c) amb la variació de l'energia de Gibbs estàndard segons l'equació 3.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p \quad (\text{equació 3})$$

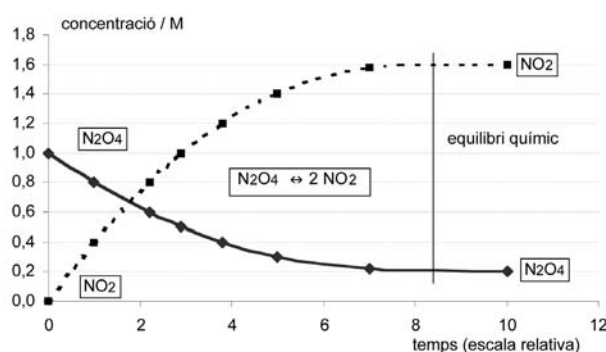


FIGURA 1.

Representació de l'evolució de les concentracions de N_2O_4 i NO_2 al llarg del temps de reacció.

Aquesta mena de representacions, on passat un temps els reactius i els productes acaben assolint unes concentracions estacionàries, són utilitzades en molts llibres de química elemental per introduir i tractar l'equilibri químic.



En dos dels textos, davant la lògica impossibilitat de seguir un tractament termodinàmic rigorós, l'equilibri s'hi introduïa d'una manera inductiva a partir de l'evidència experimental (figura 1), indicant que, en els sistemes químics, un cop arribats a l'equilibri, es compleix l'equació 1, en què K_c és una constant que tan sols es veu influïda per la temperatura. En el tercer text, però, l'expressió de K_c s'hi introduïa fent servir una metodologia deductiva de naturalesa cinètica. Així, un cop assenyalada la naturalesa dinàmica de l'equilibri químic, s'hi indicava que, en aquesta situació, s'havia de complir que la velocitat de la reacció directa, v_d , havia de ser igual a la velocitat de la reacció inversa, v_i .

El problema sorgia, però, a l'hora d'establir les expressions d'aquestes dues velocitats. En un capítol anterior, on es feia el tractament de la cinètica de les reaccions, en aquest mateix llibre, s'hi indicava que l'expressió general de la velocitat d'una reacció $aA + bB \rightarrow cC + dD$ era:

$$v = k [A]^a [B]^b$$

(equació 4)

i s'hi remarcava que a i b eren dos coeficients experimentals que rebien el nom d'*ordres parcials de reacció* i que no tenien res a veure amb els coeficients estequiomètrics a i b . Malgrat això, en el capítol dedicat a l'estudi de l'equilibri químic, per tal de «deduir» l'expressió de la constant d'equilibri, ordres i coeficients estequiomètrics s'hi consideraven una mateixa cosa i s'hi escrivien incorrectament les equacions de la velocitat següents:

$$v_d = k_d [A]^a [B]^b \text{ i } v_i = k_i [C]^c [D]^d$$

(equacions 5 i 6),

de manera que, per a la situació d'equilibri químic on es complia que $v_d = v_i$, se'n deduïa l'expressió:

$$K_c = \frac{k_d}{k_i} = \frac{[C]_{eq}^c \cdot [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \cdot [B]_{eq}^b}$$

(equació 7)

Un tractament d'aquesta mena, pel fet de ser fals (sovint els ordres parcials no coincideixen amb els coeficients estequiomètrics), s'hauria d'evitar. Encara que els estudiants de batxillerat no s'adonin d'aquesta falsedat, el problema podrà sorgir si, més endavant, decideixen estudiar alguna llicenciatura amb uns continguts de caràcter químic d'un cert nivell, atès que, en aquests casos, trobaran que hauran de replantejar un criteri que donaven per correcte.

No hi ha res de dolent a introduir l'equació de K_c tal com fan els altres textos consultats, és a dir, considerant que és una expressió a la qual s'ajusten les concentracions experimentals (o, en el seu cas, les pressions parcials) de productes i reactius en les reaccions homogènies reversibles, un cop s'assoleix la situació d'equilibri químic (figures 1 i 2).

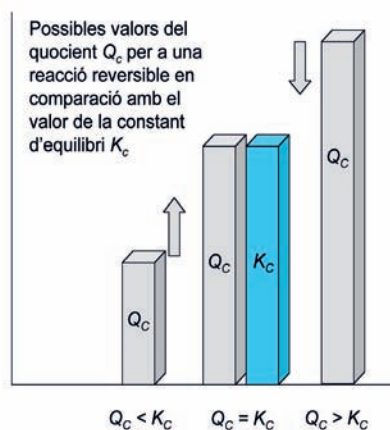


FIGURA 2.

Les unitats de les constants d'equilibri

En dos dels textos, les constants d'equilibri K_c i K_p s'hi expressaven amb unitats $(\text{mol}/\text{dm}^3)^{\Delta n}$ i $\text{atm}^{\Delta n}$, mentre que, en l'altre text, K_c s'hi expressava de manera adimensional, argumentant sense cap raó lògica que això podia fer-se, perquè les concentracions sempre s'expressaven en molaritats. Per contra, en aquest mateix text, s'hi recomanava assignar unitats a K_p , a fi d'evitar confusions, ja que les pressions parcials dels gasos podien expressar-se en les unitats clàssiques (atm) o bé en les del sistema internacional (Pa).

D'altra banda, en tots tres textos consultats, hi apareixia plantejada (en dos casos sense indicar de quina constant es tractava) la relació entre K_p i la variació de l'energia de Gibbs estàndard (equació 2), així com la que relaciona les constants K_p i K_c .

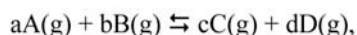
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

(equació 8)

Els químics sabem que les constants d'equilibri són adimensionals (2, 3). El caràcter adimen-

En alguns textos de química general (7, 8), s'hi utilitzen representacions com la indicada a l'hora d'introduir i tractar els sistemes en equilibri químic. Fent servir el quocient de reacció, Q_c , s'indica que, si aquest és més petit que la constant d'equilibri K_c , el sistema evoluciona cap a la formació de productes fins que s'arriba a complir $Q_c = K_c$. Ben al contrari, si el quocient de reacció és més gran que la constant d'equilibri K_c , el sistema evoluciona cap a la formació de reactius. Un cop assolit l'equilibri químic, de naturalesa dinàmica, mentre la temperatura sigui constant, les concentracions de reactius i de productes es mantindran invariables en el temps

sional de K_p i K_c és conseqüència del fet que, en l'expressió d'aquestes constants, la pressió parcial d'un gas o la concentració en l'equilibri ($p_{i\text{ eq}}$ o $c_{i\text{ eq}}$) es refereix a la pressió o a la concentració de la substància en l'estat estàndard (p^θ o c^θ). D'aquesta manera, per a una reacció genèrica en fase gasosa com ara:



les expressions correctes de K_c i K_p prenen la forma:

$$K_c = \frac{(c_C/c^\theta)^{c_{\text{eq}}} (c_D/c^\theta)^{d_{\text{eq}}}}{(c_A/c^\theta)^{a_{\text{eq}}} (c_B/c^\theta)^{b_{\text{eq}}}} \quad K_p = \frac{(p_C/p^\theta)^{c_{\text{eq}}} (p_D/p^\theta)^{d_{\text{eq}}}}{(p_A/p^\theta)^{a_{\text{eq}}} (p_B/p^\theta)^{b_{\text{eq}}}}$$

(equacions 9 i 10)

on:

- $c_{i\text{ eq}}$ = concentració molar de cada gas i en l'equilibri;
- c^θ = concentració molar del gas en l'estat normal o estàndard (1 M);
- $p_{i\text{ eq}}$ = pressió parcial de cada gas i en l'equilibri;
- p^θ = pressió del gas en l'estat normal o estàndard (1 bar).

Abans de 1982, es considerava que la pressió d'un gas en el seu estat estàndard era 1 atm, per bé que, posteriorment a aquesta data, la IUPAC (4, 5), amb la voluntat de no variar pràcticament el valor de la pressió de l'estat estàndard considerat abans i, ahora, fer servir un múltiple sencer de la unitat de pressió en el sistema internacional, el pascal, va recomanar que la pressió d'un gas en l'estat estàndard (p^θ) passés a ser 1 bar (10^5 Pa).

Tant si la pressió d'un gas en l'estat estàndard es considera, com abans es feia, 1 atm, com si es considera, seguint la recomanació actual de la IUPAC, 1 bar, el valor numèric de K_p es pot obtenir a partir de l'equació 2, que prové de l'equació 10, on s'ha substituït, segons criteri antic o actual, p^θ per 1 atm o 1 bar i és,

El caràcter adimensional de K_p i K_c és conseqüència del fet que, en l'expressió d'aquestes constants, la pressió parcial d'un gas o la concentració en l'equilibri ($p_{i\text{ eq}}$ o $c_{i\text{ eq}}$) es refereix a la pressió o a la concentració de la substància en l'estat estàndard (p^θ o c^θ)

Atès que la relació entre bars, atmosferes i pascals és:
1 bar = 10^5 Pa = 0,98692 atm,

la proposta de la IUPAC (1982), consistent a considerar la pressió de l'estat estàndard d'un gas com 1 bar, no suposava cap modificació important respecte a la pressió considerada amb anterioritat (1 bar = 0,98692 atm), per bé que passava a ser un múltiple exacte de la unitat de pressió en el SI (1 bar = 10^5 Pa).

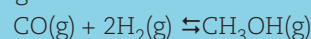
de fet, l'expressió que es fa servir actualment per expressar K_p en tots els llibres de química de batxillerat i també en diversos textos actuals de química general (7).

Com resulta evident, amb dependència que les pressions

parcials dels gasos en l'equilibri s'expressin en atm o en bar, els resultats obtinguts per a K_p i ΔG^θ no coincidiran (6). Ho podem veure, per exemple, en el cas d'un dels exercicis proposats en la prova de química de les PAU de juny de 2006.

Enunciat exercici prova PAU juny 2006

La síntesi del metanol (alcohol metílic) es basa en l'equilibri següent:



En un reactor cilíndric d'1 L de capacitat, s'hi disposen 2,0 mol de CO i 2,0 mol d'hidrogen i s'escalfa el conjunt fins a 600 K. Considerant que, un cop assolit l'equilibri, s'han format 0,80 mol de metanol, calculeu el valor de K_p a 600 K.

Solució:

	CO	H ₂	CH ₃ OH
Mols inicials	2,0	2,0	0
Mols en l'equilibri	2,0-0,8	2,0-1,6	0,8
Concentració en l'equilibri / mol dm ⁻³	1,2	0,4	0,8
Pressions parcials en l'equilibri / atm	59,0	19,7	39,4
Pressions parcials en l'equilibri / bar	59,8	20,0	39,9

Quan el càlcul de K_p es fa a partir de les pressions parcials expressades en atm o en bar, els resultats obtinguts són:

K_p (constant adimensional)	K_p (constant adimensional)
càlcul fet a partir de pressions en atm: $1,72 \cdot 10^{-3}$	càlcul fet a partir de pressions en bar: $1,67 \cdot 10^{-3}$

amb la qual cosa, el valor de ΔG^0 calculat a partir de l'expressió $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$, on K_p és una magnitud adimensional i R val $8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, serà:

ΔG^0 (pressió de l'estat estàndard = 1 atm)	ΔG^0 (pressió de l'estat estàndard = 1 bar)
$31,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$31,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Com es pot veure, atès que les pressions de l'estat estàndard anterior a 1982 (1 atm) i actual (1 bar) són molt properes, els valors que s'obtenen per a K_p i ΔG^0 també són molt semblants. Aquest fet, que pràcticament es compleix en el cas de totes les magnituds i constants termodinàmiques (6), ha donat peu al fet que, quan es tracta l'equilibri químic en textos de química general publicats recentment (7, 8), encara trobem que en alguns (7) se segueixen utilitzant les atmosferes per expressar les pressions parcials.

El fet de prendre com a expressió correcta de K_p l'equació 2 en lloc de l'equació 10, sumat a pensar que la pressió parcial d'un gas avui dia s'hagi d'expressar obligatòriament en unitats del

sistema internacional, pot portar a l'error de calcular K_p expressant les pressions parcials dels gasos en l'equilibri en pascals. Si es fes així en el cas de l'exemple considerat anteriorment, atès que les pressions parcials dels reactius i dels productes en equilibri expressades en Pa són:

Cal observar que, atès que K_p és una magnitud adimensional, les unitats de ΔG^0 tan sols són condicionades per les unitats de la constant R , que, d'altra banda, seran les pròpies del sistema internacional ($R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$).

D'altra banda, el fet de considerar K_p amb unitats, a part de ser incorrecte, complicaria enormement la identitat de dimensions en l'equació $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$.

	CO	H ₂	CH ₃ OH
Pressió parcial en l'equilibri / atm	59,0	19,7	39,4
Pressió parcial en l'equilibri / Pa	$6,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$4,0 \times 10^6$

el valor numèric obtingut per a la constant K_p seria $1,7 \times 10^{-13}$:

$$K_p = \frac{6,0 \times 10^6}{(2,0 \times 10^6)^2 \times 4,0 \times 10^6} = 1,7 \times 10^{-13}$$

notòriament més petit que els valors de $1,72 \times 10^{-3}$ o $1,67 \times 10^{-3}$ calculats amb anterioritat.

Aquesta gran diferència és deguda a la circumstància que, si les pressions parcials dels gasos s'expressen en pascals, de fet s'estaria considerant de manera implícita que la pressió d'un gas en el seu estat estàndard seria 1 Pa. Si bé això és possible (les condicions dels estats estàndard es defineixen a voluntat), atès que la majoria de les reaccions tenen lloc a pressions properes a 1 atm, un estat estàndard amb una pressió tan petita no tindria cap mena d'interès ni d'utilitat.

La relació entre les constants d'equilibri

En els tres textos consultats, les constants d'equilibri K_c i K_p d'una reacció homogènia en fase gasosa es relacionen entre si mitjançant l'equació 8, on $\Delta v = c + d - a - b$.

En la termodinàmica de l'equilibri químic, l'escriptura correcta de l'equació 8 és:

$$K_p = K_c \left(RT \frac{c^\theta}{p^\theta} \right)^{\Delta n / \text{mol}}$$

(equació 11),

on c^θ i p^θ representen, respectivament, la concentració (1 mol dm^{-3}) i la pressió del gas (1 bar o, antigament, 1 atm) en l'estat estàndard.

A primera vista, l'equació 11 sembla força més complexa que la 8, si bé, en realitat, resulta molt fàcil de deduir quan es considera l'escriptura correcta de les constants d'equilibri (equacions 9 i 10). D'altra banda, aquesta darrera equació constitueix la manera més còmoda i fiable de calcular K_c a partir de K_p (o a l'inrevés), tant en el cas que es consideri que la pressió del gas en l'estat estàndard és 1 atm (criteri antic) com 1 bar (criteri vigent de la IUPAC). Vegem-ho mitjançant un exemple basat en el problema anterior.

Enunciat basat en l'exercici de les PAU 2006

A 600 K, quan la IUPAC considerava que la pressió de l'estat estàndard d'un gas era 1 atm, el valor de la constant K_p de la reacció $\text{CO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$ era $1,72 \cdot 10^{-3}$. Calculeu la K_c d'aquesta reacció, tant en el cas que la pressió de l'estat estàndard sigui 1 atm com 1 bar.

Solució:

Sigui quina sigui la pressió del gas en l'estat estàndard, la concentració c^0 sempre val $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Aquesta manera d'expressar la concentració (molaritats) porta, per conveniència, a expressar la constant dels gasos de la forma tradicional ($R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$) i, d'aquesta manera, per calcular K_c en cas de considerar $p^0 = 1 \text{ atm}$, fariem:

$$1,72 \cdot 10^{-3} = K_c \left(0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 600 \text{ K} \cdot \frac{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \text{ atm}} \right)^{-2}$$

d'on obtindríem $K_c = 4,17$.

Per calcular la K_c quan $p^0 = 1 \text{ bar}$, calcularíem el valor de K_p per a aquest estat estàndard ($K_{p(1 \text{ bar})} = K_{p(1 \text{ atm})} \cdot 0,98692^2$) i expressaríem la pressió d'1 bar en atm (1 bar = 0,98692 atm).

$$1,67 \cdot 10^{-3} = K_c \left(0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 600 \text{ K} \cdot \frac{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,98692 \text{ atm}} \right)^{-2}$$

d'on obtindríem $K_c = 4,16$.

En aquells textos de batxillerat i de química general (7) on les pressions parcials dels gasos en equilibri s'expressen en atm, l'aplicació de l'equació 8 no suposa cap problema i, usant $R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, K_c es pot calcular d'una manera fàcil i correcta a partir de K_p . Una situació ben diferent succeeix quan, incorrectament, es recomana expressar les pressions parcials dels gasos en equilibri en pascals.

Breu recapitulació i algunes propostes finals

1. Pel que fa a la manera d'introduir en el batxillerat les expressions de les constants d'equilibri, seria aconsellable que això sempre es fes considerant el comportament experimental dels sistemes en equilibri químic (figures 1 i 2) i no es pretengués deduir aquesta dada, de manera incorrecta, a partir de la igualació de les expressions de les velocitats.

2. Pel que fa a les unitats de les constants d'equilibri, el professorat de batxillerat hauria de valorar la conveniència d'indicar que, en realitat, són adimensionals (2, 3, 8). Això es podria fer presentant, a títol informatiu, l'expressió termodinàmica real de les constants (equacions 9 i 10). Aquest fet, sempre i quan les pressions parcials s'expressessin

seria aconsellable introduir les expressions de les constants d'equilibri considerant el comportament experimental dels sistemes en equilibri químic

en atm o bar, no suposaria cap inconvenient perquè els estudiants poguessin seguir treballant, com ara fan, amb les equacions habituals (equacions 1 i 2), en les quals no apareixen les concentracions o les pressions de l'estat estàndard, per bé que evitaria que les pressions parcials dels gasos en l'equilibri, com ara passa en alguns casos, s'expressessin en Pa i es poguessin obtenir diferents valors per a la K_p

d'una mateixa reacció a una mateixa temperatura en funció de les unitats de pressió que s'haguessin utilitzat.

3. Pel que fa a les unitats de les pressions parcials dels gasos en l'equilibri, atès que, tal com s'ha posat de manifest en l'exemple resolt, no hi ha cap gran diferència entre els resultats quan es considera que la pressió de l'estat és una atmosfera o un bar, probablement no seria necessari expressar-les en bar i es podria continuar treballant, com ara es fa en la majoria de textos de química del batxillerat, en atm, per bé que mai en Pa. D'aquesta manera, es podria seguir utilitzant l'equació 8 amb $R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ per relacionar les constants K_p i K_c .

4. Finalment, pel que fa a la càrrega conceptual, és evident que el batxillerat d'avui dia considera un tractament de la termodinàmica i de l'equilibri químic força més extens i amb una càrrega conceptual més gran que el que rebia quan l'autor d'aquest article era estudiant. Això pot portar al fet que, davant la dificultat d'entendre prou bé el que veritablement representen les magnituds i les constants termodinàmiques introduïdes, els alumnes acabin adoptant una actitud memorística que els porti a fer-les servir d'una manera mecànica sense comprendre'n gaire bé la utilitat. En aquest escenari, a més, pot succeir que l'alumnat tampoc no acabi d'assolir completament alguns dels objectius docents principals relacionats amb el tractament dels sistemes químics en equilibri, com ara: 4.1. Consolidar la correcta formulació i nomenclatura dels compostos químics; 4.2. Saber portar a terme de manera idònia els càlculs estequiomètrics associats a qualsevol reacció química; 4.3. Saber aplicar correctament l'equació del gas ideal i cal-

cular a partir d'ella la concentració o la pressió parcial de cadascun dels components gasosos d'una mescla en equilibri; 4.4. Entendre el significat d'una constant d'equilibri; 4.5. Saber establir l'expressió de K_p i K_c i calcular correctament els valors d'aquestes constants, i 4.6. Saber predir els efectes que provoca un escalfament, un refredament, un canvi en la concentració o la pressió parcial d'algun dels components, o un canvi en la pressió total o una variació del volum sobre qualsevol sistema que es trobi en equilibri químic.

Referències bibliogràfiques

1. BABOR, J. A.; IBARZ, J. (1965). 7a ed. Barcelona: Marín.

Aquest text no necessita presentació. Bona part del professorat que avui dia fa docència de la química a la universitat o als centres de batxillerat el va utilitzar quan estudiava química general. En aquesta obra, les constants d'equilibri s'hi expressaven en unitats i es feia servir la reacció $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, un dels sistemes on els ordres parcials de reacció coincideixen amb els coeficients estequiomètrics, per deduir incorrectament l'expressió general de la constant d'equilibri K_c d'una reacció a partir de criteris cinètics.

Aquesta referència, que ha quedat desfasada amb el pas del temps, constitueix un bon exemple de llibre que, tot i que incorpora algunes incorreccions o inconveniències, ha tingut un paper molt important en la formació de diferents promocions de químics. En aquest sentit, l'autor d'aquest article vol afegir-hi que, si bé en alguns dels llibres de batxillerat consultats a l'hora d'escriure aquest article, també s'hi han pogut detectar alguns errors o inconveniències, la vàlua d'a-

quests textos es troba també fora de qualsevol discussió.

2. LEVINE, I. N. (2004). *Fisicoquímica*. 5a ed. Madrid: McGraw-Hill. Interamericana de España.
3. ATKINS, P.; DE PAULA, J. (2005). *Chemistry*. 4a ed. Nova York: Oxford University Press.
4. IUPAC (2004). *Magnituds, unitats i símbols en química física*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències i Tecnologia. [Versió catalana a cura de Josep M. Costa]

En aquesta obra, s'hi adapten al català les recomanacions de la IUPAC en matèria de noms, símbols i unitats de les magnituds fisicoquímiques més comunes en química. Es complementa i s'amplia amb:

5. IUPAC (2007). *Compendi de nomenclatura de química analítica. Regles definitives de 1997*. 3 volums. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències i Tecnologia. [Versió catalana a cura d'Elisabeth Bosch i Salvador Alegret]
6. FREEMAN, R. D. (1985). *J. Chem. Educ.*, núm. 62, p. 681-686.

En aquest article, s'hi es pot comprovar que els valors de les magnituds termodinàmiques principals pràcticament no varien quan la pressió de l'estat estàndard passa a considerar-se 1 bar en lloc d'1 atm (criteri de la IUPAC anterior a 1982).

7. CHANG, R. (2007). *Química*. Mèxic: McGraw-Hill. Interamericana.
 8. ATKINS, P.; JONES, L. (2006). *Principios de química*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Les referències 7 i 8 constitueixen dues de les més recents i rellevants aportacions en l'àmbit de la docència de la química general.

A la referència 7, encara s'hi contempla que la pressió de l'estat estàndard és 1 atm i, per aquesta raó, les pressions parcials dels gasos en equilibri químic s'hi segueixen expressant en atm. No s'hi consideren les equacions termodinàmiques de les constants d'equilibri i s'hi treballa amb les que tradicionalment s'han fet servir en el batxillerat. S'hi relaciona K_p amb K_c , considerant $R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

A la referència 8, ja s'hi considera que la pressió de l'estat estàndard és 1 bar i, en conseqüència, les pressions parcials dels gasos en equilibri químic s'hi expressen en bar. S'hi fan servir les expressions termodinàmiques de les constants d'equilibri, si bé, tal com es proposa en aquest article, s'acaba treballant amb les que convencionalment apareixen en els llibres de batxillerat. S'hi relaciona K_p amb K_c considerant $R = 0,083145 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.



Francesc A. Centellas i Masuet.

Professor titular de Química Física a la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona. Desenvolupa la seva recerca al Laboratori de Ciència i Tecnologia Electroquímica dels Materials i del Medi Ambient (LCTEM), on s'estudia el tractament de contaminants emergents en aigües mitjançant processos d'oxidació química i electroquímica avançada. facentellas@ub.edu

Treballant les competències a la classe de Química

Developing competencies within the Chemistry class

Begoña Oliveras / IES Dr. Puigvert, Barcelona

Neus Sanmartí / Departament de Didàctica de les Ciències i la Matemàtica, Universitat Autònoma de Barcelona

DOI: 10.2436/20.2003.02.3 <http://scq.iec.cat/scq/index.html>

17

ISSN (en tràmit), SCQ-IEC Educació Química EduQ n. 1 (2008), p. 17 - 23



resum

En els darrers anys, el concepte de *competència* ha començat a formar part del vocabulari dels ensenyants: *competències bàsiques*, *proves de competències*, *currículum per competències*. Però, què ens aporta aquest concepte en l'ensenyament de la química? En quin sentit reorienta alguns aspectes de la nostra pràctica com a professors? El present article busca donar resposta a aquestes preguntes a partir de l'anàlisi d'una activitat realitzada en una classe de química de quart d'ESO.

paraules clau

ensenyament de la química, secundària, competències, lectura crítica, argumentació

abstract

Over the last few years, the term "competence" has began to be used within the teacher's vocabulary: "basic competences", "competence tests" and "competence based curriculums". But, what do these terms give to Chemistry learning? How does the term competence change the role of the teacher? The aim of this paper is to answer these questions through the analysis of an activity done in the context of 4th ESO chemistry classroom.

key words

Chemistry learning acquisition, high schools, competence, critical reading, discussions.

Per què s'introdueix el concepte de competència en el món de l'ensenyament?

Al llarg dels darrers anys, s'ha iniciat una reflexió en profunditat, en el marc de la UE, sobre els sabers que s'han de promoure des de l'escola, perquè els canvis

en la societat demanen canvis també en els objectius d'aprenentatge. No són idees totalment noves en l'àmbit de la recerca i la innovació en el camp de la didàctica de les ciències, però sí que és nou que es passin als currículums oficials.

Els grans arguments per introduir-los-hi són tres:

— Viure en una societat democràtica exigeix ciutadans preparats per participar en les decisions que es prenen col·lectivament. És a dir, ciutadans que sàpiguen argumentar les opi-

nions de manera fonamentada, que les expressin de manera que els altres les entenguin. Que escoltin i siguin capaços de debatre i negociar punts de vista, que sàpiguen utilitzar les emocions positivament i, molt especialment, que actuïn de manera coherent.

— Les necessitats actuals del món laboral exigeixen persones capaces de «canviar de feina». Les innovacions tecnològiques no permeten pensar en una professió o en un ofici per a tota la vida. Això demana ser capaç d'aprendre constantment, de treballar amb altres persones formant equips amb elles, de tenir iniciativa, de saber afrontar la resolució de problemes complexos i imprevisibles, etc.

— Finalment, el desenvolupament d'Internet fa que la informació sigui a l'abast de tothom i que la funció de l'escola no sigui tant la de transmetre-la, la informació, com de comprendre-la i utilitzar-la amb saviesa. Comporta que l'alumnat construeixi coneixements, cosa diferent de recordar informacions que pot trobar fàcilment a la xarxa. És a dir, que sigui capaç de trobar la informació i de fer una lectura crítica i significativa de l'allau de dades, opinions i arguments que li arriben. No en va, Emilio Lamo de Espinosa deia, en el marc del Fòrum de les Cultures de Barcelona 2004: «¿Dónde está la sabiduría que hemos perdido con el conocimiento? ¿Y dónde está el conocimiento que hemos perdido con la información?»

Sovint, pensem que els canvis en el camp educatiu són únicament variacions de noms, però que res no s'hi modifica (i, fins i tot, que el passat era millor que el present). Tanmateix, caldria preguntar-nos si té sentit ensenyar com si el món no estigués evolucionant. O pensar que els can-

vis que cal implantar només es refereixen a l'ús d'instruments tecnològics nous, i no pas al mateix contingut de l'ensenyament. És cert que, abans no es consolidi una innovació, ja n'hi ha d'altres en marxa, però el món no es para perquè l'escola vagi a poc a poc. Només com a exemple, cal recordar que, quan es va dissenyar la LOGSE, Internet era a les beceroles i els webs encara havien de néixer.

Què s'entén per competència científica?

La *competència científica* es defineix com «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» (OCDE, 2000). Per tant, comporta disposar de coneixements, però no tant amb la finalitat de repetir-los, sinó de saber-los utilitzar per actuar (Sanmartí, 2003).

L'anàlisi de les preguntes d'avaluació plantejades en el marc del projecte PISA (OCDE, 2000, 2003, 2006) mostra que l'assoliment de la competència científica requereix un treball fortament interre-

L'assoliment de la competència científica requereix un treball fortament interrelacionat amb el desenvolupament d'altres competències: la comunicativa, la digital, la matemàtica, la d'aprendre a aprendre, la d'autonomia i iniciativa, i la social i ciutadana

lacionat amb el desenvolupament d'altres competències: la comunicativa (en l'ús de tot tipus de llenguatges), la digital, la matemàtica, la d'aprendre a aprendre, la d'autonomia i iniciativa, i la social i ciutadana. Si els nostres alumnes continuen dient que, com que són a la classe de química, no és important la manera com escriuen o reflexionen sobre els valors associats a una actuació determinada, voldrà dir que la seva visió d'aprendre és ben lluny del que avui demana la societat.

La idea de *competència* ja fa anys que forma part del currículum de formació professional, però la definició d'aquesta paraula també ha canviat, tal com mostra la taula 1.

Canvis en el concepte de competència derivats de les TIC i de les noves formes d'organització del treball

Factor	Visió antiga	Visió actual
Responsabilitat	Bona conducta, disciplina	Iniciativa
Expertesa	Fonamentada en l'experiència	Fonamentada en la resolució de problemes
Interdependència	Seqüencial	Sistèmica
Formació	Una vegada i per sempre	Contínua
Aprenentatge	Passiu, rebre	Responsabilitat, autoaprenentatge

Font: Training and learning for competence, EU, 2002.

El nou concepte de *competència* requereix identificar bé els coneixements que els nois i les noies haurien de ser capaços d'abstreure per poder-los aplicar a l'anàlisi de situacions i problemes ben diversos i complexos; gestionar la classe per estimular interaccions entre els alumnes que els possibiliti aprendre els uns dels altres i treballar en equip; planificar com aprendran a trobar la informació, a llegir-la críticament i a escriure de manera argumentada; plantejar activitats perquè es facin preguntes rellevants i sàpiguen com poden trobar evidències que confirmen les seves prediccions o no i, molt especialment, ajudar-los a ser capaços d'autoregular el propi procés d'aprenentatge.

És una de les primeres vegades que un canvi curricular s'introdueix de manera explícita a tots els nivells de l'ensenyament. També els estudis universitaris s'estan redefinint en funció del desenvolupament de competències i, per tant, ben segur que les innovacions que hi hagi es reflectiran en la selectivitat. Per tant, tot i que cal tenir en compte que els canvis reals en el camp educatiu són molt lents, és evident que ens trobem en un procés que afecta tots els que ens dediquem a promoure, en les noves generacions, aprenentatges que els han de ser útils en la seva vida personal i professional.

Exemple d'una activitat orientada al desenvolupament de competències

El treball que es descriu a continuació, es va generar en el marc del grup de recerca LIEC (Llengua i Ensenyament de les Ciències), de la UAB, que agrupa professorat de secundària i universitari. En aquests moments, el treball del grup se centra a esbrinar com és possible promoure la lectura crítica de textos de contingut científic de fonts diverses, i a analitzar

com aquesta lectura afavoreix l'aprenentatge científic (Márquez i Prat, 2005; Márquez i altres, 2005; Sardà i altres, 2006; Márquez i altres, 2007; Marbà i altres, 2008).

L'activitat descrita va ser aplicada a dues classes de quart d'ESO de dos instituts d'ensenyament secundari: l'IES Doctor Puigvert, de Barcelona (barri de Sant Andreu), i l'IES Joan Puig i Ferrer, de la Selva del Camp (el Baix Camp), el desembre de 2007. Al primer centre, el treball es va fer pràcticament tot a l'aula i va ocupar quatre hores de classe. Al segon, es va fer en dues hores al centre i la resta l'alumnat va treballar a casa.

a) Punt de partida

En les setmanes anteriors, s'havia estat treballant el concepte d'enllaç químic i la relació entre les propietats dels materials i els diferents tipus d'enllaç. L'activitat es va plantejar per tal que l'alumnat apliqués els coneixements apresos a l'anàlisi d'un article periodístic titulat «Grafitis a prueba de bomba» (*La Vanguardia*, 10 de setembre de 2007). Aquest text es pot trobar a Internet i fa referència al problema d'eliminar els grafitis dibuixats sobre vidre.

L'objectiu que ens vàrem proposar van ser promoure el desenvolupament de la capacitat de l'alumnat per:

1. Aplicar el coneixement que els nois i les noies havien començat a adquirir sobre les propietats dels materials i l'enllaç químic a l'anàlisi d'un problema real i la cerca de solucions.
2. Llegir un article periodístic críticament i interessar-se pel contingut (Cassany, 2006).
3. Trobar informació a Internet per resoldre un problema identificant el coneixement teòric que guia la recerca.

4. Escriure un text argumentatiu fonamentant-ne les raons (Sardà i Sanmartí, 2000).

5. Treballar en grup, cooperativament (Ibáñez, 2003).

L'activitat, la van realitzar en grups de quatre estudiants, de manera que sempre es proposava fer una primera reflexió individual sobre el tema per, posteriorment, discutir-la en grup.

La primera part de l'activitat va consistir a llegir el títol i les imatges de l'article i respondre les preguntes següents del quadre 1.



material per a l'alumne

Per començar...

1. Qui és l'autor de l'article?
En quin diari s'ha publicat?
2. Fixeu-vos en el títol i en les imatges i intenteu imaginar de què tracta la notícia. Escriu breument la vostra idea.
3. A qui creus que va dirigit l'article?
4. Per què creieu que us proposo llegir i discutir el contingut d'aquest article a la classe de Química?

Quadre 1: Activitat "Grafitis a prova de bomba". Introducció

La finalitat d'aquesta primera part era que es fessin una primera representació del contingut de l'article i dels motius pels quals en fèiem la lectura en el marc de la classe de química.

Les respostes mostren que hi ha diferents representacions sobre el seu contingut, des d'aquells que creuen que es refereix a les persones que embruten les parets o als «compostos químics» dels grafitis, fins als que el relacionen amb la dificultat d'esbor-

rar-los. La majoria també pensa que l'article va dirigit als grafeters.

b) Lectura de l'article

La lectura es va dividir en set parts i es va fer en funció dels aspectes sobre els quals tractava el text (problema plantejat, dificultat de neteja, solucions, sancions als grafeters...). Després de llegir-ne cada part, el grup havia de posar en comú quina creia que n'era la idea principal.

Els alumnes van llegir l'article amb interès, fins i tot ho van fer aquells que habitualment es distreuen amb facilitat.

A continuació, van respondre individualment les preguntes del quadre 2.



material per a l'alumne

Llegim l'article

1. Quin és el problema que planteja l'autor en aquest article?
2. Per què creus que l'autor el va escriure?
3. Et sembla bé que hi hagi grafeters? Per què?
4. A l'autor, li sembla que hi ha solució per a aquest problema? Tu què en penses. Justifica la resposta.
5. L'autor de l'article és probablement un periodista. Creus que també és científic? Està interessat en la ciència? Raona la teva resposta.

Quadre 2. Activitat «Grafits a prova de bomba». Guia per a la lectura.

La majoria concreta que el problema sobre el qual tracta l'article és la dificultat que hi ha per esborrar els grafits a causa dels àcids utilitzats per dibuixar-los. D'altres alumnes també parlen de les dificultats per esborrar-los, sense relacionar-les amb els compostos químics utilitzats per fer-los, i tres alumnes continuen creient que el tema és que «hi ha moltes pintades a la ciutat».

Les opinions expressades sobre els grafits mostren que, excepte en un cas, tots creuen que, o bé no se n'haurien de fer, o bé només haurien d'estar permesos en segons quins llocs i segons les temàtiques del dibuix.

A partir del treball realitzat, es va fer una posada en comú, de manera que se'n poguessin argumentar els diferents punts de vista.

c) Plantejament i resolució del problema

Posteriorment, se'ls va demanar que actuessin com a científics i que, en grup, es plantegessin com es podria solucionar el problema i valoressin si l'autor de l'article en donava una informació correcta des del punt de vista científic. Les qüestions plantejades van ser les reproduïdes al quadre 3.



material per a l'alumne

Plantejem el problema i com el podem resoldre

1. Imagineu-vos que sou científics i que us demanen que llegiu aquest article. Quin serà el problema que us plantejaríeu resoldre?
2. Com creieu que sap l'autor que el problema són els àcids barrejats amb tintes o el quitrà? És simplement una hipòtesi o té fonament científic?
3. Per resoldre el problema, quins coneixements us farien falta?
4. Quins passos seguiríeu per resoldre el problema? Quina informació buscaríeu i on?

Quadre 3. Activitat «Grafits a prova de bomba». Formulació del problema.

En general, l'alumnat pensa en els grafits sobre vidre com si es tractés de pintures i, per tant, creu que el problema es pot resoldre trobant un compost que dissolgui aquestes «pintades». Els nois i noies també consideren que l'autor té un bon coneixement científic.

Pensen que han de buscar informació sobre tipus de vidre, components de les pintures i dissolvents. El llenguatge, en general, és molt imprecís. Per exemple: «Trobar algun element químic que faci reacció per dissoldre'ls».

Com que les propostes que van sorgir per resoldre el problema eren poc concretes, es va donar la pauta que recull el quadre 4.

material per a l'alumne

Solucionem el problema

Per resoldre el problema plantejat, seguiu els passos següents:

- Escriuiu totes les aplicacions que conegueu del vidre.
- A partir d'aquesta llista, intenteu deduir-ne les propietats principals del vidre.
- A partir dels vostres coneixements de química, justifiqueu per què creieu que el vidre té aquestes propietats.
- Una de les propietats del vidre és que es tracta d'una substància inerta químicament i per això s'utilitza per fabricar envasos de reactius químics, per exemple d'àcids. Si és així, vol dir que l'autor de la notícia s'equivoca? Anoteu les paraules clau que creieu que us poden ajudar per trobar, a Internet o en diversos llibres, informació útil per argumentar la vostra opinió.
- Finalment, escriviu individualment un text argumentant el vostre punt de vista sobre el contingut de l'article. (En una de les classes, el text que s'havia d'escriure va consistir en una carta al director de *La Vanguardia*, on s'argumentava sobre la validesa d'algunes de les afirmacions fetes.)

El fet de pensar en les aplicacions del vidre, va ajudar tots els grups a plantejar-se que havien de buscar informació a Internet sobre les propietats d'aquesta substància, fins i tot n'hi va haver un que es va adonar que al laboratori utilitzàvem ampolles de vidre per emmagatzemar els àcids i, d'això, en va deduir que aquests no el podien atacar.

La resta de grups va entrar en conflicte quan els seus membres van saber que el vidre és un material inert i que aquesta propietat tenia a veure amb la seva estructura i amb l'enllaç entre les partícules. Cada grup i, de fet, cada alumne va seguir el seu propi procés, però tots es van qüestionar la validesa d'algunes afirmacions incloses a l'article. Van dubtar sobre si el problema es podia deure al fet que hi ha vidres amb propietats diferents o que hi ha àcids que sí que ataquen el vidre.

Per solucionar el dubte, es van plantejar buscar informació a

Internet per saber si el problema realment era degut als «àcids barrejats amb les tintes», tal com deia l'article. Les paraules clau escollides pels diferents grups per buscar informació van ser *àcids sobre vidre*, *composició dels àcids*, *gravat del vidre* i *materials per gravar vidre*.

Després de la cerca d'informació, tots els grups van concloure que l'àcid fluorhídric és l'únic que reacciona amb el vidre i que, per tant, l'autor de l'article no hauria d'haver parlat com si tots els àcids l'ataquessin. També van creure que, de la informació que donava, se'n podria deduir que els àcids utilitzats «pinten» el vidre, quan, de fet, hi reaccionen i per això no es poden esborrar utilitzant dissolvents.

d) Comunicació dels resultats

Per finalitzar l'activitat, cada alumne va escriure un text per a l'autor de l'article. Disposaven d'una pauta per preparar-ne l'argumentació (quadre 5).



Quadre 4. Activitat «Grafits a prova de bomba». Pauta per resoldre el problema.



material per a l'alumne

Pauta per preparar l'argumentació del text

Passos per elaborar un text argumentatiu, en aquest cas concret, sobre el problema

- La meua idea és que

- Les meves raons són

- Convenceria algú que no em creu amb

- L'evidència que donaria per convèncer els altres

Amb totes dades, ara ja pots redactar un text argumentatiu per defensar la teua idea.

Quadre 5: Activitat «Grafits a prova de bomba». Pauta per preparar el text.



Un exemple de text —de nivell alt— escrit per una alumna va ser el següent:

Actualment, els grafits es consideren una forma d'expressar-se, un tipus d'art del segle XXI. Em sembla correcte que grafers pintin en parets legals, amb un permís de l'Ajuntament. El que no trobo correcte és que pintin en mobiliari urbà i així destrossin la imatge de la ciutat. Això s'ha convertit en un problema per a la brigada de neteja de pintades, però això no és tot. Des de fa poc temps, els grafers mesclen les tintes amb uns àcids predeterminats, que fan que la pintada damunt d'un vidre no es pugui esborrar.

Després d'investigar les múltiples propietats i aplicacions del vidre, hem arribat a la conclusió que aquest resisteix l'atac de la majoria dels agents químics, menys l'àcid fluorhídric. Això significa que l'àcid que utilitzen els grafers és aquest, ja que fa que la neteja del vidre no tingui solució.

Convenceria algú que no em creu amb un seguit de raons força convencent.

En primer lloc, parlarem de l'atac de l'àcid des del punt de vista químic. En pintar amb la mescla de tinta i àcid fluorhídric en una làmina de vidre, aquest pren una textura rugosa i mat, la qual cosa dóna lloc a un vidre translúcid, ja que aquest àcid és corrosiu. Això fa que no es pugui reutilitzar per a cap funció més, ni pel costat on no hi ha la pintada.

Una altra conseqüència són les despeses econòmiques que provoca, perquè, com que el vidre no es pot tornar a utilitzar, l'Ajuntament haurà de comprar material nou i això ho paguem entre tots els habitants de la ciutat.

A més a més, aquest tipus d'àcid és bastant perillós si es posa en contacte amb la pell o amb els ulls, ja que es tracta d'una substància irritant, corrosiva i tòxica.

En definitiva, no trobo gens correcte utilitzar aquests àcids per aconseguir que la pintada es quedi marcada, ja que té molts punts en contra.

Com que ja era la darrera part del treball, no vam tenir prou temps per fer l'activitat de coregulació (quadre 6), que segurament hauria ajudat a millorar la qualitat dels textos escrits i a desenvolupar la capacitat d'autoregular-se.

Redactor/a:

Avaluador/a:

Criteris d'avaluació	Si	R	No	Què aconsellaries per millorar-lo?
1. La idea o les idees que s'hi defensen, són rellevants en relació amb el problema plantejat?				
3. S'hi fa referència a totes les idees possibles?				
3. Les raons o els arguments exposats, tenen fonament científic?				
3. Tenen en compte els punts de vista contraris?				
4. Dóna evidències que convencin?				
5. Està escrit d'una manera que s'entengui?				

Quadre 6: Activitat «Grafits a prova de bomba». Criteris per avaluar el text i coregular-lo.

Una primera valoració

Tot i que encara no hem fet cap anàlisi aprofundida sobre els resultats de l'activitat, hem pogut constatar que l'alumnat té dificultats per identificar els coneixements que necessita activar per analitzar el problema. Cap estudiant no es posa en el rol de científic i només quan s'orienta els alumnes amb la guia del quadre 5, comencen a pensar en les propietats i en l'estructura del vidre.

Tanmateix, quan reconeixen que els seus coneixements els serveixen per trobar informació útil i per fonamentar la seva opinió, aleshores es motiven molt. En finalitzar l'activitat, demanen quan en faran una altra de similar.

Aquesta activitat s'ha realitzat en el marc de les classes de química, però ben segur que s'hauria pogut plantejar de manera conjunta amb les de llengua, per aprofundir més en la lectura i l'escriptura del text; amb les de ciències socials, per comprendre com es paguen els serveis públics a la nostra societat, i amb les de tutoria, per contrastar i valorar la proliferació de grafitis per la ciutat. Tanmateix, com que aquest treball interdisciplinari és encara molt difícil de realitzar als nostres IES, creiem que, tot i el temps que comporta, no podem deixar de plantejar-lo, si volem promoure el desenvolupament de la competència científica.

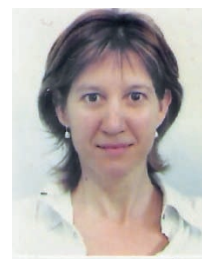


Referències bibliogràfiques

- CASSANY, D. (2006). *Rere les línies: sobre la lectura contemporània*. Barcelona: Empúries.
- IBÁÑEZ, V. E. (2003). *L'aprenentatge en cooperació i el desenvolupament d'habilitats socials com a mitjà per afavorir l'autoregulació dels aprenentatges en ciències. Elaboració d'eines i estratègies*. [Memòria de la seva llicència. Document no publicat]
- MARBÀ, A.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2008). «¿Qué implica leer en clase de ciencias? Reflexiones y propuestas». *Alambique*. [En premsa]
- MÁRQUEZ, C.; PRAT, A. (2005). «Leer en clase de ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 23 (3), p. 431-440.
- MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N.; PRAT, A.; SARDÀ, A.; CUSTODIO, E.; IZQUIERDO, M. (2005). «La formació dels alumnes com a ciutadans-lectors». *Actes de VII Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències de la Naturalesa*. Tortosa, p. 177-182
- MÁRQUEZ, C.; PRAT, A.; MARBÀ, A. (2007). «A critical reading of press advertisement in the science class». *Actes del Congrés ESERA 2007*. Malmö University.
- OCDE (2000). *Mesuring student knowledge and skills. The PISA 2000. Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Inquiry*. París: OECD Pub. Service.
- (2003). *Marc conceptual per a l'avaluació PISA 2003*. Barcelona: Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu. Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya. [Traducció de l'original en anglès]
- (2006). *Marc conceptual per a l'avaluació PISA 2006*. Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu. Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya. [Traducció de l'original en anglès]
- SANMARTÍ, N. (2003). «Ensenyar ciències a partir d'un currículum fonamentat en el desenvolupament de competències bàsiques». *Actes del Congrés de Competències Bàsiques*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.
- SARDÀ, A.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2006). «Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, núm. 5 (2).
- SARDÀ, A.; SANMARTÍ, N. (2000). «Ensenyar a argumentar científicament: un repte de les classes de ciències». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 18 (3), p. 405-422.



Neus Sanmartí Puig. Catedràtica de Didàctica de les Ciències a la Universitat Autònoma de Barcelona. Doctora en Ciències Químiques (Didàctica). Especialitzada en temes relacionats amb el desenvolupament curricular, l'avaluació formativa i el llenguatge en relació a l'aprenentatge científic. Neus.Sanmarti@uab.es



Begonya Oliveras Prat. Professora de Física i Química secundària de l'IES Doctor Puigvert. Llicenciada en Ciències Químiques per la Universitat Rovira i Virgili (Tarragona). Màster en Didàctica de les Ciències i les Matemàtiques per la UAB (2001). El seu treball de recerca es va tractar en l'habilitat cognitiva en el marc del laboratori. bolivera@xtec.cat

Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química

Using analogies creatively: a new strategy for teaching chemistry

Rosária Justi / Departamento de Química & Programa de Pós-graduação em Educação, Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil.

Paula Cristina Cardoso Mendonça / Programa de Pós-graduação em Educação, Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil.



resumo

Nesse artigo é relatada uma experiência em sala de aula, com alunos de 15-16 anos, em que eles foram solicitados a criar analogias para explicar a formação de uma ligação química e criticá-las, observando todos os aspectos positivos e negativos das mesmas. Ao analisar as respostas dos alunos, a professora percebeu algumas dificuldades em relação à compreensão de aspectos relevantes sobre ligação química que não haviam sido identificados anteriormente. A partir daí, ela pode intervir no ensino tentando discutir os aspectos centrais dessas dificuldades dos alunos.

palavras-chave

Analogias, função criativa, ligação química.

resum

En aquest article es relata una experiència d'aula amb alumnes de 15-16 anys, als quals es va demanar que creessin analogies per explicar la formació d'un enllaç químic i que les valoressin, considerant-ne tots els aspectes positius i negatius. En analitzar les respostes dels alumnes, la professora se'n va adonar d'algunes dificultats en la comprensió d'aspectes rellevants sobre l'enllaç químic, que no havien estat identificades anteriorment. Llavors, va poder modificar l'ensenyament, intentant discutir els aspectes centrals d'aquestes dificultats dels alumnes.

paraules clau

Analogies, funció creativa, enllaç químic.

abstract

In this paper, we present a teaching experience conducted with 15-16 years-old students. They were asked to produce analogies to explain the formation of a chemical bond and to criticise them from the consideration of their positive and negative parts. By analysing the students' answers, the teacher realised some of their difficulties in understanding chemical bonds that had not been identified before. Therefore, she could change the teaching in an attempt to discuss the central aspects of the students' difficulties.

key words

Analogies, creative function, chemical bond

Analogias no ensino de ciências

Numa abordagem construtivista, uma maneira de conceber a construção de conhecimentos é através do emprego de idéias familiares a situações não familiares. Nesse sentido, analogias podem ser vistas como potenciais recursos didáticos, pois elas têm como função básica estabelecer um relacionamento entre similaridades de dois domínios, sendo que um dos domínios é familiar ao estudante (domínio da analogia), enquanto o outro não lhe é familiar (domínio do alvo) (Curtis & Reigeluth, 1984).

As analogias são bastante utilizadas no ensino de ciências. Elas são apresentadas aos alunos pelos professores ou se encontram em livros didáticos apresentando função *explicativa*, isto é, apresentando uma explicação mais acessível ao aluno para algo de difícil compreensão. Nesse sentido, elas podem ser consideradas como *modelos de ensino*, isto é, representações criadas com o objetivo de ajudar os alunos a aprender aspectos do conteúdo ensinado (Gilbert & Boulter, 1995). As analogias visam atender claramente a esse fim, visto que elas podem favorecer a ocorrência de um “trânsito” melhor entre os conceitos prévios e os conceitos desconhecidos, o que pode levar o indivíduo a reestruturar suas informações, formar um novo esquema ou acrescentar novas informações às existentes.

Uma das conclusões mais recorrentes das pesquisas sobre utilização de analogias é a de que elas apresentam vantagens e desvantagens, principalmente dependendo da maneira como são utilizadas. As principais desvantagens, segundo a literatura (Glynn et al., 1989; Duit, 1991;

As analogias podem favorecer a ocorrência de um “trânsito” melhor entre os conceitos prévios e os conceitos desconhecidos, o que pode levar o indivíduo a reestruturar suas informações, formar um novo esquema ou acrescentar novas informações às existentes

Orgill & Bodner, 2004), se relacionam:

- Ao fato de poderem trazer uma informação irrelevante ao aluno, resultando em o mesmo continuar a não compreender o domínio-alvo. Por exemplo, Souza, Justi e Ferreira (2006), ao investigarem a compreensão de alunos do ensino médio sobre analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos, constataram que muitos alunos não entendem a analogia do modelo de Thomson com o pudim de passas porque esse alvo não existe na realidade deles.

- À existência de domínios análogos que não sejam realmente familiares ao aluno ou que não existam na realidade. Mendonça, Justi e Ferreira (2005) ao investigarem analogias utilizadas em livros didáticos em relação ao tema equilíbrio químico perceberam que, muitas vezes, os autores utilizam domínios análogos que são imaginários, que acarretam problemas de compreensão dos alunos. Isso porque para o aluno entender o domínio análogo ele tem que abstrair, o que pode dificultar o relacionamento entre os domínios, por haver mais ações mentais envolvidas. Por exemplo,

em uma das analogias investigadas, os autores de livros didáticos apresentaram um desenho de dois recipientes conectados (semelhante a vasos comunicantes) desempenhando o papel de um aquário contendo peixes (algo que não corresponde a um aquário real), com a intenção de explicar o deslocamento do equilíbrio químico. Além de trazer uma situação irreal ao aluno, essa analogia tende a induzi-lo a desenvolver conceitos errados sobre equilíbrio químico como a existência de reagentes e produtos em compartimentos separados.

- Ao fato de alunos recorrerem ao uso de analogias de forma mecânica, isto é, utilizando-as como sendo os próprios conceitos. Carvalho e Justi (2005), ao investigarem como os alunos do ensino médio entendem a analogia do ‘mar de elétrons’, constataram que os mesmos a utilizam como sendo o próprio conceito de ligação metálica. Isto ocorre quando o professor enfatiza apenas o domínio análogo e não explora o seu relacionamento com o conceito científico.

Para que as analogias possam contribuir para a aprendizagem é importante o professor levar em consideração que (i) seu uso torna-se recomendado quando o domínio alvo é difícil de ser compreendido e/ou visualizado pelos alunos¹ e (ii) as relações entre os dois domínios devem ser facilmente compreendidas pelos alunos. Além disso, elas devem ser claras, simples e fáceis de serem lembradas.

As analogias podem desempenhar duas funções. Uma delas é a função *explicativa*, já discutida anteriormente. A outra função é a *criativa*. Nesse caso, a analogia “estimula a solução de problemas existentes, a identificação de

1. Algo definido tanto a partir de pesquisas sobre concepções alternativas de estudantes quanto da prática de sala de aula.

novos problemas e a elaboração de novas hipóteses” (Glynn et al, 1989, p.383).

O uso de analogias desempenhando função criativa é algo muito mais raro no ensino. Algumas pesquisas (Wong, 1993; Kaufman, et al, 1996; Pittman, 1998; Oliva, 2004) relatam que quando os alunos têm oportunidade de criar uma analogia, eles podem usar e/ou desenvolver sua criatividade e sua habilidade de gerar conexões novas e inusitadas entre dois domínios. Quando o aluno é convidado a analisar sua criação, ele poderá também desenvolver sua capacidade crítica. Além disso, a criação de analogias pelos alunos propicia ao professor um contexto diferente para perceber as concepções alternativas e/ou dificuldades de aprendizagem dos alunos. Por tudo isso, acreditamos que a utilização de analogias com função criativa pode fundamentar boas estratégias de ensino.

Uma nova perspectiva no ensino

Nesse artigo, relatamos uma experiência vivida em sala de aula a partir da utilização de uma estratégia de ensino fundamentada na elaboração de analogias pelos próprios alunos.

Dentre os temas químicos que, em geral, os alunos apresentam dificuldades de aprendizagem, optamos por trabalhar com *ligações químicas*. Tal opção foi feita também porque, em geral, os livros didáticos não apresentam muitas analogias para esse tema. Assim, as idéias expressas pelos alunos não seriam “contaminadas” por algo que eles tivessem apenas lido nos livros e não correspondesse à sua real compreensão sobre o tema. Além disso, a professora não havia utilizado analogias durante o ensino de ligação química.

A criação de analogias pelos alunos propicia ao professor um contexto diferente para perceber as concepções alternativas e/ou dificuldades de aprendizagem dos alunos

Os acontecimentos relatados e comentados neste artigo aconteceram em duas turmas (totalizando 46 alunos) do 2º ano do Ensino Médio (15-16 anos) de uma escola pública federal de Belo Horizonte, Brasil. Esses alunos já haviam estudado ligações iônica e covalente e estavam estudando ligação metálica. Uma das autoras deste artigo era a professora dessas turmas. A professora achou pertinente utilizar essa atividade para suas turmas por acreditar na relevância da utilização de analogias no ensino e porque naquela escola o ensino era centrado nos alunos, isto é, eles eram convidados a utilizar seus conhecimentos prévios para explicar as propriedades das substâncias na proposição de modelos, havendo espaço para discussão entre eles e com a professora. Ao propor a atividade para os alunos, a professora tinha como objetivos: caracterizar os conhecimentos dos alunos sobre ligação química identificando, particularmente, possíveis concepções alternativas sobre o tema e favorecer a ocorrência de uma situação em que os alunos deveriam analisar criticamente suas próprias idéias.

Neste artigo, pretendemos relatar a experiência vivida nessas duas turmas, a fim de que professoras possam entender o significado e a validade de se utilizar analogias com a função criativa em sala de aula.

Criando analogias para ligação química

No início da primeira atividade (ocorrida numa aula com duração de 100 minutos), a professora realizou uma discussão com os alunos sobre o que seria uma analogia, exemplificando com duas analogias bem conhecidas: a do átomo de Bohr com o sistema solar e a da unidade mol com a unidade dúzia (cujos domínios já haviam sido estudados pelos alunos). Visando certificar-se de que os alunos entendiam o significado de analogia, eles foram solicitados a citar as características comparáveis entre um domínio e outro de cada uma das analogias, assim como suas limitações.

Objetivos: caracterizar os conhecimentos dos alunos sobre ligação química identificando, particularmente, possíveis concepções alternativas sobre o tema e favorecer a ocorrência de uma situação em que os alunos deveriam analisar criticamente suas próprias idéias.

No segundo momento, a professora solicitou que os alunos se organizassem em duplas, para realizar uma atividade na qual eles mesmos elaborariam uma analogia. A proposta de realizar a atividade em duplas teve como objetivo o incentivo recíproco entre os pares, especialmente para fazer aflorar a criatividade, tendo em vista a considerável exigência cognitiva requerida naquela situação.

Em seguida, a professora entregou o roteiro da atividade e fez uma leitura breve de cada questão com a turma a fim de garan-

tir que os alunos entendessem as solicitações feitas. A partir daí, ela não mais interferiu na realização da atividade.



Atividade aula 1

A atividade em aula 1 constava de seis questões. A primeira delas solicitava que os alunos elaborassem uma analogia para ajudar um colega a entender como uma ligação química acontece. Em seguida, eles deveriam explicar detalhadamente como usariam a analogia proposta. Essa segunda questão visava nos ajudar a perceber qual era a familiaridade dos alunos com o tema ligação química. Além disso, esperávamos que a questão ajudasse os alunos a pensar sobre alvo e análogo, buscando atributos comuns entre eles. Na terceira questão, solicitamos que os alunos julgassem se a analogia proposta por eles era boa ou não, e que justificassem seu julgamento. Na quarta questão, os alunos deveriam explicitar quais aspectos a analogia era capaz de explicar e, na quinta questão, quais aspectos a analogia não explicava satisfatoriamente bem. Finalmente, a sexta questão tinha por objetivo fazer com que os alunos avaliassem o processo vivido por eles durante a atividade em termos das dificuldades que sentiram.

Nesse sentido, as questões 4 e 5 favoreciam um exame mais detalhado de todos os aspectos positivos e negativos da analogia elaborada. Elas foram acrescentadas na atividade exatamente porque acreditamos que este é um pré-requisito importante para que uma analogia possa desempenhar um papel efetivo na aprendizagem. Esperávamos que essas questões ajudassem os alunos a perceber mais nitidamente a relação entre alvo e análogo, refletindo sobre um aspecto ao qual nem sempre os professores e os livros didáticos atribuem devida atenção: a discussão de aspectos do análogo que explicam bem aspectos do alvo e de aspectos do alvo que não são explicados pelo análogo ou, ainda, de outros aspectos que não apresentam semelhança nenhuma entre esses dois domínios. A análise específica dos dados obtidos nessa atividade foge ao escopo deste artigo e está apresentada em outro artigo (Mendonça, Justi & Mendes, 2006) que deve ser consultado caso haja interesse numa descrição mais detalhada das analogias elaboradas pelos alunos.

Durante a execução da atividade, alguns alunos mostraram ter dificuldade em realizá-la, enquanto outros gostaram do desafio desde o início. No geral, todos os alunos se mostraram interessados e também surpresos com esse tipo de atividade.

Analizando as analogias e ações da professora

Através da análise das respostas em aula 1, a professora identificou alguns aspectos muito importantes, relacionados:

ao entendimento dos alunos sobre ligação química. Foi possível perceber as idéias que os alunos apresentavam sobre como uma ligação é formada (incluindo aspectos relativos a forças de atração e repulsão, estabilidade e energia) e também sobre as relações entre as propriedades das substâncias e o tipo de ligação química²; às concepções inadequadas que os alunos apresentavam sobre o tema. Alguns alunos fizeram confusão entre ligação e interação intermolecular e entre molécula e átomo ao mesmo tempo³. Além disso, apesar de o ensino ter ocorrido da mesma maneira nas duas turmas,



2. Apesar de aos alunos terem sido solicitados a elaborar uma analogia sobre como se dá estabelecimento de uma ligação química em geral, alguns focaram suas analogias em um tipo de ligação em específico, enfatizando relações entre esse tipo de ligação e as propriedades das substâncias formadas por tal tipo de ligação.

3. Nesse caso, os alunos relacionaram as forças de atração entre pólos opostos de um ímã com as forças de atração entre cátions e ânions na ligação iônica. O mais adequado seria que eles tivessem pensado no ímã como sendo a própria molécula polar e nas atrações entre os pólos dos vários ímãs como interações entre as várias moléculas.

somente em uma delas foi diagnosticada a presença da concepção equivocada de ligação iônica como sendo uma transferência de elétrons. Como em ambas as turmas a professora não havia enfatizado esse fato durante o ensino, ela concluiu que os alunos trouxeram esse conceito de outra etapa de escolarização e que o ensino vivenciado por eles até o momento naquele ano escolar não havia sido capaz de ajudá-los a modificar tal concepção; à capacidade dos alunos de integrar elementos de dois domínios distintos, bem com a criatividade deles ao propor a analogia. De fato, a professora ficou surpresa com as comparações estabelecidas pelos alunos, pois muitas delas envolviam domínios bastante incomuns. Um exemplo foi a analogia entre afinidade entre átomos semelhantes e peças que se encaixam num jogo de quebra-cabeças. Os alunos também estabeleceram relacionamentos com domínios próximos do cotidiano deles, envolvendo, principalmente, sentimentos, relacionamento entre pessoas. Os exemplos de domínios análogos mais comuns foram: beijo entre duas pessoas, mulher (núcleo) atraindo homens solteiros (elétrons livres), e cargas opostas se atraindo como homem e mulher através do amor; à capacidade de argumentação dos alunos sobre suas próprias analogias. Isto foi percebido particularmente pelo fato de a maioria deles ter sido capaz de avaliar de forma adequada as limitações das mesmas. Por exemplo, alunos que propuseram uma analogia relacionada à formação de ligação covalente através de compartilhamento de elétrons, com base na regra do octeto, reconheceram que a analogia não seria capaz de

explicar a formação e estabilização de todas as substâncias porque nem todas obedecem a essa regra⁴.

Após analisar as respostas escritas dos alunos de ambas as turmas, a professora selecionou analogias que explicitavam concepções alternativas sobre o domínio alvo e outras em que a correspondência de atributos entre os dois domínios tinha sido feita satisfatoriamente, de forma a fundamentar a discussão com os alunos.



Atividade aula 2

Em outra aula (aula2), eles foram divididos em grupos (de cinco alunos) e cada grupo recebeu duas analogias envolvendo aspectos diferentes de ligação química (que não haviam sido criadas por alunos de outros grupos). A autoria das analogias não foi divulgada. Os alunos foram solicitados a analisá-las, identificando pontos positivos e negativos de cada uma delas.

Em seguida, todos os grupos alunos em aula 2, apresentaram as analogias e seus respectivos comentários para a turma. Quando necessário, a professora complementou os comentários feitos pelos alunos. Sempre que possível, isso foi feito a partir de questões que visavam ajudar os alunos a pensar sobre algum outro aspecto importante. Esse foi um momento considerado de extrema importância pela professora, pois os alunos puderam esclarecer suas dúvidas sobre ligação química de uma maneira

diferente da que geralmente ocorre no ensino tradicional, quando os alunos apenas questionam algum aspecto que lhes parece confuso quando o professor apresenta o conteúdo. A participação dos alunos nas discussões, que já era boa anteriormente, foi significativamente favorecida nesta atividade.

Considerações finais

A realização dessas atividades evidenciou a importância de os alunos criarem e discutirem suas próprias analogias. Isto porque elas favoreceram (i) a expressão das idéias dos alunos de uma forma criativa e autêntica, (ii) o envolvimento dos mesmos na discussão dessas idéias, (iii) a percepção sobre a importância de se considerar tanto aspectos positivos quanto as limitações de analogias.

Além disso, verificou-se que as atividades foram instrumentos valiosos para ajudar a professora a diagnosticar as concepções (adequadas ou não) dos alunos. Acreditamos que isso aconteceu porque, em atividades como essas, o aluno tem que expor suas próprias idéias, ao invés de simplesmente declarar algo (que ele acha que o professor espera que seja declarado).

Finalmente, gostaríamos de enfatizar outro aspecto importante dessa situação de ensino: o fato de a professora ter tido oportunidade de perceber as dificuldades dos alunos (não percebidas anteriormente, durante o ensino regular do tema) e intervir no processo de ensino desse tema através da discussão das mesmas. Acreditamos que isso é extremamente relevante e deve ser sempre buscado por professores comprometidos com a aprendizagem significativa de seus alunos.

4. Apesar de esta não ser a única, nem a mais importante, limitação desta analogia, os próprios alunos foram capazes de identificá-la facilmente, o que julgamos relevante de ser destacado na atual discussão.

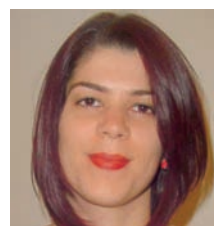
Referências bibliográficas

- CARVALHO, N.B. & JUSTI, R.S. (2005). Papel da analogia do "mar de elétrons" na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 extra. Disponível em <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.
- CURTIS, R.V. & REIGELUTH, C.M. (1984). The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.
- FERRAZ, D.F. & TERRAZZAN, E.A. (2003). Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação?, *Ciência & Educação*, 9, 213-227.
- GILBERT, J. K. & BOULTER, C.J. (1995). Stretching models too far. Artigo apresentado no Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- GLYNN, S.M., BRITON, B.K., SEMRUD-CLIKEMAN, M. & MUTH, K.D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J.A. Glover, R.R. Ronning & C.R. Reynolds (Eds.). *A handbook of creativity: Assessment, research and theory* (pp. 383-398). New York: Plenum.
- GLYNN, S.M. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-With-Analogies Model. In S.W. Glynn, R.H. Yeany and B.K. Briton (Eds.). *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- KAUFMAN, D. R., PATEL, V.L. & MAGDER, S.A. (1996). The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18, 369-398.
- MENDONÇA, P.C.C., JUSTI, R.S. & FERREIRA, P.F.M. (2005). Analogias utilizadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 extra. Disponível em <http://www.blues.uab.es/rev-ens-ciencias/>.
- MENDONÇA, P.C.C., JUSTI, R. & OLIVEIRA, M.M. (2006). Analogias sobre Ligações Químicas Elaboradas por Alunos do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6. Disponível em <http://www.fae.ufmg.br:8080/abrapec/revista/index.html>.
- MONTEIRO, I.G. & JUSTI, R.S. (2000). Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- OLIVA, J.M. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3. Disponível em http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART7_VOL3_N3.pdf.
- ORGILL, M., & BODNER, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 15-32.
- PITTMAN, K. M. (1998). Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1-22.
- SOUZA, V.C.A., JUSTI, R. & FERREIRA, P.F.M. (2006). Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: Uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- WONG, E.D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool of explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1259-1272.

Agradecimentos: CNPq, Brasil.



Rosária Justi é professora do Departamento de Química e do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, Brasil. Ela é bacharel e licenciada em Química, mestre em Educação e doutora em Educação em Ciências (Universidade de Reading, UK). Já realizou um pós-doutorado na área de Ensino de Química e atualmente é uma das editoras do *International Journal of Science Education*. Além disso, faz parte do corpo de pareceristas de vários periódicos brasileiros e internacionais.
rjusti@ufmg.br



Paula Cristina Cardoso Mendonça é professora de Química no nível médio e de disciplinas relacionadas ao Ensino de Química na Universidade Vale do Rio Verde (UNINCOR), no campus de Betim, Minas Gerais. Ela é licenciada em Química, mestre e doutoranda em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais.
paulaquimica2003@yahoo.com.br

Educació química i sostenibilitat

Chemistry education and sustainability

Amparo Vilches i Daniel Gil / Universitat de València, CIMA (Científics pel Medi Ambient)



resum

Aquest treball vol ser una contribució a la crida de les Nacions Unides als educadors de totes les àrees i de tots els nivells perquè contribuïm a formar una ciutadania conscient dels problemes als quals ha de fer front avui la humanitat i preparada per participar en la presa de decisions fonamentades. Una tasca que resulta particularment funcional des de l'educació química i que pot ajudar a desfer prejudicis envers la tasca realitzada pels químics.

paraules clau

Emergència planetària; problemàtica "glocal"; enfocament holístic; principi de precaució; sostenibilitat.

abstract

This paper has been conceived as an answer to the UN call to educators of all levels and subjects to contribute to a correct perception of the state of the world and prepare citizens for decision-making, generating responsible attitudes and behavior oriented towards the attainment of culturally plural and physically sustainable development. This task can be undertaken through Chemistry Education and could help to overcome the usual prejudices against chemists' work.

key words

global emergencies; "glocal" problems; holistic approach; caution principle; sustainability.

Introducció

Parlar de química i sostenibilitat pot semblar a molts, malauradament, que és esmentar la corda en casa del penjat i que valdria més que els químics no en diguéssim res.

No hem estat potser, els químics, els aprenents de bruixots que hem sintetitzat la llarga llista

dels COP (contaminants orgànics persistents)? No som, per ventura, els creadors dels compostos clorofluorocarbonats, que han estat a punt de destruir la capa d'ozó, els responsables de la pluja àcida, de les emissions de CO₂ que estan provocant el canvi climàtic, etc., etc.? En definitiva, no és la «sopa química» en la qual

estem immersos la major causa de la degradació insostenible a la qual estem sotmetent la biosfera i que amenaça amb el col·lapse de les nostres societats (Diamond, 2006) i fins i tot amb una sisena gran extinció, ja en marxa, que arrossegaria a la pròpia espècie humana (Lewin, 1997; Brosimmer, 2005)?

L'educació química, com tota l'educació, ha de parar atenció molt particularment, a formar una ciutadania preparada per participar en la presa de decisions

Cal, sens dubte, posar fre raonadament a l'atribució de l'origen dels problemes actuals de la humanitat a l'activitat dels químics i, més en general, dels científics i tecnòlegs. Es tracta d'una simplificació maniquea en la qual, és veritat, resulta ben fàcil caure; perquè, avui en dia, la tecnociència i, en particular, la química, *ho impregna tot*. Si enumeràrem les contribucions de la química al benestar humà, la llista seria almenys tan llarga com la dels efectes negatius que provoca. No podem ignorar, però, que la fabricació de, per exemple, els freons, no és sols responsabilitat dels químics, sinó que també implica empresaris, economistes, treballadors i polítics. Les crítiques i les peticions de rectificació han d'estendre's a tots, inclosos els «simples» consumidors de productes nocius. Tots hem de reconèixer la nostra part de responsabilitat en aquest afer.

És cert que la humanitat tan sols ha començat recentment a conèixer els problemes que posen en perill la seva continuïtat i que moltes persones no som conscients dels efectes depredadors de les nostres accions; tendim a minimitzar-los, a pensar que tot continuarà «com sempre», i això inclou molts dels científics i educadors. Per aquest motiu, és molt important que EDUCACIÓ QUÍMICA hagi decidit dedicar una secció permanent a «Química i medi ambient», que es podria igualment intitular «Química i sostenibilitat», perquè el que s'hi pretén, entenem, és posar l'educació química al servei d'un futur sostenible.



L'educació química, com tota l'educació, ha de parar atenció als problemes que amenacen la nostra supervivència, esbrinar les causes d'aquests problemes, contribuir a cercar-ne les solucions i, molt particularment, a formar una ciutadania preparada per participar en la presa de decisions. Això és el que ens han demanat les Nacions Unides als educadors de totes les àrees i de tots els nivells mitjançant la institució de la Dècada de l'Educació per un Futur Sostenible, que s'estén de 2005 a 2014 (www.oei.es/decada).

Podem recordar també les crides que la pròpia comunitat científica ha adreçat als seus membres i referir-nos, per exemple, a la petició de Jane Lubchenko, com a presidenta de l'AAAS (American Association for the Advancement of Science), la més important associació científica, perquè els científics reorientem el nostre treball en aquest segle XXI per fer front a la greu situació d'emergència planetària.

Cal reconèixer, a més, que, en el cas de l'educació química, la resposta a aquestes crides es veu afavorida per l'estret lligam existent entre molts dels continguts tractats i els problemes als quals ens hem d'enfrontar. De fet, estudiar, per exemple, la síntesi orgànica i no fer referència tant a les repercussions positives com a les negatives que l'acompanyen, no plante-

jar la necessitat d'aplicar sistemàticament el principi de precaució, suposa un greu empobriment d'aquest estudi, ja que proporciona una visió descontextualitzada de la ciència i contribueix, com ha mostrat una investigació abundant, a promoure el desinterès i les actituds negatives dels estudiants (Fernández i altres, 2005).

connectar els continguts amb problemàtiques vitals, com ara la situació del món, contribueix a fer augmentar l'interès dels estudiants per la química i el seu ensenyament i, d'aquesta manera, aprenen més i millor

Convé, doncs, aprofitar les nombroses ocasions que ens proporciona l'ensenyament de la química per contribuir a instaurar la formació ciutadana que les Nacions Unides reclamen justificadament. Perquè, a més, com ha posat de manifest la investigació educativa, connectar els continguts amb problemàtiques vitals, com ara la situació del món, contribueix a fer augmentar l'interès dels estudiants per la química i el seu ensenyament i, d'aquesta manera, aprenen més i millor.

Dedicarem aquest treball a donar a conèixer aquesta iniciativa de la Dècada de l'Educació per un Futur Sostenible.

Per què una dècada?

Les Nacions Unides, durant la Primera Cimera de la Terra (Rio 1992), realitzaren una crida als educadors de tots els camps i nivells, tant de l'educació formal com de la no reglada, perquè contribuïrem a formar ciutadans i ciutadanes conscients de l'actual situació d'emergència planetària i preparats per a participar en la necessària presa de decisions. L'expressió «emergència planetària» (Bybee, 1991) conferia a la crida un dramatisme del qual no érem conscients i suposà una sorpresa per a molts de nosaltres (Domènech i altres, 2006).

La sorpresa va créixer quan una breu recerca bibliogràfica ens permeté esbrinar que, de crides com aquesta, ja se n'havien fet molt abans, per exemple: a la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Humà (Estocolm 1972), sense que la immensa majoria dels educadors ens n'haguéssim assabentat. Tampoc la crida de la Cimera de Rio, malgrat el seu major impacte mediàtic, aconseguí la implicació necessària del conjunt dels educadors en el tractament de la situació del món com a problema prioritari de la nostra activitat de docència i/o recerca en el camp de l'educació científica. De fet, una anàlisi de la literatura publicada, els manuals educatius, les concepcions dels educadors, etc., ens féu concloure que la problemàtica de la situació del món no era tractada explícitament i global, ni en l'educació formal (curriculum escolar), ni en la no reglada (museus, premsa, documentals...), ni en la formació del professorat (Edwards i altres, 2004).

És per això que, deu anys després, a la Segona Cimera de la Terra (Johannesburg 2002), es va comprendre la necessitat d'organitzar una campanya intensa i de

llarga durada. Va sorgir, així, la proposta d'instituir la Dècada de l'Educació per un Futur Sostenible, amb el propòsit d'aconseguir la implicació de la generalitat dels educadors en la formació d'una ciutadania conscient sobre la situació del planeta i preparada per a la presa de decisions necessària (Resolució 57/254, aprovada el 20 de desembre de 2002 per l'Assemblea General de les Nacions Unides).

Convé assenyalar que es tracta d'una iniciativa que no suposa ignorar ni pretén entrar en competència amb res del que s'ha fet fins ací, ans al contrari: busca potenciar les abundoses —encara que insuficients— accions ja existents en el camp de l'educació ambiental, l'atenció a les relacions CTSA (ciència, tecnologia, societat i ambient), etc., i constitueix, per damunt de tot, una iniciativa destinada a generar i multiplicar noves accions a fi de crear un clima d'implicació generalitzada per fer front a la situació d'emergència planetària.

Ara bé, això demana aclarir no només els problemes als quals ha de fer front avui la humanitat per tal de garantir la seua supervivència, sinó també els obstacles —sens dubte seriosos— que han bloquejat les crides precedents.

Per raons d'espai, no ens detindrem ací en l'estudi del conjunt de problemes estretament vinculats que caracteritzen la situació d'emergència planetària i ens limitarem a enumerar-los. Remetem a una àmplia literatura per fer-ne un major aprofundiment (Worldwatch Institute, 1984-2008; Vilches i Gil, 2003; Duarte, 2006; Vilches i Gil Pérez, 2007). Els problemes són: una contaminació pluriforme i sense fronteres amb seqüeles «glocals» (és a dir, locals i globals a la vegada), entre les quals destaca un

canvi climàtic ja en marxa; l'exhauriment i la destrucció dels recursos naturals (el petroli i altres fonts d'energia fòssil, l'aigua dolça, el sòl cultivable, etc.); una urbanització accelerada i desordenada que es tradueix en focus d'alta contaminació, destrucció de terrenys agrícoles, etc.; degradació de tots els ecosistemes i pèrdua de biodiversitat i de diversitat cultural; desertització; etc.

Tampoc no podem detenir-nos en l'estudi de les causes d'aquest conjunt de problemes. Tan sols esmentarem breument alguns dels comportaments individuals i col·lectius que hi estan associats. Hem de referir-nos, així, en primer lloc, a l'aposta per un creixement econòmic, generalment lloat i desitjat, però que és insostenible en un món finit i que sovint resulta agressiu amb el medi físic i nociu per als éssers vius, atès que és el fruit de comportaments guiats per interessos i valors particulars i a curt termini (Meadows i altres, 1972 i 1992). Aquest creixement està associat a l'hiperconsum de les societats «desenvolupades» i dels grups acabats de totes les societats; un consum excessiu, estimulat per una publicitat agressiva, generadora de falses necessitats, que impulsa a «usar i llençar» i les modes efímeres, i que promou productes sense parar atenció a l'impacte ecològic que poden provocar.

Ara bé, el creixement econòmic i les seves seqüeles de degradació ambiental no són únicament el resultat de l'hiperconsum de la cinquena part de la humanitat: hem de considerar també els efectes de l'explosió demogràfica en un planeta de recursos limitats (Comissió Mundial del Medi Ambient i del Desenvolupament, 1988). Se superposen, doncs, dos factors que estan associats de

forma permanent i indissoluble a l'impacte de la humanitat sobre el medi: la dilapidació dels més rics i la nombrosa població mundial (Ehrlich y Ehrlich, 1994; Delibes i Delibes, 2005). Tots dos factors contribueixen a generar enormes, inacceptables i, a la llarga, insostenibles *desequilibris* entre distints grups humans. Uns *desequilibris* que no fan sinó augmentar, i que suposen la coexistència de la dilapidació dels uns junt a la fam i la falta de condicions higièniques, d'atenció mèdica, d'educació, etc. dels altres, i que es tradueixen en tot tipus de conflictes i violències: guerres (amb les curses d'armament i destrucció consegüents, sens dubte el pitjor atemptat a la sostenibilitat); migracions massives; terrorisme; activitats de les màfies..., i d'empreses transnacionals que imposen els seus interessos particulars escapant a tots els controls democràtics (Mayor Zaragoza, 2000).

La major part d'aquests problemes reben l'atenció dels mitjans de difusió i són coneguts per la majoria dels educadors. Cal, doncs, esbrinar les raons per les

quals no solen aprofitar-se les nombroses ocasions que es presenten per tractar, explícitament i global, la problemàtica de la situació del món, ni en l'educació formal (currículum escolar) ni en la no reglada (museus, documentals, premsa...).

Quins poden ser els obstacles que dificulten el tractament de la situació d'emergència planetària?

Una primera i seriosa dificultat rau en la manca de tradició, en el sistema educatiu, d'estudiar problemàtiques globals, com ara la situació del món, que demanen un tractament sistèmic (Morin, 2001). Els problemes són estudiats, en el millor dels casos, aïlladament, sense una voluntat explícita de fer-ne cap plantejament holístic.

Ni tan sols quan el currículum inclou elements d'educació ambiental, se sol estudiar la problemàtica global de la situació del món, atès que, com ha mostrat la investigació, les qüestions ambientals es tracten amb enfocaments locals —ací i ara— i reduccionistes. És a dir, es posa

l'accent quasi exclusivament en el medi natural, sense tenir en compte els seus lligams amb uns altres factors que hi estan estretament relacionats: econòmics, polítics, culturals... (Tilbury, 1995). Hem pogut constatar, però, que una reflexió col·lectiva, expressament orientada a analitzar globalment els problemes del planeta, permet superar reduccionismes i comprendre l'estreta vinculació entre els diferents problemes i llurs repercussions locals i globals.

Cal, per tant, aprofundir en el tractament dels problemes, venent les barreres que dificulten els enfocaments globals, com ara el costum arrelat de considerar que el planeta és immens i que està proveït de recursos pràcticament il·limitats. De fet, fins fa gairebé un segle, mentre la població mundial es va mantenir en nivells molt per sota dels actuals i el desenvolupament tecnocientífic no havia globalitzat el planeta, els efectes de les activitats humanes quedaven compartimentalitzats localment. A hores d'ara, però, no podem seguir contemplant els problemes com si fossin



delimitats i «llunyans», perquè n'hi ha molts (increment de l'efecte hivernacle, pluja àcida, destrucció de la capa d'ozó...) que han adquirit un caràcter global que ha convertit «la situació del món» en objecte directe de preocupació (Bybee, 1991). Hem de fer comprendre que la nostra vida i la de moltes altres espècies depenen d'equilibris bastant fràgils..., que s'estan trencant.

Una altra tradició que dificulta els plantejaments globals és «la defensa d'allò nostre» (la nostra família, el nostre clan, el nostre país, la nostra espècie...) contra «l'exterior», vist com el contrincant a qui hem de vèncer, segons una estratègia de «nosaltres o ells».

Això es tradueix en la valoració del que ens és més immediat, a buscar la solució als problemes «nostres» i a curt termini, sense pensar en els altres ni en les generacions futures. En definitiva, es tradueix en actituds egocèntriques, etnocèntriques, antropocèntriques..., que ignoren els interessos i els drets dels altres. Actituds criticables, no sols per raons ètiques, sinó també perquè constitueixen l'expressió d'un egoisme poc intel·ligent, que no pren en consideració les conseqüències, *per a nosaltres mateixos*, de les accions guiades per interessos particulars i immediats contra els dels altres. Cal comprendre, en efecte, la insostenibilitat de «solucions» afavoridores de desequilibris inacceptables.

Cal també prendre en consideració barreres d'origen ideològic, religiós, etc., que impedeixen comprendre la gravetat de problemes com ara l'explosió demogràfica, i això a causa de lectures literals de mites de l'estil del manament «creixeu i multipliqueu-vos» (cosa certament adient quan la població humana era ben reduïda i la mortalitat, molt alta).

I podem referir-nos a la tendència a responsabilitzar dels problemes del planeta exclusivament els altres (la gran indústria, la tecnociència...) i considerar que les accions individuals tenen efectes irrelevants. La nostra possible reducció en la utilització dels recursos, com ara l'aigua, el paper, etc., o el nostre possible estalvi energètic s'excusa, per exemple, argumentant que és negligible davant l'enorme consum de la gran indústria.

Resulta fàcil, però, mostrar, amb càlculs ben senzills, que les petites reduccions en el consum energètic per càpita, per seguir amb aquest exemple, en multiplicar-se pels milions de persones que poden fer aquest estalvi, es converteixen en quantitats ingents d'energia, amb la reducció consegüent de recursos utilitzats i de la contaminació ambiental corresponent. De fet, la suma de les accions individuals, en bastants casos, té un efecte major que la del conjunt de la indústria. Així, per exemple, les bombetes incandescentcs provoquen més emissió de CO₂ a l'atmosfera que tot el trànsit rodat mundial.

En definitiva, no podem defugir la nostra responsabilitat i descarregar-la en els altres. Al capdavall, som responsables fins i tot d'allò que fan els governs: responsables d'haver-los elegit i de vigilar-ne les polítiques, quan es tracta de règims democràtics, i responsables de lluitar per la democràcia en cas contrari.

En conseqüència, la idea que els responsables són els altres (les indústries químiques, els governs...) no se sosté i ha de ser qüestionada. En aquest mateix sentit, cal posar fre, com ja hem assenyalat en la introducció, a l'atribució de l'origen dels problemes al desenvolupament tecnocientífic.

Hem d'analitzar aquestes barreres i pseudoexplicacions i d'al-

tres que dificulten el tractament de la situació d'emergència planetària per part dels educadors. Tanmateix, una de les dificultats més grans rau en la major insistència que sol fer-se en l'enumeració dels problemes i no pas en la recerca de les possibles solucions. Com han mostrat Hicks i Holden (1995), estudiar exclusivament els problemes provoca, en el millor dels casos, indignació i, en el pitjor, desesperança. Cal, doncs, dedicar la màxima atenció a l'estudi de les solucions, a explorar futurs alternatius i a participar en accions que afavoreixin els canvis necessaris (Tilbury, 1995).

Què es pot fer?

Quines mesures caldria adoptar per fer front a la situació d'emergència planetària? Disposem d'una abundosa literatura que es refereix a tot un seguit de possibles mesures específiques que, com en el cas dels problemes, hem de contemplar conjuntament, partint d'un concepte globalitzador com és el de sostenibilitat (Bybee, 1991). Un concepte que sorgeix, per via negativa, com el resultat de les anàlisis de la situació d'emergència planetària que amenaça greument el futur de la humanitat.

«Un futuro amenazado» és, precisament, el títol del primer capítol de *Nuestro futuro común*, l'informe de la Comissió Mundial del Medi Ambient i del Desenvolupament (CMMAD, 1988), a la qual devem un dels primers intents d'introduir el concepte de sostenibilitat: «El desenvolupament sostenible és el que satisfà les necessitats de la present generació sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer-ne les seves».

Aquesta idea d'un desenvolupament sostenible parteix de la

Existeix un consens general sobre la necessitat de dirigir els esforços de la investigació i la innovació cap a l'aconseguitment de tecnologies afavoridores d'un desenvolupament sostenible: des de la recerca de noves fonts d'energia fins a l'increment de l'eficàcia en l'obtenció d'aliments, passant pel tractament dels residus o la prevenció de malalties i catàstrofes.



suposició que pot, i hi ha d'haver, desenvolupament, millora qualitativa o desplegament de potencialitats *sense creixement*, és a dir, sense increment quantitatiu de l'escala física, sense incorporació d'una major quantitat de materials. Dit altrament: el creixement no pot continuar indefinidament en un món finit, però sí que és possible que hi hagi desenvolupament. Possible i necessari, perquè les formes de vida actuals no poden continuar, han d'ocórrer canvis qualitatius profunds, canvis que han d'afectar tant aquells (la majoria) que viuen precàriament, com el 20 % que viu més o menys confortablement. Aquests canvis qualitatius suposen un desenvolupament (no un creixement) que haurem de dissenyar i orientar d'una manera adient.

Cal deixar ben clar que es tracta d'un concepte absolutament nou (Mayor Zaragoza, 2000), que suposa haver comprès que el món no és tan ampli i il·limitat com hom havia cregut. I aquest coneixement és *nou*: la idea d'insostenibilitat del creixement

actual és recent i ha constituït una sorpresa per a la majoria. I és nou en un sentit més profund: s'ha comprès que la sostenibilitat exigeix prendre en consideració la totalitat dels problemes *estretament connectats* i que això sols és possible a escala planetària, perquè els problemes són també planetaris. No té sentit, doncs, aspirar a una ciutat o a un país sostenible (encara que sí que té sentit treballar perquè un país, una ciutat, una acció individual, *contribueixin* a la sostenibilitat global).

I, per contribuir a assolir la sostenibilitat, cal crear un conjunt de mesures, totes les quals són igualment imprescindibles. És important qüestionar qualsevol expectativa de trobar solucions exclusivament tecnològiques als problemes que avui en dia té plantejats la humanitat; calen, a la vegada, mesures tecnològiques, educatives i polítiques, a les quals ens referirem breument.

Existeix un consens general sobre la necessitat de dirigir els esforços de la investigació i la innovació cap a l'aconseguitment

de tecnologies afavoridores d'un desenvolupament sostenible: des de la recerca de noves fonts d'energia fins a l'increment de l'eficàcia en l'obtenció d'aliments, passant pel tractament dels residus o, la prevenció de malalties i catàstrofes. Les solucions tecnològiques ensopeguen amb els obstacles que suposen els interessos particulars o les desigualtats, cada vegada més profundes, que hi ha en l'accés als avenços tecnològics. Tot això qüestiona la idea segons la qual els problemes que caracteritzen la situació actual d'emergència planetària tenen una solució purament tecnològica, oblidant que les opcions són fonamentalment ètiques i que, per tant, calen *també* mesures polítiques i educatives.

La manca d'espai ens impedeix analitzar ací aquest conjunt de mesures (Vilches i Gil, 2003). No volem acabar, però, sense posar fre a un dels obstacles més recurrents: la consideració de l'escassa efectivitat que s'atribueix a allò que cadascú pot fer.

Què pot fer cadascú de nosaltres?

Quan es planteja què és el que pot fer cadascú de nosaltres per afrontar la situació d'emergència planetària, és lògic que molts ens preguntem si les nostres petites accions poden tenir algun efecte en problemes d'un abast tan ampli com l'esgotament dels recursos energètics i la degradació del medi. No són problemes deguts, fonamentalment, a l'activitat de les grans indústries? El que cadascú de nosaltres hi pot fer, no és, en comparació, insignificant?

Càlculs ben senzills, però, mostren que, per exemple, les petites reduccions individuals de consum energètic, multiplicades pels milions de persones que poden realitzar aquest estalvi al món, suposen quantitats ingents d'e-

nergia, amb la reducció consegüent de contaminació ambiental. I no es tracta sols de contemplar la nostra acció com a consumidors: el que cadascú de nosaltres fa o deixa de fer junt amb d'altres — *com a consumidor, com a professional i com a ciutadà*— és determinant per aconseguir crear una societat sostenible.

Val la pena, doncs, afavorir una reflexió col·lectiva al voltant de tot allò que podem fer. Als quadres 1,2,3, 4 i 5 hi presentem, a

tall d'exemple, un seguit d'acions possibles —fruit del treball realitzat pels participants en diversos seminaris— amb les quals, cadascú de nosaltres pot contribuir a construir un futur sostenible. Cada col·lectiu i cadascú de nosaltres pot construir el seu propi quadre, adaptant-lo a les seves circumstàncies i convertint-lo així en una xarxa d'anàlisi per fer el seguiment de les pròpies contribucions a la sostenibilitat.



Quadre 1

REDUIR

(vegeu www.idae.es/consejos; www.unesco.org/water/wwap/...)

- **Reduir el consum d'aigua en la higiene, en el reg, en les piscines... (dutxes ràpides, tancar aixetes, regar per degoteig...).**
- **Reduir el consum d'energia en il·luminació**
Utilitzar bombetes de baix consum.
Apagar els llums innecessaris (vèncer inèrcies) i aprofitar la llum natural al màxim.
- **Reduir el consum d'energia en calefacció i refrigeració**
Aïllar (aplicar les normes adients d'aïllament dels habitatges).
No programar temperatures massa altes (abrigar-se més) o massa baixes (ventilar millor, posar tendals...).
Apagar els radiadors innecessaris (vèncer inèrcies).
- **Reduir el consum d'energia en transport**
Fer ús del transport públic.
Utilitzar la bicicleta i/o desplaçar-se a peu.
Organitzar desplaçaments de diverses persones en un mateix vehicle.
Reduir la velocitat.
Evitar l'avió sempre que sigui possible.
- **Reduir el consum d'energia en els electrodomèstics**
Carregar les rentadores, els rentaplats, etc. de manera adequada. No introduir aliments calents en la nevera...
Apagar completament el televisor, l'ordinador, etc. quan no s'utilitzin.
Descongelar el frigorífic regularment, revisar calderes i escalfadors, etc.
- **Reduir el consum energètic en alimentació, tot millorant-la**
Menjar més verdures, llegums i fruites i menys carn.
No consumir «laminadures».
Evitar productes exòtics que exigeixen transports costosos.
Consumir productes de temporada i d'agricultura ecològica (vegeu www.vivelaagriculturaecologica.com).
- **Reduir l'ús de paper**
Evitar imprimir documents que es puguin llegir a la pantalla.
Escriure, fotocopiar i imprimir a doble cara i aprofitant l'espai (sense deixar marges excessius al full).
- **Rebutjar el consumisme: practicar i impulsar un consum responsable (vegeu la Guia de Consum Actua)**
Analitzar críticament els anuncis (www.malababa.org). Fer-los «emmudir».
No deixar-se arrossegat per campanyes comercials (Sant Valentí, Reis...).
Anar a comprar amb una llista del que es necessita.

Quadre 2

REUTILITZAR

- Utilitzar, per exemple., paper ja escrit per una cara.
- Replegar l'aigua del lavabo i de la dutxa per utilitzar-la al vàter. Replegar l'aigua de la pluja per regar...
- No utilitzar ni acceptar objectes d'usar i llençar (en particular, bosses i embolcalls de plàstic, paper d'alumini, gots de paper...) i substituir-los per productes reutilitzables, reparant-los, si cal, mentre es pugui.
- Utilitzar productes reciclats (paper, tòner...).
- Afavorir la reutilització de roba, joguines, ordinadors..., donant-los a les ONG perquè els gestionen.
- Rehabilitar els habitatges fent-los més sostenibles (aïllament més efectiu, etc.) i evitar construccions noves.

Quadre 3

RECICLAR

- Separar les deixalles per a la recollida selectiva.
- Dur a «punts nets» el que no pot anar als dipòsits ordinaris (piles, mòbils, ordinadors, oli, productes tòxics...) i no llençar residus al vàter ni als desguassos.
- Utilitzar tecnologies respectuoses amb el medi i les persones
- Aplicar personalment el principi de precaució
- No comprar productes sense assegurar-se'n de la innocuïtat: vigilar la composició dels aliments, dels productes de netejar, de rentar la roba..., i evitar-los si no ens ofereixen garanties .
- Evitar esprais i aerosols..
- Aplicar les normes de seguretat al treball, a la llar...
- Apostar per les energies renovables a la llar, a l'automoció, etc.
- Utilitzar electrodomèstics adients de baix consum i poc contaminants (A+).
- Disminuir el consum de piles i utilitzar les recarregables.

Quadre 4

CONTRIBUÏR A PROMOURE L'EDUCACIÓ I L'ACCIÓ CIUTADANES

- Informar-nos bé i comentar amb els altres quina és la situació i què podem fer nosaltres.
- Realitzar tasques de divulgació i impuls: premsa, Internet, vídeo, fires ecològiques, materials escolars...
- Ajudar a prendre consciència dels problemes insostenibles i estretament vinculats: consumisme, explosió demogràfica, creixement econòmic depredador, degradació ambiental, desequilibris i violències...
- Donar a conèixer les accions que hi ha a l'abast personal i impulsar-ne la posada en pràctica (utilització de bombetes de baix consum, reforestació,...).
- Concebre (i ajudar a concebre) les mesures per la sostenibilitat com una millora que garanteix el futur de tots i no com una limitació, impulsant el reconeixement social de les accions positives.
- Estudiar i aplicar el que un pot fer per la sostenibilitat com a professional (professor, científic...).
- Contribuir a «ambientalitzar» el lloc de treball, el barri, la ciutat on habitem...

Quadre 5

PARTICIPAR EN ACCIONS SOCIOPOLÍTiques PER A LA SOSTENIBILITAT. AVALUAR I COMPENSAR

- **Respectar i fer respectar la legislació existent sobre protecció del medi i de defensa de la biodiversitat**
- Evitar de provocar contaminació acústica, lluminosa o visual.
- No fumar on es perjudiqui tercers i no llençar mai burilles a terra.
- No deixar residus al bosc, a la platja...
- Evitar residir en habitatges que contribueixin a destruir ecosistemes.
- Tenir cura de no danyar la flora ni la fauna.
- Complir les normes de trànsit referents a la protecció de les persones i del medi ambient.
- **Denunciar les polítiques de creixement continuat, incompatibles amb la sostenibilitat.**
- **Denunciar els delictes ecològics (tales il·legals, incendis forestals, abocaments no autoritzats,...).**
- **Respectar i fer respectar els drets humans, denunciant qualsevol discriminació ètnica, social, de gènere...**
- **Col·laborar activament i/o econòmicament amb associacions que defensen la sostenibilitat**
- **Reclamar l'aplicació del 0,7 % d'ajuda al Tercer Món i contribuir-hi personalment.**
- **Promoure el comerç just: rebutjar productes fruit de pràctiques depredadores o que s'obtinguin amb treball infantil.**
- **Reivindicar polítiques informatives clares sobre tots els problemes.**
- **Defensar el dret a la investigació, sense censures ideològiques.**
- **Exigir l'aplicació del principi de precaució.**
- **Respectar la diversitat cultural i defensar-la**
- Respectar la diversitat de llengües i defensar-la.
- Respectar els sabers, els costums i les tradicions i defensar-los.
- **Donar el vot als partits que practiquen polítiques més favorables a la sostenibilitat.**
- **Treballar perquè governs i partits polítics assumeixin la defensa de la sostenibilitat.**
- **Reivindicar legislacions locals, estatals i universals de protecció al medi.**
- **«Ciberactuar»: donar suport, des de l'ordinador, a campanyes solidàries i per la sostenibilitat.**
- **Realitzar auditories del comportament personal (habitatge, transport, acció ciutadana i professional...).**
- **Compensar las repercussions negatives dels nostres actes (emissions de CO₂, ús de productes contaminants...) mitjançant accions positives (contribuir a la reforestació, ajudar diverses ONG...)**

Perspectives

No podem ni volem acabar aquest treball amb unes conclusions, sinó assenyalant les perspectives de futur respecte al tema que hem tractat fins aquí. És necessari que ens impliquem plenament en aquesta tasca de contribuir als canvis d'actituds i comportaments, perquè pugui sorgir una nova mentalitat, una nova forma de concebre la nostra relació amb la resta de la natura. Com ha expressat Bybee (1991), la sostenibilitat constitueix «la idea central unificadora més necessària en aquest moment de la història de la humanitat». Una idea

És necessari que ens impliquem plenament en aquesta tasca de contribuir als canvis d'actituds i comportaments, perquè pugui sorgir una nova mentalitat, una nova forma de concebre la nostra relació amb la resta de la natura

central que es recolza en l'estudi dels problemes, l'anàlisi de les seues causes i l'adopció de mesures correctores. Mesures que, com

ja hem assenyalat, hem de contemplar globalment, qüestionant qualsevol expectativa de trobar solucions exclusivament tecnològiques als problemes que avui en dia té plantejats la humanitat. Calen, a la vegada, mesures tecnològiques, educatives i polítiques. I cal que tots ens hi impliquem. La química i el seu ensenyament hi tenen molt a dir.

Per això hem de saludar i agrair iniciatives com aquesta d'EDUCACIÓ QUÍMICA, d'obrir una secció permanent a les relacions entre la química i el medi ambient. Una iniciativa que va, sens dubte, en la millor direcció.

Referències bibliogràfiques

- BROSCHWIMMER, F. J. (2005). *Ecodidio: Breve historia de la extinción en masa de las especies*. Pamplona: Laetoli.
- BYBEE, R. (1991). «Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond?». *The American Biology Teacher*, núm. 53(3), p. 146-153.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.
- DELIBES, M.; DELIBES DE CASTRO, M. (2005). *La Tierra herida: ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino.
- DIAMOND, J. (2006). *Colapso*. Barcelona: Debate.
- DOMÈNECH, J. L.; GIL PÉREZ, D.; GRAS, A.; VILCHES, A. (2006). «Per què una dècada de l'educació per un futur sostenible (2005-2014)? Crida de Nacions Unides a tots els Educadors». *La Rella*, vol. 19, p. 265-288. [ISSN 1886-1032]
- DUARTE, C. (coord.) (2006). *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.
- EDWARDS, M.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A.; PRAIA, J. (2004). «La atención a la situación del mundo en la educación científica». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 22 (1), p. 47-63.
- EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. (1994). *La explosión demográfica. El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL PÉREZ, D.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. (2005). «¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica». A: GIL PÉREZ, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. (eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?: Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* [en línia]. Santiago: OREALC/UNESCO, p. 29-62. <<http://www.campusoei.org/decada/promocion04.pdf>>, març 2008
- HICKS, D.; HOLDEN, C. (1995). «Exploring the future a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, núm. 1(2), p. 185-193.
- LEWIN, R. (1997). *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets.
- MAYOR ZARAGOZA, F. (2000). *Un mundo nuevo*. Barcelona: UNESCO: Círculo de Lectores.
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. (1972). *Los límites del crecimiento*. Madrid: El País-Aguilar.
- MORIN, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós.
- TILBURY, D. (1995). «Environmental education for sustainability: defining de new focus of environmental education in the 1990s». *Environmental Education Research*, núm. 1(2), p. 195-212.
- VILCHES, A.; GIL PÉREZ, D. (2007). «Emergencia planetaria: Necesidad de un planteamiento global». *Educatio Siglo XXI*, núm. 25, p. 19- 49.
- VILCHES, A.; GIL, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible: Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2008). *The State of the World*. Nova York: W. W. Norton. [Versions en català, des de 1999, *L'estat del món*. Barcelona: Centre Unesco de Catalunya]



Amparo Vilches Peña,

catedràtica de Física i Química de l'IES Sorolla i professora associada del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València. En l'actualitat, el seu camp principal d'investigació està centrat en els aspectes axiològics del aprenentatge i, més en particular, en l'educació per a la sostenibilitat.

En la web personal: <http://www.uv.es/~vilches/> es pot accedir a les seues tasques d'investigació, docència, publicacions, etc.



Daniel Gil Pérez, catedràtic de

Didàctica de les Ciències Experimentals en situació de "jubilat en actiu" des d'octubre de 2006. Actualment centra la seua activitat investigadora, docent i ciutadana en l'educació per la sostenibilitat. En la web www.uv.es/gil es pot accedir a les seues publicacions, tesis dirigides, etc.



Quin percentatge de carboni hi ha en una petxina?

What percentage of C is there in a shell?

Josep Corominas / Escola Pia. Sitges

resum

En els continguts de química de primer de batxillerat, hi figura la determinació de fórmules empíriques i la composició centesimal d'un compost com a aspectes importants dins el bloc on s'estudia el concepte de quantitat de substància.

La determinació del percentatge d'un element en un compost, ja sigui per mètodes d'espectroscòpia o per mètodes més senzills, permet mostrar als estudiants com es pot arribar a obtenir la fórmula empírica d'un compost.

En aquest article, s'hi explica una manera de realitzar un treball pràctic força senzill, però que, presentat com a pràctica d'indagació, pot ajudar a promoure un cert grau de creativitat entre l'alumnat.

paraules clau

Treball pràctic investigatiu, composició centesimal, reacció química, fórmules empíriques.

abstract

One of the topics in first year chemistry in high school in Catalonia is the determination of empirical formula and the centesimal composition of a compound. These are important topics in the section where the concept of amount of substance is studied.

The determination of the percentage of an element in a compound can be made by spectroscopic methods or by simpler methods to allow the students to understand how they can manage their knowledge to obtain the empirical formula of a compound.

In this article, a way to carry out the determination is explained as simple practical work and it is shown that it is possible to present the practical work as an inquiry. This method can help to promote a certain degree of creativity among the students.

key words

Laboratory work, inquiry, centesimal composition, chemistry reaction, empirical formula



Introducció

El que s'exposa a continuació, és fruit de diferents classes fetes a alumnes de primer de batxillerat, en què se'ls ha proposat que resolguin quin percentatge de carboni hi ha en una petxina i de les diferents idees, propostes i accions que hi han sorgit, així com de quina manera s'han anat resolent les dificultats que s'han anat plantejant en el desenvolupament de l'activitat.

Les intervencions del professor estan escrites en cursiva.

Plantejament del problema.

Discussió prèvia a l'aula

Històricament, la fórmula dels compostos s'ha anat establint per anàlisi, de manera que cada un dels elements que formen un compost ha estat identificat per les propietats que el caracteritzen.

En aquest cas, es fixa l'atenció en unes petxines recollides de la platja que sabem que contenen àtoms de carboni en forma de carbonat de calci. El problema que se'ns presenta és com podem saber quin percentatge de carboni contenen aquestes petxines.

Per trobar-ho, podem agafar la referència dels mètodes emprats pels químics en el segle XIX quan volien determinar el percentatge de carboni que hi havia en un compost orgànic. El que feien era pesar una mostra del compost amb la màxima precisió, el cremaven amb excés d'oxigen, en recollien el diòxid de carboni format i en mesuraven la quantitat.

Sabent aquest procediment es planteja als alumnes la pregunta següent:

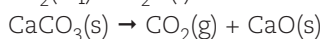
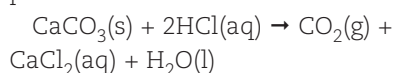
Com podríem «convertir» el carboni del carbonat de calci en diòxid de carboni?

Dues noies responen que el carbonat de calci reacciona amb els àcids i es forma CO_2 en la reacció. Qui fa aquesta proposta recorda que, en una pràctica al laboratori, ha comprovat que uns trossets de petxines de la platja

que el professor ha informat que són carbonat de calci, reaccionen amb l'àcid clorhídric, i l'efervescència correspon al CO_2 format.

El professor indica que també es pot escalfar fortament el carbonat de calci i es converteix en CO_2 i CaO . El professor indica, a més, que aquest és el procés fonamental de la fàbrica de ciment que queda a pocs quilòmetres de la localitat, però la informació deixa força indifereents els estudiants.

S'escriuen les dues reaccions possibles:



Recordem que la finalitat és trobar el percentatge de carboni que hi ha en el carbonat de calci.

Què farem un cop hurem obtingut el CO_2 ?

Hi ha alumnes que diuen que cal pesar-lo. La majoria no sap què fer-ne. Potser no s'ha plantejat prou bé la pregunta i es formula d'una altra manera:

El que necessitem és saber els mols de CO_2 , perquè són els mateixos que els mols d'àtoms de carboni en el car-

bonat de calci. Com podríem saber els mols de CO_2 format?

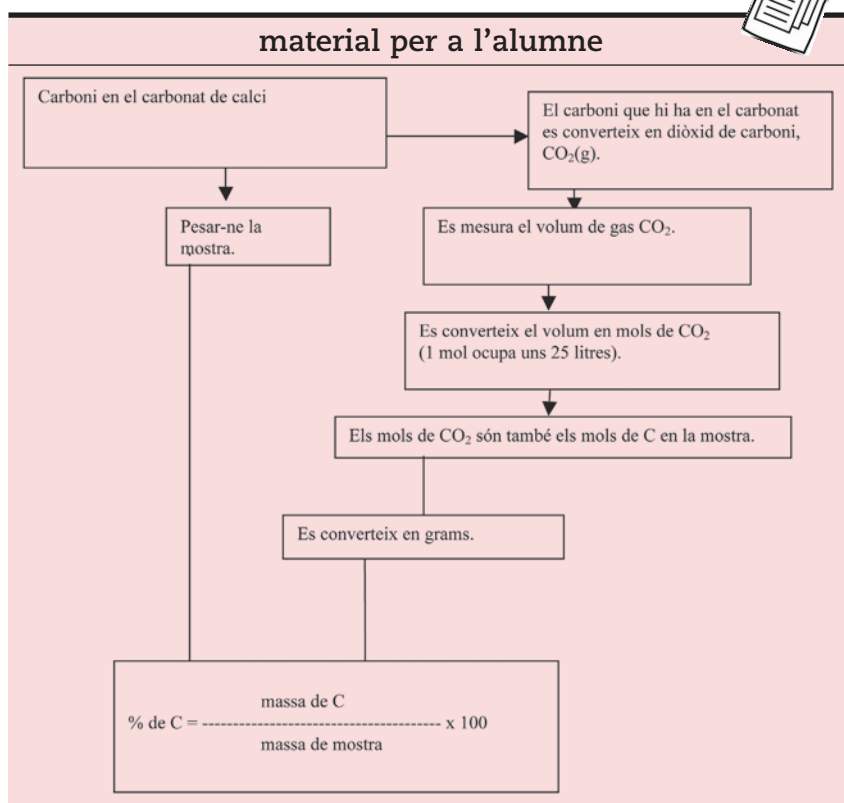
Uns quants estudiants recorden ara que el tema que s'està treballant és la determinació de fórmules empíriques i que han fet alguns problemes on precisament calculen els mols d'àtoms de carboni en un compost coneixent els mols de CO_2 .

El CO_2 és gas en condicions ambientals. Canviarà la massa de la petxina un cop escalfada fortament?

Això fa que bastants alumnes s'adonin que si es pesa una mostra, s'escalfa fort i, un cop freda, es torna a pesar, la pèrdua de massa serà la massa de gas. D'aquí poden trobar els mols d'àtoms de carboni en la mostra.

D'altra banda, el volum molar d'un gas en condicions normals a 25°C és de 24.4 litres. Serveix aquesta informació si volem utilitzar la reacció del carbonat de calci amb l'àcid per mesurar els mols de CO_2 ?

Per evitar que els alumnes no perdin el fil del que s'ha fet fins aleshores, els dos mètodes discutits es posen en dues columnes i es comença a redactar dos procediments alternatius que s'inclouen al quadre 1.

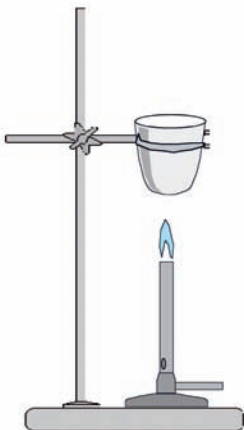
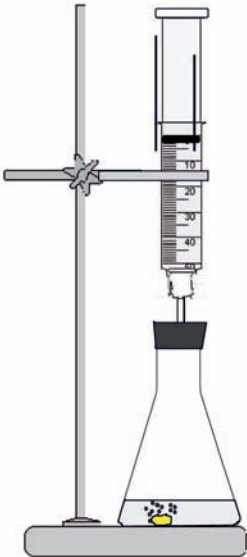
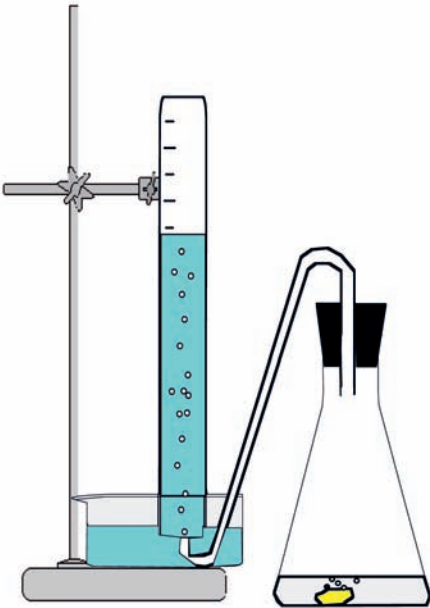


Quadre 1

Alternativa 1: escalfar fortament	Alternativa 2: reacció amb un àcid
Passos del procediment que es van consensuar: 1. Triturar la mostra de petxina. 2. Pesar un gresol amb la mostra. 3. Escalfar fort. 4. Deixar refredar i tornar a pesar. 5. Fer els càlculs. Com podem estar segurs que s'ha format tot el CO_2 possible? Aquesta pregunta estranya bastants alumnes, que donen per suposat que les coses funcionen a la perfecció a la primera. Davant la insistència del professor, es retoca el procediment emprat al començament: 4. Deixar refredar i tornar a pesar. 5. Tornar a escalfar fort. 6. Deixar refredar i tornar a pesar, per assegurar-se que ja no hi ha més pèrdua de massa, en cas contrari, caldrà repetir l'operació una altra vegada. 7. Fer els càlculs.	Passos del procediment que es van consensuar: De quina manera és pot saber el volum de gas generat en la reacció? Les propostes són: a) Tapar el matràs amb un globus. b) Un tap connectat a una xeringa i que es vagi omplint de gas (figura 1). El professor diu que hi ha un tercer mètode i fa un esquema sobre com es pot recollir un gas sobre aigua (figura 2). 1. Pesar la mostra de petxina. 2. Fer el muntatge per recollir el gas. 3. Afegir-hi l'àcid (HCl, 2 M) en excés i recollir el gas. 4. Mesurar el volum de CO_2. 5. Fer els càlculs. En l'anàlisi de les dues possibilitats, hi queda descartat el mètode del globus, atès que tothom reconeix que potser el globus s'infla molt poc perquè el gas queda a més pressió. En no haver estudiat encara amb detall les lleis dels gasos, prefereixen no endinsar-se en aquest terreny.

Els muntatges proposats corresponen als esquemes que s'inclouen al quadre 2.

Quadre 2

Alternativa 1: escalfar fortament	Alternativa 2: reacció amb un àcid
	 Figura 1  Figura 2

Les xeringues de què disposem poden mesurar fins a un màxim de 60 cm^3 . Les provetes, fins a 250 cm^3 . Això condiciona la massa inicial de la mostra que hem d'agafar. Si és molt gran, el volum de gas serà superior al que podem mesurar, si és massa petita, obtindrem tan poc gas que difícilment el podrem apreciar.

Si volem obtenir entorn dels 50 cm^3 de gas, amb quina massa de carbonat de calci és convenient treballar?

En uns experiments fets anteriorment, s'ha trobat que 100 g de CaCO_3 generen 1 mol de CO_2 , que, en condicions normals a 25°C , són $24,4 \text{ L}$.

Uns quants alumnes calculen, mitjançant una «regla de tres», que la massa ha de ser tan petita com de l'ordre d'uns $0,2 \text{ g}$ (hi ha qui necessita ser informat que 1 litre correspon a 1.000 cm^3).

Si seguim l'alternativa 1 (escalfar fortament), necessitarem tenir una massa més gran, en cas contrari, les balances de què disposem no marcarien la diferència de pes. Prenem de l'ordre de 2 g .

Abans de començar, és millor assegurar-se de quina temperatura cal assolir perquè el carbonat de calci de la petxina es descompongui en $\text{CO}_2(\text{g})$ i $\text{CaO}(\text{s})$. Si escric, en un cercador a Internet, «form de calç», el primer enllaç que hi trobo, em porta a: http://ca.wikipedia.org/wiki/Forn_de_cal%C3%A7, i aquest, a: <http://lafura.cat/suplements/arxius/ARXIUS/PAISATGE/fitxa%201/PAISATG1.HTM>, on hi ha la informació del quadre 3

El professor aclareix que, qui ha escrit el text, on diu «anhídrid carbònic», es refereix al CO_2 .

La dada que cal arribar a 800°C i que, amb el bec de Bunsen, no hi arribarem, fa que quedi descartada l'alternativa 1.

Potser, en alguna sortida a la muntanya o en una excursió, heu vist forns de calç antics actualment abandonats. En la nostra comarca, hi ha

Quadre 3

En les valls del Foix, del Gaià de Miralles i del massís del Garraf, era [el forn de calç] una activitat molt habitual i aquest era un treball complementari en el cicle de feines del pagès. El procés de transformació de la pedra en calç es feia per combustió, en un forn de forma rodona a dins la terra o a la roca. Es necessitaven temperatures de 800°C perquè el carbonat càlcic s'alliberés de l'anhídrid carbònic i passés a òxid de calci. La calç obtinguda tenia moltes aplicacions: servia per emblanquinar, per desinfectar, per ensulfatar les plantes contra les plagues i per a la construcció.

(<http://lafura.cat/suplements/arxius/ARXIUS/PAISATGE/fitxa%201/PAISATG1.HTM>)

molta roca calcària i sempre hem disposat de fusta. La calç (òxid de calci) s'ha fet servir per a la construcció durant molts segles.

Per tant, ens quedem amb els dos procediments dissenyats a l'alternativa 2.

Es fan sis grups (total 19 alumnes), tres dels quals seguiran el procediment de recollir el gas amb una xeringa, els altres tres el recolliran sobre aigua.

Quin material ens caldrà per realitzar cada un dels procediments?

- matràs d'Erlenmeyer 250 mL amb tap foradat;
- recipient gran o cristal·litzador i proveta de 100 mL ;
- xeringa gran;
- solució HCl 1 mol dm^{-3} ;
- mostra de la petxina;
- tub de goma;
- balança (amb sensibilitat de $0,01 \text{ g}$).

Perquè no oblidin els passos dissenyats, es facilita a cada estudiant un full resum del procediment consensuat (annex 1).

És important recordar que teniu prou temps per repetir la determinació més d'una vegada.

La quantitat de dissolució HCl ha de ser d'uns 50 mL .

A més, es fa mirar el pictograma de seguretat del flascó de HCl . El professor indica on són les ulleres de seguretat. Tots agafen les ulleres. La majoria se les emprova, després se les deixa sobre el cap o les té ben posades damunt la taula de treball.

Resultats obtinguts

Els grups que utilitzen el muntatge amb la xeringa, necessiten lubricar-la molt bé amb vaselina perquè l'èmbol es mogui amb facilitat. Malgrat això, observen que el volum obtingut els porta a resultats de l'ordre d'un 7% o d'un 8% de carboni en el carbonat de calci en la petxina.

Els grups que recullen el gas, a causa del desplaçament d'aigua, hi troben percentatges d'un 10% , aproximadament

No tenen gaires dificultats en la manipulació.

El que els costa més, és tenir la proveta ben plena d'aigua i invertida dins el cristal·litzador. Tots necessiten una demostració prèvia de com ho han de fer.

Posen uns 50 mL de la solució HCl 1 mol dm^{-3} en el matràs, pesen la mostra (prèviament, el professor n'ha fet trossos petits d'uns $0,2 \text{ g}$), la llancen dins el matràs i el tapen immediatament.

Anàlisi dels resultats

En realitat, podem comprovar si el percentatge que heu trobat a la mostra és el que hauria de tenir si fos tota de carbonat de calci.

Si faig el càlcul, sabent la fórmula, em dona que el percentatge de carbo-

ni ha de ser del 12 %. Quin percentatge n'hi heu trobat vosaltres?

La diversitat de resultats obre un debat entre ells. Queda clar que el mètode de recollir el gas omplint una xeringa no és tan bo com semblava, malgrat que, amb el segon procediment, tampoc no es troba el percentatge que se suposa que té.

Quines accions del procediment que heu seguit sembla que es podrien millorar i en reduirien l'error?

Unànimement, la culpa és del material i de l'instrumental emprat: xeringa de plàstic que no funciona bé, balança que té poca «precisió»... A més, alguns estudiants reconeixen que han tardat una mica massa de temps entre les dues accions de llançar la mostra i de tancar el matràs.

Realment, aquestes xeringues tenen el problema que hi ha força fregament i, per tant, possiblement el volum que marquen és de gas CO_2 comprimit i no pas a la pressió atmosfèrica, és a dir, hem obtingut el gas que caldria, però no hem pogut mesurar el volum correctament.

Quina era la sensibilitat dels aparells i dels instruments de mesura que heu fet servir en aquest experiment?

La pregunta sorprèn l'alumnat. Cal tomar a agafar una proveta, fer observar als nois i noies que la sensibilitat és de 2 mL i que la xeringa també està graduada en 2 mL.

Alguns estudiants hi afegeixen, a la llista de millora del procediment: «Usar una proveta i una xeringa amb més sensibilitat».

El procediment de recollir el gas de manera que desplaça l'aigua, potser també té algun inconvenient i hi ha detalls que no hem tingut en compte, per exemple: en el volum de gas que llegim, hi ha el CO_2 , però també una mica de vapor d'aigua.

Ara, uns quants hi afegeixen, a la llista: «Caldria tenir en compte el volum ocupat pel vapor d'aigua».

Per últim, faré una demostració d'una propietat característica del gas diòxid de carboni que pot explicar que, malgrat que veiem que el tros de petxina desapareix i es forma CO_2 , el volum de gas recollit és inferior al que hauríem de tenir.

El professor mostra una ampolla d'una beguda carbònica (aquesta vegada, una gasosa), tancada i per estrenar. Fa veure que, dins, només s'hi observa un líquid transparent, és a dir, només en veiem una fase. Ara obre l'ampolla i s'hi formen nombroses bombolles de gas.

El gas que ara s'escapa és CO_2 , que abans estava dissolt. El CO_2 és un gas força soluble en aigua.

Sabent això, què caldria fer amb el procediment per recollir tot el gas que es forma?

Les propostes dels estudiants són força interessants: fins i tot suggereixen de canviar l'aigua per oli o de substituir l'aigua per la gasosa, que «com que ja té gas, ja no s'hi dissoldrà més»¹.

La «pèrdua» de volum de gas atesa la solubilitat que presenta en aigua, es produeix en els dos procediments, encara que, quan es recull amb una xeringa, l'error és causat, sens dubte, per la poca facilitat que té l'èmbol de lliscar.

Tots els estudiants reconeixen que el fet que, en lloc de seguir un full d'instruccions, hagin anat elaborant el procediment, els ha permès intervenir-hi més directament.

Conclusió

Aquest treball pràctic realment necessita molt més temps de l'habitual per poder ser realitzat. La major part s'inverteix en la planificació i en l'anàlisi dels resultats.

Als estudiants, se'ls insisteix que no es tracta d'obtenir el valor correcte, sinó de provar la millor manera possible de posar en pràctica una idea i de poder avaluar si aquesta és prou bona o si es pot millorar.

Tots els estudiants reconeixen que el fet que, en lloc de seguir un full d'instruccions, hagin anat elaborant el procediment, els ha permès intervenir-hi més directament.

Es podria dedicar molta més atenció a l'anàlisi dels resultats i fer, per exemple, les correccions al volum mesurat, tenint en compte la pressió del vapor d'aigua a la temperatura de l'experiment. Una altra millora seria fer la lectura del volum, tot igualant les pressions del gas recollit amb la pressió atmosfèrica (vegeu el mètode en el protocol «Com es pot determinar la massa atòmica del magnesi» a la web del CDEC: <http://www.xtec.es/cdec/recursos/pagines/practicq.htm>).

Annex

A la pàgina 41, mostrem l'esquema subministrat als alumnes com a recordatori dels passos que cal seguir per fer els càlculs de l'experiment sobre la determinació del percentatge de carboni.



Josep Corominas Viñas, és professor de Física i Química de l'Escola Pia de Sitges. Llicenciat en ciències químiques per la Universitat de Barcelona, professor de física i química a l'Escola Pia de Sitges. Ha impartit nombrosos cursos de formació del professorat i escrit uns quants articles sobre treballs pràctics de química en diverses publicacions. jcoromi6@xtec.cat

1. No seria una bona solució: es desprendria gas procedent de la beguda i se n'obtindria més del que es forma en la reacció.

L'aprenentatge de la química amb sensors: casos pràctics, utilitat i valoració

Learning chemistry with sensors: practical examples, usefulness and evaluation

Montserrat Tortosa Moreno / IES Ferran Casablanques (Sabadell) / CRECIM (Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica) Universitat Autònoma de Barcelona



resum

Una de les noves tecnologies de la informació i la comunicació a les aules de ciències és la constituïda pels equips de captació automàtica de dades, que permeten visualitzar en temps real els gràfics del fenomen que s'està experimentant.

Els avantatges que pot suposar l'ús d'aquests equips van molt més enllà de la motivació dels estudiants: un ús adient millora la capacitat d'interpretació de gràfics, una presa de dades curta deixa temps lliure per realitzar unes altres activitats, com ara la discussió i la interpretació dels resultats o el treball del control de variables, i aquesta tecnologia permet també mesurar fàcilment algunes magnituds difícils d'obtenir amb els equips clàssics.

paraules clau

EXAO, captació automàtica de dades, experiments en temps real, MBL, sensor.

abstract

Dataloggers are one of the new ICT devices in the Science classroom. This equipment allows visualization in real time of the variables of an experiment.

The advantages for using this material go further than simply motivating students: correctly used it can improve the ability to interpret graphics. Further the time of data-capture is very short in comparison with traditional equipment. This fact can leave time for other activities such as discussion and interpretation of the results or working with variables. Another advantage of this technology is the increased possibility of measuring magnitudes which were difficult to measure with traditional equipment.

key words

automatic data-capture, real time lab experiments, MBL, sensor.

Introducció

Durant els últims anys, hem assistit a una evolució accelerada de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) en àmbits diversos de les nostres vides i també del món educatiu. Tot i la varietat de tecnologies i usos que existeixen, hi ha consens a considerar que el fet d'utilitzar-les motiva l'alumnat, i la motivació és un pilar essencial per voler aprendre més.

Una d'aquestes tecnologies comporta l'ús de sensors per prendre dades experimentals, i rep noms diversos, com ara *experiments en temps real*, MBL (*micro-computer based laboratoris*), EXAO (*experiències assistides per ordinador*), *probeware* o *datalogger*.

La utilització dels sensors en l'aprenentatge de les ciències, en general, i de la química, en particular, pot ser un element que vagi més enllà de la motivació. És cert que emprar-los constitueix un incentiu per a un nombre significatiu d'alumnes, però seria pobre fer-ne un ús que tan sols pretengués augmentar l'interès dels aprenents. Per treure profit de les potencialitats que tenen, convé utilitzar els sensors als laboratoris docents de química fent servir el bagatge que ens dóna la recerca en didàctica. I, fins ara, la major part de recerques dutes a terme sobre els processos d'ensenyament-aprenentatge amb sensors, s'han realitzat en el cas de la física, però són encara escasses en unes altres disciplines, com ara la química o la biologia (Hogarth i altres, 2006). Per això, tot i que els resultats que es tenen (Nakhleh i altres, 2002) revaliden el potencial d'aquesta eina, l'ensenyament de la química amb sensors proposa el repte de fer camí nou.

La tecnologia de treball amb sensors al laboratori

Els equips consten de sensors connectats a una interfície que, a la vegada, està connectada a l'ordinador, de manera que el conjunt permet veure el gràfic de l'experiment en temps real.

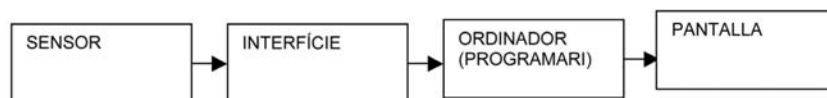


Figura 1. Esquema d'un equip EXAO (*experiència assistida per ordinador*)

Els sensors transformen una mesura física en una tensió elèctrica; la interfície actua de transformador analogicodigital (A/D) i els programes informàtics de l'ordinador permeten realitzar dues funcions bàsiques: configurar la presa de mostres (com ara la freqüència de presa de dades i el temps total) i ensenyar en pantalla taules de dades i gràfics que es van generant en temps real. Si es vol, també se'n pot mostrar la gravació en vídeo, i no es pot oblidar el tractament del gràfic posterior a la presa de dades.

Poden utilitzar-se sensors de la majoria de magnituds d'ús habitual a les aules de ciències, com ara de pressió, de pH, de temperatura, de concentració d'oxigen, de ritme cardíac, de força, de posició, etc.

Materials disponibles per a l'ús de sensors a les classes de química

En el moment d'escriure aquest treball, Catalunya és l'única comunitat autònoma que disposa, de manera general, d'equips de captació automàtica de dades a les aules de secundària. El Departament d'Educació ha dotat tots els instituts d'ensenyament secundari amb una aula de noves tecnologies per a les ciències, que inclou sensors, ordinadors, inter-

l'ensenyament de la química amb sensors proposa el repte de fer camí nou

fícies i un microscopi que permet visualitzar en pantalla les preparacions en temps real. Poden trobar-se materials per ser utilitzats a l'aula, elaborats seguint els criteris didàctics esmentats, al buscador de llicències del Departament d'Educació (<http://phobos.xtec.es/sgfprp/entrada.php>), on hi ha les memòries dels treballs elaborats durant el període de llicència d'estudis. Concretament, els treballs d'Aparicio (1999), Lalana (2002) i Tortosa (2005) contenen explicacions per treballar pràctiques de química amb sensors. També es poden trobar materials elaborats per diversos autors a la pàgina web del CDECT (Centre per a la Documentació i Experimentació en Ciències <http://www.xtec.es/cdec/index.htm>),. Les webs de les cases comercials són una bona font per conèixer les característiques dels sensors disponibles i poder-ne fer l'adaptació a l'ús didàctic.

Exemples concrets d'aplicació a l'aula

Els sensors no han de substituir uns altres instruments de mesura més senzills, tret que el fet d'utilitzar-los comporti avantatges respecte als equips tradicionals.

Per aquest motiu, tot seguit es proposen algunes experiències

per practicar-les al laboratori utilitzant sensors que presenten avantatges respecte als equips clàssics. Els exemples que es presenten en aquest treball estan elaborats amb l'equip Multilog, que utilitza el programari Multilab, amb el qual han estat proveïdes les aules de noves tecnologies per a les ciències.

Experiència amb el sensor de temperatura

Aquesta activitat és molt senzilla. El disseny experimental permet escalfar líquids inflamables i pot ajudar a entendre que no tots els líquids bullen a la mateixa temperatura, ni tots són «calents» en bullir. Està destinada a alumnat dels primers cursos d'ESO, però l'experiència personal m'ha demostrat que si es fa la predicció dels gràfics a estudiants de primer de batxillerat, les respostes que s'obtenen són, com a mínim, mereixedores d'una reflexió.

En el cas que es presenta aquí, s'hi estudia la variació de temperatures durant l'escalfament simultani d'acetona i alcohol etílic comercial (96°), mitjançant un bany de sorra casolà construït amb una safata metàl·lica que conté sorra. El conjunt s'escalfa amb un fogó elèctric. Sobre el bany de sorra, s'hi col·loquen dos vasos amb el mateix volum d'acetona i alcohol, i es posen a escalfar. Aquest muntatge té avantatges respecte als banys d'aigua clàssics: sobre la sorra, els vasos són estables i l'absència d'humitat fa que no es deteriori l'equip.

Mentre es va realitzant l'experiència, es veu que l'acetona arriba a bullir amb bombolles visibles, i la seva temperatura es manté constant i inferior a la de l'alcohol etílic, que segueix escalfant-se abans de bullir.

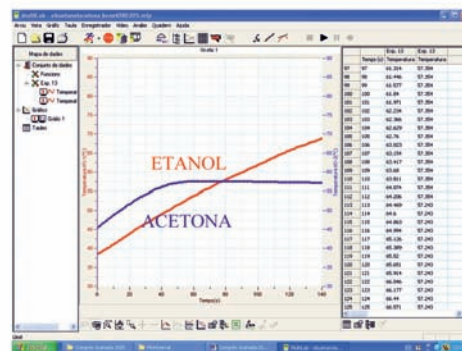


Figura 2. Vaso amb acetona i etanol escalfant-se en un bany de sorra construït amb materials casolans, amb els sensors de temperatura a l'interior. A la dreta, s'hi poden veure els resultats obtinguts de l'experiència

Experiències amb el sensor de pressió

Les variacions de pressió en un experiment són laborioses de determinar amb els equips clàssics dels laboratoris que hi ha als centres docents, en canvi, fer-ho amb un sensor de pressió és simple en força casos. Això obre un gran ventall de possibilitats.

Per seguir quantitativament l'evolució de la pressió en un experiment, pot utilitzar-se un muntatge experimental senzill, consistent en un matràs d'Erlenmeyer tancat amb un tap de goma travessat per una agulla hipodèrmica connectada al sensor de pressió. Si és necessari, d'acord amb el procés que es vulgui estudiar, pot incorporar-se al conjunt una segona agulla que

travessi el tap de goma. Aquesta agulla estarà connectada a una xeringa que permeti afegir líquids al procés. Cal vigilar que la mida de la boca del matràs d'Erlenmeyer i la del tap siguin adients, a fi que tot quedi ben tancat i es puguin evitar pèrdues de gas.

Amb aquest muntatge, es poden treballar conceptes com ara la pressió de vapor dels líquids i la variació provocada per la temperatura (submergeint el conjunt en un bany d'aigua), la velocitat de reacció en cas de variació de gas, o bé determinar la massa molar de líquids volàtils i estudiar uns altres processos que comportin variacions de pressió (protocols detallats a Tortosa, 2005).

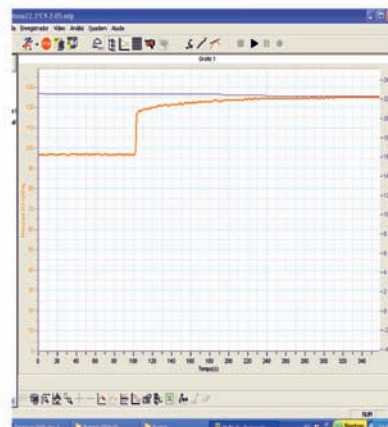


Figura 3. Muntatge per mesurar la pressió de vapor. A la dreta, el gràfic obtingut en una determinació de la pressió de vapor de l'acetona.

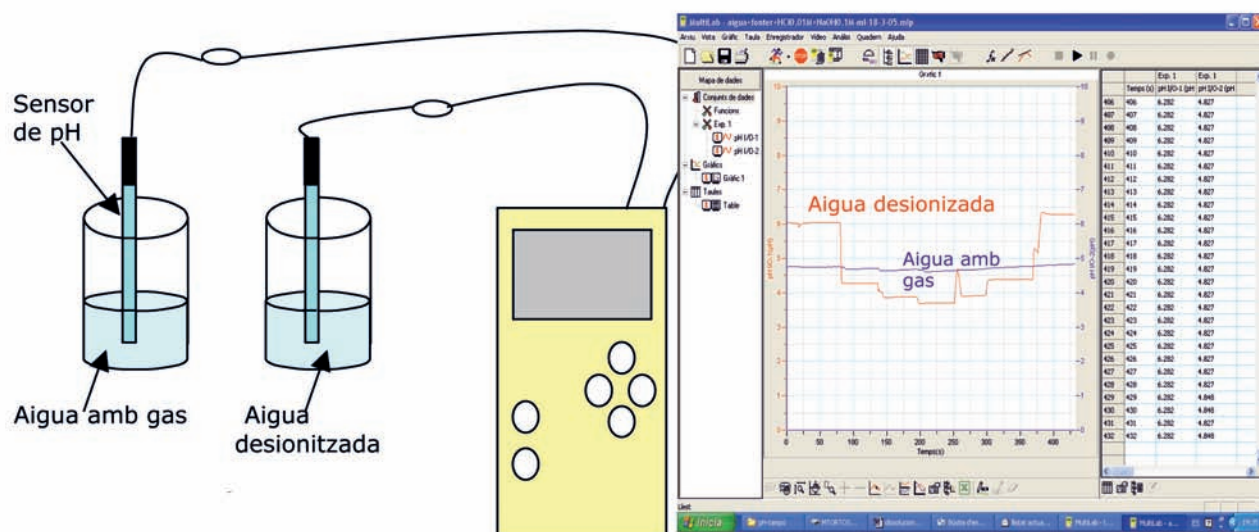


Figura 4. Muntatge per comparar les variacions de pH en afegir àcid o base a aigua amb gas i a aigua desionitzada. Resultats obtinguts.

Experiències amb el sensor de pH

Una de les aplicacions que pot fer-se a l'aula utilitzant sensors de pH, és l'estudi del comportament de les dissolucions reguladores. L'experiència consisteix a mesurar simultàniament les variacions de pH d'una solució reguladora i d'aigua desionitzada, en afegir quantitats iguals d'àcid i de base a cadascuna. Aquest senzill experiment permet il·lustrar el comportament de les dissolucions tampó, i és útil per ajudar els estudiants a justificar si alguns líquids d'ús comú tenen comportament regulador del pH.

Recerques sobre l'ús de sensors en processos d'ensenyament-aprenentatge de la química

La idea que l'aprenentatge significatiu és possible en el laboratori, si als estudiants se'ls donen oportunitats de manipular equipament i materials per tal de poder construir coneixement sobre els fenòmens i els conceptes científics que hi estan relacionats, està força acceptada. Malgrat tot, no s'hauria d'obviar Hofstein (2007), coautor de dues de les revisions més exhaustives

sobre el treball al laboratori de química i l'aprenentatge dels alumnes (Hofstein i Lunetta, 1982, 2004), quan afirma que la recerca en didàctica no ha trobat relacions simples entre les experiències de laboratori i l'aprenentatge dels estudiants.

Si ens centrem en el treball amb sensors, diversos estudis assenyalen que la utilització d'aquest instrumental per si sol no és suficient per assegurar la millora en l'aprenentatge de conceptes científics, sinó que cal plantejar-lo amb enfocaments didàctics adients (Pintó i Aliberas, 1996) i un bon disseny de l'activitat experimental, ja que constitu-

eix una bona eina per estudiar temes interdisciplinaris i proposar continguts nous. S'han d'evitar les pràctiques tipus recepta de cuina, en les quals els alumnes actuen sense cap iniciativa personal. En aquest sentit, es proposa crear una estructura dels guions de pràctiques seguint un cicle d'aprenentatge (Pintó i altres, 1999) i fer-ne una aplicació a l'aula en què la predicció de la forma del gràfic i de l'evolució del fenomen per part dels alumnes, com també la comparació posterior dels resultats obtinguts amb les prediccions i amb el model teòric, siguin rellevants.

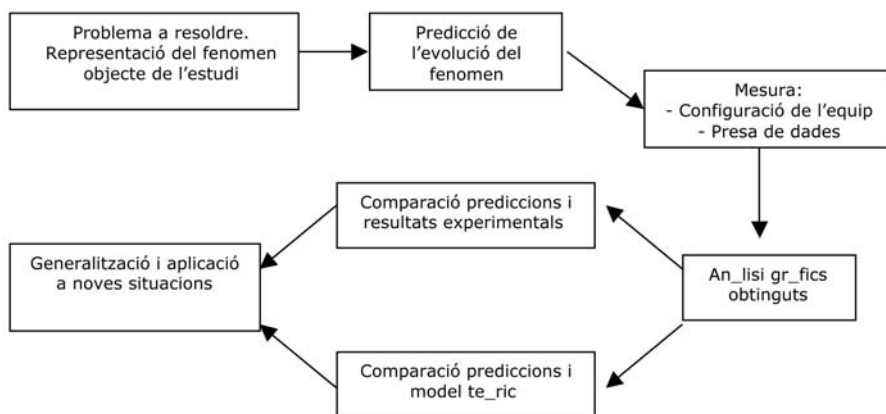


Figura 5. Cicle d'aprenentatge en un experiment (Pintó i altres, 1999).

En l'ús dels sensors per aprendre química, hi destaca el treball pioner de Nakhleh i Krajcik (1994), que conclou que treballar amb aquesta tecnologia pot contribuir a fer conèixer de manera més profunda els àcids, les bases i el pH. En treballs posteriors, s'hi assenyalava l'interès de tenir el punt de vista dels estudiants sobre la seva tasca quan utilitzen sensors (Nakhleh i altres, 2002), com també en indagacions científiques guiades (*science-guided inquiries*) (Minster i Krauss, 2005). Quan es demana l'opinió als estudiants que treballen amb indagacions científiques guiades i MBL, s'ha comprovat que l'alumnat integra aquest utilitatge com una manera més d'obtenir dades experimentals i se centra en els conceptes de química que el professorat vol que treballi (Tortosa i altres, 2007b). Pel que fa a les possibles dificultats tècniques amb l'equipament, s'ha vist que només un nombre reduït d'alumnes (5 de 79) no aconsegueixen configurar correctament la presa de mostres la primera vegada que l'utilitzen (Tortosa, 2007).

Què ens pot aportar de nou el treball amb sensors?

De tots els avantatges que ens pot aportar el treball amb sensors respecte als equips clàssics, cal remarcar-ne els tres següents: 1) presa de dades ràpida amb un disseny adequat; 2) obtenció del gràfic del fenomen que s'està produint en temps real, i 3) obtenció de mesures difícils d'aconseguir amb els equips clàssics.

Presa de dades ràpida

Amb un disseny adient, la presa de dades experimentals pot durar segons o pocs minuts; això porta principalment a disposar d'un bé escàs, el temps, que el podem aprofitar de diverses maneres d'acord amb els objecti-

us plantejats. Un ús clàssic és fer més mesures, per poder realitzar més càlculs estadístics i obtenir uns resultats més fiables. Però amb les poques hores de què disposem a les classes de ciències, podem plantejar-nos uns altres usos del temps. Hauríem de considerar el fet d'utilitzar-lo per dur a terme tasques que comportessin activitats més creatives per als estudiants, com ara la discussió dels resultats obtinguts; fer-los participar en el disseny d'experiments nous relacionats amb l'estudi o el control de variables, i l'execució i discussió d'aquests experiments nous. Activitats que els duren a utilitzar les seves habilitats cognitives d'alt nivell (Zoller i Tsaparlis, 1997) i que poden conduir-los a un aprenentatge més significatiu.

Obtenció del gràfic en temps real

Hi ha moltes recerques sobre els beneficis d'aquest fenomen que fa que es puguin interpretar els resultats a mesura que es van produint. S'ha demostrat que afavoreix la comprensió i la interpretació de la gràfica (Beichner, 1990) i que pot afavorir les capacitats de raonar (Friedler i altres, 1990), com també la comprensió conceptual (McRobbie i altres, 2002; Sáez i altres, 2005).

D'altra banda, veure i acostumar-se al fet que els gràfics obtinguts no són com els teòrics, permet treballar i millorar les habilitats per interpretar-los (Sassi i altres, 2005). D'una manera més general, comparar els resultats obtinguts amb les prediccions pròpies i amb els valors teòrics, com també interpretar les diferències obtingudes, permet, per exemple, treballar les competències d'extreure conclusions basades en proves i entendre la investigació científica, qüestions avaluades internacionalment (PISA, 2006).

Obtenció de mesures difícils d'aconseguir amb els equips clàssics

En molts casos, aquesta tecnologia té clars avantatges respecte als equips clàssics (Tortosa i altres, 2007a). Un exemple el constitueix l'esmentada obtenció de dades de variació de pressió, procés que resulta difícil de realitzar amb els equips que hi ha als laboratoris dels centres docents. Un altre cas el trobem en la recollida de dades automàtiques durant períodes llargs de temps, cosa difícil de portar a terme als instituts; sense oblidar el programari que permet operar amb els gràfics experimentals per obtenir-ne dades d'interès.

Quins problemes pot presentar l'ús d'aquesta tecnologia a les aules?

Quan es pregunta al professorat sobre les dificultats d'organitzar el treball experimental amb MBL (Sáez, 2006), les respostes apunten cap a diverses direccions: per una banda, esmenten el nombre d'alumnes que ha d'anar al laboratori i la infraestructura material dels equips, que pot fer que la quantitat d'estudiants per equip sigui massa elevada per poder assolir un bon nivell d'aprenentatge o que no es disposi de recanvis en cas de mal funcionament. Un altre factor que consideren limitador és el temps necessari per preparar l'equipament i també les poques hores lectives dedicades al treball de laboratori.

També hi ha estudis (Sassi i altres, 2005) que afirmen que una bona part de les dificultats que es troben a l'hora d'utilitzar aquesta tècnica, provenen de la falta de formació del professorat per captar els fonaments sobre els quals se sustenta una proposta concreta d'utilització.

Consideracions finals

Les activitats amb sensors amplien el rang de fenòmens que es poden treballar als laboratoris de secundària i permet establir una connexió més evident entre el fet que s'està estudiant i les dades recollides en forma de taules o gràfics. Hi ha nombrosos estudis, sobretot en el cas de la física, que mostren que un enfocament pot ajudar significativament a construir coneixement, però falten encara estudis sobre efectes concrets de la utilització d'aquests equips en el cas de la química. Aquest pot ser un camí ben interessant de recórrer.

Referències bibliogràfiques

- APARICIO A. (1999) L'organització de l'aula en la realització de Treballs pràctics de ciències. (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/199899/memories/aapario.pdf>)
- BEICHNER, R.J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation An. meeting Natl Ass. Res. Sci. Teach.,
- FRIEDLER, Y., NACHMIAS, R., LINN, M.C (1990). Learning scientific reasoning skills MBL. J. Res. Sci. Teach., 27 (2), 173-191.
- HOFSTEIN, A. I MAMLOK-NAAMAN R. (2007) The laboratory in science education. The state of the art. Chem. Ed. Res. Pract., 8 (2), 105-107
- HOFSTEIN A. AND LUNETTA V.N., (1982), The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research, Rev. Educ. Res. 52, 201-217.
- HOFSTEIN A. AND LUNETTA V.N., (2004), The laboratory in science education: foundation for the 21st century, Sci. Ed. 88, 28-54.
- HOGARTH S, BENNETT J, LUBBEN F, CAMPBELL B, ROBINSON A (2006) The effect of ICT teaching activities in science lessons on students' understanding of science ideas. In *Research Evidence in Education Library*. London : EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education. London.
- LALANA, E. (2002). Adquisició automàtica de dades al laboratori de química... (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/200102/resums/elalana.html>)
- MINSTER J. & KRAUSS P. (2005) Guided inquiry in the science classroom. in Donovan & Bransford eds. *How Students Learn. Science in the classroom*. <http://www.nap.edu/catalog/11102.html>
- NAKHLEH, M. B. & KRAJCIK, J. S. (1994). The influence of level of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1077-1096.
- NAKHLEH, M. B., POLLES, J. & MALINA, E. (2002). Learning chemistry in a laboratory environment. In J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, J. H. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 69-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. (1996) "Approaches for the use of MBL in the secondary School" in *Proceedings of GIREP_ICPE*
- PINTÓ, R., PÉREZ, O & GUTIÉRREZ, R. (1999). Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes. *STTIS Spanish National report on WP1*.
- PISA 2006 Informe, competencias científicas para el mundo de mañana OECD (<http://www.oecd.org>)
- SAEZ, M, PINTÓ, R., GARCIA, P. (2005). Interconnecting concepts and dealing with graphs to study motion. In: R. Pintó et D. Couso, (Eds), *Proceedings of the Fifth International ESERA*. Barcelona
- SAEZ, M (2006). Estat de la implantació de l'aula de noves tecnologies per al treball experimental a Catalunya en el curs 2004-05. (Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals, UAB.
- SASSI, E., MONROY, G., TESTA, I (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-base guidelines and training materials. *Science education*, 89 (1), 28-37
- TORTOSA, M. (2005). Elaboració de guies didàctiques per a treballar a les aules de noves tecnologies per a les ciències. (<http://www.xtec.es/sgfp/licencias/200405/memories/893m.pdf>)
- TORTOSA M.; SAEZ M. PINTÓ R. (2007a). Experimentos en tiempo real para los cursos de ciencias en secundaria. In Membiela (coord.) *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC Educación Editora*. http://webs.uvigo.es/educacion.editora/volumenes/Libro%203/C7_Tortosa.pdf
- TORTOSA M. PINTÓ R., SÁEZ M. (2007b) Inquiry-oriented chemistry with MBL. What do students think they have been doing? Oral communication ESERA Conference 2007. Malmö (Suecia)
- ZOLLER, U. & TSAPARLIS, G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Res. Sci. Ed.*, 27(1), 117-130



Montserrat Tortosa Moreno és professora de Física i Química de l'IES Ferran Casablanques de Sabadell. Llicenciada en Ciències Químiques (1982) i Biològiques (1988) per la UAB, i Doctora en Química (2001) per la UPC. 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). mtortosa@xtec.cat

L'electrificació del canvi químic. Els inicis al primer quart del segle XIX

Electrification of chemical changes at the beginning of C19th: the first 25 years

Pere Grapí i Vilumara / Centre d'Estudis d'Història de la Ciència. Universitat Autònoma de Barcelona
IES Joan Oliver. Sabadell



resum

La irrupció de la pila elèctrica de Volta en el territori de la química a principis del segle XIX va representar un repte important respecte a la concepció que es tenia del canvi químic. Les aportacions de Humphry Davy, Michael Faraday i Jöns Jakob Berzelius a aquesta empresa van inaugurar un nou discurs en la química que permetria tant interpretar de nou les reaccions químiques com justificar les lleis que les regien.

paraules clau

canvi químic, electricitat, Davy, polaritat, Berzelius..

abstract

The arrival of Volta's battery to the chemical world at the beginning of C19th started an important challenge for the traditional concepts of chemical change. The contributions of Davy, Faraday and Berzelius to this cause announced the arrival of a new chapter in chemistry that would allowed a new interpretation of chemical reactions and a justification of their laws.

key words

chemical change, electricity, Davy, polarity, Berzelius.

La química i les afinitats químiques

El canvi químic constitueix la pròpia essència de la química, perquè es tracta de l'aspecte que ha permès diferenciar-la més bé d'altres pràctiques i disciplines al llarg de la història. Això va ser així perquè la química es va interessar molt més per allò que diferenciava els materials que no pas

per unes altres qualitats —com ara la solidesa— que els mostrava semblants. Malgrat que una bona part dels canvis químics van acompanyats de canvis sensibles (colors, olors, textures, fases...), les interaccions íntimes de les substàncies que reaccionen no són assequibles als nostres sentits. A partir del segle XV, els savis implicats en la pràctica de

la química van començar a utilitzar el terme «afinitat» per intentar explicar i, precisament, visualitzar els canvis químics.

A la segona meitat del segle XVIII, en determinats cercles il·lustrats, es va començar a parlar de l'afinitat química com d'un concepte perfectament assimilat a la idea d'unió entre dues substàncies i, a partir del segle XIX, el

terme va adquirir definitivament el sentit d'atracció i de tendència a la unió entre dues entitats distintes per formar-ne una de nova. El concepte d'afinitat ha vertebrat la majoria de les interpretacions sobre el canvi químic que s'han succeït històricament.

Algunes d'aquestes visions van coexistir temporalment en contextos determinats i variats, en els quals van mostrar la seva utilitat més enllà de la mera interpretació del canvi químic¹.

El pensament d'Isaac Newton no va deixar indiferent els químics i, durant el segle XVIII, n'hi va haver molts que van trobar extraordinàriament persuasiva i prometedora la interpretació del canvi químic en termes d'unes atraccions de curt abast entre partícules. Aquest somni newtonià, però, va començar a esvaïr-se durant la segona dècada del segle XIX, quan es va perdre l'esperança d'explicar satisfactòriament els fenòmens químics a partir de forces d'atracció de curt abast i de naturalesa anàloga a les forces gravitatòries.

Química i electricitat abans de la pila de Volta

El descobriment de la pila elèctrica per part de Volta al principi del segle XIX va obrir als químics les fronteres d'un nou territori que va resultar força fructífer en diversos camps (exploracions pràctiques, innovacions teòriques, descobriments d'elements desconeguts i disseny d'una instrumentació nova de laboratori). No obstant això, va ser durant el segle XVIII que l'electricitat en forma de guspires va entrar en les pràctiques químiques. A principis d'aquest segle XVIII, no es coneixia de l'electricitat gaire més d'allò que ja se'n sabia a

l'antiga Grècia, però, a meitat de segle, va haver-hi una proliferació d'experiments elèctrics amb l'ajut d'uns instruments cada cop més potents.

durant el segle XVIII els instruments elèctrics acompanyaren la química cap la seva aproximació a la física experimental

L'electrificació de la química durant el segle XVIII va suposar un apropament del territori de la química al de la física experimental. Els instruments elèctrics (màquines elèctriques, ampolles de Leyden i electròfors) van començar a ser habituals en les pràctiques químiques al costat d'altres aparells, com ara la bomba de buit, el termòmetre o el baròmetre. Tots acompanyaren la química cap la seva aproximació a la física experimental. Malgrat que, en aquest procés, hi van participar personalitats que van aconseguir un determinat prestigi en el món de la química, cal puntualitzar que, en principi, van ser persones alienes a les pràctiques químiques les que van obrir el pas de l'electricitat a la química (Grapí, 2008).

A la fi del segle XVIII, els fenòmens elèctrics es coneixien fonamentalment per les seves manifestacions estàtiques i formaven part de l'anomenada *física experimental*, una disciplina basada en l'ús d'una instrumentació progressivament més sofisticada. Entre aquests fenòmens elèctrics, s'hi distingien els estudis o els experiments realitzats amb *electricitat artificial* —produïda mit-

jançant la fricció entre determinats cossos— i els relatius a l'*electricitat natural* —que la naturalesa oferia sense necessitat de ser manipulada. Els fenòmens elèctrics naturals tenien l'origen en l'atmosfera o bé en els éssers vius, com era el cas del peix torpede i el de la contracció muscular. La controvèrsia que es va establir en l'última dècada del segle XVIII sobre l'origen d'aquesta electricitat animal, escenificada en les investigacions de Luigi Galvani i d'Alessandro Volta, va acabar amb el descobriment, per part d'aquest últim, de l'electricitat generada pel contacte entre metalls distints i la invenció posterior d'un instrument —la pila elèctrica— que acabaria impulsant una nova tradició en la química².

La pila de Volta i la Naturphilosophie

Volta va escollir la Royal Society de Londres per anunciar el seu invent a través d'una carta enviada al seu secretari Joseph Banks el 20 de març de 1800. La carta va ser llegida, primer, el 26 de juny a la Royal Society i publicada el mes de setembre següent a les *Philosophical Transactions*, la revista de l'esmentada institució. No obstant això, aquesta carta va ser coneguda, abans de ser publicada, per Anthony Carlisle i William Nicholson. Tots dos, al maig del mateix any, van començar a construir la seva pròpia pila amb la qual van ser capaços de descompondre l'aigua per electròlisi. L'any següent, en el laboratori de la Royal Institution de Londres, el seu director, un jove Humphry Davy, va iniciar unes accelerades investigacions per aprofitar el potencial analític de la pila de Volta. Finalment, l'octu-

1. Per una visió històrica succinta del paper de l'afinitat química en la interpretació del canvi químic, vegeu Grapí (2004).

2. En relació amb aquests episodis, vegeu Pera (1992) i Pancaldi (2003).



Figura 1. Fins al primer quart del segle XIX, la màquina elèctrica, l'electròfor i l'ampolla de Leyden van formar part de la instrumentació habitual als laboratoris de química.

bre de 1807, Davy va poder anunciar la descomposició de la sosa i de la potassa —considerades cosos simples fins aleshores— i el descobriment de dos metalls nous: el sodi i el potassi. El galvanisme, la nova disciplina basada en l'ús de la nouvinguda electricitat voltaica, que havia tingut l'origen en el context de la fisiologia animal i que s'havia materialitzat en el territori de la física experimental, va acabar en mans dels químics, qui, en estar més ben organitzats, en van saber explotar el potencial al límit. Un clar exemple de com, entre territoris científics, també existeixen drets d'ocupació.

La invenció de la pila de Volta va ser acollida amb entusiasme pels seguidors del romanticisme germànic vinculats al corrent filosòfic de la *Naturphilosophie*, en entendre que proporcionava una justificació empírica a les seves idees. Aquest corrent considerava que els fenòmens naturals requereien ser tractats no tant en ter-

mes de les partícules que constituïen la matèria, sinó, més aviat a partir de les forces que aquesta manifestava. Aquestes forces, a més, eren polars; cadascuna tenia la seva contrària, com el magnetisme, amb la polaritat nord o sud, i l'electricitat, de signe positiu o negatiu. Friedrich Wilhelm Joseph von Scheeling, el filòsof romàntic que sistematitzà millor les idees de la *Naturphilosophie*, va postular que tots els contraris polars que s'observaven a la naturalesa eren expressions d'una mateixa força subjacent, és a dir, les forces que la matèria posava de manifest —la llum, la calor, l'electricitat, el magnetisme i l'acció química— es consideraven els efectes d'aquesta força universal. Si això era així, llavors, hauria de ser possible fer la conversió entre aquestes forces. En aquest context, la pila de Volta va aparèixer com un instrument que certificava la conversió de l'acció química (suposadament, en aquest cas, entre la salmorra i un dels

metalls de la pila) en l'electricitat. És fàcil d'entendre, doncs, que, per als seguidors de la *Naturphilosophie*, les afinitats químiques i les polaritats elèctriques estiguessin en una disposició més bona per explicar determinats fenòmens que no pas les forces newtonianes de curt abast associades a les partícules de la matèria.

Humphry Davy. La naturalesa elèctrica del canvi químic

La figura de Humphry Davy va ser crucial per al desenvolupament de la química a la Gran Bretanya durant les dues primeres dècades del segle XIX. La seva carrera com a investigador va ser peculiarment diferent de la d'altres químics britànics situats professionalment en la química aplicada i en l'ensenyament. Davy va gaudir, a diferència dels seus col·legues, del mecenatge de l'aristocràcia i dels recursos posats a la seva disposició per part d'organitzacions com ara la Royal Society i la Royal Institution. Les idees de la *Naturphilosophie* van trobar una adequada acomodació en l'esquema de Davy sobre les afinitats químiques. No obstant això, no és segur que Davy estigués totalment compromès amb aquest corrent del romanticisme alemany. Segurament, Davy va trobar en la *Naturphilosophie* una corroboració als dos pilars principals de la tradició britànica en els quals ell s'havia format: el cristianisme i el newtonianisme (Levere, 1971, p. 34). S'ha de tenir present que, entre els compromisos del newtonianisme, hi havia el de la creença en la uniformitat de les lleis de l'atracció astronòmica per a tota la naturalesa i en el paper de Déu com a valedor d'aquesta. D'altra banda, des de l'ortodòxia cristiana, la unitat de la naturalesa es contemplava com el resultat del pla diví de la



Figura 2. Alessandro Volta i la pila elèctrica

creació i, en conseqüència, les diferents manifestacions de les forces de la naturalesa estaven sotmeses a una única llei dictada per la divinitat. Sota aquesta perspectiva, la visió dinàmica de Davy sobre el canvi químic també reflectia el newtonianisme del segle XVIII, en el qual estaven fonamentades tant la seva teoria de les afinitats com les seves idees sobre la composició de les substàncies.

El descobriment de la pila elèctrica i dels efectes químics de l'electricitat que aquesta subministrava va obrir unes perspectives noves en les quals aviat s'integrarien les afinitats químiques. Davy va creure que el corrent elèctric de la pila de Volta estava generat per una reacció química i que, en l'experiment de Carlisle i Nicholson, aquest corrent era el responsable de la descomposició de l'aigua. A partir de 1801, Davy va portar a terme una sèrie d'investigacions a la Royal Society, aprofitant el potencial analític de l'electricitat voltaica, que van acabar per convèncer-lo que l'afinitat química i la interacció elèctrica eren manifestacions d'una mateixa força.

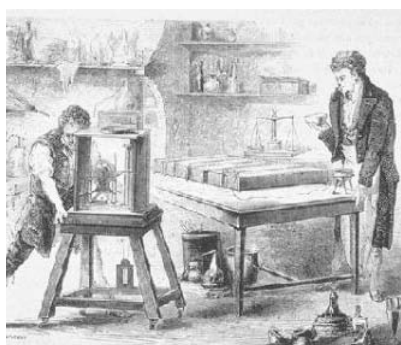


Figura 3. Humphry Davy treballant al seu laboratori. Observeu les bateries elèctriques sobre la taula.

Les aportacions de Davy, Oersted, Ampère i Faraday, van constituir uns tímids intents per construir una teoria electroquímica del canvi químic que acabaria completant Berzelius

Davy va llegir, el 20 de novembre de 1806, davant la Royal Society, la conferència bakeriana (en compliment del llegat de Henry Baker a <http://www.inter-nostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Royal> aquesta institució), que duia per títol *On Some Chemical Agencies of Electricity* (Davy, 1807). Aquesta dissertació —absolutament central enfront de qualsevol consideració sobre les afinitats químiques en la primera meitat del segle XIX— ha passat a la història de la química com l'episodi que va suposar la presentació pública de la pila de Volta. Però aquesta conferència també va proporcionar a Davy l'oportunitat de fer públiques les seves primeres idees sobre la naturalesa elèctrica de les afinitats químiques, les quals va presentar de forma més definitiva en el seu text de 1812: *Elements of chemical philosophy*. Aquestes idees es poden resumir de la manera següent: primera, dos cossos que tenen tendència a combinar-se s'electritzen amb polaritats contràries al posar-se en contacte, encara que anteriorment fossin elèctricament neutres. Segona, les forces que es generen a causa d'aquesta electrificació acaben per unir els cossos per formar un compost elèctricament neutre, encara que els components amb càrrega elèctrica oposada roman-

guin elèctricament carregats en la nova combinació.

A partir d'aquesta posició teòrica, Davy va prendre partit per una interpretació del canvi químic en termes d'afinitats electives³, afirmant que quan dos cossos que es repel·lien mútuament eren atrets amb una intensitat diferent per un tercer cos, n'era repel·lida la substància energèticament més feble, amb la qual cosa deixava de formar part de la nova combinació. Les aportacions de Davy, conjuntament amb les de Hans Christian Oersted, André-Marie Ampère i Michael Faraday, van constituir uns tímids intents per construir una teoria electroquímica del canvi químic que acabaria completant Berzelius. Encara que aquests últims personatges van ser més coneguts per les seves aportacions al camp de l'electromagnetisme, també van reflexionar sobre problemes fonamentals de la química, com ara l'estructura de la matèria i el mecanisme de l'acció química.

En particular, Faraday, que havia estat ajudant de laboratori de Davy a la Royal Institution, aviat va quedar persuadit per la creença en la unitat de les causes dels fenòmens naturals i de la identitat entre les afinitats químiques, les forces elèctriques, magnètiques i gravitatòries. Igual que el seu mentor, Davy, les seves idees de caire newtonià i pròximes a la *Naturphilosophie* es van acoblar satisfactòriament a les seves profundes creences religioses. Faraday va dur a terme una prolífica sèrie d'experiments amb gran rigor metodològic que el van conduir a descobrir diverses lleis fonamentals sobre els fenòmens de la inducció i l'autoinducció electromagnètica, com també

3. El caràcter electiu de l'afinitat implicava que si una substància C tenia més afinitat per una substància A i no tant per una substància B, aleshores, quan C entrava en contacte amb un compost AB, es formava preferentment el compost AC i s'alliberava la substància B.



Figura 4. Michael Faraday al seu laboratori de la Royal Institution. Observeu la màquina elèctrica a la part inferior dreta.

sobre els fenòmens de l'electròlisi.

A partir de 1815, Faraday va començar a interessar-se per problemes químics, principalment en l'àmbit de la química analítica, en el qual es va guanyar una bona reputació. No obstant això, els seus estudis sistemàtics sobre els efectes químics del corrent elèctric van haver d'esperar uns quants anys, fins al bienni 1832-1833, quan va establir les seves tres lleis sobre l'electròlisi (Cantor i altres, 1994, p. 31-36, 63-70). Després de descobrir aquestes lleis, Faraday va intentar expressar-les seguint els passos de Davy, com un reflex de les relacions que havien d'existir entre les forces elèctriques i les afinitats químiques.

Jöns Jakob Berzelius.

Afinitats químiques i polaritats elèctriques

Jöns Jakob Berzelius havia començat la carrera de medicina a Uppsala el 1796 i, després de presentar la seva tesi sobre els efectes terapèutics del corrent elèctric, va començar a col·laborar amb el químic William Hisinger en investigacions electroquímiques, en el transcurs de

Berzelius va iniciar la conjugació de la hipòtesi corpuscular amb l'afinitat química amb la intenció d'acoblar les investigacions sobre les causes de la tendència a la combinació entre àtoms amb les investigacions sobre les causes de les combinacions en proporcions fixes

les quals va anar adoptant a poc a poc la idea d'identificar les atraccions elèctriques amb les afinitats electives. Els resultats analítics d'aquestes investigacions el van dur a estudiar les proporcions de combinació en les substàncies i, de retruc, a interessar-se per la teoria atòmica de Dalton. A partir de 1811, el programa d'investigació de Berzelius va anar combinant les investigacions sobre l'electròlisi amb les relatives a les proporcions de combinació en les substàncies minerals i, al mateix temps, va

començar a formar-se l'opinió que la comprensió del canvi químic estava irremediablement vinculada a variacions en l'estat elèctric dels components de les substàncies. Les descomposicions que s'havien dut a terme amb la pila elèctrica se li van presentar com a evidències que qualsevol fenomen de combinació o de separació havia d'entendre's com una operació electroquímica.

Si, en mans de Davy, la pila elèctrica s'havia convertit en un poderós instrument analític que havia conduït, per primera vegada, a electrificar el canvi químic, en mans de Berzelius va esdevenir el mitjà per interpretar les combinacions químiques no tan sols en termes de proporcions de matèria combinada, sinó també dels fluxos elèctrics que hi estaven implicats. No més tard de 1811, Berzelius havia concebut amb caràcter general la naturalesa elèctrica de tota combinació química, en declarar que la mateixa causa que «dintre» la pila provocava combinacions i descomposicions, també havia de cooperar en els mateixos fenòmens «fora» de la pila. La concepció elèctrica del canvi químic és del tot deutora del procés de creació i comprensió d'un instrument: la pila de Volta.

[...] il est clair que la même cause, qui produit des combinaisons ou des décompositions dans la pile électrique, doit coopérer aussi dans les mêmes phénomènes hors de la pile⁴. (Berzelius, 1811, p. 257)

La poca atenció que Dalton havia prestat al problema de les afinitats químiques va facilitar que Berzelius presentés una versió de la teoria corpuscular de la matèria que acabaria proporcionant una visió més detallada de les afinitats químiques que qual-

4. Els emfasitzats són del text de Berzelius.

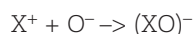
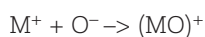
sevol altra hipòtesi corpuscular. Berzelius va iniciar la conjugació de la hipòtesi corpuscular amb l'afinitat química entre els anys 1813 i 1815, amb la intenció d'acoblant les investigacions sobre les causes de la tendència a la combinació entre àtoms amb les investigacions sobre les causes de les combinacions en proporcions fixes. En definitiva, Berzelius pretenia construir un sistema explicatiu, tant del canvi químic com de les proporcions de combinació.

Aquest sistema de Berzelius ha estat qualificat de dualista, perquè estava fonamentat en la idea que en qualsevol partícula coexistien dues parts o pols, un dels quals posseïa més electricitat d'un tipus que la que l'altre pol podia neutralitzar mitjançant electricitat del tipus contrari. És a dir, tota partícula manifestava certa polaritat que, en funció del tipus d'electricitat en excés en un pol respecte de l'altre, determinava que la substància tingués un caràcter electropositiu o electronegatiu. Els àtoms polaritzats de substàncies diferents podien formar àtoms compostos d'una nova substància si es col·locaven de manera que entressin en contacte pels pols oposats. Si així succeïa, els pols en contacte descarregaven mútuament la seva electricitat, de la qual cosa en resultava un àtom compost que continuava gaudint de certa polaritat residual. Els àtoms individuals romanien units fins que, mitjançant alguna operació —amb la pila elèctrica, per exemple—, els pols descarregats recuperaven el seu estat original. En definitiva, l'afinitat química no era altra cosa que l'efecte de la polaritat elèctrica de les partícules, de manera que l'electricitat era la causa primera de tota acció química.

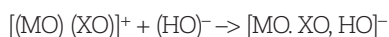
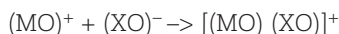


Figura 5. Jöns Jakob Berzelius

Berzelius va atribuir una electronegativitat extrema a l'oxigen. Uns altres no-metalls (X) —com ara el sofre— podien ser electropositius respecte de l'oxigen, però electronegatius respecte dels metalls (M). D'aquesta manera, els metalls formarien òxids (bàsics) que tindrien una polaritat residual positiva i els no-metalls donarien lloc a uns altres òxids (àcids) amb polaritat residual negativa.



Els dos òxids, en disposar de polaritats oposades, es podien combinar i formar sals neutres que, al seu torn, en disposar també de certa polaritat residual, podien hidratar-se per formar sals més complexes.



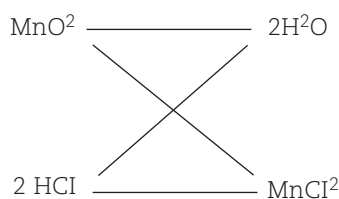
La manifestació de les afinitats entre substàncies tan sols era possible mitjançant la cooperació de les electricitats o, fins i tot millor, mitjançant la prèvia distribució dels fluids elèctrics entre els àtoms. La polaritat general

que després s'establí determinava la intensitat de l'afinitat i era una condició necessària perquè s'efectués el canvi químic.

El sistema de les afinitats de Berzelius mostrava, doncs, diferències substantives respecte del de Davy. Per a Berzelius, els àtoms presentaven una polaritat que era «la raó d'ésser» de les afinitats i, en produir-se la combinació, es neutralitzaven les electricitats dels pols en contacte, sense que per això la nova partícula composta deixés de presentar una distribució polar d'electricitats. En canvi, per a Davy, les partícules de les substàncies gaudien de certa electricitat uniforme i, en combinar-se amb altres partícules d'electricitat oposada, no es produïa una neutralització, sinó que les unes i les altres conservaven l'electricitat original intacta. No obstant això, Berzelius, com Davy, també va acceptar el caràcter electiu de l'afinitat, atribuint-lo a la intensitat diferent de polarització de les partícules que tendien a combinar-se. Així, un compost AB es podia descompondre per l'acció de la substància C, que tenia una afinitat més gran per A que per B, si C mostrava una intensitat de polarització superior a la de B. En aquest cas, es produïa una neutralització elèctrica més perfecta entre A i C que no pas entre A i B, ja que B reapareixia amb la seva polaritat primitiva.

El sistema electroquímic de Berzelius va tenir una influència determinant en la classificació de les substàncies inorgàniques i orgàniques, la qual cosa li va permetre, el 1813, introduir un nou simbolisme químic basat en els noms dels elements en llatí, que, amb algunes modificacions, ha perdurat fins als nostres dies. Després de la introducció dels pesos atòmics de Dalton i dels símbols de Berzelius, la represen-

tació del canvi químic mitjançant diagrames figuratius es va adaptar a la nova simbologia (Nye, 1996, p. 41-43).



A principis del segle XIX, els químics es van apropiat de les pràctiques galvàniques i van creure que l'afinitat química entesa en termes de polaritats elèctriques podia explicar millor el canvi químic que no pas les forces newtonianes de curt abast

Conclusió

A principis del segle XIX, quan el programa newtonià per a la interpretació dels fenòmens fisicoquímics començava a mostrar símptomes d'esgotament i s'afermaven les creences de la *Naturphilosophie*, els químics es van apropiat de les pràctiques galvàniques i van creure que l'afinitat química entesa en termes

de polaritats elèctriques podia explicar millor el canvi químic que no pas les forces newtonianes de curt abast. La força elèctrica que proporcionava la pila de Volta es va convertir en la causa primera de les accions químiques. Berzelius, sobretot, va contribuir a interpretar aquest canvi prenent en consideració tant les proporcions com els estats elèctrics de les substàncies combinades. La substitució de les forces newtonianes per les d'origen elèctric va inaugurar un nou discurs sobre el canvi químic que tindria el seu veritable desenvolupament en el segle XX, a través del descobriment de la constitució íntima de l'àtom i de les interpretacions de la mecànica quàntica sobre la naturalesa de l'enllaç químic.

Referències bibliogràfiques

- BERZELIUS, J. J. (1811). «Suite des expériences sur les proportions déterminées, d'après lesquelles les éléments de la nature inorganique s'unissent». *Annales de Chimie*, núm. 79, p. 233-264.
- CANTOR, G.; GOODING, D.; JAMES, F. (1994). *Faraday*. Madrid: Alianza Editorial.
- DAVY, H. (1807). «On Some Chemical Agencies of Electricity». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, núm. 1, p. 1-56.
- GRAPÍ, P. (2004). «Canvi químic i afinitat: Una relació secular». *Revista de la Societat Catalana de Química*, núm. 5, p. 48-57.
- GRAPÍ, P. (2008). «L'electrificació de la química al segle XVIII. Una

xarxa de guspies». *Actes de la IX Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. [En premsa]

- LEVERE, T. H. (1971). *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865*. Oxford: Clarendon Press.
- NYE, M. J. (1996). *Before Big Science. The Pursuit of Modern Chemistry and Physics, 1800-1940*. Nova York: Twayne Publishers.
- PANCALDI, G. (2004). *Volta. Science and Culture in the Age of Enlightenment*. New Jersey i Oxford: Princeton University Press.
- PERA, M. (1992). *The Ambiguous Frog: The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity*. New Jersey i Oxford: Princeton University Press.



Pere Grapí Vilumara és professor de física i química de secundària a l'IES Joan Oliver de Sabadell. Llicenciat en ciències químiques per la Universitat de Barcelona, 1977 i doctor en filosofia i lletres per la Universitat Autònoma de Barcelona, 1996. Membre del Centre d'Estudis d'Història de la Ciència (CEHIC) de la UAB.

Peix pesant?

Student research project Heavy metal: heavy fish?

Adrià Riera Palomino i Lourdes Díaz Rovira / IES Miquel Biada. Mataró



resum

Estudi de la concentració de diversos metalls pesants (cadmi, coure, plom, zinc i níquel) en dos aliments d'origen marí (salmó i musclos) mitjançant la tècnica d'espectrofotometria d'absorció atòmica i fem una comparació dels resultats amb els límits establerts en la normativa vigent.

paraules clau

cadmi, coure, espectrofotometria d'absorció atòmica, metalls pesants, musclos, níquel, plom, salmó, zinc.

abstract

A study of the concentration of several heavy metals found (cadmium, copper, lead, zinc, nickel) in two types of seafood: salmon and mussels. The study was made using atomic absorption spectrophotometry and we compare the results of the analyses with the current safe legal limits for these seafood.

key words

cadmium, copper, atomic absorption spectrophotometry, transition metals, mussels, nickel, lead, salmon, zinc

La intenció d'aquest treball va ser realitzar una aproximació al problema associat a la presència de metalls pesants en la nostra vida quotidiana

Introducció

Avui en dia, a la nostra vida quotidiana, cada vegada estem més en contacte amb substàncies químiques diferents, entre les quals hi ha el grup dels metalls pesants. La problemàtica que provoquen aquests elements augmenta. El treball que presentem es va fer en el marc d'una activitat de recerca de segon de batxillerat.

Objectius

La intenció d'aquest treball va ser realitzar una aproximació al problema associat a la presència de metalls pesants en la nostra vida quotidiana. Per tal de palpar de forma directa la greu situació en què ens trobem segons algunes associacions com ara Greenpeace, aquest text estudia dos aliments marins, amb la idea d'intentar-ne determinar la perillositat o la innocuïtat.

l'espectroscòpia d'absorció atòmica permet determinar la concentració d'un metall en una solució l'absorbància mesurada en una recta patró.

Els aliments marins triats van ser els musclos, perquè s'alimenten per filtració, i el salmó, per la imatge que es va donar d'aquest aliment en la premsa com a acumulador de substàncies tòxiques

i, en particular, el seu teixit adipós.

Mètode

La tècnica emprada va ser la de l'espectroscòpia d'absorció atòmica. Aquesta tècnica permet determinar la concentració d'un metall en una solució interpoladora, amb l'absorbància mesurada en una recta patró.

Obtenció de la recta patró

Per obtenir la recta patró per a cada metall estudiat, vam preparar les solucions que s'indica a la taula 1:



Detall de la flama

Taula 1. Detall de les rectes patró per cada metall analitzat

Metall	Concentració estàndard comercial	Concentració del primer patró	Concentració del segon patró	Concentració del tercer patró	Concentració del quart patró
Cadmi	1.000 ppm <i>Panreac</i>	0,5 ppm	1 ppm	1,5 ppm	2 ppm
Coure	1.000 ppm <i>Panreac</i>	1 ppm	2 ppm	3 ppm	5 ppm
Níquel	1.000 ppm <i>Panreac</i>	1 ppm	2 ppm	3 ppm	5 ppm
Plom	1.000 ppm <i>Panreac</i>	5 ppm	10 ppm	15 ppm	20 ppm
Zinc	1.000 ppm <i>Panreac</i>	0,2 ppm	0,5 ppm	0,7 ppm	1 ppm

L'absorbància respecte a la concentració d'un element o d'una substància no és lineal, sinó que presenta variacions. Per tal de poder realitzar l'estudi de les absorbàncies, fem ús d'un interval lineal, el qual depèn de cada substància i de la quantitat en què hi sigui present. Així doncs, en aquest estudi hem preparat els patrons amb les concentracions compreses en els intervals de linealitat corresponents a cada metall. Els intervals de linealitat que hem utilitzat per a cada metall s'indiquen a la Taula 2.

Rectes patró obtingudes

L'equació de les rectes obtingudes a partir de les dades de la Taula 2 s'indiquen a la Taula 3.

Taula 2. Intervals de linealitat utilitzats a l'anàlisi, de cada metall estudiat

Metall	Intervals de linealitat utilitzats (absorbància)	Intervals de linealitat utilitzats (concentració)
Cadmi	0,014-0,050	0,5-2 ppm
Zinc	0,008-0,039	0,2-1 ppm
Coure	0,010-0,052	1-5 ppm
Níquel	0,008-0,043	1-5 ppm
Plom	0,017-0,068	5-20 ppm

Taula 3. Rectes patró obtingudes per a cada metall

Metall	Rectes de calibratge	Coeficients de correlació
Cadmi	$y = 0,02433x + 0,0016$	0,9999
Zinc	$y = 0,03816x + 0,0007$	0,9993
Coure	$y = 0,01042x - 0,0003$	0,9995
Níquel	$y = 0,00879x - 0,0010$	0,9998
Plom	$y = 0,00342x - 0,0002$	0,9997

Preparació de les mostres

En primer lloc, es van assecar les mostres dins les càpsules de porcellana a l'estufa de dessecació fins que es va arribar a un pes constant. A continuació, vam prendre una quantitat de cada mostra fresca inferior a 20 grams i la vam pesar amb una exactitud de deu mil·lèsimes de gram. Després, la vam posar en el forn de mufla a 550 °C durant unes quantes hores fins que en vam obtenir les cendres.

Paral·lelament, vam assecar cada mostra fins arribar a pes constant per poder determinar posteriorment la relació entre la mostra seca i la fresca.

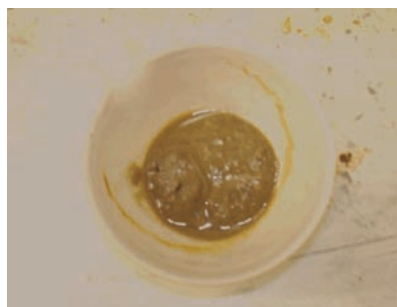
Vam dissoldre la cendra en 2 mL d'àcid nítric concentrat, s'afegiren 25 mL d'aigua destil·lada i ho vam escalfar fins ebullició. Es filtra en un matràs aforat de 100 mL (filtre Whatman #42), i es porta a volum amb aigua milli-Q.

Resultats

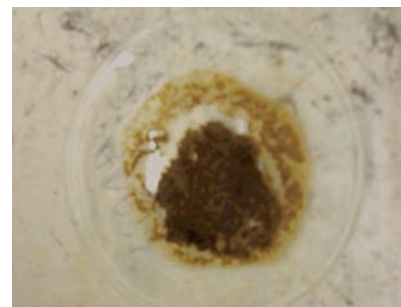
Els resultats obtinguts de cada metall en cada mostra s'exposen en la taula 4, on es poden comparar amb els límits establerts a la normativa vigent.

El mètode descrit va ser aplicat a les mostres següents:

- musclos de Galícia (*Mytilus edulis*): 3 mostres;
- musclos de Tarragona (*Mytilus edulis*): 3 mostres;
- salmó de Noruega (teixit adipós subcutani) (*Salmo salar*): 3 mostres;
- salmó de Noruega (teixit adipós de l'espina dorsal) (*Salmo salar*): 3 mostres.



Mostra de musclos triturada



Mostra de musclos assecada

(1). Reglamento (CE) n° 466/2001 de la Comisión, de 8 de marzo de 2001, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

(2). Orden de 2 de agosto de 1991, por la que se aprueban las normas microbiológicas, los límites de contenido en metales pesados y los métodos analíticos para la determinación de metales pesados para los productos de la pesca y de la acuicultura.

(3). Normativa europea citada en l'annex de legislació del Segundo informe del estudio que coordina el Consejo Superior de Investigaciones Científicas sobre el diagnóstico ambiental y sanitario de la ría de Huelva.

Taula 4. Concentracions de metall a les mostres analitzades i comparació amb la normativa vigent

ppm	Musclos de Tarragona	Musclos de Galícia	Límits màxims permesos en la normativa vigent	Normativa de referència
Cadmi	0	0	1,0 mg Cd/kg de mol·lusc fresc	(1)
Zinc	33,3303	39,3483	200 ppm mol·lusc fresc	(3)
Coure	0	0	20 ppm	(2)
Níquel	0	0	---	---
Plom	0	0	1,0 mg Pb/kg de mol·lusc fresc	(1)
ppm	Salmó de Noruega (teixit adipós subcutani)	Salmó de Noruega (teixit adipós de l'espina dorsal)	Límits màxims permesos en la normativa vigent	Normativa de referència
Cadmi	0	0	0,05 mg Cd/kg de peix fresc	(1)
Zinc	3,9438	4,5980	50 ppm de peix fresc	(3)
Coure	32,4973	0	20 ppm	(2)
Níquel	0	0	---	---
Plom	0	0	0,2 mg Pb/kg de peix fresc	(1)

Discussió i conclusions

Amb els resultats obtinguts mitjançant aquest estudi i les normatives vigents que estableixen els límits màxims de cada metall, podem dir que els peixos i els mol·luscs analitzats compleixen els requisits sanitaris legals.

Com podem veure en els resultats finals de les lectures de l'EAA (espectrofotòmetre d'absorció atòmica), no hi hem detectat cadmi, plom ni níquel. Per tant, o bé hi són absents o bé estan per sota dels límits de detecció del mètode emprat. La normativa espanyola no imposa cap límit màxim per al níquel, suposem que és així perquè no se'n deu haver trobat mai en concentracions perilloses per a la salut.

El zinc és present en totes les mostres analitzades en quantitats que arriben a acostar-se als 40 ppm, però no superen els 200 ppm que estan establerts per la Unió Europea. La legislació espanyola no regula les quantitats de zinc. També podem observar com la hipòtesi mencionada al començament del treball, en el cas del zinc no es compleix. Els resultats d'aquest en les mostres de salmó donen resultats intercalats entre el greix subcutani i el greix de l'espinna, per tant, per afirmar que hi ha una quantitat més elevada de metalls en un d'aquests dos greixos, hauríem de realitzar més mostres. Amb tot, podem dir que la retenció de zinc no presenta cap diferenciació entre el greix subcutani i el greix espinal, ja que és present en tots dos casos.

En referència al coure, només ha estat detectat al teixit adipós subcutani del salmó de Noruega. Abans del 13 de novembre de 2006, la normativa vigent a Espanya permetia un màxim de 20 ppm. Actualment, aquesta normativa s'ha derogat, ja que uns estudis realitzats per l'Estat han demostrat que la quantitat de coure ingerit (tenint en compte tot tipus d'ali-

ments) durant un dia sencer no supera el 5 % del límit recomanable, malgrat que, segons aquests estudis, el cas de la pell de salmó supera el que deia aquesta normativa en referència al peix. Així doncs, tot i que no se sobrepassa cap límit pel que fa als metalls estudiats, en el cas del salmó és recomanable no consumir la part del teixit adipós subcutani, ja que així ens estalviarem d'ingerir la majoria de substàncies tòxiques que reté aquest peix en concret.

Per tant, tal com ja hem dit més amunt, cap dels paràmetres estudiats no supera els límits màxims establerts per la normativa vigent en el moment de finalitzar aquest treball. Evidentment, això pot variar en el futur, a causa de l'avenç en el coneixement dels problemes que causen aquests contaminants.

Referències bibliogràfiques

- BUDEVSKY, O. (1998). *Fonaments de l'anàlisi química*. Traducció de M. Teresa Galcerán i Huguet i Ramon Compañó i Bletrán. Barcelona: Universitat de Barcelona, 440 p.
- DOMÈNECH, Xavier (1999). *Química de la contaminació*. Madrid: Mariguano, 158 p.
- MORENO GRAU, María Dolores (2003). *Toxicología ambiental, evaluación de riesgo para la salud humana*. GARCÍA BRAGE, Antonio (ed.). Madrid: Mc Graw Hill, 370 p.
- PASTOR, Xavier (1991). *El Mediterráneo*. Traducció de Fabián Chueca. Madrid: Debate, 143 p.
- SANS FONFRÍA, Ramón; PABLO RIBAS, Joan de (1989). *Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos*. Barcelona: Boixareu, 145 p.
- SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James (1997a). *Fundamentos de química analítica 1*. Traducció de Vicente Berenguer Navarro. Barcelona: Reverté, 936 p.
- (1997b). *Fundamentos de química analítica 2*. Traducció de Vicente

Berenguer Navarro. Barcelona: Reverté, 885 p.

Pàgines web

- AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA [en línia]. Félix Lobo. Madrid, 2003.
<[HTTP://WWW.AESA.MSC.ES/AESA/WEB/AESA.JSP](http://www.aesa.msc.es/aesa/web/AESA.jsp)> [Consulta: 24 març 2008]
- CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) [en línia].
<[HTTP://WWW.CSIC.ES/](http://www.csic.es/)> [Consulta: 24 març 2008]
- ORGANITZACIÓ GREENPEACE [en línia].
<[HTTP://WWW.GREENPEACE.ORG/INTERNATIONAL/](http://www.greenpeace.org/INTERNATIONAL/)> [Consulta: 24 març 2008]
- UNIVERSITAT DE BARCELONA [en línia].
<[HTTP://WWW.UB.EDU/HOMEUB/WELCOME.HTML](http://www.ub.edu/homeub/welcOME.html)> [Consulta: 24 març 2008]
- US DEPARTMENT OF LABOR. US GOVERNMENT [en línia].
<[HTTP://WWW.DOL.GOV/](http://www.dol.gov/)> [Consulta: 24 març 2008]



Lourdes Díaz. Professora a l'IES Miquel Biada de Mataró Llicenciada en Ciències secció Química, especialitat anàlisi, per la Universitat de Barcelona. Dedicada a l'ensenyament, sempre a nivell de secundària (EGB, BUP, FP, ESO i Cicles formatius de grau mitjà i superior de la branca de química a partir de la reforma educativa LOGSE) a diferents centres privats de la mateixa ciutat des de l'any 1988.



Adrià Riera
Alumne de 2n de Batxillerat de l'IES Miquel Biada de Mataró.

NOTÍCIES

XXIII Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales

Almería, del 9 al 12 de septiembre

Encuentros impulsados por la Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE) con la finalidad de fomentar el desarrollo de la investigación en esta área de conocimiento. La jornada pretende ser un escaparate de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales al nivel estatal, convirtiéndose, así, en el punto de encuentro de la comunidad investigadora

V Jornada de Física i Química a l'Institut d'Estudis Catalans

Barcelona, 15 d'octubre de 2008

"Ciències per al món contemporani".

Organitzat per la Societat Catalana de Física, la Societat Catalana de Química i l'Associació de Professors de Física i Química de Catalunya.

La jornada tractarà diversos aspectes al voltant de la nova matèria del batxillerat "Ciències per al món contemporani"

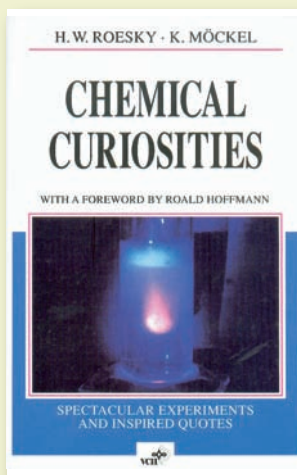
IV Jornadas de la enseñanza de la Física i la Química

Alcobendas, Madrid, 21 y 22 de noviembre 2008

Organizada por Consejo General de Colegios Oficiales de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias, Cosmocaixa Madrid, FECYT, Colegio Oficial de Físicos de España, Real Sociedad Española de Física



RESSENYES LLIBRES



Chemical Curiosities VCH

1996

H. W. Roesky i
K. Möckel

L'autor del llibre ocupa un lloc destacat en el camp del disseny d'experiments senzills i espectaculars per a la difusió i l'aprenentatge de la química. El llibre que presentem és un dels llibres on els descriu detalladament i ha estat molt ben acollit per la comunitat científica.

Tant la ciència com l'art són activitats creatives. Difereixen en la manera com s'apliquen i en els camps que abasten, però s'igualen en simbolisme i en bellesa per qui saps apreciar-los.

El llibre que presentem és una traducció en anglès de l'original alemany, conté 124 experiments de química, precedits cada un d'ells per una introducció on es relaciona l'art de la demostració amb els grans artistes pintors, escultors i pensadors.

Per cada demostració s'explica el procediment, el fonament químic i el que cal fer amb els residus.

El llibre dels professors H. W. Roesky i K. Möckel, aconsegueix plenament els objectius de creativitat en el camp de les demostracions químiques i de la bellesa creativa de l'art.



"Química al alcance de TODOS"

Pearson Alhambra, 2006

Gabriel Pinto,
Carlos M. Castro y
Joaquín Martínez

Els autors són professors de la Universitat Politècnica de Madrid i de la Universidad Nacional Autònoma de Mèxic que tenen diverses

publicacions dins l'àmbit de la recerca, la docència i la divulgació científica.

Es tracta d'un llibre en castellà, que té com a objectiu bàsic acostar la química al lector amb alguns exemples i aplicacions de la vida quotidiana. Està estructurat en breus capítols que cobreixen diverses temàtiques, com ara els estats d'agregació, l'electroquímica, la química orgànica, la bioquímica o la química dels materials, entre d'altres. Cada capítol conté una breu informació o idees bàsiques i a continuació planteja preguntes, algunes de l'àmbit més acadèmic, altres de l'àmbit més quotidià i aplicat, a les quals els autors van donant respostes entenedores. És un llibre de lectura fàcil que evita les expressions matemàtiques, tal i com indica en el seu subtítol (*Química sin ecuaciones*) que pot ser d'utilitat al públic en general i als alumnes de química, i que aconsegueix la finalitat de divulgar i fer la química més fàcil als lectors.

NORMES DE PUBLICACIÓ

Preparació dels manuscrits

Els articles han de fer referència a qualsevol dels temes de les seccions de la revista per a qualsevol nivell d'educació, des de primària fins a l'educació universitària. Han de ser inèdits i han d'estar escrits en català, però també es podran publicar articles en castellà, francès, portuguès, italià i anglès.

Els treballs han de ser escrits amb un espaiat de 1,5 i han de tenir el nombre de caràcters especificat en cadascuna de les seccions de la revista (*caràcters amb espais*). El text ha d'estar en format Microsoft Word i lletra Times New Roman de cos 12.

La primera pàgina ha de contenir el títol del treball, el nom o noms dels autors i el centre o centres de treball, un resum de 500 caràcters (incloent-hi espais) i cinc paraules clau. El resum i les paraules clau han d'anar seguits de la seva versió en anglès.

És convenient que l'article contingui fotografies en color del treball a l'aula, dels muntatges dels experiments, imatges, gràfiques, esquemes, dibuixos i treballs o produccions dels alumnes, que il·lustrin i facin més comprensible el contingut del text. Cal enviar els arxius separats de les imatges i fotografies en format tif o jpeg o en Excel o Corel Draw si es tracta de gràfics. La resolució mínima es de 300 píxels/polzada). Cal indicar en l'article el lloc on hauran de situar-se.

L'article ha d'estar estructurat en diferents apartats. Els autors han de seguir les normes recomanades per la IUPAC a l'hora d'anomenar els composts químics i utilitzar el Sistema Internacional d'Unitats.

Les referències bibliogràfiques han d'anar al final del text, escrites com els exemples següents:

Per a llibres:

VILCHES, A.; GIL, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible: Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press. Citació en el text: (Viches i Gil, 1994).

Per a articles:

SARDÀ, A.; SANMARTÍ, N. (2000). «Ensenyar a argumentar científicament: un repte de les classes de ciències». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 18 (3), p. 405-422.

Citació en el text: (Sardà i Sanmartí, 2000).

Per a altres exemples consulteu un número recent de la revista.

Enviament d'articles

En un arxiu separat cal enviar una breu ressenya professional de tots els autors (nom, titulació, centre de treball, camp principal de treball, correu electrònic) (màxim de 400 caràcters amb espais). En aquesta ressenya hi haurà de constar la direcció postal i el telèfon del centre de treball. Els arxius de les fotografies en format tif o jpeg (mínim 300 píxels per polzada).

Ressenya professional

Tots els articles han de ser enviats per correu electrònic a un dels editors de la revista:

Fina Guitart (jguitar3@xtec.cat)

Aureli Caamaño (acaamano@xtec.cat)

Mercè Izquierdo (merce.izquierdo@uab.es)

Montserrat Tortosa (mtortosa@xtec.cat).

Revisió dels articles

Tots els articles seran revisats per tres experts. Els manuscrits enviats als autors per a la seva revisió hauran de ser retornats en el termini màxim de dues setmanes. Sempre que sigui possible les proves seran enviades als autors abans de la seva publicació.

SECCIONS

ACTUALITAT QUÍMICA

Aspectes importants que facilitin als docents de la química estar al dia i conèixer les implicacions de la química en els temes actuals. Fonts acreditades d'informació per ajudar a construir criteris i opinions fonamentades en la ciència. (límit 20.000)

PROJECTES CURRICULARS

Articles que acostin els docents de la química als projectes curriculars del nostre o d'altres països. El contrast entre els currículums de química en les diferents etapes i països enriqueix els docents i els proporciona una visió d'altres sistemes educatius. (límit 30.000)

INNOVACIÓ A L'AULA

Articles que aportin noves idees d'activitats per a la seva utilització a les aules. La innovació és una font de millora en la manera d'ensenyar dels docents. La secció pretén ser un espai adequat per compartir experiències d'aula. (límit 25.000)

CONCEPTES I MODELS QUÍMICS

Articles per posar al dia al professorat en l'actualització de continguts. També inclou aquells articles que tractin la construcció de models a l'aula centrats en l'evolució de les idees dels alumnes i que mostrin exemples d'activitats de modelització. (límit 20.000)

ESTRATÈGIES I RECURSOS DIDÀCTICS

Articles diversos amb la finalitat de mostrar o presentar materials didàctics o propostes de gestió de les classes. Pretén ser un recull de recursos i d'estratègies per a que el professorat pugui adaptar-les a la seva tasca docent. (límit 25.000)

TREBALL PRÀCTIC AL LABORATORI

El treball pràctic al laboratori ha estat sempre un aspecte clau en l'ensenyament i aprenentatge de la química. Aquesta secció pretén donar cabuda articles referits als treballs pràctics més interessants, adequats, atractius... i amb el referent teòric més innovador. (límit 18.000)

NOVES TECNOLOGIES

Articles relacionats amb la utilització de les noves tecnologies en l'ensenyament-aprenentatge de la química amb l'objectiu de millorar aprenentatges i competències dels alumnes. L'ús eficaç de les TIC és un aspecte clau i d'actualitat en la docència. (límit 20.000)

HISTÒRIA I NATURALES DE LA QUÍMICA

Divulgació d'articles dins l'àmbit de la història i la naturalesa de la química per acostar als docents aquesta temàtica sovint poc coneguda pel professorat. (límit 25.000)

QUÍMICA I SOCIETAT

Articles amb relacions ciència-tecnologia-societat, presència de la química en la vida quotidiana i aspectes d'alfabetització científica per a la formació dels alumnes com a ciutadans. Contextos en què la química pot ser rellevant i l'ensenyament de la química en context. (límit 25.000)

QUÍMICA I EDUCACIÓ AMBIENTAL

Articles que facin palesa l'estreta relació entre la química i els aspectes del medi ambient, així com temàtiques mediambientals d'actualitat des d'una vessant química. Pretén destacar la utilització de la química de forma respectuosa amb medi i l'educació per a la sostenibilitat. (límit 25.000)

RECERCA EN DIDÀCTICA DE LA QUÍMICA

Articles de didàctica de la química i d'aspectes pedagògics destacats. La secció pretén aportar, de manera planera i entenedora, estratègies didàctiques i inclourà articles per establir nexes entre la recerca i l'acció. (límit 25.000)

FORMACIÓ DEL PROFESSORAT

Secció amb aportacions de diferents models de formació del professorat, en el nostre o altres països. Aspectes de la formació adreçats a millorar la tasca del professorat de química i contribuir al seu desenvolupament professional. (límit 20.000)

TREBALLS DE RECERCA DELS ALUMNES

En aquesta secció els alumnes seran els autèntics protagonistes. Es publicaran articles informatius dels treballs de recerca dels alumnes, dins l'àmbit de la química. (límit 20.000)

ENSENYAR I APRENDRE CIÈNCIES

Articles que tracten aspectes d'altres ciències experimentals, les quals en moltes ocasions formen part de la tasca docent dels professors de química. Articles que puguin aportar idees i eines al professorat d'aquesta matèria. (límit 20.000)