

Com ajuden els àtoms a aprendre química i quines dificultats generen?

How atoms help learning chemistry, and what problems they generate?

Míreia Garcia Viloca / Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Química. Unitat de Química Física

Núria López, Pilar Melcón i Isabel Muñoz / Grup de treball Kimeia

David Rial / Escola Sant Felip Neri, Barcelona

Marta Segura i Josep Maria Valls / Escola Pia Nostra Senyora, Barcelona

Marta Simon / IES Leonardo da Vinci, Sant Cugat del Vallès

Coordinació i edició de l'article: Mercè Izquierdo i Claudi Mans



resum

Com a coordinadors del monogràfic, hem plantejat la pregunta del títol de l'article a docents dels diferents nivells educatius (universitat, secundària i infantil i primària). L'article presenta les respostes dels professors i professores editades pels coordinadors. Les seves opinions pel que fa a la manera com desenvolupen la temàtica de l'àtom a classe, així com les seves reflexions al voltant de l'àtom, mostren diferents punts de vista i ens ofereixen un ventall de possibilitats docents. Agraïm als professors la seva col·laboració.

paraules clau

Àtom, internivell, experiència d'aula, dificultats d'aprenentatge.

abstract

As coordinators of the monograph issue, we have raised the question of the title of the issue to teachers of all levels of education (university, secondary, primary school and childhood school). This article presents the responses of teachers edited by the coordinators. Their opinions regarding how to develop the theme of atoms in their lessons, as well as their thoughts on the atom and students' difficulties, show different points of view and offer a range of educational possibilities. We thank the teachers for their collaboration.

keywords

Atom, interlevel, classroom experience, learning difficulties.

Debat: com ajuden els àtoms a aprendre química i quines dificultats generen? Què ens en podeu dir?

Hem plantejat aquesta pregunta a docents dels diferents nivells educatius. Les seves respostes ens ofereixen un ventall de possibilitats didàctiques que ens fan pensar. Presentem a continuació el contingut. Els subratllats, les negretes i

l'estructura dels paràgrafs són nostres.

Esperem que les diferents opinions facin que els àtoms ens ajudin a explicar els fenòmens químics que es produeixen al nostre entorn.

C. Mans i M. Izquierdo

1. Ens en parla Mireia Garcia Viloca, professora de química física de la Universitat Autònoma de Barcelona

— La idea d'àtom químic permet imaginar-se la matèria per dins en coherència amb l'evidència que no tota la matèria és igual.

— L'àtom químic, a diferència de les partícules físiques, respon a l'interès genuïnament químic per allò que diferencia els materials, i no pas per les qualitats que els fan semblants, com ara la solidesa. És per això que

cal diferenciar les partícules físiques dels àtoms de la química.

Però quan cal parlar-ne?

— El primer contacte amb la química és, de manera natural, **amb els fenòmens quotidians**. També la història de la ciència ens mostra que el procés que ha seguit l'home en relació amb la matèria i les seves transformacions és un procés que parteix dels fenòmens i que es desenvolupa en el diàleg entre percepció sensorial i pensament.

— L'**aproximació fenomenològica i històrica** de la química és la més propera a l'alumne, com a persona en procés d'aprenentatge, perquè permet fer-se preguntes i trobar respostes pròpies que, amb l'ajuda del mestre, aniran apropant-se als models que actualment estan acceptats per explicar els fenòmens.

— En primer lloc, cal mostrar els fenòmens que permeten veure que **un canvi físic és diferent d'un canvi químic**, ja que en aquest darrer hi ha alguna cosa que desapareix i n'apareix una de nova. Però el que passa a l'interior de la matèria i per què passa és invisible al món sensorial. A 1r i 2n d'ESO, quan l'alumne té un interès natural i sincer pel món que l'envolta, és el moment d'acollir i reforçar aquesta mirada científica als fenòmens i experiments.

— Els observarem i aprendrem a **descriure'n tots els elements** (*què tenim?, què fem?*) i les qualitats (*què passa?*). Podem començar a parlar de **per què passa**, la qual cosa potenciarà la capacitat de fer preguntes i imaginar respostes (encara que aquestes siguin absurdes, perquè poden ajudar a trobar el propi camí cap a la idea correcta/acceptada).

— Ens centrarem sobretot a veure com els **canvis químics** (combustió, reaccions àcid-base, de precipitació, etc.) ens propor-

Les primeres dificultats amb les quals ens trobem a les etapes d'infantil i primària per treballar aquest tema estan relacionades amb la invisibilitat i amb la quantitat d'àtoms que formen la matèria, és a dir, la discontinuïtat (la matèria està formada per «parts») i la immensurabilitat (les parts són molt petites, no es poden veure, i n'hi ha moltes, no es poden comptar)

cionen informació sobre com és de diferent cada matèria (substància) i quin lloc tenen en l'home i en la natura (el cicle del calci, per exemple). A 3r d'ESO, a partir de la **mesura exacta** de les magnituds físiques mesurables en esdevenir-se un canvi químic (canvis aparents en la massa, en la temperatura, en el volum, etc.), deixarem que el pensament del nen pugui construir les relacions dels diferents elements del fenomen per apropar-se cada vegada més a les lleis que regeixen els fenòmens químics. Entre 4t d'ESO i 1r de batxillerat, els nois aprendran a modelitzar, i és en aquest moment que podran trobar-se amb el model d'àtom químic.

Quines dificultats es generen en tot aquest procés?

— Si es fa aquest procés, **s'evita que es deslligui el canvi químic com a fenomen macroscòpic** (que va donar origen a la taula periòdica) del canvi químic entès com a **reorganització d'electrons** per aconseguir la configuració electrònica més estable. Per contra, si comencem a parlar del model d'àtom químic

quan el procés de modelitzar encara no és natural en el nen, aconseguirem allunyar els fenòmens químics de l'interès de l'alumne. Les persones necessiten el contacte amb el món per fer-se preguntes.

2. Ens en parlen tres professores de primària: Núria López, Pilar Melcón i Isabel Muñoz, del grup de treball Kimeia

— Les primeres dificultats amb les quals ens trobem a les etapes d'infantil i primària per treballar aquest tema estan relacionades amb la **invisibilitat** i amb la quantitat d'àtoms que formen la matèria, és a dir, la **discontinuitat** (la matèria està formada per «parts») i la **imensurabilitat** (les parts són molt petites, no es poden veure, i n'hi ha moltes, no es poden comptar). En aquest sentit, es poden proposar activitats en les quals s'hagi d'esmicolar un material determinat (una galeta, aire, aigua, etc.) tot comprovant que, per molt que el fragmentem, cada part continua mantenint les propietats originals.

— Un altre aspecte a tractar està relacionat amb la **distribució a l'espai** d'aquestes parts i els **enllaços** que les mantenen unides. És interessant fer **dramatitzacions** sobre l'estructura dels materials, per exemple: *si fóssim parts d'un líquid, com estariem distribuïdes en un espai? I si fóssim un sòlid? I un gas?* La realització de **maquetes** amb plastilina i escuradents també ajuda l'infant a visualitzar la distribució interna dels materials, ja que relaciona el que veiem en l'àmbit macro amb el que ens sembla que passa en el micro.

— A infantil i als primers cicles de primària, parlem sempre de **parts**; més endavant apareixeran les paraules **molècula** i **àtom**, relacionades amb el fenomen que observem: molècules com l'aigua

(H₂O), O₂ i N₂ com a components de l'aire que respirem, àtoms com l'H, el Fe, el Ca, etc., relacionats amb el funcionament químic del cos humà i del nostre entorn proper, que, d'aquesta manera, s'omplen de significat.

— A poc a poc, hem de **passar d'una visió estàtica de la matèria a un punt de vista dinàmic**, en el qual l'objecte d'estudi siguin els **canvis d'estat** que es produeixen quan es canvien les condicions externes de pressió i temperatura, quan es dissolen els materials, etc. Les activitats han de passar per la descripció acurada del que teníem a l'inici, del que tenim al final i del que ha passat durant el procés. El fet de partir de preguntes com ara «on és el sucre que hem afegit a l'aigua?» ens porta, una altra vegada, a canviar d'escala, a passar del que veiem al que imaginem que ha passat, i a utilitzar el dibuix, la parla, les representacions, les maquetes, etc., per visualitzar les explicacions i compartir-les amb els altres.

— Cap als últims cursos de primària, es comencen a analitzar les **interaccions fortes**, sempre sota la mirada de la conservació de la massa, dels elements i de l'energia. És en aquest moment que utilitzem el concepte i la paraula *àtom*. La dificultat en aquesta etapa rau a visualitzar i representar les forces que mantenen junts els àtoms (enllaços). L'observació de fenòmens com ara l'oxidació dels metalls, el procés de producció del vi, del iogurt o del pa, etc., provoca la formulació de preguntes relacionades amb les «substàncies que apareixen» i la utilització d'instruments de mesura. Per justificar els canvis observats, es fa necessari pensar com els àtoms que formen les substàncies es **redistribueixen** formant-ne d'altres. La utilització de jocs de construcció ens permet

representar les substàncies inicials i redistribuir les peces per obtenir les substàncies finals.

3. Ens en parla David Rial, professor d'ESO a l'escola Sant Felip Neri de Barcelona

Quan hem de començar a parlar dels àtoms a les classes de ciències?

— Els àtoms com a constituents essencials de la matèria esdevenen un concepte molt important per poder mostrar als alumnes la naturalesa i les propietats d'aquesta matèria que conforma l'Univers. D'altra banda, la seva **intangibilitat** els presenta com uns elements als quals resulta difícil apropar-se per part dels alumnes més joves.

— Penso que el més convenient seria trobar els recursos didàctics que permetessin apropar l'àtom als alumnes, ni que sigui d'una manera molt elemental, ja en els darrers cursos de l'ensenyament primari, potser a 6è. De forma que, durant l'itinerari a l'ESO, a partir d'aquest coneixement inicial i contingut. Per exemple, un cop a 1r ESO i aprofitant l'estudi de l'Univers, es podria establir una segona aproximació al model de l'àtom a partir de la seva **similitud amb l'estructura dels sistemes estel·lars** com el nostre Sistema Solar, que els alumnes ja estudien en aquest curs. Fins i tot, relacionant els dos models, es faria més fàcil entendre com la matèria i l'Univers estan bàsicament buits.

Cal diferenciar les partícules físiques de les químiques?

— És important saber diferenciar quan ens trobem davant d'un canvi físic i quan ens trobem davant d'un canvi químic. I també les conseqüències que tenen aquests canvis sobre la matèria. Però, més que diferenciar les partícules que intervenen en un

cas o en l'altre, el que cal és mostrar **quines són les relacions que aquests àtoms estableixen entre ells quan el procés és físic i quines quan és químic**.

Quines dificultats es presenten en el moment de relacionar els àtoms i els canvis químics i com es poden resoldre?

— La principal dificultat consisteix a fer entendre que en tot canvi químic ni es guanyen ni es perden àtoms, **només es recombinen** els que hi havia inicialment. I que hi ha una mena d'**equilibri dinàmic** entre reactiu i producte. I que, en tot moment, tots dos sempre sumen la mateixa massa. Seria com disposar d'un nombre fix de peses en una balança romana i anar-les passant d'un plat a l'altre. Un cop totes les peses han passat del plat dels «reactius» al dels «productes», i durant tot el procés, la massa global del sistema no ha variat.

Quina és la idea més important que aporten els àtoms a la química?

— **Els àtoms serien a la química com els nombres a les matemàtiques**. Es tracta dels elements a partir dels quals s'estructura qualsevol procés químic. És important que els alumnes siguin conscients que els àtoms dels diferents elements presenten unes propietats i característiques específiques que els diferencien els uns dels altres. I que, quan es combinen àtoms diferents en una reacció química, la substància resultant presentarà unes propietats que li són específiques i que poden ser molt diferents de les que presenten, de manera individual, els àtoms que la constitueixen.

— A més, és convenient anar familiaritzant els alumnes amb el fet que els àtoms, com els nombres, **es poden agrupar per famílies**. I els integrants de cada família d'àtoms tenen en comú el fet de

presentar unes característiques o propietats determinades, ni que sigui en diferent grau. Tal com passa amb els nombres parells o els primers, també es poden agrupar àtoms segons les seves propietats comunes.

4. *Ens en parlen Marta Segura i Josep Maria Valls, de l'Escola Pia Nostra Senyora de Barcelona*

— El concepte *àtom* és fonamental en l'aprenentatge de la química. **Cal parlar d'àtoms des del primer moment en què es parla de matèria.** Per als més petits, la matèria, tot allò que podem veure, sentir, olorar, tastar i tocar, està feta d'unes **partícules molt petites que no podem veure.** De la mateixa manera que una casa està feta de pedres, totxos i altres unitats diferents les unes de les altres, la matèria està feta d'àtoms, no tots iguals.

— A mesura que apugem el nivell, cal parlar d'una altra cosa abans de parlar d'àtoms: el concepte **substància pura**. És la substància pura la que té les propietats físiques clares i determinades. Però la matèria que ens envolta no està feta de substàncies pures, sinó de mescles d'aquestes. I aquest discerniment és el primer que cal ensenyar i clarificar. A partir d'aquí, parlem de *substància pura: de què està feta?* Aquí hem de posar rigor, d'una banda, i models senzills, de l'altra, la qual cosa no és gens fàcil.

— Qualsevol substància pura està formada per unes partícules que són característiques de cada substància i que en determinen totes les propietats físiques. Però, com que coneixem i experimentem la transformació de substàncies pures, **hem d'admetre que aquestes partícules estan formades per unes altres**, les quals, en principi, serien immutables. I aquí entra la química.

I anomenem *àtoms* aquestes altres. No entrem ara en la transmutació dels àtoms perquè no és l'objectiu d'aquest escrit.

— I aquí és on vénen les dificultats. **Quines són aquestes partícules «físiques» que formen les substàncies pures**, que intervenen en els canvis físics i que donen la «marca» de substància pura? Hem de ser rigorosos i divulgatius alhora. **La clau de tot plegat és classificar bé les substàncies pures.** I fer-ho en «elements» i «compostos», com s'ha fet fins ara, és un error didàctic greu, malgrat que el que es volia transmetre era el mateix que el que es vol ensenyar avui.

— No hi ha «elements» i «compostos». El que hi ha són «**substàncies simples**» i «**substàncies compostes**» (anomenades també *compostos*). I quina és la diferència? Ara sí que hem de parlar de quines són les «partícules físiques» que formen les substàncies pures. **I ara és quan podem distingir els àtoms, les molècules, els ions i les estructures gegants.** I a cada nivell sabrem com fer-ho.

— Ara és quan podem dir que l'oxigen que respirem és una substància pura formada per partícules i que cada una està feta de dos àtoms iguals. I que l'aigua, en canvi, està formada per tres àtoms, dos d'iguals i un de diferent dels altres dos. El dioxigen (que forma part de l'aire que respirem) és una substància simple. L'aigua és un compost. I hi ha àtoms d'oxigen i d'hidrogen. **I a partir d'aquí, només a partir d'aquí, arribarem al concepte, únicament mental, d'element químic.**

5. *Ens en parla Marta Simon, de l'IES Leonardo da Vinci de Sant Cugat del Vallès*

Per què parlem dels àtoms a les classes de ciències? Com ajuden a interpretar fenòmens?

La teoria atòmica és potser la millor proposta per presentar una ciència en construcció. **No tenim del tot clar el model i, tot i així, seguim fent hipòtesis i prediccions que acaben en avenços socials molt rellevants.**

— Les teories sobre l'estructura de la matèria ofereixen la possibilitat de construir **una de les narracions més rellevants i amb més possibilitats didàctiques del món de la ciència.** En presentar el tema als meus alumnes, em plantejo dos objectius:

a) Facilitar-los la possibilitat de mirar el món amb uns ulls nous.

b) Ajudar-los a aprendre a representar d'alguna manera allò que s'imaginen.

Els models de la ciència han posat en joc molta imaginació, però han d'estar d'acord amb l'experimentació.

— Es poden generar preguntes a partir, per exemple, del documental de TV3 *Àtom: interrogant la matèria* (Què, qui, com, 2012), **arran del qual ens podem interrogar sobre el pensament dels nens. Caldrà dibuixar o escriure sobre el que s'imaginen que ha passat i fer recerca sobre els científics que han pensat entorn del tema.** Aquest recorregut didàctic ajuda a fer conscients els estudiants sobre el que saben de l'estructura de la matèria: conservació/canvi, micro/macro (el que no veiem/el que veiem), parts/estructura, repòs/moviment.

— **Les dificultats les trobem a l'hora d'aconseguir que arribin a un model de partícules que els permeti fer prediccions.** Hi ajuden les interaccions entre iguals per compartir els dibuixos i les explicacions.

— El vídeo de presentació del CERN (Lapuente, 2004) introdueix l'estat actual de la recerca i



Figura 1. Comencem a pensar químicament quan sabem veure les molècules d'aigua com a essència del mar.

podem generar preguntes com ara «allò que no veiem no existeix?».

— Ara s'imposa el treball de les escales de mesura i de les conseqüències d'observació que se'n deriven: no es veu el mateix segons l'escala.

Quines dificultats es generen? En quins parany no hauríem de caure?

— Si comencem el tema donant respostes i presentant les representacions dels models atòmics l'una rere l'altra, **quin tipus de construcció mental afavorim?** No seria més interessant traure l'accent de la memorització dels models i aprofitar la seqüència de reestructuració successiva dels models **per aprendre el model de treball de la ciència?** A cada nivell es pot aprofundir en un dels models.

— Si presentem les propietats dels àtoms i fem preguntes reproductives, numèriques, **quins tipus de capacitats competencials desenvolupem?** Potser cal minimitzar aquestes qüestions i **avaluar com s'ha estructurat cada experiment per explicar tot el que l'anterior no explicava.** Entendre aquestes diferències comporta explicar també les

característiques i propietats dels àtoms.

— I si per tal d'aprendre a diferenciar entre isòtops i ions donem les definicions de cada tipus, **què ajudem a fer als alumnes? En definitiva, què els queda per indagar?** El repte d'estimular i despertar l'interès per la química és una tasca engrescadora i gratificant.

— «Sense els àtoms, la química és una artesanía poc interessant, però només amb àtoms no hi ha química» (Izquierdo, 2008).

Referències

- IZQUIERDO, M. (2008). «La construcció física de l'àtom: de Mendeléiev a Pauling». *III Jornada d'Història de la Ciència i l'Ensenyament*, vol. 1, núm. 2, p. 79-87.
- LAPUENTE, C. (dir.) (2004). CERN: *Catedrals de la ciència* [en línia]. Ginebra: CERN; Alcobendas: New Atlantis. <<https://www.youtube.com/watch?v=PXkmu-WxXE4>> [Consulta: 30 setembre 2014].
- QUÈ, QUI, COM (2012). *Àtom: interrogant la matèria* [en línia]. Barcelona: Televisió de Catalunya. <<http://www.tv3.cat/videos/2542259>> [Consulta: 30 setembre 2014].



Mercè Izquierdo Aymerich

És doctora en ciències (química) i catedràtica de didàctica de les ciències a la Universitat Autònoma de Barcelona, on ha fet classes de química, història de la química i didàctica de les ciències. La seva recerca es dedica de manera específica al llenguatge i als aspectes històrics i epistemològics que tenen influència en l'ensenyament de la química. Ha dirigit tesis doctorals i ha participat en programes de formació de professors en actiu i en projectes de recerca en col·laboració amb universitats de l'Estat espanyol i de l'Amèrica Llatina. És codirectora de la revista *Enseñanza de las Ciencias*.
A/e: merce.izquierdo@uab.cat.



Claudi Mans i Teixidó

És catedràtic emèrit del Departament d'Enginyeria Química de la Universitat de Barcelona. Té publicats llibres de text i de divulgació, com ara *La truita cremada* (2005), *Els secrets de les etiquetes* (2007), *La vaca esfèrica* (2008) i *Sferificacions y macarrones* (2010). És també assessor i col·laborador de CosmoCaixa i de la unitat UB-Bullipèdia, director científic del Comité Español de la Detergencia (CED) i vocal de les juntes de l'Associació Catalana de Comunicació Científica (ACCC), l'Associació Catalana de Ciències de l'Alimentació (ACCA) i el Col·legi de Químics de Catalunya.
A/e: cmans@ub.edu.