

Miquel-Àngel Sánchez Ferriz (cur.)

La terminologia en les ciències de la vida, en la química i en el món educatiu

Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 2013, p. 97-112

DOI: 10.2436/15.2503.02.33

La difícil recerca de la paraula justa

Mercè IZQUIERDO AYMERICH

Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències, UAB

Resum

Els professors ens esforcem en comunicar amb rigor els coneixements que ens pertiquen. Però ens sorprèn, una vegada i una altra que, tot i que parlem de manera justa, sovint no «comuniquem». Ah! —diem—, és que el nostre discurs no correspon a un context que els alumnes identifiquin. Però, quan hi ha context, les vivències, múltiples i inconexes, ens desborden.

El segle xx ens ha aportat interessantíssimes reflexions sobre el llenguatge. Wittgenstein, Halliday, Austin, Vigotsky... destaquen la funció social del llenguatge, ens diuen que està «situat», que és acció intencionada en el món que d'aquesta manera es crea per a cada un de nosaltres... que s'aprèn jugant el joc adequat. Com, doncs, fer compatibles els llenguatges savis de les ciències, que diuen tantes coses de les intervencions experimentals i de les reflexions que han motivat, que contenen una cultura científica assolida al llarg de segles de treball, amb una activitat en la qual es compromet la persona que viu, en un entorn concret, unes vivències concretes?

Trobem a faltar les narratives adequades per a fer sorgir activitat lingüística pròpia de l'aula, que contribueixi a desenvolupar la història de la ciència dels nostres alumnes. I això requereix un disseny molt i molt curós, gens improvisat, novel·lós i flexible alhora que científicament ric i correcte de les classes. Quina responsabilitat tenen els llibres de text en l'emergència de les paraules i els signes de la ciència? Aquestes són les preguntes que ens formulem, no les que podem respondre o aclarir.

Hauríem d'establir una nova aliança entre els llenguatges diversos que han de florir a les classes de ciències per tal que «les paraules justes de les ciències» siguin el regal que reben els nostres alumnes al final d'un camí que ells han recorregut amb interès i creativitat.

Abstract: *The difficult search for the fair word*

We teachers strive for rigorously communicate the knowledge we care for. But we are surprised that, again and again, although we talk in the right manner, we often do not «communicate». We justify it by saying that our narrative does not fit to a context our pupils identify. Nevertheless, when a context is present, the experiences overflow us, multiple and disjointed.

The 20th century brought about very interesting reflexions on language. Wittgenstein, Halliday, Austin, and Vigotsky *i.a.* underline the social function of language. They have told us that it is “located”, that it is purposeful/deliberate/intentional action in a world so created for everyone of us... that [one learns] [learning is accomplished] by playing the suitable play. How then to make compatible the learned languages of sciences — that tell us so many things of experimental interventions and the reflexions they have motivated, that contain a scientific culture achieved throughout centuries work — with an activity to which the person living in a specific environment and having a specific experience is committed?

We miss the appropriate narratives aimed to the emergence of linguistic activity typical of the class in order to contribute to develop among our pupils the history of science. This requires a very, very careful design, not improvised at all, new and flexible, and at the same time scientifically rich and correct with a view to the classes. What are book-texts responsible for the emergence of science words and signs? These are the questions we ask ourselves, not those we are able to answer or to clarify.

We should build a new alliance among the diverse languages that have to flourish in science classes so that “the fair words of science” become the present our pupils are awarded at the end of a path they have traveled through with interest and creativity.

1. INTRODUCCIÓ

Proposo aquesta reflexió com a professora de ciències; els professors de ciències no som lingüistes, ni professors de llengua, però ens considerem responsables del llenguatge científic escolar. I ho fem des del desconcert de veure com el llenguatge de la ciència, que sempre hem valorat molt, esdevenia críptic per als nostres alumnes i resultava inadequat per introduir-los en els coneixements científics.

Parlaré des de la perspectiva del professorat encarregat d'educar científicament els nostres alumnes. Els nostres alumnes ja no són (només) els futurs científics, metges o enginyers, com feia no tants anys, als quals podíem ensenyar més o menys el que els professors havíem après a la Universitat. Hem avançat; ara considerem que l'ensenyament secundari és per a tothom i també ho són les ciències experimentals (estem parlant de la física, la química, la biologia i la geologia), malgrat la fama de difícils i eixutes que tenen. Els professors tenim ara nous rep-

tes: una feina més difícil, que requereix més imaginació i nous recursos, que ens empeny a inventar quelcom que la Universitat no ensenya: les «ciències per a tot-hom». I és aquesta empresa, més nova i creativa del que la gent del carrer es pensa, la que ens fa recapitular i cercar els trets fonamentals del pensament científic que els nostres alumnes haurien d'adquirir, les preguntes fonamentals que és interessant resoldre i que requereixen respostes que són útils per viure.

Perquè fer de professor no és recitar un conjunt de veritats sobre el món, és educar les persones perquè adquireixin el gust, personal i intransferible, de conèixer.

En primer, lloc, hem d'acordar què són les ciències que eduquen i com podem parlar-ne amb els alumnes, de manera que ens entenguem uns i altres. Perquè veiem que, en aquesta iniciació primigènia de la qual parlem, els dos aspectes no es poden destriar: les primeres ciències que cal aprendre són les que incideixen en les competències bàsiques. Si els primers passos ja s'han donat en aquest camí, es podran anar assolint les altres etapes sense perdre la connexió entre les ciències i la vida, entre els coneixements i la reflexió personal que troba enriquiment en la de les altres persones, i que vol ser comunicada, compartida. I, amb això, comencen els problemes. Les ciències tenen un llenguatge propi; parlen d'entitats que no són quotidianes: cèl·lules, molècules, pressió, densitat, metamorfosi... Aquestes paraules no diuen res als qui encara no coneixen els fenòmens als quals s'apliquen. Perquè són paraules que s'han gestat en el si de l'activitat científica; no es pot parlar científicament a qui no coneix encara aquesta activitat, ni quotidianament d'una activitat que no ho és (apartat 2).

Ràpidament constatem que el llenguatge és molt més que paraules: és un discurs sobre les conseqüències d'una determinada manera d'actuar en els fenòmens del món que genera paraules, les quals generen nous discursos i noves paraules, cada vegada més ajustades i alhora més incomprensibles per als qui no han estat protagonistes dels discurs (apartat 3).

Podem comprendre com s'han generat les paraules de la ciència: són sàvies, són el resultat d'experiments, de mesures, de construccions teòriques que fan que el món sigui pensable. Gràcies a aquestes paraules, els fenòmens encaixen els uns en els altres. La conclusió, per tant, és que no hi ha ciències sense llenguatge científic; són el que són gràcies a ell. Per això ens costa reconèixer que les preuades paraules de la ciència són, en gran part, incomprensibles als alumnes... que, en cru, són intel·ligibles, passives, no eduquen, no generen vivències que es vulguin comunicar... que són inútils, finalment; i que no podem començar les classes parlant aquest llenguatge. Hem de sortir d'aquest embolic i, per aconseguir-ho, necessitem repensar què és la ciència a l'escola, a l'institut, a la universitat. I tot seguit veiem que això que tant apreciem, les paraules tan riques de la ciència, ho són perquè inclouen experiències humanes valuoses; s'han gestat en el si d'una

activitat d'indagació empresa amb una finalitat que la fa interessant; és aquesta activitat la que dóna sentit als termes i per això hem de començar per ella.

L'activitat científica inclou la llengua: donar nom és actuar sobre el món, reconstruir-lo des del punt de vista de la transformació material que s'ha aconseguit (apartat 4)

Si no hi ha comunicació amb els alumnes, no hi ha educació científica possible, no es pot ensenyar res; si les paraules no s'entenen, caldrà dissenyar activitat científica escolar que sigui adequada a l'emergència del llenguatge científic... escolar! I que aquest llenguatge escolar arribi a ser adient per a la comunicació científica normativa.

Comencem un camí difícil. Els interessos dels alumnes no són els de la ciència i fer-los convergir (aquesta apassionant feina dels professors) potser mai no s'aconseguirà del tot. Cada alumne incorporarà a la seva pròpia vida quelcom del que s'haurà dit a classe, i això és bo, per més que sigui difícil de gestionar. Perquè finalment la llengua escrita queda, és un resultat visible de la tasca feta, impacta en els «models» que organitzen la ment dels alumnes, en el que recordaran, en el significat que donen a les paraules (apartat 5).

La ciència escolar pot fruir de les noves concepcions del llenguatge... si aconseguim generar experiència i desig de comunicar-la: a la recerca de la «idea justa», modelitzadora. El disseny de l'activitat científica escolar ha de donar lloc a un projecte de reconstrucció del món a partir de la intervenció i del pensament quantitatiu, matemàtic, que l'alumnat ha de fer seu de manera «narrativa». Si l'activitat científica a l'escola ha estat rica i diversa, els textos generats també ho estaran. Els alumnes seran capaços de transitar entre diferents tipus de text i hauran rebut el millor regal que els pot fer l'escola: el llenguatge que recrea el món amb la paraula. La paraula justa queda com una fita que se'n escapa quan s'assoleix, però que ens proporciona noves alegries cada vegada que, de nou, l'aconseguim (apartat 6).

2. QUÈ SÓN LES CIÈNCIES, QUÈ SÓN LES CIÈNCIES ESCOLARS

Les ciències (els coneixements científics) són el resultat d'una aventura humana que han viscut moltes persones que hi han dedicat la vida, empeses pel desig de comprendre el món en el que viuen, fascinades pels seus misteris, pels problemes que planteja, pels reptes que cal superar. Ho han fet sense reconeixement, sense recompensa; però els va proporcionar vivències gratificants que han de ser comunicades a d'altres persones per a ser compartides, per enriquir les idees amb la contrastació i el diàleg.

Aquest desig de conèixer i comunicar ens caracteritza com a espècie; ens reconeixem com a persones en participar en un mateix projecte humanitzador, obert al futur. L'educació científica té a veure amb «humanitzar els alumnes»

(sense això no faria cap falta!) justament perquè connecta amb aquesta recerca de coneixement que és pròpia dels humans. Gardner (2000) ens parla d'altres projectes igualment humanitzadors: la recerca de bellesa (l'art) i de la bondat; la recerca de coneixement, en un marc d'ètica i d'estètica és el camí que proposem aquí per a la ciència escolar.

Amb això podem dir que la Ciència és una activitat humana que té per finalitat conèixer i ser comunicada... com la poesia. És un projecte d'expressió.

Des d'aquesta perspectiva experiencial, humana, compromesa, podem constatar l'enorme distància entre el que serà aquí, per a nosaltres, la ciència escolar i el que encara molts accepten: que és aprendre el que hi ha escrit en el llibre de text, que és difícil de llegir, però que s'ha d'aprendre encara que costi perquè és veritat.

Una ciència que «es fa», que emociona, que implica i compromet, s'aprèn més i millor. Comença, a l'aula, sense paraules específiques, però fent que el llenguatge sigui l'instrument del pensament científic, un generador d'exemples, de signes i de situacions que sostinguin i consolidin el pensament i que farà possible la comunicació sense la qual no hi haurà ciència. D'ella han de sorgir els termes específics de les ciències, aquells als quals els professors ens devem, els termes que voldríem passar als estudiants perquè interpretin el seu món... perquè, encara que no ho saben, les necessiten. Paraules misterioses i suggeridores, com *àtom*, *energia*, *força*, *substància*, *element químic*... no són objectes del món que s'han de definir, han de ser el resultat de la història personal de conèixer.

El primer pas és generar interès, sorpresa, ganes de conèixer. Però aquest pas ha de ser donat en la direcció adequada.

3. EL LLARG CAMÍ CAP AL LLENGUATGE CIENTÍFIC

Donar nom a les coses és fer-les properes, establir-hi lligams... conèixer-les. Els nens petits ho aprenen de les persones del seu entorn, que estan d'acord amb quines són «les coses» del seu entorn i com s'anomenen. Però «les coses de les ciències» només es veuen quan «es fa ciència»... En podem parlar, esclar, però ¿què n'entenen, els alumnes? La recerca en Didàctica de les Ciències mostra a bastament l'enorme distància que hi pot haver entre el que els alumnes poden «dir/repetir» i el que realment comprenen; és a dir, poden utilitzar termes com *energia* o *àtom* en definicions apreses de memòria sense saber aplicar significativament aquests conceptes a fenòmens del seu entorn que aparentment coneixen bé.

A. L. Lavoisier (1743-1794) ha estat considerat el pare de la química. No discutirem ara si ho va ser o no; la ciència necessita herois per adquirir identitat i aquest n'és un, vinculat estretament a una reforma del llenguatge. El seu destí dramàtic (va perdre el cap a la guillotina, tot i haver estat secretari de l'Académie des Sciences i un científic i home de negocis reconegut), així com la col·laboració es-

treta amb la seva jove muller Marianne en les seves recerques en química, n'han fet un paradigma de científic creatiu i exitós que la barbàrie va castigar de manera injusta. Tots aquests episodis poden ser narrats de moltes maneres i la personalitat complexa de Lavoisier serà recreada una i altra vegada. Però ara i aquí ens interessa reflexionar sobre la relació que ell establí entre llenguatge i recerca científica. Perquè Lavoisier va reclamar un nou llenguatge per a la química, més clar i precís que el que era habitual en el seu temps. Si bé no va ser l'únic a mostrar-se insatisfet per les ambigüitats del termes que feien servir els farmacèutics, metges, apotecaris... sí que va copsar com ningú més l'impacte teòric de les noves paraules que ell proposava. Ell va afirmar de manera rotunda, apassionada, amb consciència de ser pioner a dir-ho, desmarcant-se dels altres químics del moment, que «jo, volent reformar el llenguatge, vaig haver de reformar tota la química».

Vet aquí una afirmació de gran importància: el llenguatge «és» la ciència. En el «Discurs Preliminar» del seu llibre *Traité élémentaire de Chimie* ho formula de manera impecable. Ens diu que, en ciència, la paraula es refereix a la idea que pinta (interpreta) el fet: paraula, idea, fet són tres aspectes d'una mateixa realitat. I desenvolupa aquesta afirmació mostrant com, molt sovint i segons el seu propi punt de vista, els químics del seu temps utilitzen termes que es refereixen a entitats inexistents com, per exemple, el flogist.

Perquè aquesta és la genialitat de la reforma de Lavoisier: incideix en un conjunt de fenòmens d'interpretació dubtosa: la combustió i altres reaccions químiques en les quals suposadament intervenia una substància subtil que no es deixava capturar, anomenada flogist o matèria del foc, que a més a més semblava tenir una massa negativa. En el temps de Lavoisier s'havien fet molts experiments entorn del foc i dels gasos que s'hi relacionaven; s'havia descompost l'aigua i s'havia compost de nou, però el flogist mantenia la seva presència en la interpretació dels fenòmens. Lavoisier li declara la guerra i anomena amb noms inventats per ell, teòrics (veurem per què els anomenem així!), les noves entitats químiques que ell proclama: *oxigen*, que significa, en grec, «generador d'àcids»; *hidrogen*, que significa «generador de l'aigua»

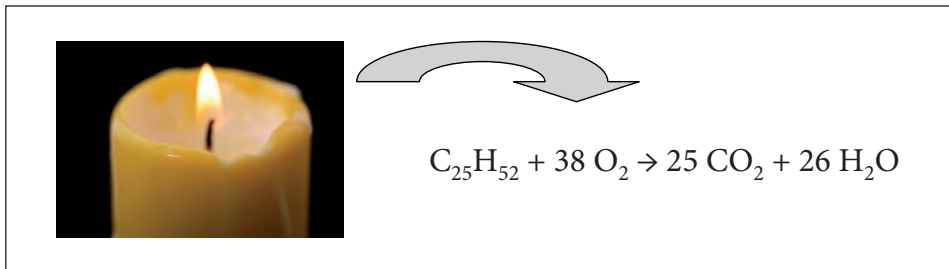


FIGURA 1. Qui ho diria que una espelma cremant «es diu» així?

Lavoisier va aprofitar l'avinentesa de participar en la reforma del termes químics per donar nom a les noves entitats amb les quals interpretava els fenòmens del foc i la descomposició de l'aigua i que encara no eren reconegudes en l'àmbit internacional. I, tal com va fer notar, amb això va imposar una nova manera de pensar, fonamentada en un raonament quantitatiu, en una manera de fer semblant al tancament d'un balanç de comptes. «Tot el que intervé en les reaccions químiques és material i té massa, i la massa es conserva en el canvi químic», afirmava. Amb aquest raonament reformula els coneixements del seu temps i en fa un conjunt nou, del qual només es pot parlar amb el seu nou llenguatge: és a dir, llenguatge i paradigma científic van junts; en aquest nou paradigma hi ha oxigen i no hi ha flogist. Els noms de les substàncies indiquen ja si són simples, formades d'un sol element (ferro, per exemple), o si són compostes (òxid de ferro): una sola paraula per a les primeres, dues per a les segones. Efectivament, el nom «interpreta»: no és el mateix dir «calç de ferro», com abans, que dir òxid de ferro, segons la nova química de Lavoisier. És més clar el nom que proposa Lavoisier, sempre que es pugui reconèixer que es parla de la calç.

Podem valorar ara tant l'aportació que fa aquest nou llenguatge com els mantesos que provoca. Perquè aquesta manera d'anomenar i de pensar va donar lloc, poc temps després, a les fórmules de la química, el paradigma del llenguatge «just» que els professors no arribem a abandonar tot i que sabem que és, sovint, incompreensible

Molts professors (jo mateixa) s'han delectat amb el discurs preliminar del *Tractat Elemental de Química*. És tan convincent la proposta de Lavoisier, és tan apropiat al que cal destacar dels fenòmens que ens enamora i enlluerna. Ens pensem que la paraula teòrica ja conté el fet primigeni, el que ha suscitat la idea a la qual es refereix la paraula. Això no és així, perquè les noves paraules són moltes i ningú diu als alumnes que es refereixen a una manera de fer i de mirar diferent a la del dia a dia. Degut a això, les entitats representades per les fórmules, els fets «pin-tats per la teoria» substitueixen els fets reals.

Hi ha el perill d'oblidar que l'oxigen, per exemple, no és (només) una entitat del món com els tomàtecs o les patates, sinó que és una manera d'intervenir en determinats fenòmens com per exemple la combustió. Donar tanta importància a la paraula (justa) ens fa oblidar la seva dimensió pràctica i funcional; no recordem que per parlar d'oxigen i de les fórmules cal acceptar la permanència dels elements i de la seva massa, les regles de combinació entre les substàncies simples i l'oxigen, les maneres de prendre mesures i els aspectes del fenomen en els que no cal fixar-se. Anomenar és una manera d'intervenir, una manera de fer i de pensar, no és una descripció precisa del món.

Amb això, no vull dir que l'oxigen no sigui «real»; però referir-nos a ell amb la fórmula O_2 no esgota el que en podem dir; la realitat, si volem dir-ho així, és

molt més complexa del que les paraules justes en poden arribar a dir. Per això ara s'ha acabat el temps de creure a cegues en les paraules justes; ara, quan la ciència ja és per a tothom, quan han emergit noves concepcions sobre el llenguatge i sobre el context social en el qual emergeixen els coneixements, les paraules justes s'han de conrear, s'han de fer créixer per poder-les fer servir adequadament en el discurs amb les altres persones.

Stengers i Prigogine ens parlen d'una nova aliança entre ciències i humanitats; consideren acabat el temps en el qual el suposat mètode científic imposava a la natura l'ordre derivat de la matemàtica. En *Ordre i caos* consideren que aquesta mena de discurs «ens revela una natura morta, passiva, que es comporta com un autòmat, que va desenvolupant unes regles inscrites en un programa». I fan veure la paradoxa entre els orígens humanistes de les ciències i aquesta imatge actual deshumanitzadora i antinatural.

En l'apartat anterior hem vist que aquest llenguatge, a l'escola, és alienant, aparta els estudiants de les ciències: el missatge que reben és que «les ciències no són per a ells». Tot i això, Lavoisier està vigent i el llenguatge científic continua essent valuós. Les ciències s'han de dir amb el llenguatge de les ciències, requereixen un llenguatge teòric apropiat al segle XXI; i, a l'escola per a tothom, aquest llenguatge ha de ser per comunicar idees i compartir-les.

Ara podem avançar una mica més. Si ja hem vist que cal començar les classes de ciències generant sorpresa que esdevingui diàleg, ara sabem que també han d'introduir una mirada teòrica, que abraci de cop un conjunt de fenòmens relacionats entre ells. El pensament matemàtic formarà part d'aquesta nova perspectiva.

4. LA CIÈNCIA ESCOLAR, A LA RECERCA DE LA «IDEA JUSTA», MODELITZADORA

Anem veient que la paraula justa que volem no és la que denota i defineix (perquè no s'entendria) sinó que és la que il·lumina un fet de cada dia al veure'l junt amb d'altres des d'una nova perspectiva que permet veure-hi similituds. Més que una paraula, caldrà una pregunta, un comentari, una reflexió, immersos en un procés que rescati per a l'escola el que és més preuat del pensament científic: lligar caps, trobar relacions causa i efecte amb sentit... com ja hem dit. Caldrà tot allò que genera gust per conèixer el món. I, per tant, cal parlar del món i no de les entitats científiques. I en aquest punt la ciència «per a tothom» i la ciència dels científics segueixen camins una mica diferents.

Vegem què ha passat amb els àtoms de la química. Els llibres de química en parlen molt, dels àtoms, i en fan els protagonistes de les fórmules. Presenten un panorama relativament senzill: tots els materials (substàncies, en diem) estan fets

d'uns determinats àtoms enllaçats entre ells d'una determinada manera i es representen per una fórmula. Quan es produeix un canvi químic (una reacció química) els àtoms s'enllacen de manera diferent, es «reorganitzen» i les fórmules canvien. El problema és que l'atenció se centra en els àtoms, que són invisibles i que mai no van sols; els hem arribat a conèixer només per les inferències que podem arribar a fer a partir de les reaccions químiques reals i de les intervencions experimentals que hi fem, però, en la pràctica escolar, aquestes intervencions desapareixen, són massa complexes i anem per feina. Amb això, la química escolar és molt menys interessant del que podria arribar a ser-ho, perquè se li escamotegen preguntes ben interessants, les que corresponen a la manera de mirar pròpia de la química: interessada per les característiques dels materials i dels canvis que es produeixen quan els materials interaccionen, no per uns àtoms invisibles.

Com podem promoure goig per conèixer, per explorar, per intervenir, amb aquests àtoms inaprensibles, tan llunyans a l'experiència dels nois i de les noies? Per molt que facilitin l'estudi de la química, no compleixen la funció educativa d'introducció al pensament científic que anem buscant. Perquè, en presentar-se en el món com a entitats que van i vénen en els canvis, amaguen el seu fantàstic origen, especulatiu, imaginatiu, agosarat.

És clar que calen, els àtoms, per comprendre el canvi químic. Però són massa macos, massa ben pensats, funcionen de manera automàtica com si fossin un joc de Lego; amaguen la seva principal característica: que no existeixen, que són completament diferents de les peces de Lego. Són unitats d'interacció química mentre que les peces de Lego han estat dissenyades per a una interacció mecànica: res a veure! Perquè la interacció química és peculiar i sorprenent i s'ha de viure d'aquesta manera. El resultat d'aquesta interacció és que unes substàncies han desaparegut i han aparegut unes altres (costa de creure, veritat?); però, com deia Lavoisier, la quantitat total de massa es manté constant.

Les primeres vivències de «fer química» s'han de fer amb fenòmens reals, quotidians, com ho són la fusta (o l'espelma, o el gas de la cuina) que cremen. Però, com ja hem dit, han de poder ser contemplats des d'una perspectiva teòrica, perquè les ciències ho són. Els alumnes han d'aprendre a veure-hi substàncies inicials i substàncies finals, elements i masses que es conserven. Es fixaran així en una altra regularitat sorprenent: les masses dels elements que intervenen en les interaccions químiques es relacionen segons proporcions fixes però aparentment capricioses: 1 g d'hidrogen ho fa amb 8 g d'oxigen, 8 g d'oxigen ho fan amb 28 g de ferro, o amb 8 de sofre, o amb 100 g de plom. La conclusió és que la massa d'interacció química no és una massa inert: els elements no interaccionen gram a gram. Una mateixa massa inert dels diferents elements no val el mateix, des d'un punt de vista químic. Aquesta «massa química» característica de cada element serà l'àtom de la química, com veurem.

Proposem de fer a classe el següent experiment: cremar, amb les precaucions adients, llana de ferro prèviament pesada; el fenomen és força espectacular per les guspines que es desprenen. Quan hagi finalitzat el procés es pesa el producte. Els alumnes creuen, en general, que pesarà menys, però no és així: la massa ha augmentat. Si haguessin pensat com Lavoisier, ho haurien encertat; com que el ferro és una substància simple, no es pot descompondre, si «reacciona» és que ha interaccionat amb una substància externa i s'ha unit amb altres elements; en aquest cas, ho ha fet amb l'oxigen. Continuem: demanem als alumnes que busquin la proporció entre grams de ferro inicials i grams d'oxigen que s'han incorporat. Si han treballat bé, tots hi troben una proporció similar; en tots els casos, la quantitat de ferro és superior a la de l'oxigen. (La proporció seria 3,52 g de ferro a 1 g d'oxigen, però no cal arribar a aquest resultat per poder-hi pensar). Amb una mica més de reflexió, de formulació d'hipòtesis i d'imaginació es pot arribar a comprendre que, si la proporció és sempre la mateixa, podem fer servir la metàfora dels àtoms: resulta pràctic pensar que les interaccions químiques es fan entre àtoms i que els àtoms tenen diferents masses; la de l'àtom de ferro és 3,52 vegades superior a la de l'àtom d'oxigen; la massa d'interacció química (la massa atòmica) més petita és la de l'hidrogen.

És ben curiós, tot això... i sorprenent! Els queden molts anys, als alumnes, per anar-hi pensant... la química és una disciplina viva, oberta i també ho ha de ser la química escolar.

Un experiment com aquest és «modelitzador»; val a dir que aquesta mena d'experiments han de ser identificats a partir d'una seriosa reflexió didàctica. Seguint l'esperit de Lavoisier, cal intentar fer veure en aquest fenomen de les guspines i l'oxidació del ferro les relacions de massa que passarien desapercibudes i que són crucials per a la química: preparar l'escenari per tal que paraules com *mol*, *àtom* o *substància química* tinguin sentit, perquè s'han presentat situacions químiques reals de manera que s'hi pugui pensar.

Hereus del pensament quantitatiu de Lavoisier com som, no és estrany que els nostres àtoms siguin paquets de massa química dels elements que hem pogut ordenar segons les seves relacions, des de l'hidrogen (1) a l'urani. (Si aquestes quantitats s'expressen en grams, tenim 1 mol de tots els elements, que és el mateix que dir que tenim «un àtom» de tots ells). Aquests mateixos àtoms esdevenen, ja en el segle xx, les unitats d'estructura de les substàncies químiques i adquireixen també propietats mecàniques... però molt peculiars! En diem quàntiques, i corresponen a partícules subatòmiques. Caldren moltes altres idees brillants per anar configurant el nou panorama, trenant adequadament els fets, les paraules i les idees, perquè el nou àtom quàntic continua essent, abans que cap altre cosa, «químic».

Veurem ara com la «paraula justa» deixa de ser-ho quan escamoteja la idea principal i es transforma en un símbol, amb una imatge, amb una metàfora però

sense parlar del «problema» que la fa necessària. Això és el que passa quan els llibres ens parlen dels àtoms: se'ls representa amb unes simpàtiques boletes de colors, els lectors ho volem entendre-ho i ens ho fem a la nostra manera. Situada en el nostre món, amb els nostres referents, aquesta paraula (àtom-boleta) s'expandeix i genera un món possible... però que ja no és el seu propi món; no s'hi pot intervenir, perquè genera preguntes que no encaixen; hem pres una drecera que no ens condueix enlloc.

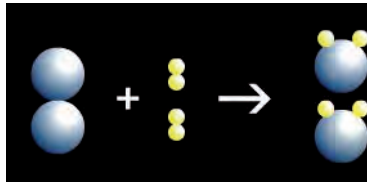


FIGURA 2. Aquests àtoms-boleta ens parlen d'una explosió!

Veiem-ho amb un exemple. Com que ja es dona per fet que els àtoms tenen masses diferents (això ja no és el problema, en l'àtom-boleta), la qüestió és ara saber quants àtoms-boleta hi ha en un mol, com si aquest fos el problema. Finalment s'ha confós el mol (que és la unitat de la quantitat de massa química) amb aquest nombre (se'n diu el nombre d'Avogadro), un nombre tan desorbitat que, de fet, no serveix per a res a nivell pràctic, només per sorprendre i, potser, per fer veure que si tractem amb àtoms reals ens desplaçem a un món irreal i necessitem una nova mecànica.

Es va començar per comparar el mol amb la dotzena d'ous; és una bona analogia, però l'àtom-boleta ens ha fet fixar en el nombre (12) i no en el significat d'interacció, que és el que caldria. Per què els ous es compren per dotzenes i no per centenars o a pes? Perquè dotze ous es consumeixen en un període de temps compatible amb la seva conservació en les llars humanes del nostre temps; és la nostra interacció amb els ous el que fa aconsellable que els comprem i els comprem d'aquesta manera. I hem acabat perdent la magnitud propia de la química: la quantitat de substància, la unitat de la qual és el mol. En el nostre món quotidià, les substàncies reaccionen «a mols», de la mateixa manera que mesurem les vetes a pams, la corda a metres o comprem els ous de dotze en dotze.

L'ús del terme científic no assegura que es pugui aplicar amb el rigor necessari. És millor anar avançant a poc a poc; gaudim amb la sorpresa, fem que el llenguatge la mantingui i l'aliment i no defugim les dificultats de comprendre el terra que trepitgem.

Veurem ara com podríem fer-ho.

5. LA NOVA ALIANÇA ENTRE LA LLENGUA ESCRITA I EL PENSAMENT CIENTÍFIC ESCOLAR. DIVERSITAT DE TEXTOS PER ALS DIFERENTS CONTEXTOS

Un repàs ràpid als llibres de text ens ha fet veure aquesta transformació dels àtoms de la química en entitats que s'uneixen o se separen capriciosament. És tan clara, la representació... tan fàcil de manipular, que s'oblida que, en el seu origen, era una metàfora. Si diem que els nens s'han quedat a casa amb el cangur mentre els pares estan al cine, tothom sap el que volem dir; però quan parlem de l'àtom d'oxigen i el presentem com una boleta d'una determinada grandària i massa, prenem la boleta com si fos real.

Les ciències parlen d'un món que no és arbitrari, responen a preguntes que no són falòrnies, en les quals ens podem reconèixer les persones d'ara i les que han viscut fa uns quants segles. Els seus conceptes, les paraules que utilitza, són contundents com bales de canó, són el resultat d'experiments interpretats una i altra vegada. Mostren un món ordenat sobre el qual podem pensar perquè són el resultat del que s'ha anat pensant al llarg de segles. Són imprescindibles, perquè la saviesa que contenen no es pot improvisar. D'acord, termes com *àtom*, *valència*, *energia*, *afinitat*, *força*, «*cascada d'electrons*», «*atac electrofílic*», *reacció*.... no es refereixen a «coses» tan ben definides com podíem pensar, però tampoc són fruit d'una moda; tenen sentit en el si d'una cultura científica amb mil·lennis d'antiguitat, amb preguntes i respostes pròpies generades pel desig humà de conèixer, aliat amb el de fer-ho bé i de manera bella... una cultura que ens sentim amb l'obligació de transmetre i de la qual les paraules de la ciència en són part.

Però ja hem vist que cal administrar aquests termes amb prudència. Si no, empatxen i fan mal, perquè acaben despistant; els edulcorem tant que, finalment, perden el significat. Perquè es dediquen esforços a fer-los digestibles, es representen amb «logos», se'n fan icones i símbols... i cada vegada fa més mandra posar-se a pensar que és el que signifiquen realment. No és aquest el camí a seguir. Creiem que cal apostar fort a favor de l'experimentació a l'aula i de la creació de llenguatge propi adequat als pensaments i discussions que promou, com ja hem insinuat.

Wittgenstein ens il·lumina el camí a seguir en parlar del llenguatge com una «pràctica»; ens parla del «joc del llenguatge» en el qual se generen tots els actes comunicatius, tot allò que les persones volem dir-nos. Es fa difícil, per tant, parlar amb les paraules dels altres, si no es comparteixen vivències. La paraula justa de Lavoisier, la de les enciclopèdies i els exàmens de revàlida, pot ser incomprensible i inútil si no ha estat gestada en el joc adequat. Ens diu que fins i tot aquesta paraula justa, tan difícilment generada i apresada, caduca; canvia de significat empenyida per noves preguntes, per nous intents de resposta, perquè el joc continua i els resultats no són simplement acumulatius.

Des de Wittgenstein, els coneixements que les ciències (totes) busquen, i als quals els professors ens devem, han de ser respostes a preguntes amb les quals interaccionem amb el món i el transformem. I aquesta interacció, a l'escola, és lingüística; aquesta és potser la principal novetat: el llenguatge, a l'escola, no és per dir com és el món, sinó que és per construir-lo. I aquest llenguatge té les seves pròpies regles i requereix determinades maneres de fer. Del «joc de la ciència escolar», en diem «modelitzar». Es comença en un context ben triat, que permeti formular les preguntes adequades per generar un projecte, un procés de creació de coneixement. Aquestes preguntes fan de passarel·la cap a una idea fundacional que és alhora llenguatge i acció, i s'expressen les regularitats que mostra aquesta nova perspectiva amb diversitat de llenguatges i inscripcions (taules, gràfics, imatges, dibuixos).

A les persones formades en didàctica de les disciplines (és el cas dels professors) ens atabala la interacció directa amb els fenòmens reals, que no són els exemples que il·lustraven els llibres com a exemples. Si volem parlar-ne amb els alumnes amb el seu propi discurs ens sentim com atrapats en un fangar. I els alumnes no ens entenen precisament quan volem transformar massa depressa aquest fangar, que no és més que un batibull d'idees inadequades (més aviat, adequades a esdeveniments solts, idees que no lliguen les unes amb les altres), en una autopista, perquè no disposen del vehicle adequat per a transitar-hi.

Disposem-nos doncs a anar fabricant a poc a poc bastides, passarel·les, preguntes il·luminadores que ens vagin construint aquest camí cap a la ciència escolar, que no és el que ha seguit la ciència però que és igualment emocionant. A poc a poc, el fangar deixarà de ser-ho, s'haurà convertit en un jardí i hi podrem passejar, gaudir de la seva bellesa i dissenyar noves passareles per explorar altres territoris.

Veiem-ne algun exemple. No es pot parlar d'un ésser viu sense sorprendre's per la raresa de la seva estructura, alhora diversa i única, sense indagar com es nodreix, com es relaciona, com es reproduïx. La constitució cel·lular dels vivents es fa necessària en la mesura que l'atenció s'ha disposat a rebre aquesta informació com la clau de volta meravellosa que fa que l'estructura dels vivents els sigui ben pròpia.

Si es pensa en el fonament fisicoquímic dels fenòmens, l'atenció se centra ara en la conservació de la massa i de l'energia en la quotidianitat i a sorprendre's de les seves conseqüències: cal acceptar que hi ha materials invisibles, que el problema de l'energia no ve del fet que es conservi sinó que els canvis «que van sols» s'esgotin.

Com que els fenòmens de la vida (també el funcionament de la Terra, que hem de considerar en unes etapes de temps i una obertura al futur que li són característiques i pròpies) tenen un fonament fisicoquímic, les passarel·les han de

facilitar una mirada de conjunt. La vida «va sola» quan està ben alimentada... però la gana mostra que, si no es fa quelcom (menjar), la meravellosa estructura cel·lular deixarà de funcionar.

Aquestes grans idees fundacionals (com la noció de nombre, en matemàtiques) no es poden entendre, no es poden explicar, no es poden demostrar, s'han de viure alhora que s'interacciona amb els fenòmens adients. Com hem dit, requereixen acció (intervenció, amb les seves regles), representació mental (que permet predir el que passarà, imaginar noves situacions, trobar analogies, proposar metàfores) i comunicació (resignificació de les paraules, formacions semiòtiques, text). Hi ha d'haver experiència compartida, de la qual sorgirà el llenguatge comprensible... ¿per a tots? Només per al grup que ha intervingut en l'aventura? És el moment del pacte, del consens. És el moment de posar per escrit. El nou món que es va intuïnt quan volem lligar caps i relacionar els fets del món gràcies als conceptes científics és massa diferent del quotidià i serà un món reconstruït des de les matemàtiques amb paraules contundents (ara ja podem parlar de «paraules justes»), taules, gràfics, símbols, fórmules, funcions matemàtiques.

La ciència escolar necessita, ara sí, d'un nou llenguatge; ara sí que és imprescindible, perquè comencem a saber què volem dir. Aquest nou llenguatge de les ciències és multimodal, metafòric, imaginatiu... i també vol ser precís. És el moment de construir la ciència escrita... que és això que en diem «ciència», en el currículum oficial.

La nostra preocupació pel llenguatge científic forma part d'una preocupació per la comunicació, pels llenguatges diversos, que ha de ser compartida pels professors de les diferents matèries. Aquest mateix enlluernament dels professors de ciències per la paraula justa, filla de la matemàtica, que genera llenguatges simbòlics i paraules-bomba genials i imaginatives, l'experimenten els professors de les altres matèries; també les notes i els pentagrames a la classe de música poden resultar inadequats per «viure» la música; ni els pentagrames serveixen per reproduir el cant del ocells ni les fórmules per a l'activitat a la cuina. El camí que cal recórrer per arrelar les paraules de les ciències als contextos que són significatius per als alumnes ha de ser compartit per totes les matèries, perquè totes les disciplines s'han construït amb una base lingüística similar. Per exemple, en totes elles els gèneres textuais (explicacions, descripcions, argumentacions, justificacions) correlacionen amb el que Jorba *et alii* en dieuen «habilitats cognitivolingüístiques»: descriure, definir, resumir, explicar, justificar, argumentar, demostrar. I totes elles estan escrites segons les mateixes pautes; els seus llibres i manuals proporcionen exemples als alumnes de com han d'escriure les seves conclusions per a poder comunicar-les en els seus àmbits disciplinaris.

Bruner ens parla de dues racionalitats humanes: la racionalitat narrativa i la racionalitat lògica. Totes dues són necessàries a classe i cada una d'elles dona lloc

a textos diferents. La primera d'elles arrela en la història, personal o col·lectiva. Proporciona el fil conductor de la tasca de fer ciència i d'arribar a comunicar-la; facilita la reflexió personal, les anècdotes, proporciona el context de la tasca. La segona reclama pensar el món físic des de les matemàtiques i dóna lloc a les paraules justes que anem buscant, però que, com hem vist, no tindrien significat sense vivències.

Finalment, les «grans paraules fetes acció i món» esdevenen «signes» que tenen sentit en el projece de construcció de coneixement. Podríem pensar que aquests signes (els àtoms boleta, les fórmules...) són les paraules justes de les ciències. Creiem que no; requereixen l'activitat cognitiva dels alumnes que les uneixi a un món que poden interpretar amb accions amb finalitat i sentit.

6. REFLEXIÓ FINAL. LA PARAULA JUSTA SE'NS REGALA AL FINAL

L'expectativa d'aprendre ciències a partir d'un llibre de text ha quedat lluny. Les paraules precises que contenen els llibres requereixen un context (uns fenòmens) que li donin sentit, requereixen activitat i vivència de fer ciència, discurs i una pràctica continuada de llegir i escriure per arribar a consensuar el que volem dir. Així els alumnes podran disposar de les claus del llenguatge científic, per no confondre el que és «pensat» i expressat de manera metafòrica amb el món al qual es refereix, que planteja encara noves preguntes, que planteja nous reptes que generaran nous llenguatges, nous símbols. Els alumnes comencen tot just la seva «història de la ciència»!

Les «ciències per a tothom» han d'ensenyar a parlar amb propietat dels fenòmens d'un món que esdevé pensable gràcies a l'acció humana, que proporciona recursos per viure, de manera responsable, sostenible, saludable.

Volem que l'aprenentatge del llenguatge científic contribueixi a l'educació i proporcioni competències bàsiques. Necessitem, per a això, una atenció constant al llenguatge, una diversitat de textos produïts i llegits. Necessitem nous textos, molts, en diversos formats, que puguin sostenir l'activitat científica dels alumnes en aquest difícil camí cap a la paraula justa, que se'ns regala al final del trajecte.

Crec que ara, més que mai, cal destacar la importància de «ser professor». Perquè, en l'intent que tothom estigui «alfabetitzat» en ciències, els professors han de reinventar les paraules de la ciència, fer-les reviure en els ambients diversos en els quals transcorre la vida en el segle XXI, allunyats en la immensa majoria de casos d'aquells en els quals se genera la ciència actual, però no per això menys rellevants per a l'activitat científica transformadora del món.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRUNER, J. (1997). *La educación, puerta de la cultura*. Madrid: Visor
- GARDNER, H. (2000). *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*. Barcelona: Paidós Ibérica
- HALLIDAY, M. A. K., Martin, J.R. (1993). *Writing Science*. Pittsburgh (EUA): University of Pittsburgh Press
- JORBA, J., GÓMEZ, I., PRAT, A. (ed.) (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona
- LEMKE, J.L. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Norwood (Nova Jersey, EUA): Ablex Publishing Corporation
- MÁRQUEZ, C., PRAT, A. (coord.) (2010). *Competència científica i lectora a secundària. L'ús de textos a les aules de ciències*. Barcelona: Associació de Mestres Rosa Sensat
- PRIGONINE, I., STENGERS, I. (1990). *La nueva alianza. Metamorfosis de la Ciencia*. Madrid: Alianza Universidad
- ROTH, W. M. et al. (ed.) (2005). *Critical Graphicacy. Understanding Visual Representation Practices in School Science*. Dordrecht (Països Baixos): Springer-Kluwer
- WITTGENSTEIN, L. (1997 [1953]). *Investigacions filosòfiques*. Barcelona: Edicions 62.