

Investigar sobre els canvis en la matèria a l'educació primària

Inquiries on substance changes in primary education

Jordi Martí, Arnau Amat, Víctor Grau i Isabel Jiménez / Grup de Recerca CODI (Coneixement i Didàctica) de la UVic-UCC



resum

En aquest article reflexionem sobre dues de les idees clau que caldria treballar al llarg de la primària per tal de situar els alumnes de cycle superior en disposició de començar a comprendre allò que passa en un canvi químic. En primer lloc, justifiquem les idees escollides en referència al marc curricular existent i a la idea de progressió d'aprenentatge. Tot seguit, plantejem com treballar-les i acompanyar-les al llarg de tota aquesta etapa a partir de l'evolució de les idees i els models de l'alumnat.

paraules clau

Canvi químic, educació primària, idees i models clau.

abstract

In this article we reflect on two key foundational ideas that should be built up throughout primary education in order to place upper grade students in a comfortable position to understand what is going on a chemical change. First of all, we justify the election of such key ideas in reference to the existing curricular framework and the idea of learning progression. Next, we consider how to work and develop them based on the evolution of students' ideas and models.

keywords

Chemical change, primary school, key ideas and models.

Dues idees clau per a investigar els canvis en la matèria a primària

El camí per a introduir la idea de canvi químic a l'educació primària passa per treballar una sèrie d'idees i conceptes clau que, en forma de progressió d'aprenentatge, facilitin aquest recorregut. En aquest primer apartat descrivim què planteja el currículum vigent, i com això que planteja encaixa (o no) amb les progressions d'aprenentatge que s'han proposat des de la recerca en didàctica de les ciències.

La taula 1 mostra els continguts que l'actual currículum d'educació primària proposa dins el bloc de Matèria i Energia i que estan més

directament relacionats amb l'estructura i els canvis en la matèria (Departament d'Ensenyament, 2017). Hi podem observar que al cycle mitjà apareix de manera explícita la idea de canvi físic a través dels canvis d'estat, i que no és fins al cycle superior que es fa referència a la idea de canvi químic. En aquest cas s'opta per una aproximació bàsicament descriptiva de tres tipus de canvis químics força comuns: l'oxidació, la combustió i la fermentació. No sembla, per tant, que es persegueixi l'assoliment d'un primer nivell de comprensió de la idea de canvi químic.

Si assumim que l'educació científica hauria de tenir com a finalitat última ajudar els infants

a millorar la seva comprensió dels fenòmens naturals, fàcilment conclourem que aquest enfocament purament descriptiu no serà suficient per a iniciar-se en la comprensió d'un conjunt de fenòmens complexos i poc intuïtius com són els canvis en la matèria. La insuficiència d'aquest enfocament es fa més evident encara quan analitzem la literatura sobre les idees i els raonaments científics dels infants en relació amb les transformacions de la matèria (Driver, 1999).

Tenint en compte aquests estudis, i entenent que les idees i raonaments dels alumnes han de ser sempre el punt de partida de qualsevol procés d'aprenentatge en

ciències, darrerament s'han fet diverses propostes de *progressions d'aprenentatge* (NRC, 2007) que plantegen quines han de ser les idees clau que cal tractar, com cal distribuir-les al llarg d'un període escolar i com cal incorporar-les a les activitats que es porten a terme a l'aula. Un exemple, referit a l'estructura i als canvis en la matèria, és la progressió que proposen Wiser & Smith (2008) que, adaptada per Amat *et al.* (2016), es pot trobar sintetitzada a la fig. 1.

Segons aquesta progressió, a l'educació primària els docents haurien de partir del conjunt d'idees que sovint comparteixen els nens i nenes de 4 a 6 anys i que conformen el que s'anomena *teoria intuïtiva de la matèria*. Dues idees clau d'aquesta teoria són: *és matèria tot allò que puc tocar o percebre i només pesa allò que noto que pesa*. A més a més, en aquesta teoria inicial els infants no consideren el principi de conservació de la matèria.

Per això proposem que les activitats a fer entre cicle inicial i cicle mitjà ajudin l'alumnat a fer el trànsit entre aquesta teoria inicial i el que s'anomena teoria macroscòpica. Això suposa ajudar els infants a a) reconstruir els seus conceptes inicials de matèria i de massa, i b) aprendre a determinar la massa i entendre-la com una propietat clau que caracteritza la matèria, per així poder adquirir el principi de conservació de la matèria, tan important per a la comprensió dels canvis físics i químics. A partir d'aquí, i ja a cicle superior, caldria introduir el model de partícules, que ha de facilitar el trànsit des d'una visió contínua i macroscòpica de la matèria cap a una visió corpuscular o particulada, la qual oferirà als infants unes possibilitats molt més àmplies de comprensió dels fenòmens químics perquè té un poder explicatiu més elevat.

Així doncs, considerem que per a ajudar a construir la idea de canvi químic al final de l'educació primària hi ha almenys dues idees clau que cal treballar a fons:

— Idea 1: La quantitat de matèria (que determinem a través de la mesura de la massa) es conserva tant en els canvis físics com en els canvis químics.

— Idea 2: La matèria està feta de partícules (model de partícules).

A continuació descrivim com podríem introduir aquestes dues idees.

El principi de conservació de la matèria

El principi de conservació de la matèria fou formulat explícitament per primer cop al segle XVIII per Lavoisier i afirma que en una reacció química la quantitat de matèria (la massa) és igual abans i després de la reacció. Aquest principi és extensible als canvis físics (canvis d'estat, dissolucions, dilatació, etc.) i, per tant, esdevé clau per a entendre els canvis en la matèria.

Aquest principi no és evident per als infants de cicle mitjà o més petits. Alguns estudis han mostrat que els nens i nenes de 6 a 9 anys consideren que l'aigua que s'obté de la fusió del gel pesa menys (té menys massa) que no pas el gel que s'havia posat a fondre. Molts nens i nenes tampoc no tenen clar que en una dissolució la massa total sigui equivalent a la suma de la massa del solut i la del dissolvent (Driver, 1999).

Per això és important que en les activitats plantejades per a treballar els canvis físics es pari atenció i es dediqui espai a considerar què passa amb les masses de les substàncies implicades abans i després del canvi. Descrivim a continuació una bona activitat per a introduir aquest principi de conservació de la matèria a partir d'un fenomen molt proper: la fusió del gel (Amat *et al.*, 2016).

Cicle inicial
<ul style="list-style-type: none"> · Observació i descripció d'interaccions que produeixen canvis en un sistema. · Observació, descripció i classificació de materials en funció d'algunes propietats tot relacionant-les amb els seus usos. · Distinció entre objectes d'un sol tipus de material o de diferents.
Cicle mitjà
<ul style="list-style-type: none"> · Mesura, comparació i ordenació de propietats dels materials: longitud, massa, capacitat i temperatura. · Conservació de la massa i el volum amb els canvis de forma. · Experimentació dels canvis d'estat en l'aigua i la seva reversibilitat.
Cicle superior
<ul style="list-style-type: none"> · Mesura i comparació de masses i volums de materials diversos. · Observació, experimentació i descripció de materials amb diferents densitats. · Planificació i realització d'experiències sobre el comportament de materials davant de la llum, el so, la calor, la humitat i l'electricitat. · Propietats dels diferents materials d'una mescla relacionant-les amb l'ús de diferents tècniques de separació de substàncies: imantació, filtració, decantació, evaporació i destil·lació. · Propietats de l'aigua com a dissolvent. · Canvis químics en relació amb fenòmens quotidians: combustions, oxidacions i fermentacions. Aplicació a la prevenció del foc i a l'obtenció de compost.

Taula 1. Continguts del currículum de primària relacionats amb la matèria i els seus canvis (font: Dept. Ensenyament, 2017).

Quan a l'aula es fa l'observació de la fusió d'un glaçó, sovint els mestres fan que els infants descriguin els canvis observables entre l'estat inicial (glaçó) i l'estat final (aigua líquida) o investiguin quant tarda un glaçó a fondre's en diferents circumstàncies. No és tan freqüent, en canvi, demanar que pesin el glaçó i l'aigua líquida resultant, per a així poder qüestionar la seva idea inicial que aquest pes serà diferent i, a la vegada, aportar evidències a favor del principi de conservació de la matèria.

Per això és bo iniciar aquesta activitat fent predir a l'alumnat què passarà amb la massa del glaçó quan es fongui i esdevingui aigua líquida i recollir totes les idees i raonaments dels infants a la pissarra. Un cop hàgim comprovat que la massa inicial dels glaçons (que posarem en una bossa de plàstic) i la massa final de l'aigua líquida és la mateixa, encetarem un debat per contrastar els resultats obtinguts amb les prediccions formulades a l'inici. Tant per als nens i nenes que hagin predit que els pesos seran diferents, com per als que hagin considerat que seran iguals (segurament menys que els anteriors), pot ser bo mostrar-los un tros de plastilina i fer-los pensar sobre com ho podríem fer perquè pesi més, o menys. Es tracta d'arribar a la conclusió que només aconseguirem que pesi menys si traiem plastilina, i només aconseguirem que pesi més si n'hi afegim. Aquest raonament pot ajudar a veure que, en el cas de la fusió del glaçó, no ha passat ni una cosa ni l'altra, és a dir, ni hem afegit aigua ni n'hem tret, per la qual cosa és lògic que les masses inicial i final siguin idèntiques.

Assentar bé la idea que la quantitat de matèria es conserva en els canvis físics és un pas necessari per a comprendre a fons els canvis químics, però no és suficient. Per tal de seguir ajudant els nens i nenes a comprendre el principi de conservació de la matèria i les propietats dels diferents estats físics de les substàncies, i com a pas previ necessari a la introducció del canvi químic, considerem que també cal ajudar-los a fer un salt d'escala i passar d'una mirada macroscòpica i contínua de la matèria a una mirada microscòpica i particulada. Caldrà, en definitiva, introduir-los al model de partícules.

Introduir el model de partícules

Imaginar-se que el món macroscòpic que tenim al nostre voltant està fet d'elements més petits no visibles (cèl·lules, partícules, etc.) és una idea que defensem que caldria començar a introduir de manera explícita als últims cursos de l'educació primària.

Tal com hem defensat en altres ocasions (Jiménez & Martí, 2013), les idees inicials dels infants han de ser el punt de partida real de l'activitat científica escolar. En aquest sentit, quan se'ls demana com està feta la matèria per dins, la majoria se la imaginem com si fos contínua, i no contempen la idea o la possibilitat que existeixin petites partícules, almenys de manera espontània.

Per tal de progressar des d'una teoria macroscòpica cap a una teoria particulada, alguns autors (Besson & Viennot, 2004) han defensat que segurament és necessari crear primer models intermedis que serveixin de transició entre el nivell macroscòpic i el nivell submicroscòpic. Alguns autors han identificat les característiques que es podrien atribuir a la idea de partícules que usarem en la ciència escolar a primària (adaptat de De Vos & Verdonk, 1996):

1. Tota la matèria està feta d'unes entitats anomenades partícules. Les partícules són massa petites per ser vistes. Aquests partícules, que ens podem imaginar com petites boles de billar, són dures i immutables.

2. Les diferents substàncies poden estar fetes per la mateixa partícula o per diferents partícules. Hi ha substàncies formades pel mateix tipus de partícules i substàncies formades per tipus diferents de partícules.

3. En els sòlids i en els líquids les partícules estan molt juntes i mantenen una forta atracció, que podem representar com a lligams

entre partícules. En els gasos, l'espai buit entre partícules és molt més gran que l'espai que ocupen les partícules mateixes i, per tant, les forces d'atracció són molt febles, pràcticament inapreciables. Per tant, com més curta és la distància més atretes estan les partícules.

4. El moviment és una característica permanent per a totes les partícules sigui quin sigui el seu estat. Hi ha una relació directa entre la temperatura d'una mostra de matèria i el moviment de les partícules.

5. En les reaccions químiques les partícules es conserven en la reacció. Una reacció és, per tant, un procés en el qual les partícules de diferents substàncies s'uneixen de manera diferent donant lloc a substàncies diferents.

Aquestes cinc característiques es poden anar treballant en funció dels tipus de fenòmens que investiguem (canvis d'estat, dissolucions, canvis químics, etc.), però considerem que es tracta de cinc idees importants que al final de la primària els nens i nenes haurien de tenir clares.

Per tal d'introduir a l'aula el model de partícules, podem prendre com a punt de partida un experiment sobre la compressibilitat dels diferents estats de la matèria utilitzant xeringues (Amat *et al.*, 2016). En primer lloc, es presenten els tres materials a treballar: un tros de guix (sòlid), aigua (líquid) i aire (gas), i es demana als nens i nenes que els col·loquin dins d'una xeringa i comprovin si els poden comprimir. Posteriorment es demana als infants que provin d'imaginar com els veurien per dins, tenint en compte el que acaben d'observar i altres propietats de sòlids, líquids i gasos que ja coneixen. Com que en aquests primers dibuixos difícilment apareixeran punts o boletes que representin partícules, la mestra o el mestre

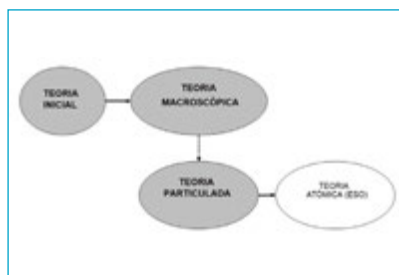


Figura 1. Progressió d'aprenentatge de models teòrics en relació amb la matèria.

pot introduir la idea de partícula explicant que: «els científics s'imaginen que la matèria està feta per partícules tan petites que no es poden veure; aquestes partícules ens les podem imaginar com boles de billar que no es poden deformar ni dividir». A partir d'aquí es demana que utilitzin aquesta nova idea per a explicar com s'imaginen que deu ser cada material, tenint en compte les propietats de sòlids, líquids i gasos.

Com a resultat d'aquesta activitat, sovint observarem com les nenes i els nens de cicle superior de primària dibuixen les boletes que representen les partícules tal com es mostra a la fig. 2. En els sòlids sovint col·loquen les partícules molt juntes i unides per algun tipus de lligam, mentre que en els líquids les dibuixen una mica més separades. Finalment, en els gasos situen les partícules molt separades entre elles i sense lligams.

Aquests models inicials dels infants expliquen bé perquè el sòlid no es comprimeix i perquè el gas es comprimeix, però no expliquen de manera gaire adequada perquè el líquid no es comprimeix si, segons el dibuix, existeixen espais buits entre les partícules. Aquesta incoherència entre el model i l'observació permetrà iniciar un procés de revisió del model que conduirà a refinar-lo tot introduint, per exemple, l'existència de forces més o menys fortes d'atracció-repulsió entre partícules.

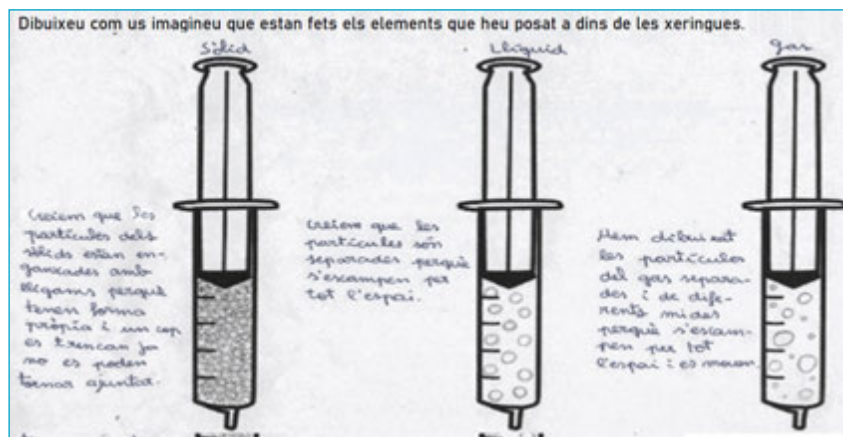


Figura 2. Models dels alumnes sobre els sòlids, els líquids i els gasos.

Per això proposarem als infants que facin un model amb boletes de plastilina i altres tipus de materials (escuradents, fils, gomes elàstiques, etc.) que puguin representar les forces que mantenen units els sòlids i els líquids. Sovint observarem com alguns infants usen escuradents per a unir les partícules en els sòlids i, en canvi, usen fils per als líquids, perquè això els permet explicar com és que el líquid no té una forma definida i flueix (fig. 3 i 4).

En aquestes primeres versions del model de partícules els nens i nenes solen representar les substàncies fent servir un sol color de plastilina per a les partícules (per exemple: aigua amb plastilina blava, sal amb plastilina blanca). Com veurem més endavant, els mateixos nens i nenes són capaços de revisar aquest aspecte quan intenten explicar un canvi químic. A més a més, solen ser representacions molt estàtiques, perquè els és difícil concebre que les partícules tinguin algun tipus de moviment. Hi ha experiments que poden ser útils per a qüestionar aquesta visió tan estàtica, com ara observar la difusió d'una gota de tinta en aigua a diferents temperatures (Amat et al., 2016) o usar representacions corporals que els ajudin a imaginar el moviment de les partícules (Cuberes, 2017).

El principi de conservació de la matèria i el model de partícules construït fins aquí poden ser utilitzats pels infants per a explicar molts canvis físics, com ara la dilatació, els canvis d'estat o les dissolucions. En canvi, per a explicar els canvis químics caldrà refinar de nou el model de partícules, tenint en compte, sobretot, els principis 2 i 5 descrits anteriorment.

L'ús del model de partícules per a investigar sobre els canvis químics a primària

Partint del model de partícules descrit en l'apartat anterior podem començar a treballar els canvis químics al cicle superior. En primer lloc, i tal com haurem fet amb els canvis físics, és important fer una primera aproximació a nivell macroscòpic (Caamaño & Corominas, 2020), observant reaccions que ens permetin constatar que unes substàncies amb unes propietats es transformen en unes altres amb propietats diferents (p. ex.: oxidació del ferro, combustió d'una espelma). L'objectiu final és que els infants comprenguin que aquest canvi de substàncies és el que ens indica que estem davant d'un canvi químic. També pot ser interessant que intentem representar amb paraules aquestes reaccions a nivell macroscòpic encara que sigui utilitzant termes



Figura 3. Model fet amb plastilina i escuradents que representa un sòlid.



Figura 4. Model fet amb plastilina i cordills que representa un líquid.

col·loquials per a designar les substàncies, com per exemple: ferro + oxigen de l'aire → ferro rovellat.

Després d'aquesta primera aproximació macroscòpica, podem començar a donar sentit al canvi químic prenent com a punt de partida el model de partícules presentat anteriorment, però revisant-lo perquè pugui explicar aquest nou fenomen. Descrivim, a continuació, una possible seqüència d'activitats que contempla aquestes dues aproximacions i que parteix de la reacció química que es dona quan barregem vinagre (una solució d'àcid acètic en aigua) i bicarbonat de sodi.

Aproximació macroscòpica

Demaneu als infants que agafin un globus i hi posin 4 cullerades de bicarbonat de sodi a dins. A continuació, demanarem que posin 120 ml de vinagre dins d'una ampolla petita de plàstic o d'un erlenmeyer. Seguidament, posarem el globus al coll de l'ampolla (o erlenmeyer), i quan estigui ben subjectat a la boca de l'ampolla (o erlenmeyer) deixarem caure el

contingut al seu interior fent que es produeixi la reacció química. Observarem que quan es barregen els dos reactius es produeixen bombolles i el globus es va inflant. Quan la reacció hagi acabat haurem observat el globus inflat i tindrem un líquid transparent a l'ampolla. En aquest moment preguntarem: «Quines "substàncies" teníem al començament?», «En quin estat estaven inicialment aquestes dues "substàncies"?», «Què hem fet?», «Què ha passat?», «Podria ser que s'haguessin format noves "substàncies"?», «Quins indicis tenim que s'hagin format noves substàncies?». Aquestes dues darreres preguntes ens conduiran a pensar que l'observació de les bombolles i el fet que el globus s'infla ens permet concloure l'aparició d'una nova substància que no sabem quina és, però que sabem que és un gas.

A partir d'aquí demanarem: «Podria ser que s'hagués format alguna altra substància que no veiem?». Recordarem als nens i nenes, de quan van treballar les dissolucions, que quan barregem sal i aigua no veiem la sal, tot i que hi és present. Per tant, podria ser que hi hagués alguna substància nova dissolta al líquid encara que no la vegem. Per això els proposarem d'evaporar el líquid, i observarem que apareix una substància blanca sòlida, que és acetat de sodi, però que amb els nens i nenes no cal anomenar.

En aquest moment, i per tal de començar a introduir els infants en la representació dels canvis químics, els podem dir que una manera d'expressar els canvis que s'han produït és representant l'equació amb paraules: bicarbonat de sodi + vinagre → substància gasosa + substància sòlida blanca.

Finalment, també pot ser interessant preguntar: «Us sembla que el que hem obtingut al final

pesa igual, o pesa més o menys que el que teníem al començament?». Això ens permetrà comprovar si els infants utilitzen el principi de conservació de la matèria que han treballat en cursos anteriors en aquesta nova situació. És probable que considerin que sí que pesa igual, però també és probable que considerin que no, donat que apareix un gas i alguns nens o nenes pot ser que encara considerin que els gasos no pesen.

Per tal de comprovar-ho, podem repetir l'experiència anterior però amb algunes modificacions. Aquest cop posarem el bicarbonat de sodi dins d'un tub que, amb molta cura, introduïrem dins un erlenmeyer. A continuació, mesurarem la massa del conjunt. Després, un cop ben tancat l'erlenmeyer, mourem el recipient per provocar la reacció, tal com es mostra a la fig. 5, i col·locarem de nou el conjunt a sobre la balança per constatar que el pes (massa) no ha variat.

Aproximació submicroscòpica, usant el model de partícules

Un cop treballada la idea de canvi químic a nivell macroscòpic i establert que el que ha passat és que dues substàncies inicials han donat lloc a dues noves substàncies, podem atrevir-nos a utilitzar el model de partícules per a intentar interpretar el que ha passat. En aquest sentit primer de tot podem demanar als nens i nenes que usin el model de partícules per a representar les «substàncies» que teníem abans de la reacció, és a dir, el bicarbonat de sodi i el vinagre. A partir d'aquí els podem demanar que formulin una hipòtesi sobre com pot ser que s'hagin originat les noves «substàncies» (substància gasosa i substància blanca sòlida), preguntant: «Com creieu que s'han format aquestes dues substàncies?». Convidarem els nens i nenes a

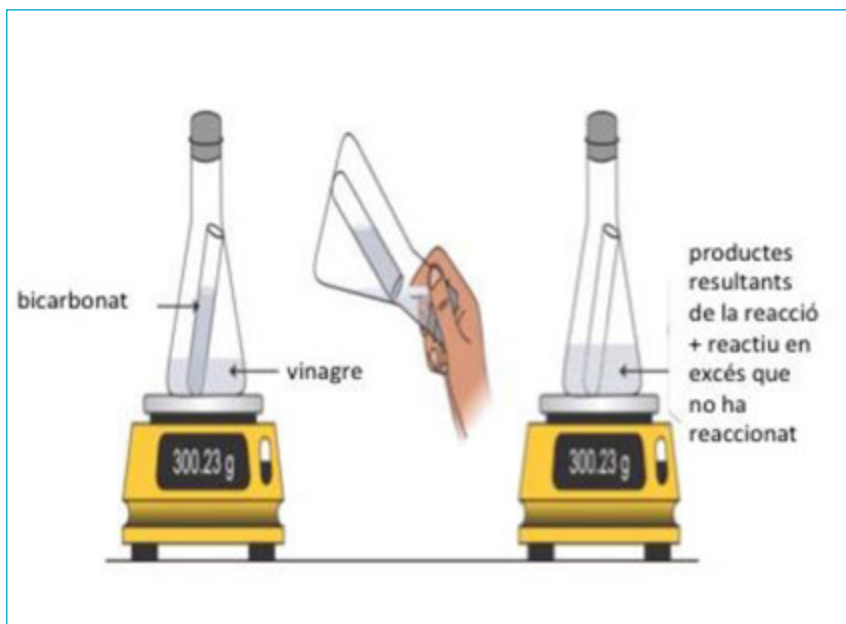


Figura 5. Experiència per a comprovar que la massa del sistema reaccionant no canvia.

cercar una explicació al canvi químic observat tot partint del model de partícules treballat. A partir d'un dibuix o de la construcció de maquetes realitzades amb diferents materials (plastilina, cordills, escuradents, etc.) demanarem que mirin d'explicar allò que han vist, fent ús dels models de sòlid, líquid i gas establerts anteriorment. És molt important tenir present que les representacions i idees que apareguin en aquest moment són models i idees en evolució, que cal acollir sense jutjar-les en sentit negatiu, però mirant de confrontar-les amb noves evidències.

Sens dubte, hi ha moltes possibles respostes a la pregunta anterior, i una d'aquestes possibles respostes incorpora les idees que a) una substància pot estar feta de partícules diferents i b) les partícules es poden reagrupar donant lloc a noves substàncies. Aquestes idees pot ser que no haguessin aparegut en cursos anteriors de l'etapa, quan les investigacions i l'ús del model de partícules estava més centrat en la comprensió dels canvis físics. Per això considerem que si els mateixos infants no les plantegen

és interessant introduir-les i incorporar-les com a revisions o millores al model de partícules que s'havia fet servir fins aquest moment. Sense dubte són dues idees molt útils per a generar hipòtesis explicatives del canvi químic observat.

En aquest sentit, a la fig. 6 mostrem com un infant de 5è de primària sí que ha tingut en compte aquestes idees i representa el bicarbonat i el vinagre com a substàncies fetes amb diferents tipus de partícules, i per això utilitza plastilina de colors diferents. A més a més, diferencia l'estat de les dues substàncies a través del tipus de lligam amb què enganxa les partícules entre elles (fil o escuradents). A l'hora d'explicar què ha passat (fig. 6, foto inferior), l'infant mostra una reorganització d'aquestes partícules que dona lloc a un sòlid (la substància blanca que hem observat en la reacció) i a un gas que, en aquest cas, el nen afirma que «surt d'algunes partícules del bicarbonat que s'alliberen quan el bicarbonat i el vinagre s'ajunten».

Veiem, doncs, com infants de 5è de primària són capaços de

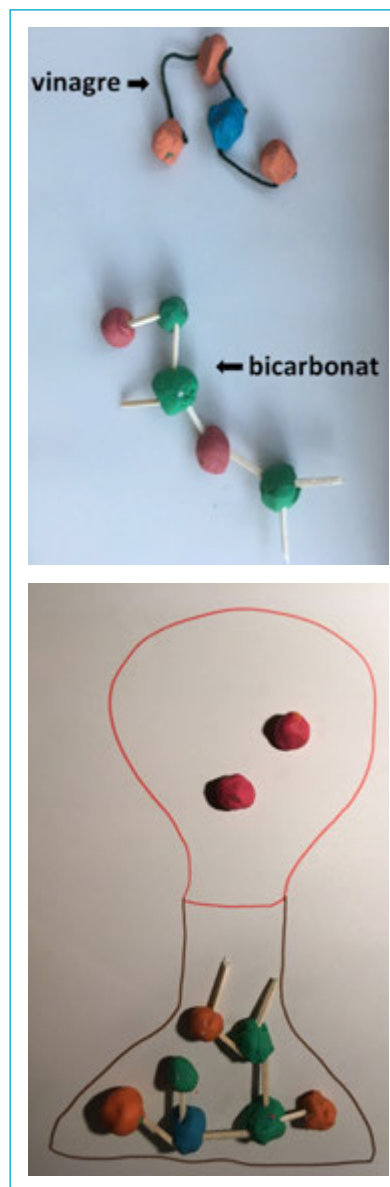


Figura 6. Representacions d'un alumne de 5è de primària per a explicar el canvi químic entre el vinagre i el bicarbonat de sodi.

proposar una nova versió del model de partícules per construir una explicació provisional del canvi químic observat, utilitzant la idea que cadascuna de les substàncies inicials estava feta per diferents tipus de partícules i que la seva recombinació ha generat noves substàncies.

Al llarg de l'educació primària, cada canvi en la representació dels infants sobre la matèria s'hauria de produir per la necessitat d'explicar de manera més consistent nous fenòmens. En aquest sentit, pensem que

investigar sobre les reaccions químiques a finals del cicle superior és una manera de comprendre com el coneixement científic suposa una avaluació i una revisió constants d'idees i models que han d'estar basats en les evidències disponibles i han de ser útils per a explicar els fenòmens observats.

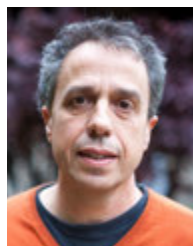
Referències

- AMAT, A.; MARTÍ, J.; GRAU, V. (2016). *Investiguem la matèria*. Barcelona: Institut Municipal d'Educació de Barcelona.
- BESSON, U.; VIENNOT, L. (2004). «Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: two experimental interventions in solid friction and fluid statics». *International Journal of Science Education*, vol. 26, núm. 9, p. 1083-1110.
- CAAMAÑO, A.; COROMINAS, J. (2020). «Modelització macroscòpica dels canvis físics i químics. Un diàleg constant entre observació, interpretació, experimentació i argumentació». *Educació Química EduQ*, núm. 27, p. 19-26.
- CUBERES, C. (2017). «Com podem aïllar millor els edificis? Potenciar maneres diferents d'expressar idees». *Guix*, núm. 433, p. 29-33.
- DE VOS, W.; VERDONK, A. H. (1996). «The particulate nature of matter in science education and in science». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, núm. 6, p. 657-664.
- DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT (2017). *Currículum Educació Primària*. Barcelona: Generalitat de Catalunya,
- DRIVER, R. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor.
- JIMÉNEZ, I.; MARTÍ, J. (2013). «Aprender a investigar i investigar per comprendre». *Educació Química EduQ*, núm. 14, p. 4-10.

NRC (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington DC: National Academies Press.

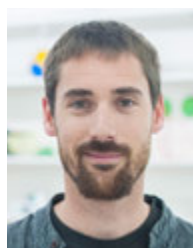
SNIR, J.; SMITH, C. L.; RAZ, G. (2003). «Linking Phenomena with Competing Underlying Models: A Software Tool for Introducing Students to the Particulate Model of Matter». *Science Education*, vol. 87, núm. 6, p. 794-830.

WISER, M.; SMITH, C. L. (2008). «Learning and Teaching about Matter in Grades K-8: When Should the Atomic-Molecular Theory Be Introduced?». A: VOSNIADOU, S. (ed.). *The handbook of research on conceptual change*. Londres: Routledge.



Jordi Martí

Doctor en didàctica de les ciències i professor a la Universitat de Vic (UVic-UCC). Investiga sobre la construcció del coneixement didàctic dels mestres per a l'ensenyament de les ciències. Participa regularment en activitats de formació permanent de mestres. Ha publicat diversos llibres i articles sobre l'ensenyament i l'aprenentatge de les ciències a primària.
A/e: jordi.marti@uvic.cat



Arnau Amat

Doctor en didàctica de les ciències i llicenciat en biologia. Coordina-

dor del Màster en Innovació en Didàctiques Específiques i professor de didàctica de les ciències als graus d'educació de la Facultat d'Educació, Traducció i Ciències Humanes de la UVic-UCC.

A/e: arnau.amat@uvic.cat



Víctor Grau

Doctor en ciències físiques per la UPC. Professor a temps complet al Dept. de Didàctica de les Arts i les Ciències de la UVic-UCC. Centra el seu treball en la didàctica de les ciències, especialment en la física. Imparteix didàctica de la física als màsters de professorat de secundària de la UB i la UPF. A través de *physics.cat* col·labora habitualment en projectes per a CosmoCaixa i altres entitats i centres docents.
A/e: victor.grau@uvic.cat



Isabel Jiménez Bargalló

Llicenciada en biologia, mestra d'educació primària i doctora en innovació i intervenció educatives. Actualment treballa com a investigadora i consultora *freelance* i com a professora col·laboradora a la Universitat de Vic i a la Universitat Oberta de Catalunya. Investiga la construcció del coneixement didàctic per a l'ensenyament de les ciències en l'educació primària.
A/e: isabel.jimenez@uvic.cat