

Modelització i canvi emocional del professorat en formació inicial del grau d'Educació Primària: un exemple amb el canvi químic

Modeling and emotional change in initial teacher training in primary education: an example with chemical change

Carlos Agudelo-Carvajal, Carolina Pipitone-Vela i Àngela Garcia-Lladó / Universitat de Barcelona. Departament d'Educació Lingüística i Literària i de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica



resum

Es presenta una experiència de modelització química de l'assignatura Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció (DMEI) d'Educació Primària i s'explica com pot ajudar al fet que el professorat en formació inicial (PFI) construeixi coneixement en provar els seus models mentals en interacció social i amb els fenòmens, i canviï les emocions envers la física i la química. Es descriu el context de DMEI, les activitats POEMA (predicció, observació, explicació, modelització, argumentació), la proposta de modelització i s'explica com afavoreix la construcció d'explicacions científiques escolars amb sentit per al PFI.

paraules clau

Modelització, canvi químic, activitats dialògica, emocions.

abstract

An experience of chemical modeling of the subject Didactics of Matter, Energy and Interaction (DMEI) of Primary Education is presented and it is explained how it can help teachers in initial training (PFI) to build knowledge in providing their mental models in social interaction and with the phenomena and can live emotions towards physics and chemistry. It describes the context of DMEI, the POEMA activities (prediction, observation, explanation, modeling, argumentation), the modeling proposal and explains how to favor the construction of school scientific explanations with meaning for the PFI.

keywords

Modeling, chemical change, dialogic activities, emotions.

1. Introducció

La preocupació per la desafeció de les ciències del professorat en formació inicial (PFI) i la responsabilitat com a formadores de mestres de primària en didàctica de les ciències, ens ha empès a investigar sobre les emocions que expressa l'alumnat de l'assignatura Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció

(DMEI) impartida al grau d'Educació Primària de la Universitat de Barcelona. L'estudi de la situació emocional abans i després de cursar DMEI, i del canvi que s'hi pugui produir, ha donat resultats preocupants i esperançadors alhora (Pipitone i García, 2020), que ens han portat a revisar i modificar el Pla Docent de l'assignatura. Segons el que sol

expressar l'alumnat, algunes de les emocions negatives, especialment envers la física i la química, han estat generades en contextos educatius en què troben aquestes ciències allunyades dels seus interessos i de la seva quotidianitat. En acabar l'assignatura, però, el PFI expressa alguns canvis positius en el seu perfil emocional, almenys amb relació a les activi-

tats que li poden ser útils amb el seu futur alumnat d'educació Primària (Pipitone, et al., 2020; Pipitone i García, 2020).

En aquest treball presentem una de les activitats plantejades a DMEI, sobre modelització química, que forma part del bloc dedicat a la didàctica de la matèria (taula 1), juntament amb alguns dels resultats que hem obtingut en estudiar els aspectes emocionals del PFI amb relació a les activitats de modelització.

Inicialment, plantejarem la fonamentació teòrica de la proposta. Seguidament, descriurem el context de l'assignatura DMEI i explicarem com, per tal d'activar el procés de modelització, es proposen activitats tipus POEMA (Aguada et al., 2021) des del començament del curs. En aquest context, descriurem la proposta de modelització de canvi químic i el seu disseny, per tal que el PFI pugui avaluar els seus models inicials i els modifiqui de manera conseqüent. Posteriorment, s'explicarà com aquesta manera de treballar afavoreix la construcció d'explicacions científiques escolars (Izquierdo et al., 1999; Adúriz i Izquierdo, 2009) que es van modificant amb la reflexió permanent sobre l'aprenentatge. I, finalment, ressaltarem la importància d'aquesta dinàmica en el canvi emocional del PFI.

Blocs	Nom
Bloc 1	Bases de la didàctica de la matèria, l'energia i la interacció
Bloc 2	La matèria i la seva didàctica
Bloc 3	L'energia i la seva didàctica
Bloc 4	Interacció per forces i la seva didàctica

Taula 1. Blocs de l'assignatura DMEI.

2. Fonamentació teòrica de la proposta

Hi ha un ampli consens en la didàctica de les ciències, recollit en les últimes reformes curriculars (Departament d'Educació, 2022), en què l'ensenyament

obligatori ha d'educar de manera competencial, perquè tothom pugui aprendre a interpretar el món, gaudir-ne i intervenir-lo de manera racional i raonada, tot fent servir algunes de les idees de les disciplines (Izquierdo, 2013). Es tracta d'ensenyar a mirar el món a través d'algunes de les idees clau de les disciplines i llenguatges (Harlen, 2015; Lemke, 1997; Márquez, 2005). Aquesta proposta de ciència per a tothom no és trivial, implica actualitzar consensos permanentment per decidir quins conceptes i models han d'estar presents i quines situacions, properes a l'alumnat i significatives, han de servir d'escenari per donar context a l'ús d'aquests conceptes i models.

Per fer-ho, hi ha d'haver una continuïtat que permeti que tothom desenvolupi eines per a la ciutadania responsable (consumir, desplaçar-se, etc.) i per continuar aprenent i desenvolupant més competències de les disciplines a les quals es dedica l'educació postobligatòria. Aquesta continuïtat, però, presenta algunes dificultats epistemiques i emocionals que s'alimenten mútuament, com s'explica a continuació.

Ensenyar ciències de manera vivencial ha estat una consigna de les escoles d'Educació Infantil i Primària. Els infants es fan preguntes, s'engeguen projectes,

Ensenyar ciències de manera vivencial ha estat una consigna de les escoles d'Educació Infantil i Primària. Els infants es fan preguntes, s'engeguen projectes, es treballa l'hort, es cuinen pastissos, es munten circuits, etc.

positiva envers les ciències que permet construir records de sensacions agradables. Quan els infants arriben a l'ESO, però, es troben amb un altre tipus de classe de ciències. Passen de fer molts experiments i fer servir poc, o res, el llenguatge abstracte, a tenir poc contacte amb els fenòmens i haver d'aprendre un llenguatge abstracte que no connecta amb l'experiència de la Primària. A l'ESO, a més, el professorat té més formació en disciplines concretes i se sent més còmode i recolzat pels llibres de text en els continguts abstractes i els contextos de les seves especialitats. La química, concretament, se sol centrar en llenguatges de fórmules i entitats del món submicroscòpic.

Tenint en compte la importància dels aspectes emocionals en l'aprenentatge i la creixent atenció que se'ls està donant en la didàctica de les ciències (Mellado, et al., 2014, Pipitone, et al., 2020) i en les reformes curriculars recents (Departament d'Educació, 2022), és necessari dissenyar, compartir, provar i investigar iniciatives que contribueixin al canvi emocional del PFI envers les ciències, la qual cosa ens interpel·la per dissenyar activitats en què l'alumnat conegui els materials, en vegi els canvis, hi pugui intervenir,

es treballa l'hort, es cuinen pastissos, es munten circuits, etc. Hi ha una tradició de "bones pràctiques" (KIMEIA, 2012). Aquestes experiències divertides i properes, que apelen a la curiositat, reforcen una actitud

controlar i modelitzar (Izquierdo, 2013). Per tant, la perspectiva teòrica que adherim per revisar i reconstruir DMEI, que afavoreix una activitat científica genuïna, és l'Activitat Científica Escolar (ACE, Izquierdo et al., 1999; Adúriz i Izquierdo, 2009). L'alumnat hi pot posar en joc les seves capacitats cognitives, representar-se mentalment les situacions en què està intervenint i implicar-se mentre transforma els seus models mentals en models científics escolars (Merino i Izquierdo, 2011).

3. Un model que respongui les preguntes sobre els tipus d'interaccions

La química presenta una gran desafecció, potser merescuda, perquè la seva versió escolar se sol centrar en els àtoms, els electrons i les fórmules, que són els protagonistes dels llibres de text i de les classes (Izquierdo, 2013). Aquestes entitats, però, que són necessàries per pensar i compartir les explicacions de manera intersubjectiva, són eines que la humanitat ha construït durant centenars d'anys, amb molt esforç col·lectiu i debat constant, com a respostes a preguntes que s'ha fet, però que l'alumnat molts cops encara ni tan sols hi ha pensat quan s'hi enfronta. Les preguntes al llarg de la història, la manera com s'han abordat i les entitats que s'han construït per respondre-les, han d'ajudar la didàctica de les ciències per generar activitat química (escolar) de manera que l'alumnat visqui la sorpresa i es pugui fer preguntes, al seu abast cognitiu, abans de tenir les respostes, per tal que els models tinguin sentit. Què canvia i què és el que es conserva en els canvis? Les idees inicials que ho expliquen han de ser valorades com a possibles respostes (provisionals) d'un problema que pugui

donar significat als fenòmens i al procés de canvi (Izquierdo, 2021).

4. Context de l'assignatura i activitats dialògiques tipus POEMA

L'assignatura DMEI està vertebrada en quatre blocs (taula 1), durant els quals el PFI té l'oportunitat de posar a prova i modificar els seus models mentals dels models científics escolars, mentre es va fent conscient de com ho fa i com ho pot provocar en el seu futur alumnat. Tota la pràctica experimental que ens permet treballar l'evolució d'aquests models es fonamenta en les activitats dialògiques, que es basen en la indagació del coneixement previ i la constant interacció dialògica, tot fent servir el llenguatge que es va transformant progressivament mitjançant diversos patrons discursius (Mortimer i Scott, 2003). Aquesta metodologia de treball a l'aula, es concreta a través d'activitats tipus POEMA (Aguada, et al., 2021), plantejades en diferents etapes: Predicció, Observació, Explicació, Modelització i Argumentació; que són una evolució de les clàssiques pràctiques POE (Predicció – Observació – Explicació) (Pipitone, et al., 2020) Veure la taula 2.

Una vegada acabada tota la pràctica hem de veure com s'arriba a nous consensos. Si es comparen les noves explicacions amb les inicials, haurien de tenir sentit per a més persones del grup, haurien de ser més abstractes, més generals i haurien d'aportar idees noves a un model compartit per explicar el fenomen en qüestió.

Cada bloc es dedica a algun dels models científics escolars que es treballen a Primària. En el bloc 2 es treballen dos models: un sobre la composició de la matèria fonamentat en la idea que està composta per partícules, i que permet explicar les interaccions febles i intermèdies; i un model inicial sobre el canvi químic en l'àmbit macroscòpic per explicar les interaccions fortes (taula 3). Eventualment, segons els grups, els calendaris, etc., es pot arribar a treballar un model de partícula per explicar les interaccions fortes com el que proposen Martín, et al. (2020).

Abans d'abordar les interaccions fortes i construir un model inicial de canvi químic, ja s'ha fet servir el model de matèria formada per partícules per explicar diverses situacions quotidianes, com el comporta-

Etapa	Què fa l'alumnat?
Predicció	Es pregunta a l'alumnat 'Què tenim?', 'Què esperes que passi?', 'Per què esperes que passi?'. Una vegada tothom ha respost individualment es comparteix en petit grup per intentar arribar a un acord, que s'explicarà al grup gran.
Observació	Després de portar a terme l'experiment, es demana a l'alumnat que respongui: 'Què ha passat?'
Explicació	Una vegada s'ha posat en comú el que ha passat durant l'experiment, es demana a l'alumnat que respongui: 'Per què ha passat?'
Modelització	Es demana a l'alumnat que respongui: Què ha canviat entre la teva explicació actual i l'anterior?
Argumentació	Es demana a l'alumnat que respongui: 'Què t'ha ajudat a canviar l'explicació?'

Taula 2. Etapes d'una activitat POEMA.

Idees per explicar les interaccions febles i intermèdies (Harlen, 2015)	Idees per explicar les interaccions fortes (Merino i Izquierdo, 2011)
La matèria està formada per infinitat de partícules, tan petites que no es poden veure.	Unes substàncies desapareixen i n'apareixen unes altres.
Les partícules d'una mateixa substància són iguals entre elles i diferents de les d'altres substàncies.	Es conserva la massa (els elements) i l'energia.
Les partícules estan en moviment constant.	Les substàncies interaccionen en proporcions fixes.
Les partícules de diferents substàncies s'atrauen més o menys entre elles.	Es poden controlar les interaccions.
Entre les partícules no hi ha res, hi ha espai buit.	Es pot arribar a un estat d'equilibri químic.

Taula 3. Idees clau dels dos models que es treballen al bloc de matèria de DMEI.

Activitats per construir el model de matèria formada per partícules

Classificació de diversos tipus de mescles (oli-aigua, oli-sal, oli-colorant, aigua-sal, alcohol-sal, aigua-colorant, etc.)

Difusió espontània d'una gota de colorant en aigua

Dissolució d'alcohol i aigua

Expansió i compressió d'una laminadura tipus "núvol", i d'un globus, en una cambra de buit.

Taula 4. Activitats per construir un model de matèria formada per partícules.

ment d'algunes mescles. S'ha fet mitjançant les activitats dialògiques basades en les pràctiques que s'esmenten a la taula 4, totes fetes seguint l'estructura de les activitats POEMA (Aguada et al., 2021). En aquestes, el PFI s'enfronta a situacions experimentals que generalment plantegen un doble conflicte: en un moment inicial el PFI no sol considerar la necessitat de donar una explicació al que succeirà, i l'observació no sol ser el que espera a partir de l'experiència quotidiana. Les situacions experimentals estan dissenyades perquè l'alumnat vagi trobant la necessitat de posar paraules a les possibles explicacions, i sigui conscient del canvi d'aquestes en relació amb les inicials i a les de la resta de la classe.

En cada nova situació experimental que es planteja, l'alumnat té l'oportunitat de fer servir el model que ha construït en l'anterior i avaluar-lo per tal de revisar si continua sent útil

per explicar la nova situació. Posteriorment, quan s'ha fet l'observació que normalment presenta algun aspecte que genera un nou conflicte, els equips tornen a proposar noves idees per modificar el model, de manera que aquest pugui explicar tant la situació anterior com la nova. Quan s'han fet les situacions experimentals de la taula 4, el professorat planteja la situació experimental que es descriurà a la següent secció. Aquesta, comporta interaccions fortes i no pot ser explicada amb el model de matèria considerat fins al moment.

5. Una proposta perquè el PFI comenci a modelitzar el canvi químic

Inicialment, es fa un repàs de les situacions experimentals que s'han portat a terme i de com el model de matèria formada per partícules les pot explicar. Posteriorment, amb la següent activitat es demana explicar en quins punts falla el model treballat fins al moment, intentant explicar una situació que és una variació de la descrita en aquesta revista per Martí et al., (2020).

Proposem que preparin una dissolució d'aigua i bicarbonat i s'informa que mesclaran aquesta dissolució amb vinagre en dues ampolles de plàstic, una que es tancarà amb el seu propi tap i l'altra que es deixarà destapada. Les dues ampolles es posaran a la balança des del primer moment, de manera que es pugui anar registrant la massa durant tot el procés (fig. 1).

S'espera que les respostes de l'etapa de predicció estiguin



Figura 1. Ampolles amb bicarbonat i vinagre.

Els resultats d'investigació que hem anat obtenint sobre el perfil emocional del PFI que comença DMEI (Pipitone et al., 2020; Pipitone i García, 2020) són preocupants perquè predominen emocions com ara la inseguretad, l'angoixa, la por, etc.

relacionades amb els models de matèria que han fet servir abans. Quan estiguin responent les preguntes de l'etapa, és important ajudar-los a concentrar l'observació en la massa, l'aparença visual i la temperatura (es pot fer servir el tacte, per mesurar-la de manera qualitativa).

Una vegada acabada la predicció, es realitza l'experiment i es comença la fase d'observació. S'intenta arribar a un consens sobre la descripció del que ha succeït a les dues ampolles. Una vegada s'ha consensuat la descripció, es passa a l'etapa de l'explicació. Un dels reptes a explicar serà "l'aparició d'un gas" quan hem fet la mescla. Aquest és un bon punt per fer èmfasi en la limitació del model per explicar el que ha passat en la mescla, ja que el model anterior no contempla que les partícules de les substàncies puguin canviar o transformar-se en unes altres. Quan ho intentin explicar serà difícil que l'alumnat posi a prova els seus models anteriors per iniciativa pròpia, per tant, moltes vegades caldrà dirigir el raonament per arribar a assenyalar i destacar les limitacions dels models construïts anteriorment per explicar d'on surt aquest gas que també s'ha de caracteritzar.

Una pregunta que ajuda a començar a enfocar és la següent: si tenim indicis que ha aparegut una nova substància a l'ampolla tancada, tal com ha succeït a la destapada, com és que els grams són els mateixos abans i després de fer la mescla? Aquesta pregunta, encara sol quedar sense resposta perquè tot i que la conservació de la massa comença a aparèixer, és difícil imaginar que han desaparegut substàncies.

Posteriorment, es planteja una nova situació experimental adaptada d'una que ja s'ha descrit en aquesta revista (Aliberas, 2020), on interpretem la combustió d'una espelma a partir de les substàncies que apareixen i desapareixen. Tot seguit, es presenta un cartró que serà sotmès a una combustió i llana d'acer (composta bàsicament de ferro) que serà sotmesa a una oxidació. L'oxidació de la llana s'afavoreix escalfant-la, sigui amb foc o fent-hi passar corrent elèctric (Figura 2), s'escalfa i canvia de color a vermell mentre s'oxida. Quan es refreda canvia a color negre, tot fent evident el canvi amb relació al color original de la llana. Es fa el seguiment de la massa durant aquests processos.



Figura 2. Llana d'acer en procés d'oxidació.

El nou conflicte està en el guany de massa de la llana d'acer, en comparació a la pèrdua de massa del cartró cremat. A la pregunta sobre la causa d'aquest augment de massa, que sol sorprendre l'alumnat, s'ha de focalitzar la mirada a l'aparença. Què li ha passat al ferro? Com és que ara pesa més? És una nova substància? Les respostes solen estar relacionades al rovellat com una modificació del ferro, però no com a la formació d'una nova substància. Es fa diverses vegades amb masses diferents de llana per veure com canvi proporcionalment la massa guanyada, la qual cosa ens pot portar a una altra de les idees del model: les substàncies interactuen en proporcions fixes.

6. Comentaris finals, perspectives d'investigació i implicacions didàctiques

Els resultats d'investigació que hem anat obtenint sobre el perfil emocional del PFI que comença DMEI (Pipitone et al., 2020; Pipitone i García, 2020) són preocupants perquè predominen emocions com ara la inseguretad, l'angoixa, la por, etc., i, més enllà d'alguns cursos optatius, l'alumnat no cursa cap altra assignatura que l'apropi a models fona-

mentals de la física i de la química escolar. Ara bé, els resultats també són esperançadors perquè obren camins d'intervenció per part de la formació en didàctica de les ciències experimentals i, com hem pogut observar, estan lligats a la metodologia de classe basada en la pràctica reflexiva, la implicació en la construcció del coneixement, el clima de confiança per compartir "l'error" i veure'l com una empena de l'aprenentatge, etc., característiques que són centrals en un enfocament d'Activitat Científica Escolar (Izquierdo, et al., 1999) en què les activitats principals giren al voltant de l'ús, l'avaluació i la modificació de models teòrics per interpretar i intervenir el món.

Tot i que l'activitat de modelització que hem descrit en el context de DMEI és només una part de l'assignatura, i encara no tenim dades per saber com afecta concretament cada bloc, o cada activitat, en el canvi emocional, sí que podem afirmar que la rutina de treball habitual, considerant les activitats dialògiques tipus POEMA, ajuda l'alumnat a canviar el seu perfil emocional envers la física i la química. Com el PFI mateix ho expressa (Pipitone, et al., 2020), aprèn a sentir-se en confiança per expressar les seves idees, tot sabent que molts cops poden coincidir amb les idees alternatives més comunes, fins i tot a primària, i considerar-les errònies.

El canvi emocional del PFI envers les ciències és clau per desactivar el cercle viciós de desafecció que es produeix en el canvi de primària a ESO, ja que si el PFI té bones sensacions i bons records de fer física i química escolar, i ha experimentat eines interessants i motivadores per fer-ho, s'animarà a proposar-les al seu futur alumnat, de manera que el seu contacte amb la

ciència de l'Educació Primària no es quedi en pràctiques il·lustratives, sinó que també siguin modelitzadores, i que vagi aprenent a fer servir llenguatges més abstractes que el llenguatge comú, però que tinguin sentit i que els pugui veure com a respostes significatives a les seves pròpies preguntes. D'aquesta manera, el canvi a l'ESO (on també s'ha de treballar i s'està treballant per incorporar la modelització) sigui més raonat i

Com el PFI mateix ho expressa (Pipitone, et al., 2020), aprèn a sentir-se en confiança per expressar les seves idees, tot sabent que molts cops poden coincidir amb les idees alternatives més comunes, fins i tot a primària, i considerar-les errònies.

raonable perquè l'alumnat pugui viure la seva pròpia història de la ciència (Izquierdo, 2021).

El model canvi químic inclou i és útil per explicar una família de fenòmens que es caracteritzen per una de les situacions que més han sorprès la humanitat, que és l'aparició i desaparició de substàncies mentre es conserva la massa, i forma part de la nostra vida quotidiana des del naixement. Si l'escola pretén que totes les persones en l'ensenyament obligatori tinguin eines per interpretar i gaudir del món que habiten, és important afavorir que el canvi químic formi part de l'aprenentatge obligatori i que es comenci a construir des de l'Educació Primària (Kimeia, 2012; Izquierdo, 2006), aprofitant la curiositat pels

fenòmens d'aquestes edats i ajudant-los a sentir el gaudi de l'explicació, la intervenció i el control d'alguns fenòmens.

L'assignatura DMEI s'ha estat pensant i modificant a la llum de les investigacions centrades en aspectes emocionals. Inicialment, s'ha reduït el contingut teòric a un petit grup de models, amb poques idees, perquè aquestes no només es puguin aprendre sinó també posar a prova i modificar mitjançant la interacció discursiva de la classe. Posteriorment, s'han inclòs continguts explícits de naturalesa de la ciència, amb la hipòtesi que el tòpic de la ciència com a un "coneixement" especial, al qual només accedeixen unes persones especialment dotades, també configura aquell perfil emocional que volem canviar. Actualment, estem investigant com han anat influïnt aquestes modificacions i posteriorment seria interessant estudiar més particularment el que es fa en cada bloc i anar afinant les activitats, perquè com diu Izquierdo (2021), una de les tasques importants que tenim és col·leccionar activitats que siguin bons exemples de modelització, i buscar situacions en les quals, els models i les seves representacions, és a dir, els "textos", tinguin uns bons "contextos".

Referències

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009). «Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales». *Revista electrónica de Investigación en Educación Ciencias*, núm. 4, p. 40-49.
- AGUADA-BERTEA, M. R.; PIPITONE-VELA, C.; MARBÀ-TALLADA, A. (2021). «POEMA: Complejizando las prácticas POE en la formación inicial del profesorado». *XI Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Lisboa.

ALIBERAS, J. (2020). «Com funciona una flama? Construcció i reconstrucció de models mentals davant d'una espelma». *Educació Química*, núm. 27, p. 27-34.

DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ (2022). «Decret 172/2022, de 27 de setembre, ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica». *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, núm. 8762 – 29.9.2022.

HARLEN, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. IAP Science Health Policy.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2006). «Es pot ensenyar química a primària?». *Guix*, núm. 326-7, juliol-agost, p. 28-36.

— (2013). «La química ¿emociona?». A: MELLADO-JIMÉNEZ, V.; BLANCO-NIETO, L. J.; BORRACHERO-CORTÉS, A. B.; CÁRDENAS-LIZARAZO, J. *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*, vol. 2, p. 307-327.

— (2021). «Ensenyar química: una aproximació històrica i filosòfica». *Educació Química*, núm. 29, p. 19-27.

IZQUIERDO-AYMERICH, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 17, p. 45-59.

KIMEIA (2012). *Química en Infantil i Primària*. Barcelona: Graó.

LEMKE, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. 1a ed. Barcelona: Paidós. Temas de educación.

MÁRQUEZ, C. (2005). «Aprender ciencias a través del lenguaje». *Educar*, abril-juny, p. 27-38

MARTÍN, J.; AMAT, A.; GRAU, V.; JIMÉNEZ, I. (2020). «Investigar sobre els canvis en la matèria a l'educació primària». *Educació Química*, núm. 27, p. 12-18.

MELLADO, V.; BORRACHERO, B.; BRIGIDO, M.; MELO, L.V.; DÁVILA, M. A.;

CAÑADA, F.; CONDE, M. C.; COSTILLO, E.; CUBERO, J.; ESTEBAN, R.; MARTÍNEZ, G.; RUIZ, C.; SÁNCHEZ, J.; GARRITZ, A.; MELLADO, L.; VÁZQUEZ, B.; JIMÉNEZ, R.; BERMEJO, M. L. (2014). «Las emociones en la enseñanza de las ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 32.3, p. 11-36.

MERINO-RUBILAR, C.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2011). «Aportes a la modelización según el cambio químico». *Educación Química*, núm. 22 (3), p. 212-223.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead: Open University Press.

PIPITONE-VELA, C.; GARCÍA-LLADÓ, A. (2020). «Factores que promueven el cambio emocional del profesorado en formación inicial hacia la física y la química en época de pandemia». *Investigación en la Escuela*, núm. 102, p. 32-53.

PIPITONE-VELA, C.; GUITART-MAS, F.; AGUDELO-CARVAJAL, C.; GARCÍA-LLADÓ, A. (2020). «Favoreciendo el cambio emocional positivo hacia las ciencias en la formación inicial del profesorado». *Ápice. Revista de Educación Científica*, núm. 3 (1), p. 41-54.



Carlos Agudelo Carvajal

Enginyer químic (Universitat Nacional de Colòmbia). Doctor en Didàctica de les Ciències Experimentals (Universitat Autònoma de Barcelona). Professor associat (Universitat de Barcelona) en el grau d'Educació Primària, on és tutor de pràctiques i professor de didàctica de les ciències experimentals. Investiga sobre les

emocions dels mestres en formació inicial envers la física i la química, l'ensenyament de la naturalesa de la ciència i l'ús didàctic de la taula periòdica.
agudelocar@ub.edu



Carolina Pipitone Vela

Professora lectora del departament d'Educació Lingüística i Literària i de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica, i membre de l'equip de coordinació del màster de formació de professorat en la Universitat de Barcelona. Especialitzada en la formació de professorat de ciències experimentals, i en l'estudi de la relació entre les emocions i el progrés d'aprenentatge de les ciències en la formació inicial del professorat.
cpipitone@ub.edu



Àngela García Lladó

Llicenciada en Física (Universitat de Barcelona), màster en Història de la Ciència: Història, Ciència i Societat (Universitat Autònoma de Barcelona-Universitat de Barcelona) i doctora en Didàctica de Ciències Experimentals (Universitat de Barcelona). Cofundadora de la cooperativa Eduxarxa, especialitzada en la creació de projectes educatius en el camp de la ciència i la tecnologia, i formadora de professorat d'educació primària i secundària.
angela.garcia@ub.edu