

El procés d'aprendre a plantejar preguntes investigables

The process of learning to ask researchable questions

Melina Furman / Universitat de San Andrés. Escola d'Educació (Argentina)

María del Carmen Barreto Pérez / Universitat de Piura. Facultat de Ciències de l'Educació (Perú)

Neus Sanmartí Puig / Universitat Autònoma de Barcelona



resum

En aquest treball es discuteix com es poden plantejar activitats experimentals que promoguin el desenvolupament de la capacitat de formular preguntes investigables. Es presenten tres activitats d'indagació en química amb diferents graus d'acompanyament en l'àmbit conceptual. Els nostres resultats suggereixen que la comprensió conceptual dels fenòmens observats és un requisit indispensable per possibilitar el plantejament de preguntes investigables i, a més, que aquesta capacitat s'afavoreix si al llarg del temps es duen a terme treballs enfocats a l'exploració empírica de fenòmens.

paraules clau

Preguntes investigables, indagació, didàctica de la química, treballs pràctics.

abstract

This study discusses the kinds of experimental work in the science classroom that promotes the development of the skill of asking researchable questions. We present three inquiry-based chemistry activities, with different degrees of teacher guidance. Our results suggest that conceptual understanding of the phenomena under investigation is a key requisite for students to be able to ask researchable questions. We also show that this skill is promoted if empirical inquiry of natural phenomena is developed in the science classroom over time.

keywords

Researchable questions, inquiry-based teaching, chemistry teaching, laboratory work.

Per què cal ensenyar a plantejar preguntes investigables?

Cap al 1938, Albert Einstein i Leopold Infeld parlaven, al llibre *L'evolució de la física*, sobre la importància de formular preguntes com a forma d'avançar en el coneixement del món: «Postular noves preguntes, noves possibilitats, mirar vells problemes des d'un nou angle», deien, «requereix imaginació creativa i marca l'avenç real en les ciències». De la mateixa manera que per als científics, per als estudiants les preguntes poden ser un punt de partida per a l'exploració curiosa, alhora que sistemàtica i rigorosa, d'un món que comença a ser

cada vegada més comprensible, estenent la frontera entre el que coneixen i el que encara resta seguir aprenent.

La capacitat de plantejar preguntes, i en particular preguntes investigables, és a dir, aquelles a les quals es pot donar resposta de manera empírica, mitjançant observacions o experiments, és, per tant, un aprenentatge central en la formació científica de tot ciutadà. En particular en un món en permanent canvi com l'actual, l'adquisició d'informació fàctica comença a tenir un lloc secundari enfront de l'aprenentatge de les capacitats d'anàlisi, cerca i

producció d'aquesta informació. En aquest escenari, la capacitat de formular bones preguntes i dissenyar camins metodològicament vàlids per respondre-les comença a ocupar un rol cada vegada més fonamental en la formació d'estudiants amb pensament crític i autònom, cada vegada més amos del seu trajecte d'aprenentatge.

En sintonia amb aquesta perspectiva, el programa d'avaluació OCDE (2006) estableix la capacitat d'identificar qüestions científiques com una de les tres competències científiques bàsiques. En la seva definició, s'esmenta la capacitat de «reco-

nèixer interrogants que poden ser investigats científicament en una situació determinada», juntament amb la possibilitat de començar a pensar en escenaris de resposta des d'un disseny d'investigació vàlid, «per exemple, quins elements han de ser comparats, quines variables s'haurien de modificar o sotmetre a control, quina informació complementària es requereix o quines mesures s'han d'adoptar per recollir les dades que fan al cas».

La visió del coneixement com a resultat d'un procés de cerca dut a terme per éssers humans que proven de respondre preguntes no només s'alinea amb la pràctica autèntica de la investigació científica, sinó que fins i tot té el potencial d'apropar els alumnes a la idea que ells mateixos poden ser actors en aquest procés de generació d'idees (Furman i Podestà, 2009). El fet de generar bones preguntes investigables i abordar el desafiament de respondre-les enriqueix la formació d'uns estudiants que es perceben a si mateixos com a posseïdors d'eines poderoses per estudiar el món.

El treball a l'aula amb preguntes investigables també obre la porta a l'ensenyament d'aspectes fonamentals de la naturalesa de la ciència. Quant a això, Arons (1990) esmentava la importància que els alumnes fossin capaços de «comprendre les limitacions inherents a la indagació científica i ser conscients dels tipus de preguntes que no es formulen ni es responen; ser conscients de la infinitat de preguntes sense respondre que hi ha rere tota pregunta que ha estat resposta».

La transposició del procés de formulació de preguntes en la pràctica científica a la construcció del coneixement científic escolar comporta promoure a l'aula situacions que facilitin el fet que els alumnes es plantegin

interrogants orientats a la indagació sobre un fenomen, incloses la descripció, la cerca de mecanismes causals i la posada a prova d'hipòtesis. Tanmateix, la tradició del treball a l'aula aplica un contracte didàctic, acceptat per professors i estudiants, en funció del qual a qui ensenya li pertoca plantejar preguntes i a qui aprèn, respondre-les. Tradicionalment, les preguntes dels alumnes només tenen la funció de demanar aclariments, i no tant la de dirigir el procés d'aprendre (Sanmartí i Márquez, 2012). D'acord amb aquesta observació, els estudis mostren que les preguntes que es relacionen amb la comprovació, la predicció, la gestió o l'avaluació són molt poc freqüents a l'aula, mentre que la gran majoria de les preguntes formulades tant pels estudiants com pels seus docents tenen a veure amb la descripció i la generalització (Roca, Márquez i Sanmartí, 2013).

Ensenyar a plantejar preguntes investigables a partir d'activitats experimentals

Tal com indicaven Friedler i Tamir (1990), el primer pas d'una investigació científica és definir el problema que cal investigar. Ara bé, què és un problema científic? Quines característiques tenen les preguntes que es generen a partir d'un problema científic i que són susceptibles de ser investigades?

En ciències, la decisió de definir quelcom com a *problema d'investigació* és una qüestió subjectiva derivada del judici intern i està influïda per diferents factors, com ara els interessos personals, econòmics i socials, o fins i tot els coneixements previs i els instruments de què es disposa. La curiositat i l'esperit indagador poden ser el rerefons per identificar problemes més específics, però no totes les curiositats o rareses es converteixen

automàticament en temes d'investigació científica.

Més enllà del desig d'indagar entorn d'una determinada qüestió, perquè el problema realment es concreti com a punt de partida d'una investigació, cal formular-lo en paraules que d'altres entenguin i amb la precisió necessària perquè es pugui investigar. A partir d'un problema general o de gran amplitud, és important escollir una pregunta més específica que faci referència a la relació existent entre diversos factors o fenòmens, és a dir, una «pregunta investigable». Per exemple, a partir de la pregunta general «Què provoca el càncer?», ens podem plantejar qüestions més específiques que obrin la porta a pensar una investigació, com ara «Existeix cap relació entre fumar i tenir càncer?», o bé, de forma encara més concreta, «Influeix la quantitat de cigarretes diàries que fuma una persona amb la probabilitat de tenir càncer de pulmó?». Aquestes preguntes orienten envers la planificació d'experiments i la realització d'observacions els resultats de les quals possibilitin el fet d'identificar evidències que validin una possible resposta a l'interrogant plantejat.

El treball a l'aula amb preguntes investigables també obre la porta a l'ensenyament d'aspectes fonamentals de la naturalesa de la ciència

En aquest treball ens preguntem sobre maneres de treballar a l'aula que promoguin la formulació de preguntes investigables a partir de l'observació de fenòmens. Ens ha interessat estudiar quina mena d'acompanyament didàctic afavoreix el desenvolupa-

ment d'aquesta capacitat en el marc de l'estudi de la química. Per fer-ho, analitzem el cas d'un curs semestral de formació de professors de ciències de secundària impartit a la Universitat de Piura (Perú), que forma part de PRONAFCAP, un programa nacional de capacitació i formació permanent del Ministeri d'Educació peruà. Al llarg del curs, es van realitzar una sèrie d'activitats experimentals que abordaven diversos continguts conceptuals i didàctics per a l'ensenyament de la química. La investigació es va realitzar a partir del material recollit durant les classes impartides en el curs 2011-2012, amb una mostra constituïda pels quaranta professors participants del curs. Tots ells estaven en exercici docent, distribuïts en trenta-set col·legis estatals del departament de Piura, a secundària, i el seu nivell de coneixements era divers.

En les activitats que descriurem a continuació, els professors, treballant en petits grups, van proposar una sèrie de preguntes investigables per avançar en la construcció de dissenys experimentals que permetessin respondre-les. Per a cada una de les activitats, analitzem la quantitat i el tipus de preguntes que els professors van plantejar, i les classifiquem en «investigables» i «no investigables» i les caracteritzem d'acord amb el seu propòsit.

Les activitats que es presenten en aquest escrit responien a tres dissenys diferents:

– La primera va ser plantejada com una activitat d'indagació totalment oberta i implicava el maneig de coneixements conceptuals que s'assumien com a coneguts.

– La segona va partir del context quotidià, i es va utilitzar l'anàlisi de publicitats com a recurs per aprofundir en el

contingut conceptual associat als fenòmens a investigar, i només posteriorment es va demanar de formular preguntes.

– A la tercera, l'apropament es va fer a partir d'un relat de la història de la ciència que va servir perquè els participants es posesin en el rol dels investigadors de l'època i poguessin aprendre el contingut conceptual associat al fenomen a explorar, i tot plegat també abans de formular les preguntes.

A continuació, descriurem el desenvolupament de les activitats a l'aula i la seva execució per part dels professors participants amb la finalitat de reflexionar sobre les diferents possibilitats i els desafiaments que es plantejaven d'acord amb el tipus d'acompanyament didàctic ofert en cada una d'elles, i això pensant en la seva posterior aplicació al context de l'ensenyament a secundària.

Anàlisi de cada tipus d'activitat

Tipus 1: indagació oberta que assumeix coneixements conceptuals coneguts

Aquesta activitat es va iniciar sol·licitant als professors que pensessin una situació de la vida quotidiana, com ara preparar-se una tassa de xocolata amb llet, comprovar que la reixa de la porta de casa estava oxidada o prendre un suc de taronja. A partir d'aquí, se'ls va demanar que plantejessin alguna pregunta que es pogués investigar en relació amb algun d'aquests fenòmens.

No es va donar cap informació addicional, ni es va discutir en gran grup entorn dels conceptes amb els quals es relacionaven els fenòmens. Tampoc no es va ajudar a establir connexions amb altres temes treballats, tot i que els professors comptaven amb

llibres per fer les consultes que necessessin i connexió a Internet per realitzar la cerca d'informació que consideressin pertinent. Inicialment, es va treballar en petits grups, i cadascun d'ells va abordar un dels fenòmens esmentats.

En analitzar els àudios i les notes de camp realitzades a classe, s'observa que en tots els casos els estudiants, primer, es van preguntar sobre el fenomen i van provar d'entendre'l. Per exemple, en el fenomen de l'oxidació del ferro, deien: «Ens han demanat una pregunta per investigar perquè els alumnes facin un disseny. Ara bé, per què s'oxida el ferro? Com es contraresta l'oxidació?». En el cas de la solubilitat de la sal i el sucre, deien: «Cal veure què és la solubilitat, mirem el llibre... Crec que té a veure amb els grams que vas agregant fins que desapareix, si és que es forma una solució saturada». Finalment, un dels grups que treballava amb el suc de taronja i la vitamina C va ser el que va tenir més dificultats, ja que el tema li era desconegut. Les seves preguntes inicials van ser: «La vitamina C... on és? Com es pot determinar si n'hi ha?». En canvi, en un altre dels grups que treballava amb el mateix fenomen, hi havia una professora que el coneixia i que va explicar als seus companys què és la vitamina C, on es troba i fins i tot com es pot fer una anàlisi qualitativa de la presència de la substància en diversos sucus. Això va permetre que el grup avancés més ràpidament cap a la formulació de preguntes entorn del fenomen.

Posteriorment, els professors van provar d'establir connexions amb experiències i observacions prèvies. Així, van recordar que alguns objectes de ferro de casa s'havien oxidat estant a la intempèrie, en contacte amb l'aire i l'aigua, o bé que la

temperatura afavoreix la dissolució del sucre a la llet, o també que molts sucres amb vitamina C són àcids.

Aquestes connexions van ser les que els van portar a plantejar la majoria de les preguntes que finalment van formular. En alguns casos, no van arribar a concretar les variables que investigarien o només van pensar en aquelles de les quals creien que ja coneixien la resposta. Així, van escriure: «Quins són els factors que contribueixen a l'oxidació del ferro? Quines condicions afavoreixen l'oxidació del ferro?», i també: «Influeix la temperatura en la dissolució del sucre a l'aigua?», o bé: «Quina fruita deu tenir més contingut de vitamina C?» (fig. 1). Tan sols el grup que va demostrar més



Figura 1. Determinació de la vitamina C en suc de llimona i altres substàncies.

coneixements de química va ser capaç de tenir-los en compte a l'hora de plantejar les preguntes. En concret, els seus membres van recordar que havien determinat el pH utilitzant suc de col lombarda en una classe anterior i es van plantejar: «Influeix l'acidesa en la quantitat de vitamina C?».

És interessant observar que, en aquesta activitat, quan es va demanar als professors que plantejessin preguntes investigables, només un 58 % de les

preguntes va correspondre a aquesta categoria. La resta dels interrogants va correspondre a preguntes d'altres tipus, com ara les que tenien a veure amb explicacions causals («Com és que es forma aquesta capa marró?») o amb definicions de termes («Quina reacció química s'observa en un clau oxidat?»), les quals no resultaven útils com a punt de partida per a una possible investigació.

Tal com discutirem després, la comprensió conceptual dels fenòmens involucrats en l'activitat sembla ser un factor clau darrere de la capacitat de formular preguntes investigables per part dels docents, sense la qual la possibilitat mateixa de plantejar aquesta mena de preguntes es veu molt limitada.

Tipus 2: indagació guiada amb discussió conceptual prèvia del fenomen a investigar

En aquesta activitat, es va començar recollint les idees prèvies dels professors sobre la importància d'aplicar els coneixements de química i de desenvolupar habilitats de pensament científic i d'anàlisi d'informació en relació amb fets de la vida quotidiana, com ara l'elecció d'un producte d'ús quotidià: un xampú, una pasta de dents o un sabó.

Després, es van projectar a classe quatre vídeos publicitaris on s'exposaven les qualitats de diversos productes i que incloïen conceptes químics, com ara pH. Aquests vídeos van constituir un punt de partida perquè la docent del curs pogués parlar dels conceptes implicats en els fenòmens que es proposava investigar. Durant la discussió dels vídeos, els professors ja van començar a formular alguns comentaris preliminars que podien originar eventuais investigacions, com ara: «És veritat que el pH d'aquesta marca de sabó és 5,5?», o també: «Què deu passar amb els altres sabons?» (fig. 2 i 3), i, juntament amb els interrogants, propostes per començar-los a investigar: «Això ho podem mesurar. Tenim tots els materials necessaris a la taula de treball per fer-ho».

En aquest punt de l'activitat, se'ls va assignar un objectiu a complir: l'elecció d'un sabó i una pasta de dents per a la higiene personal usant com a criteri de selecció el factor del pH del sabó. En el marc de la tasca, els professors havien de proposar preguntes que els permetessin indagar entorn de l'acció netejadora dels diferents productes i solucionar el problema plantejat.

Per investigar l'acció netejadora dels sabons i les pastes de dents en funció del pH, els professors van comptar amb col lombarda per mesurar-lo, diverses marques de sabons i pastes de dents i altres materials necessaris, com ara vasos d'un sol ús.

En aquesta segona versió de l'activitat, vam poder observar que el plantejament de preguntes va resultar més àgil i senzill que en la primera. En aprofundir inicialment en els aspectes conceptuals del fenomen quotidià a investigar, els professors van poder començar a plantejar un



Figura 2. Mesurant el pH de diverses marques de sabó per rentar roba.



Figura 3. Mesurant el pH de diverses marques de xampú.

major nombre de preguntes investigables que en l'activitat anterior (en aquest cas, el 70 % de les preguntes va correspondre a aquesta categoria).

També vam observar que el procés va començar amb el plantejament d'algunes qüestions simples, que convidaven a realitzar mesures i comparacions, per incorporar tot seguit d'altres més sofisticades. Les preguntes formulades a l'inici pels professors van suggerir la mesura i comparació del pH dels sabons i les pastes de dents: «El pH de les pastes de dents depèn de la

marca?», o bé: «Deu haver-hi cap diferència en el pH d'un sabó en pols i un de líquid?». A mesura que avançaven les discussions a cada grup, van anar sorgint preguntes més complexes que proposaven identificar la relació entre variables: «Com deu afectar el nivell de pH dels sabons cosmètics en la cura de la pell?», o bé: «Què afectarà més les mans d'una mestressa de casa: rentar amb un sabó de marca Ariel, un rentavai-xella o un sabó líquid?» (fig. 4).

És possible que el major maneig conceptual per part dels professors en aquesta activitat

hagi estat un element important en el desenvolupament de la seva capacitat de plantejar preguntes investigables. Al mateix temps, atès que aquesta sessió es va portar a terme a continuació de la primera activitat, els resultats ens donen la pauta que la possibilitat de sostenir un mateix tipus de treball al llarg del temps (és a dir, de continuar treballant amb els professors la formulació de preguntes investigables i el plantejament de dissenys d'investigació per respondre-les) va resultar fructífera per avançar i aprofundir en aquesta capacitat.

Tipus 3: indagació guiada amb anàlisi conceptual prèvia basada en un cas de la història de la ciència

En aquesta activitat, es va començar recollint les idees prèvies dels professors sobre la importància d'apropar la història de la ciència a l'aula. Els primers comentaris en aquest sentit coincidien a promoure la lectura de biografies de científics i fer una línia del temps dels seus descobriments, però no van pensar a recollir aspectes que haguessin caracteritzat la seva investigació.

Es va continuar explicant als professors que ara el plantejament de la pregunta investigable es faria d'una manera diferent. En aquest cas, el punt de partida seria un experiment realitzat per un científic. Per fer-ho, es va

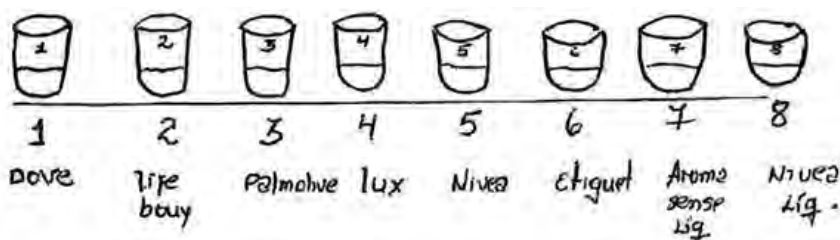


Figura 4. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a l'efecte d'un sabó i el seu corresponent pH a les mans d'una mestressa de casa.



Figura 5. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a canviar el nombre de discos i mesurar el voltatge generat.

projectar un vídeo que explicava la història del descobriment de la pila per part d'Alessandro Volta i es van discutir els conceptes involucrats juntament amb la docent, la qual va oferir les explicacions necessàries. Després, es va sol·licitar als participants que portessin a terme un petit esforç d'imaginació i pensessin què es devia haver preguntat Volta mentre investigava sobre les piles, i que ho escrivissin al quadern, ja que aquesta seria la seva pregunta investigable, per acabar l'activitat elaborant la pila tal com Volta l'havia dissenyat. A més de la projecció del vídeo, els professors tenien com a suport material de lectura relacionat amb el tema.

En aquesta tercera activitat, vam observar que les preguntes van sorgir fins i tot abans de sol·licitar el material concret per treballar. Analitzant el percentatge de preguntes investigables formulades, es pot observar que el 98 % correspon a aquesta categoria.

El fet d'ubicar el problema d'investigació en el marc de la història de la ciència va permetre als professors de situar-se en el paper i l'època de Volta. En les discussions dins dels grups, els professors es preguntaven, per exemple: «Què hauria fet Volta: escollir el material, apilar discos?», i també: «Però com va saber que els discos havien de ser diferents?», o bé: «Hi havia voltímetres a l'època?», o fins i tot: «El drap humitejat... de quin material era?» (fig. 5 i 6).

En havent començat a comprendre el problema des d'una perspectiva històrica, els professors es van començar a plantejar preguntes que permetien originar petites investigacions: «Si hi posem un disc més gruixut, què passarà amb el voltatge?», o bé: «Quants discos deuen ser necessaris per encendre un led (díode emissor de llum)?».

Quan s'analitzen els àudios i apunts de classe, es pot observar que, en aquesta tercera activitat, la gran majoria de les preguntes formulades pels professors

indagaven entorn de la relació entre variables: «Dependrà el voltatge del nombre de discos que hi col·loquem?», o bé: «Hi haurà cap diferència de voltatge si usem solucions iòniques diferents?», o bé: «Influeix la quantitat de solució electrolítica en el voltatge generat?», o també: «Influirà en el voltatge de la pila el material de què estan fets els elèctrodes que utilitzem a la pila casolana?», o fins i tot: «Influirà en la intensitat del corrent elèctric el material de què estan fets els elèctrodes que utilitzem a la pila casolana?». En un dels grups, fins i tot es va plantejar un abordatge sistemàtic per a la recollida de dades: els professors van proposar de fer un quadre de doble entrada on es registressin el voltatge i la intensitat generats en anar variant el nombre de discos (fig. 6 i 7).

Considerem que una de les raons per les quals en la tercera activitat els professors van poder proposar preguntes més complexes va ser la possibilitat de reflexionar sobre els continguts



Figura 6. Apunts del quadern d'un professor la pregunta del qual feia referència a canviar el material dels discos i mesurar el voltatge generat.



Figura 7. Construint la pila amb una pila de discos de monedes peruanes (10 i 20 cèntims) i paper humitejat en aigua amb sal.

conceptuals relacionats amb el tema des d'una perspectiva històrica, la qual cosa els va ubicar en el problema des del punt de vista dels que van explorar-lo per primera vegada. La tasca de provisió d'informació i de reflexió prèvia a l'experimentació va facilitar, molt possiblement, la formulació de preguntes que promovien l'experimentació. D'altra banda, aquesta activitat es va dur a terme després que els professors realitzessin les experiències prèvies suara descrites, que segurament van contribuir a continuar refinant la seva capacitat de plantejar preguntes que poguessin originar investigacions.

Reflexions finals

La nostra anàlisi revela la importància del maneig dels coneixements conceptuals associats als fenòmens a explorar com a element central en la possibilitat de plantejar preguntes investigables. Si bé en els tres casos analitzats els professors van treballar amb problemes derivats de situacions quotidianes



Figura 8. Mesurant el voltatge generat a la pila feta amb monedes peruanes (10 i 20 cèntims) i paper humitejat en aigua amb sal.

prou conegudes, l'abordatge conceptual dels fenòmens a cada activitat va resultar un element clau perquè aquestes situacions prenguessin sentit en el marc de l'estudi de la química.

Tal com dèiem, a la primera activitat, la possibilitat de formular preguntes que portessin a possibles investigacions va veure's empetidada per la necessitat dels participants de comprendre el fenomen en qüestió. En el segon i en el tercer cas, l'abordatge de caire conceptual del fenomen a explorar, que va tenir lloc prèviament a la tasca de formular preguntes investigables, va obrir el camí a la possibilitat de plantejar qüestions per investigar en relació amb els fenòmens, les quals van començar sent més simples (suggerint la mesura i realització d'observacions) i van avançar envers d'altres més complexes que indagaven entorn de la relació entre diverses variables. En el tercer cas, els professors van tenir, a més, un espai de reflexió més gran entorn de les preguntes que s'havien formulat els científics de l'època

a l'hora d'indagar sobre els fenòmens involucrats, la qual cosa va redundar en la possibilitat de plantejar una major quantitat de preguntes investigables més complexes.

Aquest treball es va realitzar en el marc d'un curs de formació del professorat. Tanmateix, creiem que aquestes conclusions tenen implicacions importants d'àmbit didàctic, tant en la formació docent com en l'ensenyament de nivell mitjà, atès que mostren que una indagació totalment oberta, en què els alumnes s'han d'apropar per si sols els conceptes associats al fenomen sobre el qual investigaran, no necessàriament redunda en la possibilitat de ser capaç de formular preguntes investigables, ni d'aprendre a fer-ho. Les observacions realitzades mostren que el fet que els participants comptessin amb bibliografia disponible i la possibilitat de dialogar amb els companys no van ser suficients perquè les qüestions formulades anessin més enllà del seu coneixement quotidià previ, i, per tant, po-

La tasca de provisió d'informació i de reflexió prèvia a l'experimentació va facilitar, molt possiblement, la formulació de preguntes que promouen l'experimentació

ques van resultar investigables. Hem vist també que en brindar més espai de reflexió conceptual entorn del fenomen a investigar, incloses les preguntes formulades pels científics que havien indagat el mateix fenomen per primera vegada, els participants van aconseguir de plantejar més i millors qüestions per investigar.

Els resultats obtinguts també suggereixen la importància de sostenir en el temps una seqüència d'activitats en la qual es treballi una determinada capacitat (en aquest cas, el plantejament de preguntes investigables) a través de l'exploració d'una sèrie de fenòmens diferents

emmarcats en una única disciplina, com la química. A mesura que els professors es van anar familiaritzant amb la realització d'experiències, vam poder comprovar que la seva capacitat de plantejar preguntes investigables s'anava fent més profunda i sofisticada, i també que es mostraven més confortables amb la possibilitat de pensar i portar a terme les seves pròpies investigacions.

Tornant al començament d'aquest treball, la «imaginació creativa» que assenyalaven Einstein i Infeld com a requisit per a la investigació científica (i que en aquest cas es reflecteix, almenys en part, en la capacitat de plantejar preguntes investigables) és una capacitat complexa i no innata, sinó que es desenvolupa fruit de l'ensenyament. El plantejament d'aquesta mena de qüestions requereix un tipus d'ensenyament sostingut en el temps, articulat amb la comprensió conceptual dels fenòmens a explorar, que permeti als estudiants començar a imaginar les preguntes que voldrien respondre al respecte.

Referències

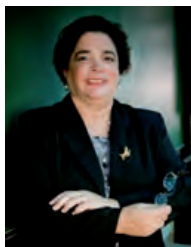
- ARONS, A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Nova York: Wiley and Sons.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. (1986). *La evolución de la física*. Barcelona: Salvat.
- FRIEDLER, Y.; TAMIR, P. (1990). *Basic concepts in scientific research*. Jerusalem: Israel Science Teaching Center: The Hebrew University of Jerusalem.
- FURMAN, M.; PODESTÀ, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- OCDE (2006). *PISA 2006: Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura* [en línia]. París: OCDE. <<http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>> [Consulta: març 2013]
- ROCA, M.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. (2013). «Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis». *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1): 95-114.
- SANMARTÍ, N.; MÁRQUEZ, C. (2012). «Enseñar a plantear preguntas investigables». *Alambique*, 70: 27-36.



Melina Furman

És professora a l'Escola d'Educació de la Universitat de San Andrés (Argentina) i investigadora del Consell Nacional d'Investigacions Científiques i Tècniques (CONICET). Llicenciada en ciències biològiques i doctora en educació, està especialitzada en temes relacionats amb el disseny curricular, l'aprenentatge del pensament científic i la formació docent.

A/e: mfurman@udesa.edu.ar.



María del Carmen Barreto Pérez

És degana i professora ordinària principal de la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Piura (Perú), a més de docent als cursos de didàctica general i química al PRONAFCAP. És enginyera industrial, llicenciada en ciències de l'educació (nivell secundari) i màster en educació amb menció en teories i pràctiques educatives.

A/e: marycarmen.barreto@udep.pe.



Neus Sanmartí Puig

És catedràtica emèrita de didàctica de les ciències a la Universitat Autònoma de Barcelona. Doctora en ciències químiques (didàctica), està especialitzada en temes relacionats amb el desenvolupament curricular, l'avaluació formativa i el llenguatge amb relació a l'aprenentatge científic.

A/e: Neus.Sanmarti@uab.cat.