

Programa de desenvolupament professional per a docents de química basat en els principis de la investigació i la innovació responsables

A professional development program for Chemistry teachers following the principles of responsible research and innovation

Silvia Alcaraz-Domínguez i Mario Barajas / Universitat de Barcelona. Facultat d'Educació. Departament de Didàctica i Organització Educativa



resum

Estem experimentant un canvi en l'ensenyament de la química i d'altres ciències experimentals a l'educació secundària. Les innovacions tecnològiques apunten a aspectes relacionats amb la nostra vida i el nostre entorn en general: la seguretat alimentària i les energies renovables en són exemples. Partint del fet que això suposa un repte per al professorat, però també una oportunitat, presentem un programa de desenvolupament professional basat en el marc de la investigació i la innovació responsables per ajudar els docents a aplicar aquests canvis a la pràctica.

paraules clau

Investigació i innovació responsables, aprenentatge basat en la indagació, argumentació científica, controvèrsies sociocientífiques, competències.

abstract

The way we teach Chemistry and other experimental sciences is changing. Technological innovations focus on aspects from our daily life and our environment, such as food safety and renewable energies. Considering that this sets out a challenge for teachers, and also an opportunity, we present a responsible research and innovation teacher development program aiming to help teachers to apply these changes in their practice.

keywords

Responsible research and innovation, inquiry-based learning, scientific argumentation, socio-scientific dilemma, competencies.

Introducció

Context

El canvi cap a l'ensenyament basat en competències afecta l'ensenyament de la química i d'altres àrees de les ciències experimentals a l'educació secundària. Avui dia, àrees de ciències com la

biologia, la geologia, la física o la química ja no es poden ensenyar com un conjunt de coneixements factuais, sinó que hem d'ajudar el nostre alumnat a connectar aquests coneixements per resoldre problemes concrets i contextualitzats en la vida quotidiana.

Les proves d'avaluació externa fan èmfasi en l'aplicació i la realització d'experiments per part de l'alumnat. Tenint-ho en compte, sembla lògic que aquests eixos es puguin desenvolupar mitjançant projectes d'indagació científica que facin servir contextos científics propers a l'alumnat.

Darrerament, a molts països de la Unió Europea, l'ensenyament de la química i d'altres ciències experimentals també està inspirat per una tendència que s'observa en les polítiques públiques anomenades *investigació i innovació responsables*. Segons aquesta visió, cal que activitats com la investigació i la innovació científiques comptin amb la participació i el seguiment de persones, associacions, governs, empreses i altres agents socials. L'objectiu és assegurar que els avenços tecnològics o els descobriments científics es desenvolupen de manera coherent amb els valors i principis de la societat en la qual s'inscriuen (*Responsible research and innovation...*, 2014).

En definitiva, estem vivint un procés orientat a una més alta implicació de la ciutadania (que inclou els estudiants) en la ciència. Així ho demostra, per exemple, el fet que els programes de difusió del coneixement siguin cada vegada més presents i actius a les universitats i als centres de recerca, molts dels quals van dirigits a l'educació obligatòria i al batxillerat. La comunicació científica pren cada vegada més força a les xarxes socials, s'organitzen cafès científics, nits dels investigadors, notícies de premsa, etc.

És per això que a l'aula de química, i en les d'altres àrees de les ciències experimentals, avui dia cal parar una especial atenció a aquells aspectes del currículum relacionats amb la formació de futurs ciutadans i ciutadanes capaços no només d'adquirir uns coneixements de ciència, sinó també de tenir un rol actiu i participatiu en el seu avenç. Això implica ajudar l'alumnat a entendre que la ciència i la tecnologia afecten molts aspectes de la vida quotidiana i que es troben en constant evolució, influïdes per factors econòmics, polítics o ètics al voltant dels quals tenim molt a dir.

Concretament, podem observar que el currículum de la majoria de les àrees de ciències de l'educació secundària inclou habilitats coherents amb aquests canvis. Per exemple, la LOE inclou objectius com ara «comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos» («Llei Orgànica 2/2006...», 2006). A Catalunya, una de les competències pròpies de les ciències naturals és «utilitzar el coneixement científic per argumentar de manera fonamentada i creativa les actuacions com a ciutadans i ciutadanes responsables, especialment les relacionades amb la gestió sostenible del medi, la salut pròpia i la comunitària, i l'ús d'aparells i materials en la vida quotidiana» (*Currículum...*, 2009).

Implicacions per al professorat

Quines implicacions tenen aquests canvis per al professorat? Una és la necessitat d'incorporar activitats orientades a fer que l'alumnat s'expressi, on es puguin valorar diferents visions d'un mateix fet científic, on s'analitzi com es tracten les notícies científiques als mitjans de comunicació i on es valorin les implicacions dels avenços científics i novetats tecnològiques en el context més proper a l'alumnat. En definitiva, es tracta de fomentar que l'alumnat s'impliqui en la ciència com la millor manera d'entendre els continguts i, alhora, desenvolupar competències científiques.

Per tal de donar suport al professorat en aquest procés, en el marc del projecte «Engaging science» o «ENGAGE»,¹ s'ha elaborat

¹ «Equipping the next generation for an active engagement in science (ENGAGE)». La Universitat de Barcelona participa com a sòcia en aquest projecte fi-

una llista de vuit habilitats d'investigació que d'alguna manera ja són presents en el currículum i en les proves d'avaluació externa, i que són coherents amb els principis de la investigació i la innovació responsables (Okada, Young i Sherborne, 2015) (taula 1).

Encara que molts professors de ciències volen incloure aquestes habilitats a la seva àrea, possiblement no estan acostumats a planificar, dur a terme o avaluar activitats orientades a posar-les a la pràctica. Els dilemes i les controvèrsies científiques quotidianes poden ser una bona estratègia per introduir aquests aspectes, alhora que activem l'interès de l'alumnat pels continguts curriculars.

Propostes

El projecte «Engaging science» respon a aquests reptes i du a terme diferents accions orientades a ajudar el professorat a introduir controvèrsies científiques que ajudin a la comprensió dels fenòmens des d'una perspectiva de recerca i innovació responsables. Aquest enfocament se centra en l'intercanvi i la reflexió sobre la pròpia pràctica (Schön, 1983), una visió que s'aplica al desenvolupament professional del professorat de ciències experimentals (Bell i Gilbert, 1994). El projecte ofereix al professorat recursos educatius oberts, formació i una comunitat de pràctica. A continuació, expliquem cada estratègia en detall.

Recursos educatius digitals oberts

El projecte posa a l'abast dels docents el repositori digital <http://www.engagingscience.eu/es/>, en el qual es publiquen recursos didàctics oberts que parteixen d'una notícia científica recent i real (el repositori comptarà amb seixanta

nançat per la Comissió Europea (7è Programa Marc), en el qual l'investigador principal és el professor Mario Barajas.

Taula 1. Habilitats d'indagació basades en els principis de la investigació i la innovació responsables

Interrogar les fonts	Avaluar la validesa i la fiabilitat de les fonts d'informació o evidència científica.
Fer servir l'ètica	Entendre que l'activitat científica implica prendre decisions per a les quals cal tenir en compte judicis ètics i morals.
Examinar les conseqüències	Valorar diferents solucions a problemes globals basant-se en evidències científiques, però també en consideracions econòmiques, socials, ambientals i ètiques.
Valorar els riscos	Mesurar riscos i beneficis a partir de la probabilitat i la magnitud de les seves conseqüències.
Analitzar dades	Interpretar dades, identificar patrons i realitzar inferències.
Criticar afirmacions	Comprovar la solidesa de les afirmacions científiques observant la relació lògica entre l'evidència i l'afirmació científica.
Justificar opinions	Sintetitzar coneixements científics, implicacions i perspectives en una opinió informada que descriu els arguments que la sostenen.
Comunicar idees	Ser capaç de comunicar opinions i resultats en diversos formats emprant les característiques del llenguatge científic.

recursos didàctics al final del projecte). Cada recurs didàctic planteja una controvèrsia científica que ha de ser resolta a l'aula. Per tal de resoldre-la, l'alumnat du a terme un procés al llarg del qual aplica les idees de ciència prèviament apreses. A partir de la controvèrsia plantejada, es proposen activitats d'indagació basades en el model de les 5E (Bybee et al., 2006).

El docent es pot descarregar els recursos didàctics del repositori després d'un senzill procés de registre gratuït al web <http://www.engagingscience.eu/es>. Cada recurs inclou una presentació gràfica i fitxes per a l'alumnat, que es poden imprimir i fer servir a l'aula. Igualment, cada recurs inclou una guia per al professorat. Aquests arxius són editables, de manera que cada docent pot modificar-los segons les seves necessitats.²

² Llicència Creative Commons CC-BY-SA, que permet compartir i adaptar el recurs amb la condició de citar la font original, incloure un enllaç a la llicèn-

En aquest article, seleccionem dos recursos d'aquest repositori, orientats a l'àrea de química, que s'analitzen a continuació.

Cal prohibir les bosses de plàstic?

En el repositori es poden trobar recursos de l'àrea de química, un dels quals parteix de la pregunta «Cal prohibir les bosses de plàstic?». Aquesta controvèrsia mostra clarament que els coneixements científics i la ciència afecten la vida de l'alumnat i demana que es posicioni, la qual cosa fa que s'impliqui en l'aprenentatge.

Aquest recurs està pensat per al seu ús a l'àrea de física i química de 4t d'ESO, tot i que es pot fer servir en altres nivells introduint les modificacions que consideri necessàries el docent. El recurs permet aplicar continguts

cia i indicar els canvis realitzats. La llicència de l'obra derivada ha de ser la mateixa que la de l'original.

curriculars de l'àrea de química a una situació procedent de l'entorn més proper a l'alumnat, com és el fet que, d'un temps ençà, les bosses de plàstic són de pagament a la majoria dels establiments de venda al públic.

La controvèrsia científica plantejada és «Cal prohibir les bosses de plàstic?». Per tal de resoldre-la, es comença amb una activitat en la qual l'alumnat recorda o descobreix que, per la seva estructura polimèrica, el polietilè de baixa densitat és flexible i resistent. Per aquesta raó, entenen per què aquest és el material més adient per fabricar aquest tipus de bosses.

A continuació, el professor recorda a l'alumnat que, malgrat que aquestes propietats el converteixen en un material molt adequat per a la fabricació de bosses, el polietilè presenta una problemàtica derivada de la seva capacitat de descomposició com a residu. Quan s'aboquen al medi ambient, aquestes bosses hi romanen durant molts anys, perquè els fongs i els bacteris no poden descompondre el polietilè. En aquest punt, podem aprofitar per proposar a l'alumnat que pensi alternatives a les bosses de plàstic, com ara les bosses reutilitzables o degradables.

Per tal d'indagar en continguts de l'àrea de química, tot seguit se centra l'atenció dels alumnes a valorar dues alternatives a les bosses de polietilè, com són les bosses oxodegradables i les biodegradables.

Després d'explicar-ne breument les diferències, es proposa a l'alumnat la realització de l'activitat principal d'aquest recurs, que consisteix a respondre la pregunta «Quina és la millor alternativa a les bosses de plàstic convencionals?». Per respondre-la, es realitza una activitat basada en la tècnica del joc de rol. El recurs inclou els rols de científic de materials,



Figura 1. Diapositiva del recurs descarregable perquè el docent presenti a l'alumnat els dos tipus de bosses degradables que es consideraran en el debat.

ambientòleg, veterinari i estadístic. Es proporciona una fitxa per a cada rol, que inclou preguntes i respostes útils per respondre la pregunta.

Per exemple, la fitxa del científic de materials inclou informació directament relacionada amb el currículum de química i amb les idees que l'alumnat ha de fer servir per poder respondre-la. Un d'aquests conceptes fa referència als polímers, a la seva estructura i a la reacció química de degradació o trencament de la cadena polimèrica amb conservació de la massa. Es comparen les similituds i diferències entre el polietilè, un plàstic d'ús freqüent i molt difícil de degradar, i els plàstics oxodegradables i biodegradables. En llegir la fitxa, l'alumnat recordarà que les molècules de polietilè són molt llargues i que es formen a partir de l'agrupació d'un nombre molt elevat de molècules d'etilè unides per enllaços forts, difícils de trencar. També explica que l'etilè està format per àtoms de carboni i hidrogen i que procedeix de substàncies presents en el petroli.

Mentre cada alumne es familiaritza amb el seu rol, uns altres



Figura 2. Els docents experimenten amb les fitxes per a l'alumnat.

preparen preguntes per formular a aquests experts. Les preguntes estan formulades en una fitxa, de manera que l'alumnat les prioritza segons l'ordre d'importància que els atribueixen. Amb les respostes a aquestes preguntes, l'alumnat podrà prendre una decisió sobre quina és la millor alternativa a les bosses de plàstic convencionals.

Un cop s'ha reflexionat sobre la resposta a les preguntes i s'ha pres una decisió, té lloc la sessió plenària amb tot l'alumnat. En aquest moment, es comparteix la decisió presa amb el grup-classe i es reflexiona al voltant d'aspectes relacionats amb la

resolució de la controvèrsia plantejada. Això afavoreix l'autoavaluació de l'aprenentatge, ja que, per exemple, es demana a l'alumnat que pensi si ha fet servir els seus coneixements sobre els polímers per prendre la decisió.

Cigarettes electròniques

Aquest recurs permet aplicar continguts curriculars de l'àrea de física i química de 4t d'ESO, però, com l'anterior, es pot fer servir en nivells més avançats, si el docent ho considera adequat. Concretament, es relaciona amb la identificació de sistemes materials, com substàncies i solucions, i amb la valoració de la importància i les aplicacions de barreges d'especial interès. Igualment, és útil per aprendre a diferenciar entre àtoms i molècules, així com entre substàncies simples i compostes en situacions d'ús freqüent i conegut, i per elaborar explicacions utilitzant el model cinètic de la matèria.

Aquest recurs permet que l'alumnat apliqui els seus coneixements de química a un fet present al seu entorn, com és l'ús de les cigarretes electròniques. Es comença preguntant a l'alumnat si pensa que el vapor és inòcua per a l'organisme. Un cop hem captat la seva atenció i interès, amb l'ajuda del recurs didàctic, podem fer una breu exposició sobre com funciona una cigarreta electrònica i els efectes de la nicotina sobre el cos humà. Un cop queda clar que el vapor té riscos per a l'organisme, es formula la pregunta que motiva la indagació posterior per part de l'alumnat: «Donaries suport a una prohibició d'àmbit europeu de la cigarreta electrònica en llocs públics tancats?».

Per respondre al problema plantejat, el recurs proposa dues activitats d'aprenentatge motivades per preguntes relacionades. En la primera activitat, l'alumnat ha d'esbrinar si hi ha prou evidèn-

cies científiques que demostrin que la nicotina de les cigarretes electròniques pot afectar les persones del voltant de qui la fa servir. Els alumnes treballen amb unes fitxes que contenen informació sobre el comportament de les partícules (molècules) que es troben en la solució que hi ha dins de la cigarreta electrònica i en l'aire que exhala la persona que en fa ús. Un cop han entès la informació sobre el contingut de la solució que hi ha a les cigarretes i l'aerosol exhalat pels fumadors, els alumnes fan un diagrama de la distribució i les agrupacions de les partícules (molècules) que formen la solució (nicotina, propan-1,2,3-triol i aigua) i l'aerosol exhalat (nicotina, propan-1,2,3-triol, aigua, nitrogen, oxigen, diòxid de carboni). Utilitzen el concepte *substància* i diferents tipus de mescles (solucions, aerosols) i representen diagrames de partícules per explicar els fenòmens emprant el model cinètic de la matèria. Les representacions i explicacions s'adeqüen en funció dels coneixements dels alumnes.

En la segona activitat, recuperem la pregunta inicial («Donaries

suport a una prohibició d'àmbit europeu de la cigarreta electrònica en llocs públics tancats?» i, a mà alçada, observarem si després de l'activitat anterior els alumnes han canviat d'opinió. A continuació, l'alumnat ha de valorar si val la pena assumir els riscos d'aquesta possible prohibició, comparats amb els beneficis. Per fer-ho, juguen a un joc tipus *quiz* en el qual aprenen diferents maneres d'avaluar els riscos de diferents situacions del seu entorn. Un cop han après les diferents maneres de valorar un risc, els alumnes les apliquen a la pregunta inicial sobre la prohibició de les cigarretes electròniques. S'aixequen i se situen al llarg d'un eix segons si hi estan a favor o en contra i, en aquesta posició, té lloc el debat final, en el qual l'alumnat expressa l'opinió, presenta les evidències en les quals s'ha basat i de quina manera han influït en la seva decisió.

Formació permanent per al professorat

Els recursos educatius oberts que es poden descarregar del repositori digital <http://www.engaging>

science.eu/es estan dissenyats per ajudar el professorat a fer-los servir a l'aula. Malgrat això, per tal d'aconseguir el canvi a la pràctica, cal oferir al professorat accions de formació orientades al coneixement, la pràctica i la reflexió al voltant de les metodologies que fonamenten aquests recursos.

S'ofereixen tres nivells de formació, segons si el docent està poc, força o molt familiaritzat amb les metodologies proposades en els recursos didàctics. En el primer nivell, s'afavoreixen la comprensió i la pràctica de la controvèrsia científica i el debat en petits grups. En el segon nivell, el docent aprèn sobre la metodologia de la resolució de problemes i la conversa científica. En el tercer nivell, els docents tracten l'aprenentatge basat en projectes i l'avaluació d'aquest tipus d'activitats.

S'han realitzat diversos tallers de formació, d'una durada aproximada de tres hores, en els quals els docents han pogut experimentar amb els recursos didàctics en primera persona, reflexionar sobre com aquestes metodologies poden ajudar a implicar l'alumnat a les classes de química i de ciències experimentals, entendre les característiques d'una bona controvèrsia científica i aprendre trucs per establir debats productius a l'aula, entre d'altres.

No obstant això, també s'ofereixen cursos de formació virtual en els quals el professorat pot conèixer, posar a la pràctica i reflexionar sobre aquestes estratègies didàctiques. A més, el curs té un clar component d'intercanvi d'experiències, recomanacions, reptes i possibles solucions conjuntes entre docents i amb l'ajut d'experts.

Comunitat de pràctica

El projecte vol estimular la creació d'una comunitat de docents units per l'interès d'ajudar l'alumnat a desenvolupar habilitats pre-



Figura 3. Fitxa imprimible on l'alumnat ha de representar la solució que contenen les cigarretes electròniques i l'aire exhalat pels fumadors.

sents en el currículum i que es poden relacionar amb els principis de la investigació i la innovació responsables. Per això, els usuaris registrats al repositori poden interactuar entre si mitjançant la publicació de comentaris o la possibilitat d'indicar que els agrada un recurs o comentari en concret.

Conclusions

Resultats preliminars

A falta de resultats d'un estudi sistemàtic, que estaran disponibles en acabar el projecte, presentem alguns resultats preliminars. El repositori de recursos didàctics conté més de vint recursos publicats (seixanta al llarg del 2016). La comunitat de docents fa augmentar constantment el nombre d'usuaris, així com el nombre de descàrregues de recursos. Els recursos s'utilitzen també a diferents centres d'educació secundària de Catalunya i de l'Estat espanyol.

Els comentaris que van publicant els docents al repositori donen una idea de l'impacte del projecte en el professorat i en l'alumnat. L'activitat sobre les bosses de plàstic acumula el nombre més gran de comentaris de tots els recursos que hi ha al repositori. Molts d'aquests comentaris destaquen que el model proposat és positiu i que es pot fer servir tant per introduir un tema nou com per tancar una unitat didàctica.

Els recursos també s'apliquen el curs 2014-2015 a la formació inicial del professorat de ciències a la Universitat de Barcelona i en accions de formació permanent del professorat.

Malgrat que les conclusions del projecte seran més clares un cop hagi finalitzat, aquest satisfà una necessitat de suport al professorat de ciències de secundària, que no està habituat a dur a terme activitats de debat o jocs de rol a l'aula de ciències experimentals. L'intercanvi de pràctiques i la

reflexió afavoreixen la creació d'una comunitat que contribueix a l'adaptació dels recursos actuals i a la creació de nous recursos seguint aquest model.

Propers passos del projecte «ENGAGE»

S'aniran publicant nous recursos al repositori digital, que es corresponen amb les estratègies pedagògiques del nivell més avançat del professorat. Aquests recursos els serviran d'ajuda per dur a terme projectes d'indagació en els quals l'alumnat assoleix el màxim grau de responsabilitat envers el seu aprenentatge al llarg de les diferents fases del procés d'indagació. Ho faran en col·laboració amb un investigador o investigadors i guiats en tot moment pel professor, que seguirà les indicacions del recurs didàctic descarregat del repositori.

Referències

- BELL, B.; GILBERT, J. (1994). «Teacher development as professional, personal, and social development». *Teaching and Teacher Education*, núm. 10, p. 483-497.
- BYBEE, R. W.; TAYLOR, J. A.; GARDNER, A.; SCOTTER, P. van; POWELL, J. C.; WESTBROOK, A.; LANDES, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS, p. 88-98.
- Competències bàsiques de l'àmbit científicotecnològic: Educació secundària* (2014). Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
- Currículum: Educació secundària* (2009). Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Ensenyament.
- «Llei Orgànica 2/2006, de 3 de maig, d'Educació» (2006). BOE, 4 maig, núm. 106, p. 17158-17207.
- OKADA, A.; YOUNG, G.; SHERBORNE, T. (2015). «Innovative teaching of responsible research and innovation in science education». *Open Education Europa Journal:*

eLearning Papers, vol. 44, núm. 1, p. 64-73.

Responsible research and innovation [en línia]: Europe's ability to respond to societal challenges (2014). Brussel·les: Unió Europea. <https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf> [Consulta: 30 gener 2015].

SCHÖN, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Londres: Temple Smith.



Silvia Alcaraz-Domínguez

És professora associada al Departament de Didàctica i Organització Educativa de la Facultat d'Educació de la Universitat de Barcelona. És ajudant de recerca dins el projecte «Engaging science» i ha participat en altres projectes europeus del 7è Programa Marc i d'altres programes relacionats amb la tecnologia educativa.
A/e: silvia.alcaraz01@gmail.com.



Mario Barajas

És professor titular al Departament de Didàctica i Organització Educativa de la Facultat d'Educació de la Universitat de Barcelona. És el coordinador nacional del projecte «Engaging science» i té una àmplia trajectòria en la direcció de projectes de recerca competitiu finançats per la Comissió Europea en l'àmbit de la tecnologia educativa i l'ensenyament de les ciències.
A/e: mbarajas@ub.edu.