

Qüestions sociocientífiques en l'aula de química

Socioscientific issues in the chemistry classroom

Rosa Montserrat / IES Joanot Martorell (València)

José Cantó / Universitat de València

Jordi Solbes / Universitat de València



resum

Les qüestions sociocientífiques són problemàtiques científiques amb forta repercussió social, que desenvolupen habilitats de pensament crític: consultar fonts d'informació, distingir entre fonts fiables i no fiables, adquirir posicions alternatives, treballar l'argumentació, afavorir la presa de decisions, etc. Ací, presentarem una introducció teòrica i mostrarem exemples desenvolupats en l'ensenyament de la química: estructures bioquímiques (Dorothy Crowfoot), isòtops radioactius (Irene Joliot), CFC i cicle de l'ozó (Mario Molina) i estructura de la matèria (Linus Pauling).

paraules clau

Qüestions sociocientífiques, pensament crític, ensenyament de la química.

abstract

Socioscientific issues are scientific problems with strong social repercussions, which develop critical thinking skills: consult information sources, distinguish between reliable and unreliable sources, acquire alternative positions, scramble arguments, favor decisions, etc. Here, we will present a theoretical introduction and show examples developed for chemistry teaching: biochemical structures (Dorothy Crowfoot), radioactive isotopes (Irene Joliot), CFC and ozone cycle (Mario Molina) and the structure of matter (Linus Pauling).

keywords

Socioscientific issues, critical thinking, chemical teaching.

Introducció

Qüestions sociocientífiques (QSC)

Els treballs sobre QSC es poden definir com a dilemes o controvèrsies socials que tenen a la base nocions científiques (Jiménez-Aleixandre, 2010). Comencen a sorgir cap a l'any 2000, en connexió amb la presa de decisions (Ratcliffe, 1997) i amb l'alfabetització científica de la ciutadania, temes típics d'educació Ciència, Tecnologia i Societat (CTS), que es va introduir inicialment no sols per contextualitzar la ciència, sinó per millorar l'interès cap a la ciència dels estudiants (Solbes, Montserrat i Furió, 2007; Solbes i Vilches, 1997).

S'incorporen al tema de les QSC persones que venen del camp de l'argumentació (Zeidler, 2003; Jiménez-Aleixandre, 2010) i completen la CTS amb aspectes procedimentals com l'ús de proves. Això ens porta a preguntar-nos les relacions que existeixen entre CTS i QSC. Alguns semblen considerar que les QSC engloben CTS i al llibre de Zeidler (2003) CTS hi apareix com un capítol. En canvi, hi ha autors (Martínez, 2013) que consideren que les QSC són una part de CTS. Quan el programa de recerca d'educació CTS estava començant a deixar de ser progressiu i amb

projectes que anaven perdent el caràcter crític, sorgeixen les QSC que recuperen aquest caràcter i, a més, fan més èmfasi en aspectes procedimentals com l'argumentació i l'ús de proves, és a dir, el nucli del programa de recerca CTS i QSC és pràcticament el mateix (Solbes, 2019).

El pensament crític (PC)

Un dels reptes de l'ensenyament obligatori és aconseguir infondre un PC a la població, que permeta afrontar els problemes presents i futurs a què s'enfronten les societats. Algunes disciplines, com ara la filosofia,

de vegades s'atribueixen l'exclusivitat del PC.

Però en didàctica de les ciències Jiménez-Aleixandre (2010) afirma que el PC «és la capacitat de desenvolupar una opinió independent, adquirir la facultat de reflexionar sobre la societat i participar-hi», assenyalant que té components d'argumentació, com la recerca i l'ús de proves i el qüestionament l'autoritat, i emancipatoris, com l'opinió independent i l'anàlisi crítica de discursos legitimadors.

I què passa amb la ciència? És evident que la crítica sempre implica conflictes amb els poders establerts. Si es demana a l'alumnat que esmenten científics que hagen tingut aquests conflictes, normalment es limiten als casos de Galileu i Darwin, i difícilment esmenten cap químic o química. Per això, és millor oferir-los una llista de científics i científiques, alguns de països que no són primeres potències científiques, i demanar-los que investiguen les seues contribucions principals i en quins conflictes amb els poders i les concepcions establerts es van veure involucrats (Solbes, 2013). Això ens permet comprovar que la ciència és metodològicament crítica, però perquè es puga considerar com a pensament crític ha de sortir de les «parets del laboratori» i incidir en qüestions socials, cosa que sovint implicarà enfrontaments amb el poder dominant a cada època: primer religió, polític a la primera meitat del segle xx i econòmic actualment.

Pensament crític i ensenyament de les ciències

S'ensenyen les ciències de manera que es contribueix al desenvolupament del PC? Podem afirmar que no, com ho proven unes investigacions sobre el professorat de ciències que disten setze anys entre elles (Solbes i

Vilches, 1997; Solbes i Torres, 2013). Això és degut al fet que, d'una banda, s'ensenya explícitament una ciència dogmàtica, com a acumulació de veritats; molt formalista, amb moltes fórmules i conceptes en física i química, i poques discussions i treball experimental (no es pot ensenyar sense fórmules, però s'ensenya sense experimentació). En conseqüència, esdevé una ciència difícil, àrdua i elitista. D'altra banda, no s'aborda (currículum ocult) la història de les ciències, ignorant els problemes que van originar les investigacions, el caràcter hipotètic de la ciència, fruit del treball de moltes persones, de diversos països, que competeixen i tenen controvèrsies, afavorint així el dogmatisme. Tampoc no es contextualitza la ciència (sense relacions CTS ni QSC), fet que obstaculitza que el pensament crític inherent a les ciències tinga incidència en la concepció del món i en les qüestions d'organització social.

En eixos treballs es comprova que les activitats més freqüents plantejades són les d'aplicacions de la ciència, per la seua menor conflictivitat; segons bona part del professorat, són els aspectes més neutrals. També les relacions entre ciència i medi ambient, perquè s'allunyen menys dels continguts científics.

Diversos estudis (Solbes i Torres, 2013; Torres i Solbes, 2016) han mostrat que amb l'ensenyament de les QSC es poden desenvolupar en l'estudiantat les competències de PC següents:

1. Comprendre la Natura de la Ciència (NdC) com a activitat humana controvertida i no dogmàtica.
2. Qüestionar la validesa dels arguments, rebutjant conclusions no basades en proves, detectar fal·làcies argumentatives, avaluar la

credibilitat de les fonts tenint en compte els interessos subjacents.

3. Estudiar les QSC en la seua complexitat, de manera que s'hi involucren dimensions ètiques, culturals, filosòfiques, socials, econòmiques, ambientals, etc.
4. Valorar i realitzar judicis ètics al voltant de les QSC atenent la seua contribució a la satisfacció de necessitats humanes, a la solució dels problemes del món.
5. Arribar a conclusions que afavoreixin la presa de decisions fonamentades i promoguin accions per al millorament de la qualitat de vida (escrits, declaracions o sol·licituds, participació en projectes, votacions, ONG).

Activitats per portar les QSC a l'aula

Una de les millors activitats que es poden fer per al tractament de les QSC és la realització de debats que afavoreixen l'argumentació i l'aprenentatge de les ciències. En aquests debats es tracta que l'alumnat faça ús de dades, proves o fets, com a base per a la justificació de les seues conclusions, afirmacions o asseveracions la validesa de les quals es vol demostrar (Solbes, Ruiz i Furió, 2010). Una altra possibilitat que ofereixen els debats és la detecció de les fal·làcies que hi utilitza l'alumnat (Ruiz i Solbes, 2022). Altres activitats que es poden utilitzar són la lectura crítica i la redacció d'assaigs.

Exemples de QSC

Les activitats que tot seguit es mostraran en aquest article van ser implantades en l'aula durant un curs escolar, buscant millorar la imatge de la ciència en l'alumnat de secundària i batxillerat (Montserrat, 2019).

a) Dorothy Crowfoot Hodgkin, quines són les estructures bioquímiques?

Dorothy Crowfoot Hodgkin (fig. 1) va nèixer a la ciutat del Caire, va estudiar química al Somerville College de la Universitat d'Oxford i es va doctorar a la Universitat de Cambridge el 1934, on es va especialitzar en cristal·lografia, sota la tutela de John D. Bernal, disciplina de la qual va ser professora a Oxford fins al seu retir el 1977.



Figura 1. Dorothy Crowfoot Hodgkin (1910-1994).

Hodgkin va ser pionera en la tècnica de determinació d'estructures de substàncies d'interès bioquímic mitjançant raigs X. Va convertir la insulina en el seu projecte d'investigació. Com que la difracció de raigs X en la dècada de 1930 encara no estava prou desenvolupada, va decidir millorar la tècnica cristal·logràfica, aconseguint determinar l'estructura tridimensional de biomolècules com el colesterol, la penicil·lina, la vitamina B12, la insulina, així com la lactoglobulina, la ferritina i el virus del mosaic del tabac. Posteriorment, Hodgkin i els seus col·laboradors es van encaminar al calciferol o vitamina D2, així com a l'antibiòtic gramicidina.

El 1964 va ser guardonada amb el Premi Nobel de Química per la determinació de l'estructura de moltes substàncies biològiques mitjançant els raigs X, i es convertia en la tercera dona que aconseguia aquest guardó, després de Marie Curie i Irène Joliot-Curie. El 1965 li fou atorgat el títol de l'Orde del Mèrit, concedit per la reina Isabel II del Regne Unit.

Interessada en l'intercanvi intel·lectual entre científics i preocupada pels problemes que la ciència ocasionava a la població, entre 1976 i 1988 va ser presidenta de les Conferències Pugwash de Ciència i Afers Mundials. A més, va ser guardonada amb el Premi Lenin per la Pau concedit pel Govern soviètic el 1985-1986.

Dorothy va ajudar a establir una de les característiques de la ciència moderna: l'ús de l'estructura molecular per explicar la funció biològica. Va ser una de les transformadores de la química orgànica. També és recordada com una gran mentora d'altres científiques i pel seu treball per aconseguir les bones relacions entre Orient i Occident.

Qüestions per treballar amb l'alumnat:

Q1) Cerca informació sobre els raigs X i el seu paper, tant en les ciències biològiques com en les mèdiques.

Q2) Busca informació de la Conferència Pugwash. Quin ha estat el seu paper? Quins altres científics rellevants en van formar part?

Comentaris per al professorat:

La primera activitat va ser dissenyada amb dos objectius diferenciats. En primer lloc, treballar la qüestió de gènere, presentant una científica dona que va ser pionera en el treball de la difracció de

raigs X i que va ser la tercera dona en guanyar un Premi Nobel de Química. I, en segon lloc, presentar la Conferència Pugwash per a treballar debats i fer reflexions relacionades amb la participació de la comunitat científica en la relació entre la ciència i els problemes de la societat.

Amb la primera de les qüestions plantejades s'aconsegueix apropar les investigacions de les ciències a la resolució de problemes de la societat, apropar la ciència a la vida quotidiana de l'alumnat.

I amb la segona d'elles aconseguim donar a conèixer, en primer lloc, la Conferència Pugwash i el seu treball de debat en aspectes com el desarmament nuclear, així com, en segon lloc, la responsabilitat social del treball científic, trencant d'aquesta manera la imatge negativa de l'alumnat de la ciència.

b) Els isòtops radioactius i Irène Joliot-Curie

Nascuda a París, filla gran de Marie i Pierre Curie (fig. 2), va rebre l'educació bàsica a casa. Eugène, l'avi patern, va ser un gran suport en els seus primers anys, justament en el mateix període en què sa mare descobria el poloni i el radi.



Figura 2. Irène Joliot-Curie (1897-1956).

Igual que son pare, l'avi va conrear en ella l'amor per la natura, la poesia i la política radical. Els seus progenitors li van inculcar l'interès per l'esport i per la seva autonomia. El 1914, enmig de la Primera Guerra Mundial, va ajudar

sa mare, Marie Curie, a instal·lar unitats de raigs X en hospitals militars i a entrenar el personal. A partir del 1921 va iniciar la seua investigació. Allà va conèixer el que seria el seu company, Frédéric Joliot, amb qui es va casar el 1926.

A principis dels anys vint, Irène es preguntava per què les partícules alfa es desacceleraven en creuar la matèria. Aquesta curiositat, i un estudi sistemàtic de les radiacions emeses per elements químics més livians, va portar els Joliot-Curie al descobriment de la radioactivitat artificial.

Durant els anys 1933 i 1934 la parella va desenvolupar el primer isòtop artificial, bombardejant alumini amb partícules alfa per produir un isòtop radioactiu de fòsfor. Després els van seguir una sèrie d'isòtops radioactius indispensables en medicina, i molt utilitzats actualment en la investigació científica i en la indústria moderna.

El 1935 va rebre el Premi Nobel de Química conjuntament amb Frédéric Joliot-Curie, en reconeixement a la síntesi de nous elements radioactius.

Durant la Segona Guerra Mundial Irène va fugir a Suïssa i després va tornar a París com a directora de l'Institut de Ràdio el 1946 i de la Comissió d'Energia Atòmica Francesa. Igual que la seua mare, va morir de leucèmia, per les exposicions prolongades a la radioactivitat.

Qüestions per a treballar amb l'alumnat:

Q1) Quin paper juguen els isòtops radioactius en la medicina?

Q2) I en altres camps, com l'arqueologia, la geologia, la metal·lúrgia i la construcció, l'anàlisi i la investigació química, l'agricultura, etc.?

Q3) Cerca informació sobre Frédéric Joliot-Curie. A quines dificultats es va enfrontar per a la seua defensa de la pau?

Comentaris per al professorat:

Aquesta activitat treballa en la mateixa línia que l'anterior el gènere i les controvèrsies socials i la posició dels científics.

Amb la primera i la segona de les qüestions que es treballen en aquesta activitat, com en l'activitat anterior, mostrem a l'alumnat com el desenvolupament de la ciència es troba relacionat amb la millora de la qualitat de vida de la societat, per poder crear vincles entre la seua vida diària i els avenços de la investigació científica. La tercera de les qüestions planteja un debat a l'alumnat després de veure les dificultats amb les quals es va trobar Frédéric, i han de plantejar-se si ells farien o no el mateix, si coneixen alguns altres científics que també hagueren d'enfrontar-se amb la societat, la universitat...

c) Mario Molina i el forat de la capa d'ozó

Mario Molina (fig. 3) va nàixer a Mèxic el 1943, es va llicenciar com a enginyer químic i es va doctorar en física-química per la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Va morir en octubre de 2020.



Figura 3. Mario Molina (1943-2020).

Va començar el seu estudi sobre el destí de certs productes químics industrials molt inerts –els clorofluorocarbonis (CFC)– que s'havien estat acumulant a l'atmosfera, i que llavors no semblaven tenir cap efecte significatiu en el medi ambient. La seua publicació el 1974 a la revista *Nature* dels resultats dels seus treballs sobre l'efecte dels com-

postos clorofluorocarbonats que es feien servir en els esprais sobre la capa d'ozó van iniciar una profunda transformació social.

Els compostos clorofluorocarbonats com el CFCl_3 i CF_2Cl_2 (denominats, en general, freons, CFC), inventats per Thomas Midgley (que també va inventar l'additiu de Pb per a la gasolina), són utilitzats extensament com a dissolvents en circuits electrònics integrats, en aerosols i com a refrigerants en els frigorífics. Els CFC es descomponen fotoquímicament donant àtoms de clor, que catalitzen la destrucció d'ozó molt millor que els òxids de nitrogen. Una vegada abocats a l'atmosfera, els CFC tarden entre deu i quinze anys a arribar a l'estratosfera (velocitat de difusió lenta) i tenen una vida mitjana que supera els cent anys, és a dir, l'efecte d'aquests abocaments es produeix amb retard, però es podria comparar amb el d'una bomba amb efecte retardat, ja que la seua repercussió és que una sola molècula de CFC destrueix 100.000 molècules d'ozó.

Va ser Premi Nobel de Química el 1995, juntament amb el seu company de recerca Sherry Rowland, pel seu treball en química atmosfèrica, molt especialment pels seus estudis sobre el cicle de formació i descomposició de l'ozó, la qual cosa ha facilitat la comprensió de l'efecte de les conductes humanes sobre la capa d'ozó en l'estratosfera.

Qüestions per treballar amb l'alumnat:

Q1) Cerca informació sobre el paper que juga la capa d'ozó en l'origen i la preservació de la vida.

Q2) Com protegeix l' O_3 de les radiacions UV?

Q3) Quins efectes tenen els CFC i quines conseqüències causen sobre el medi ambient i la salut? Quines mesures es poden prendre per resoldre el problema?

Q4) Cerca informació sobre els premis Nobel concedits a temes ambientals o a hispanoparlants. Per què creus que succeeix això?

Comentaris per al professorat:

En aquesta activitat treballem també les diferents dificultats de la comunitat científica no únicament per qüestió de gènere, sinó per la seua nacionalitat o la llengua utilitzada. En aquest cas, les qüestions continuen apropant la ciència a l'alumnat i es planteja un debat a classe en el qual es treballa la capacitat dels alumnes que, després de la recerca d'informació, han de ser capaços de resumir la informació, preparar arguments i fer valoracions al voltant de la quantitat de premis Nobel concedits a temes ambientals, o de científics hispanoparlants.

d) Linus Carl Pauling i l'estructura de la matèria

El químic nord-americà Linus Pauling (fig. 4) va estudiar a l'Institut Tecnològic de Califòrnia i durant els anys 1922-1927 va viatjar a Europa (Munic, Copenhaguen i Zúric), on es va relacionar amb l'avantguarda de la química i la física de l'època (Schrödinger, Bohr...).

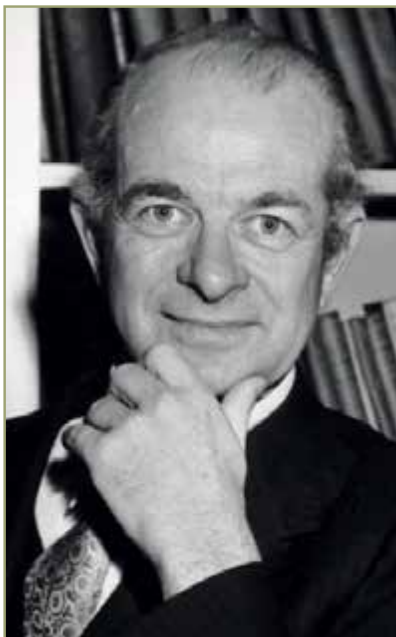


Figura 4. Linus Pauling (1901-1994).

En tornar als EUA va ser director del Caltech i de la prestigiosa American Chemical Society (1949). Va introduir la mecànica quàntica en la química atòmica i va elaborar una teoria de l'enllaç químic que reflecteix en la seua obra *La naturalesa de l'enllaç químic* (1939), de referència imprescindible. També va publicar una *Química general*, l'any 1947, molt remarcable. Va suggerir la possibilitat que les molècules proteiques tingueren una estructura helicoidal, avançant-se als descobriments que van fer Watson i Crick en l'ADN, i va contribuir a l'estudi de l'hemoglobina anòmala que deforma els glòbuls vermells i provoca la malaltia coneguda com a anèmia falciforme. L'any 1945 va ser guardonat amb el Premi Nobel de Química.

Però, a més de les seues inestimables contribucions al coneixement de l'estructura molecular, destaca per la seua compromesa oposició al desplegament de les armes atòmiques, per la qual cosa va organitzar nombroses campanyes contra els experiments nuclears. L'any 1952 va ser víctima de la persecució iniciada per McCarthy contra intel·lectuals acusats d'antipatriotes i li va ser retirat el passaport. En plena Guerra Freda, l'any 1958, va publicar *No More War!*, fet que el va convertir en una de les poques persones que va tornar a rebre un Premi Nobel el 1963, ara en un àmbit diferent del científic: el de la Pau.

Qüestions per treballar amb l'alumnat:

Q1) Què es deriva dels treballs de Pauling sobre l'estructura de les molècules per a les ciències biomèdiques?

Q2) Busqueu informació sobre científics i científiques que hagin adoptat posicions pacifistes com la de Pauling i sobre d'altres que hagin col·laborat obertament en la carrera armamentista.

Q3) Anomeneu altres casos que conegueu de persecució de científics i científiques per motius ideològics.

Q4) Busqueu informació sobre altres científics i científiques que hagin guanyat dues vegades el Premi Nobel.

Amb la primera de les qüestions es pretén que l'alumnat establisca relacions directes amb les investigacions i les conseqüències en la societat d'aquestes investigacions. Amb les altres qüestions es pretén continuar mostrant les controvèrsies a les quals s'ha hagut d'enfrontar en més d'una ocasió la comunitat científica en treballar amb certs temes i quina ha sigut la seua posició al respecte.

Conclusions

En aquest treball hem intentat mostrar no sols la importància de les QSC en general, sinó la seua importància dins de l'educació científica a l'aula. Per això, s'han mostrat quatre exemples concrets amb els quals en un estudi pràctic desenvolupat (Montserrat, 2019) es va aconseguir, entre altres millores, que augmentara considerablement la consideració de l'alumnat sobre les aportacions de la física i la química (passant d'un 32,5 % a un 89,2 % el nombre d'alumnes que pensaven que l'estudi de la física i la química aporta valors). També va aconseguir que millorara la visió de l'assignatura anomenant aportacions positives de la ciència (passant d'un 6-10 % a un 90 % l'alumnat que era capaç d'anomenar-ne aspectes positius). Amb açò, volem evidenciar que després del treball de les QSC hi ha diferències significatives en com es veu la visió de l'assignatura després de la intervenció. Els alumnes reconeixen part de la ciència que se'ls havia ocultat, mostrant-los els valors, les actituds, les contribucions socials i la responsabilitat social dels

científics i les científiques. Per aquesta raó, si volem que l'educació científica siga el substrat amb el qual formar una ciutadania crítica, les QSC són una eina de gran potencialitat i efectivitat.

Referències

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2010).

Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.

MARTÍNEZ, L. (2013). «La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA». *Góndola*, vol. 8, núm. 1, p. 23-35. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.14483/23464712.5021>>

MONTSERRAT, R. (2019). *Cuestiones sociocientíficas como herramienta para mejorar la imagen de la ciencia y el interés del alumnado de la ESO*. Universitat de València. [Tesi doctoral]

RATCLIFFE, M. (1997). «Pupil decision making about socioscientific issues within the science curriculum». *International Journal of Science Education*, vol. 19, núm. 2, p. 167-182. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.1080/0950069970190203>>

RUIZ, J. J.; SOLBES, J. (2022). «Los “detectores” de falacias en los debates de los estudiantes sobre cuestiones sociocientíficas». *Textos*, núm. 95, p. 28-36.

SOLBES, J. (2013). «Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 10, núm. 1, p. 1-10. Disponible en línia a: <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2791/2439>>

— (2019). «Cuestiones sociocientíficas y pensamiento crítico: Una propuesta contra las pseudociencias». *Tecné, Episteme y Didaxis*, núm. 46, p. 81-99. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541>>

SOLBES, J.; MONTSERRAT, R.; FURIÓ, C. (2007). «El desinterés del

alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza». *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, núm. 21, p. 91-117. Disponible en línia a: <<https://roderic.uv.es/handle/10550/20927>>

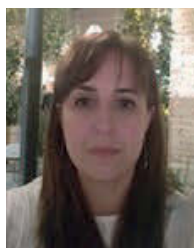
SOLBES, J.; RUIZ, J. J.; FURIÓ, C. (2010). «Debates y argumentación en las clases de física y química». *Alambique*, núm. 63, p. 65-76.

SOLBES, J.; TORRES, N. Y. (2013). «¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico?» *Tecné, Episteme y Didaxis*, núm. 33, p. 61-85. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.17227/01213814.33ted61.85>>

SOLBES, J.; VILCHES, A. (1997). «STS interactions and the teaching of physics and chemistry». *Science Education*, vol. 81, núm. 4, p. 377-386. Disponible en línia a: <[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<377::AID-SCE1>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<377::AID-SCE1>3.0.CO;2-9)>

TORRES, N. Y.; SOLBES, J. (2016). «Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico». *Enseñanza de las ciencias*, vol. 34, núm. 2, p. 43-65. Disponible en línia a: <<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638>>

ZEIDLER, D. L. (ed.) (2003). *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Països Baixos: Kluwer Academic Publishers.



Rosa Montserrat

Professora de secundària en l'especialitat de física i química. Ha

estat professora del batxillerat internacional. Doctora en didàctica de les ciències experimentals amb la tesi doctoral *El uso de las cuestiones sociocientíficas para aumentar el interés y mejorar la imagen de la física y química del alumnado de la ESO*. Ha escrit diversos articles sobre imatge i interès en l'alumnat d'ESO.

A/e: maromojo@gmail.com



José Cantó

Professor titular de didàctica de les ciències experimentals de la Universitat de València. La seua recerca se centra en la formació inicial en ciències de mestres d'educació infantil i en la col·laboració escola-universitat. Ha publicat nombrosos articles i ha liderat diferents projectes d'investigació i d'innovació docent d'àmbit autonòmic, nacional i europeu.

A/e: jose.canto@uv.es



Jordi Solbes

Catedràtic de didàctica de les ciències a la Universitat de València. Ha estat catedràtic de secundària de física i química. Investiga en CTS, QSC i història de la ciència a l'educació científica, en didàctica de la física i en formació del professorat de ciències. Sobre aquests temes ha dirigit deu projectes de recerca i vint-i-dues tesis doctorals i ha publicat uns cent seixanta articles en revistes nacionals i internacionals d'educació científica.

A/e: Solbes@uv.es