

# Educació química i ciència de la sostenibilitat. Una nova i potent font de motivació per als estudiants

Chemical education and sustainability science. A new and powerful source of pupils' motivation

Amparo Vilches i Daniel Gil Pérez / Universitat de València



## resum

Aquest treball analitza l'origen i la naturalesa d'un procés de canvi científic i cultural gràcies al qual l'estudi de la química i d'altres disciplines pot deixar de ser sols una adquisició de coneixements ja establerts per passar a convertir els estudiants en protagonistes d'una profunda revolució científica i d'una mutació social apassionant i absolutament necessària: la transició a la sostenibilitat.

## paraules clau

Educació química, motivació cap a l'estudi de la química, educació ambiental per a la sostenibilitat, ciència de la sostenibilitat, revolució científica.

## abstract

This paper analyses the origin and nature of a scientific and cultural change in course that may transform students, beyond simple learners of established knowledge, in protagonists of a deep scientific revolution and an exciting and absolutely necessary social mutation: transition to sustainability.

## keywords

Chemical education, motivation towards the study of chemistry, environmental education for sustainability, sustainability science, scientific revolution.

## Introducció

Des de fa temps, és bastant freqüent escoltar lamentacions al voltant de la manca d'inquietuds i d'interès de bona part de la joventut actual pel treball i per l'estudi, cosa que es tradueix (s'afirma) en rebuig de l'esforç i en fracàs. Però Bernardo Kliksberg, considerat un pioner mundial de l'ètica per al desenvolupament, afirma que es tracta de falsos mites i que, per contra, la joventut «té un potencial immens, tal com ha mostrat quan es creen condicions propici-

es. La qüestió és generar-les». I generar aquestes condicions, afegeix, suposa donar-li l'ocasió de «fer coses conjuntament amb metes d'interès col·lectiu» (Kliksberg, 2007).

Les reflexions de Kliksberg, encara que contextualitzades en l'Amèrica Llatina, són aplicables al jovent de tot el món: per treballar de bon grat i participar en la vida pública, els joves (i, en realitat, els ciutadans i ciutadanes de totes les edats) necessiten metes d'interès col·lectiu clares i rellevants. Això també val,

naturalment, pel que fa a l'estudi.

Doncs bé, en aquest article, intentarem mostrar que ens trobem en un moment històric en el qual l'alumnat i el professorat tenim l'oportunitat (i la necessitat) de vincular els estudis amb «metes d'interès col·lectiu» de la major rellevància. Metes que comporten, ensems, una revolució científica i una profunda mutació social (la transició a la sostenibilitat) que els estudiants i el professorat implicat tindran el privilegi de poder protagonitzar.

En aquest monogràfic d'Educació Química EduQ, dedicat precisament al tema «Química i sostenibilitat», abordarem l'origen i les característiques d'aquest procés de canvi científic i cultural gràcies al qual l'estudi de la química (i d'altres matèries) pot deixar de ser sols una adquisició propedèutica de coneixements ja elaborats per esdevenir una contribució al desenvolupament actual d'una profunda revolució científica i a la realització d'un canvi social absolutament necessari. En lloc de «preparació per a la vida», l'estudi pot esdevenir una «incorporació a la vida», una autèntica aventura del pensament i l'acció a la qual estudiants i professors ja ens podem incorporar, de manera que augmenti notablement l'interès dels estudiants (i dels docents!) per la ciència i, en particular, per l'estudi de la química, la qual cosa contribueixi a fer comprendre la seua importància social (Garritz, 2011) i a aprofundir en les relacions CTSA (ciència, tecnologia, societat, ambient).

### L'origen de la revolució científica en marxa

La revolució científica que avui s'està produint té l'origen en

una insostenible i complexa situació problemàtica que mereix la qualificació d'*emergència planetària* (Bybee, 1991; Vilches i Gil Pérez, 2008). Podem resumir aquesta situació enumerant els principals fets insostenibles detectats per la comunitat científica (Worldwatch Institute, 1984-2013; Diamond, 2006; Duarte, 2006; Sachs, 2008; Vilches i Gil Pérez, 2013b):

—És insostenible l'actual ritme d'utilització de tota mena de recursos essencials, des dels energètics fins als minerals, passant pels bancs de pesca, els boscos i fins i tot les reserves d'aigua dolça i de sòl cultivable. Un ritme molt superior al de la seua regeneració, quan són renovables, o al de la seua substitució per d'altres que ho siguin.

—És insostenible el ritme d'abocament de residus contaminants, molt superior a la capacitat del planeta per digerir-los: una contaminació pluriforme i «sense fronteres» enverina sòls, rius, mars i aire, de manera que ja afecta tots els ecosistemes.

—És insostenible, particularment, l'increment de la concentració de gasos d'efecte hivernacle d'origen clarament antròpic

(per damunt de les quatre-centes parts per milió en volum en el cas del diòxid de carboni, per primera vegada en tres milions d'anys), cosa que està provocant una pertorbació del clima ja visible, entre moltes altres conseqüències, en la ràpida disminució de les anomenades *neus perpètuas* i en l'augment de la freqüència i la intensitat dels fenòmens atmosfèrics extrems: huracans, inundacions, sequeres i incendis. El canvi climàtic contribueix així a un procés de degradació generalitzada.

—És insostenible el procés d'urbanització desordenada que potencia els efectes de la contaminació (a causa del transport, la calefacció, l'acumulació de residus, etc.) i l'esgotament de recursos, entre d'altres, amb la destrucció de terrenys agrícoles o amb l'augment dels temps de desplaçament i el consegüent consum de recursos energètics.

—És insostenible el creixement explosiu de la població mundial, més enllà de la capacitat de càrrega del planeta: l'espècie humana acapara ja quasi tanta producció fotosintètica com la totalitat de la resta de les espècies, de manera que la seua petjada ecològica ha superat àmpliament la biocapacitat del planeta.

—És insostenible l'accelerada pèrdua de biodiversitat, que obliga a parlar d'una sexta gran extinció ja en marxa que amenaça amb trencar els equilibris de la biosfera i amb arrossegar en aquest procés destructiu l'espècie humana, causant d'aquesta extinció.

—És insostenible, igualment, la pèrdua de diversitat cultural (en particular, de cultures camperoles mil·lenàries). No hem d'oblidar que la diversitat de cultures és la garantia d'una «pluralitat de respostes» als problemes als quals ha de fer



Figura 1. L'aula com a lloc de treball.

front la humanitat. Tampoc hem d'oblidar que cada cultura no sols és una riquesa per al poble que l'ha creat, sinó també un patrimoni de tota la humanitat (Folch, 1998).

—És insostenible i inacceptable el desequilibri entre una quinta part de la humanitat que consumeix en excés i milers de milions de persones que pateixen fam i condicions de vida insuperables.

—És insostenible un sistema socioeconòmic que aposta pel creixement econòmic infinit en un planeta finit. Dit amb altres paraules: és insostenible un sistema guiat per la cerca del màxim benefici particular a curt termini, sense atendre les seues conseqüències ambientals i socials, com ara els problemes que acabem d'enumerar i d'altres igualment greus, com són els conflictes provocats per la competitivitat, per l'afany de controlar l'aigua i d'altres matèries primeres essencials i, tot plegat, per la destructiva anteposició d'interessos particulars a curt termini a la cooperació en benefici de tothom i de les generacions futures.

Se sol replicar a aquestes anàlisis recordant que l'extraordinari creixement econòmic que tingué lloc en una bona part del planeta des de la segona meitat del segle xx va produir importants avenços socials. S'assenyala, per exemple, que l'esperança de vida mitjana al món passà de quaranta-set anys el 1950 a seixanta-quatre anys al final del segle xx. Una millor dieta alimentària, per exemple, s'aconseguí augmentant la producció agrícola i ramadera, les captures pesqueres, etc. I aquesta i altres millores han demanat maquinària per llaurar, plaguicides, vaixells frigorífics, etc., així com abundosos recursos energètics. Han demanat, doncs,

un enorme creixement econòmic, malgrat quedar lluny de satisfer les necessitats de la majoria de la població.

No obstant això, estudis com els de Meadows *et al.* (1972) al voltant dels «límits del creixement», realitzats als anys seixanta del segle xx, començaren a mostrar l'estreta vinculació entre els indicadors de creixement econòmic i els de degradació ambiental, amb la qual cosa es qüestionava la possibilitat d'un creixement sense límits. S'estima que, en l'actualitat, la petjada ecològica mitjana de cadascun dels més de set mil milions d'habitants del planeta és de 2,8 ha, cosa que supera àmpliament la superfície ecològicament productiva (inclosos els ecosistemes marítims) o biocapacitat de la Terra, que es veu reduïda a 1,7 ha per habitant. Es pot afirmar, doncs, que l'espècie humana està consumint més recursos dels que el planeta pot regenerar, al mateix temps que està produint més residus dels que pot digerir. Tot això justifica que avui parlem d'un creixement insostenible.

No pot estranyar-nos, doncs, que des del final del segle xx s'hagin prodigat justificades crides i preses de posició de la comunitat científica i dels moviments socials al voltant de la necessitat i la urgència de fer front als greus problemes socioambientals que caracteritzen la insostenible situació actual d'emergència planetària.



Figura 2. Per un futur sostenible.

Aquestes crides ja han donat lloc a desenvolupaments científics i tecnològics importants, molts d'ells vinculats al camp de la química, com ara els de la producció ecològica d'aliments, la reducció i el reciclatge de residus, la posada a punt de recursos energètics nets i renovables, etc. (Anastas i Warner, 1998; Amador, 2013). De fet, hi ha una abundosa literatura, en bona part accessible en Internet, amb una munió de contribucions explícitament orientades a l'aconseguint de la sostenibilitat i relacionades amb distintes àrees científiques: química verda, agricultura sostenible, ecologia industrial, economia baixa en carboni, biotecnologia per a la sostenibilitat, etc. Podem recordar, a tall d'exemple, les paraules del director general de la UNESCO, K ichir Matsuura, amb motiu de l'Any Internacional de la Química 2011, referint-se explícitament a la contribució de la química en l'aconseguint d'una alimentació adient i sostenible:

Sensibilitzar el públic sobre la importància de les ciències químiques és una tasca de gran importància, atesos els reptes que planteja el desenvolupament sostenible. És indubtable que la química acomplirà un paper molt important en l'obtenció de fonts alternatives d'energia i en l'alimentació de la creixent població mundial.

La incorporació a l'ensenyament de la química de l'estudi de l'emergència planetària, les seues causes i les mesures concebudes per al seu tractament pot, sens dubte, augmentar l'interès dels estudiants i dels professors, atesa la rellevància d'aquesta problemàtica, a la qual es vincula la supervivència de l'espècie

humana. Així ho hem constatat en cursos de batxillerat i de formació del professorat (López *et al.*, 2005; Vilches i Gil Pérez, 2011; Vilches i Gil Pérez, 2013a). Però aquest interès pot fer-se encara molt més gran en la mesura que aquest ensenyament es vincula a la gran revolució científica del segle XXI que suposa el sorgiment de la ciència de la sostenibilitat.

Ara bé, per què sorgeix la ciència de la sostenibilitat com a nova àrea de coneixement? Què pot aportar més enllà del que ja fan camps com el de la química verda o tants d'altres, com ara l'enginyeria ecològica, l'educació ambiental per a la sostenibilitat, etc.?

### De les ciències per a la sostenibilitat a la ciència de la sostenibilitat

Un primer fet rellevant per explicar el sorgiment de la ciència de la sostenibilitat és que tots els problemes que caracteritzen la situació d'emergència planetària estan estretament vinculats i es potencien mútuament. Aquesta és, per exemple, la conclusió de Diamond (2006), després d'analitzar una dotzena

de problemes que caracteritzen l'actual situació:

Si no resollem qualsevol de la dotzena de problemes, patirem greus perjudicis [...], perquè tots ells s'influeixen mútuament. Si en resollem onze però no el dotzè, encara ens veuríem en dificultats, independentment de quin fos el problema no resolt. Hem de resoldre'ls tots.

Problemes aparentment tan allunyats com les crisis econòmiques, la pèrdua de biodiversitat, el canvi climàtic, la pobresa extrema de milers de milions de persones o la ineficiència energètica, per exemple, es potencien mútuament i no poden ser tractats aïlladament. Aquest és precisament un dels arguments esgrimits per justificar la creació, el 2006, de *Sustainability Science*, una revista específicament dedicada a aquesta qüestió: «Els problemes als quals la ciència de la sostenibilitat ha de fer front no sols són complexos, sinó que també estan vinculats. Per trobar-hi la solució, cal primera-

ment clarificar les seues relacions» (Komiyama i Takeuchi, 2006). I això no ho estava fent cap de les disciplines existents.



Figura 4. Ciència de la sostenibilitat.

Es féu evident, per tant, la necessitat d'una ciència que abordés globalment, sense oblitats ni reduccionismes, el sistema cada vegada més complex constituït per les societats humanes i els sistemes naturals amb els quals interaccionen i dels quals, en definitiva, formen part. Aquest va ser el plantejament de vint-i-tres investigadors procedents de diferents àrees en un article conjunt publicat el 2001 en la revista *Science*: «Està emergint un nou camp de ciència de la sostenibilitat que cerca comprendre el caràcter fonamental de les interaccions entre natura i societat» (Kates *et al.*, 2001).

S'iniciava així una profunda revolució científica que integra naturalesa i societat: després de la revolució copernicana, que unificà cel i terra, i després de la teoria de l'evolució, que va establir el pont entre l'espècie humana i la resta dels éssers vius, ara assistim a la integració del desenvolupament social (econòmic, industrial, cultural, etc.) amb els processos de l'anomenat *món natural*, amb la qual cosa es busca comprendre les interaccions entre natura i societat a fi d'afavorir-les ambdues (Vilches i Gil Pérez, 2013b).



Figura 3. Recerques i debats docents.

Pel que portem dit fins a ací, és obvi que la nova ciència ha de ser profundament interdisciplinària, puix aborda reptes complexos en els quals intervenen problemes molt diversos però estretament vinculats. Això obliga a integrar una pluralitat de coneixements, amb estratègies de recerca sistèmiques i sintetitzadores, per fer possible la superació de simplificacions inadequades i bloquejadores. Aquesta unificació de camps científics fins a ací tractats separadament constitueix una autèntica revolució científica que enderroca barreres, com la que separava les ciències socials i les naturals, per fer possible la comprensió de la interacció humanitat/ambient. S'arriba així a comprendre, per exemple, que l'economia no pot desenvolupar-se autònomament tot ignorant els problemes ambientals i socials estudiats per altres ciències, a la vegada que, paral·lelament, aquests problemes no poden ser resolts si no s'analitza la seua vinculació amb el creixement econòmic. Cal, en definitiva, tenir present aquesta vinculació, si es volen atendre les necessitats de la societat al mateix temps que es preserven els sistemes que donen suport a la vida en el planeta (Komiya i Takeuchi, 2006).

Però aquesta revolució científica que suposa la ciència de la sostenibilitat és encara més profunda i va més enllà de la unificació de camps: s'ha comprès que, per fer possible la transició a la sostenibilitat, és necessari incorporar a la recerca i presa de decisions gent que treballa fora de l'àmbit acadèmic, perquè els objectius, els coneixements i la intervenció de la ciutadania resulten imprescindibles per definir i dur endavant estratègies viables. Ja no es tracta d'esperar que els moviments ciutadans reaccionin a posteriori

## Després de la revolució copernicana, que unificà Cel i Terra, després de la Teoria de l'Evolució, que va establir el pont entre l'espècie humana i la resta dels éssers vius, ara assistim a la integració del desenrotllament social (econòmic, industrial, cultural...) amb els processos del denominat món natural.

davant dels efectes negatius d'un determinat desenvolupament tecnocientífic, sinó d'implicar-los des del primer moment en les anàlisis i presa de decisions. Es tracta, doncs, d'una ciència transdisciplinària que potencia la participació ciutadana, és a dir, que aposta per la integració ciència/societat, de manera que trenca l'aïllament del món acadèmic i multiplica l'efectivitat del treball conjunt.

Cal referir-se, finalment, a una tercera característica fonamental d'aquesta nova ciència

transformadora: les seues estratègies estan concebudes en una perspectiva espacial «glocal» (a la vegada global i local) i en una perspectiva temporal «àmplia» (a curt, mitjà i llarg termini), esforçant-se a anticipar riscos i obstacles i a aprofitar tendències positives (Asher, 2006). Tots els tractaments han de tenir present aquesta visió àmplia per evitar les contradiccions que sovint afecten mesures adoptades per resoldre problemes puntuals en el temps o en l'espai.

Cal destacar que el desenvolupament de la ciència de la sostenibilitat afavoreix les ciències de les quals es nodreix. A tall d'exemple, podem referir-nos a la manera com la indústria química està beneficiant-se dels avenços en energies renovables (molt particularment, en l'aprofitament de la biomassa). En efecte, els progressos aconseguits amb l'ús de biomassa per a l'obtenció de biocombustibles (que cal limitar a la biomassa no destinada a l'alimentació i gestionada de manera sostenible!) ofereixen també alternatives renovables per a l'obtenció de productes essencials (des de



Figura 5. Defensa del medi ambient.

plàstics i teixits sintètics fins a medicaments) sense haver de recórrer al petroli, tal com s'esdevé en l'actualitat (Steinfeld, 2006).

De fet, la ciència de la sostenibilitat, més que una nova àrea de coneixement, constitueix un «nou paradigma», una nova orientació que ha d'impregnar les distintes disciplines: el treball dels químics, enginyers, biòlegs, economistes, educadors, etc., no pot fer-se aïlladament, sinó que ha tenir present el conjunt de les repercussions socioambientals (tant a curt com a llarg termini) de la seua activitat. I això obliga a estudiar les aportacions de les altres disciplines, així com els punts de vista dels moviments ciutadans. Avui no té sentit, per exemple, que es plantegi l'extracció d'hidrocarburs mitjançant la tecnologia de la fractura hidràulica sense una anàlisi completa de les seues conseqüències socioambientals, amb la participació de distints sectors de la comunitat científica (no sols els que estudien la viabilitat tècnica del procés) i, naturalment, dels sectors ciutadans implicats directament i indirecta. En això rau l'essència de la ciència de la sostenibilitat: en l'exigència d'interdisciplinarietat, transdisciplinarietat i plantejaments «glocals» en una perspectiva temporal «àmplia». Això ha d'impregnar el treball dels químics i dels professionals de qualsevol altra àrea, així com l'ensenyament de les diferents disciplines.

No es tracta, però, d'un exigència que faci l'estudi més feixuc. Ben al contrari, constitueix una ocasió perquè els estudiants esdevinguin protagonistes de la revolució científica i de la mutació cultural en marxa. Ens referirem, per acabar, a aquest fet, susceptible de donar a l'estudi l'interès de l'acció real.

### **La capacitat de la ciència de la sostenibilitat per generar l'interès dels estudiants per la química i pel seu estudi**

La incorporació explícita de la ciència de la sostenibilitat a l'ensenyament de la química té una gran potencialitat per interessar l'alumnat (i, prèviament, el professorat). En efecte, aquesta incorporació suposa posar la química i el seu ensenyament al servei de la transició a la sostenibilitat, que, recordem, constitueix l'objectiu últim del nou paradigma científic: assenyalar el camí cap a societats sostenibles en aquest nou període de la història de la humanitat, l'Antropocè, en el qual l'acció dels éssers humans és responsable dels grans canvis que està experimentant el planeta (Komiyama i Takeuchi, 2006). L'ensenyament de la química es vincula així als necessaris i profunds canvis socioculturals i tecnocientífics que les generacions actuals tenen la responsabilitat (i el privilegi!) d'engegar, amb la qual cosa posaran fi a una llarga «prehistòria» de creixement depredador, competitiu i insolidari de la humanitat.

D'aquesta forma, es dóna als estudiants l'ocasió de «fer coses conjuntament, amb metes d'interès col·lectiu», cosa que generarà les condicions propícies per desenvolupar la seua creativi-

tat i els seus esforços solidaris (Kliksberg, 2007), al mateix temps que els convertirà en protagonistes de la gran aventura del pensament i l'acció que suposa aquesta mutació.

Ara bé, és realment possible incorporar la ciència de la sostenibilitat, per exemple, a l'ensenyament de la química? Més concretament, és possible, per començar, procedir, des de l'estudi de la química, a la construcció d'una visió holística de la situació d'emergència planetària? Té sentit plantejar quines poden ser-ne les causes i les mesures per avançar en la transició a la sostenibilitat?

La resposta seria que no, si estem pensant a convertir la ciència de la sostenibilitat en una part de la química o viceversa. Però potser sí (i ha de ser sí), si pensem en la necessitat i la possibilitat de vincular els estudis més tècnics de problemàtiques com ara la que pot plantejar una certa síntesi orgànica a la consideració sistemàtica de les seues implicacions socioambientals, sense «externalitzacions» que deixen en l'ombra aspectes clau de la problemàtica (amb la «justificació» que aquests altres aspectes han de ser tractats per altres especialistes). Perquè no es necessiten fronteres separadores, sinó ponts integradors.



Figura 6. L'aula com a sala d'exposicions.

Podria pensar-se que la indústria química ja s'ajusta avui a legislacions i normatives que exigeixen l'estudi previ dels impactes ambientals d'un determinat projecte, l'aplicació del principi de prudència, l'evitació de possibles danys mediambientals, etc. Es tracta, però, d'anar bastant més enllà d'evitar certs danys obvis, com ara els que pot representar la pluja àcida o l'abocament de residus que destrueixen la fauna d'un riu. Cal considerar la contribució de l'activitat prevista en la petjada ecològica, cercar la mitigació del canvi climàtic, ajustar-se a l'economia del bé comú, respectar i promoure tots els drets humans (inclòs el dret a un ambient saludable), etc. Cal fer un estudi, en definitiva, que tingui present la sostenibilitat global.

És essencial, doncs, incorporar la problemàtica de la sostenibilitat al currículum de química i, de fet, ja s'han pogut donar importants passos en aquest sentit (Anastas i Warner, 1998; Garritz, 2011; Amador, 2013), perquè són moltes les ocasions en les quals es pot fer referència a problemes als quals la humanitat ha de fer front avui i a les mesures que s'han d'adoptar. Per exemple, quan s'estudia la química de l'atmosfera, les propietats de les substàncies, les reaccions químiques, el paper de l'energia en les transformacions, etc. En realitat, és difícil trobar un capítol del currículum de química que no es preste a estudiar problemes relatius a la situació del món. I, atesa l'estreta vinculació entre els problemes, és possible abordar «globalment» la problemàtica de la sostenibilitat d'una manera funcional, és a dir, contribuint a una visió holística de la situació del món (López et al., 2005; Garritz, 2011).



Figura 7. Visió holística.

I això exigeix un esguard interdisciplinari i, més encara, una participació transdisciplinària de ciutadans i ciutadanes amb un mínim de formació científica, com la que poden i han de proporcionar la química i altres disciplines, si fan seues les característiques del nou paradigma científic i el propòsit explícit de contribuir a la transició a la sostenibilitat.

Però aquest plantejament global, sens dubte essencial, encara no és suficient. És necessari que estudiants i professorat fem nostre aquest impressionat repte científic i cultural. Un repte el resultat del qual es troba, en bona part, en les nostres mans, en allò que fem i deixem de fer, fruit dels coneixements que construïm i som capaços de compartir. Les activitats d'ensenyament/aprenentatge poden anar més enllà dels exercicis escolars i incorporar, fonamentadament, tota mena d'accions d'abast «glocal»: estimació de la petjada ecològica del centre

educatiu, del barri, de la ciutat, del país, de la vivenda pròpia, etc., i adopció de mesures per reduir-la; anàlisi crítica de les informacions proporcionades pels mitjans de comunicació i, molt particularment, per institucions i organitzacions com la UNESCO, el Worldwatch Institute, l'IPCC, Intermón, la WWF, Greenpeace, Amnistia Internacional, etc.; preparació de dossiers i elaboració de documents i altres productes; organització d'exposicions, debats, campanyes informatives i ciberaccions; participació en accions ciutadanes, i un llarg etcètera.

És necessari implicar-nos plenament (Moore, 2008) en l'objectiu de formar una ciutadania conscient dels problemes als quals ha de fer front la humanitat i preparada per a la presa de decisions fonamentades. Una tasca que, tal com hem vist, resulta particularment funcional des de l'ensenyament de la química, al mateix temps que constitueix un repte apassionant que pot i ha de contribuir a despertar l'interès dels estudiants tot millorant l'aprenentatge i evitant visions negatives de la química. Un repte que impulsen, en aquest moment, les crides de les Nacions Unides per participar en la definició d'uns objectius de desenvolupament sostenible universals i una nova Agenda de



Figura 8. The world we want.

Desenvolupament Global Post-2015 per tal d'aconseguir la necessària transició a la sostenibilitat, considerada la tasca més important, avui, per a la humanitat.

Els estudiants poden començar així a esdevenir coprotagonistes de la transició a la sostenibilitat, al mateix temps que la idea d'escolarització obligatòria, limitada temporalment, deixa pas a la de dret universal a l'educació al llarg de la vida. Tot un privilegi i tot un compromís.

### Referències bibliogràfiques

- AMADOR, C. (COORD.) (2013). «Áreas emergentes de la educación química: Química y sostenibilidad». *Educación Química*, vol. 24, núm. 2, p. 182-214.
- ANASTAS, J.; WARNER, J. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- ASCHER, W. (2006). «Long-term strategy for sustainable development: Strategies to promote far-sighted action». *Sustainability Science*, núm. 1, p. 15-22.
- BYBEE, R. (1991). «Planet Earth in crisis: How should science educators respond?». *The American Biology Teacher*, vol. 53, núm. 3, p. 146-153.
- DIAMOND, J. (2006). *Colapso*. Barcelona: Debate.
- DUARTE, C. (COORD.) (2006). *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.
- FOLCH, R. (1998). *Ambiente, emoción y ética: Actitudes ante la cultura de la sostenibilidad*. Barcelona: Ariel.
- GARRITZ, A. (ED.) (2011). «2011, Año Internacional de la Química: Actitud hacia la química». *Educación Química*, vol. 22, núm. 2, p. 86-154.
- KATES, R. W.; CLARK, W. C.; CORELL, R.; HALL, J. M.; JAEGER, C. C.; LOWE, I.; MCCARTHY, J. J.; SCHELLNHUBER, H. J.; BOLIN, B.; DICKSON, N. M.; FAUCHEUX, S.; GALLOPIN, G. C.; GRÜBLER, A.; HUNTLEY, B.; JÄGER, J.; JODHA, N. S.; KASPERSON, R. E.; MABOGUNJE, A.; MATSON, P.; MOONEY, H.; MOORE, B. I.; O'RIORDAN, T.; SVEDIN, U. (2001). «Sustainability science». *Science*, vol. 292, núm. 5517, p. 641-642.
- KLIKSBERG, B. (2007). «Los desafíos éticos abiertos en un continente paradójico». A: SEN, A.; KLIKSBERG, B. *Primero la gente*. Barcelona: Deusto.
- KOMIYAMA, H.; TAKEUCHI, K. (2006). «Sustainability science: Building a new discipline». *Sustainability Science*, núm. 1, p. 1-6.
- LÓPEZ, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A.; GONZÁLEZ, E. (2005). «Papel de la energía en nuestras vidas: Una ocasión privilegiada para el estudio de la situación del mundo». *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 18, núm. 2, p. 53-91.
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. (1972). *Los límites del crecimiento*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- MOORE, J. W. (2008). «Sustainability: Chemical education today». *Journal of Chemical Education*, vol. 85, núm. 12, p. 1595.
- SACHS, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. Barcelona: Debate.
- STEINFELD, J. I. (2006). «Energy futures and green chemistry: Competing for carbon». *Sustainability Science*, núm. 1, p. 123-126.
- VILCHES, A.; GIL PÉREZ, D. (2008). «Educació química i sostenibilitat». *Educació Química EduQ*, núm. 1, p. 30-39.
- (2011). «Las experiencias y acciones reales como componentes imprescindibles de la educación para la sostenibilidad». *Investigación en la Escuela*, núm. 74, p. 59-71.
- (2013a). «La ciencia de la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, núm. 10, p. 749-762.
- (2013b). «Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo». *Educación Química*, vol. 24, núm. 2, p. 199-206.
- WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2013). *The state of the world*. Nova York: W. W. Norton. [Hi ha traducció al català: *Conèixer l'estat del món*. Barcelona: Centre UNESCO de Catalunya, 2000]



### Amparo Vilches

És doctora en química, professora del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials de la Universitat de València i catedràtica de física i química de batxillerat. En l'actualitat, el seu camp principal d'investigació se centra en l'educació per a la sostenibilitat.

A/e: [amparo.vilches@uv.es](mailto:amparo.vilches@uv.es).

Web: <http://www.uv.es/vilches/>.



### Daniel Gil Pérez

És llicenciat en química, doctor en física i catedràtic de didàctica de les ciències jubilat. Actualment, centra la seva activitat investigadora i ciutadana a promoure la transició a la sostenibilitat.

A/e: [daniel.gil@uv.es](mailto:daniel.gil@uv.es).

Web: <http://www.uv.es/gil/>.