

Activitats contextualitzades en el laboratori virtual

Contextualized virtual lab-based activities

Carme Artigas i Jordi Cuadros / IQS Universitat Ramon Llull

Fina Guitart / INS Jaume Balmes / CESIRE-CDEC



resum

En aquest article es presenten quatre activitats noves basades en la utilització del laboratori virtual de «The ChemCollective», destinades a l'ensenyament de la química a l'educació secundària, i se'n discuteix la integració en el currículum català de batxillerat. Les activitats «Identificació de substàncies il·legals», «Prova d'insaturacions», «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua» i «Un fungicida per a les fruites» estan contextualitzades i segueixen l'aproximació metodològica de la investigació dirigida. Es discuteixen també les observacions i els comentaris de la implementació de dues d'aquestes activitats a l'aula. Les activitats es poden trobar al web http://www.chemcollective.org/iqs/index_ca.htm i a l'aplicació de recursos al currículum (ARC) del Departament d'Ensenyament.

paraules clau

Laboratori virtual, química de batxillerat, investigació dirigida, contextualització.

abstract

In this paper four new activities based on the use of virtual laboratory «The ChemCollective» for Chemistry education are presented and its integration in the Catalan school curriculum is discussed. The activities are «The identification of illegal substances», «Saturation test», «Determination and elimination of the hardness of water» and «A fungicide for fruit». They are contextualized and based on the inquiry learning. We also discuss the observations and comments of the implementation of two of these activities in the classroom. These activities can be found on the web http://www.chemcollective.org/iqs/index_ca.htm and on the web of ARC of the Department of Education.

keywords

Virtual laboratory, high school Chemistry, guided inquiry, contextualized activities.

Introducció

Des de fa alguns anys, professorat, escoles i universitats han anat veient com les vocacions científiques i el nombre d'alumnes en la modalitat de ciències de la natura i de la salut a primer de batxillerat van disminuint. Part d'aquesta disminució es deu a les dificultats de l'ensenyament i aprenentatge de les ciències a l'educació secundària. Aquestes dificultats es deuen a dues possibles causes (Izquierdo, 2003): la primera és que les dificultats

conceptuals i derivables del desajust entre la teoria i els exemples model no es tenen tan en compte com caldria; l'altra causa és que la química es presenta d'una manera massa dogmàtica, allunyada de les finalitats i els valors dels alumnes. Tal com reconeixen Donovan i Bransford (2005), la manera d'aprendre ciències és tradicional. Segons això, saber ciència significa saber un conjunt de definicions en termes científics i els descobriments importants que

hi ha hagut al llarg dels anys. Ser un bon alumne en ciències significava reproduir la informació de la manera més completa i precisa possible. Tot i que amb el pas del temps s'han anat incorporant noves maneres d'ensenyar ciències, com ara realitzar experiments i aprendre sobre la naturalesa de la ciència, sovint es converteixen en més fets que els alumnes han de memoritzar o en una «recepta» que han de seguir i imitar. Segons Izquierdo (2003), el fet que a l'aula la major part del

temps es dediqui a memoritzar fets, en lloc de desenvolupar una comprensió conceptual profunda, provoca una falta de motivació per dominar els conceptes científics més complexos i, per tant, que es tingui un coneixement científic limitat.

Sembla que els alumnes cada vegada aprenguin menys i s'interessin menys pel que aprenen. Tenen concepcions molt persistents que corresponen a com entenen habitualment fenòmens científics. Moltes vegades no aconsegueixen adquirir les habilitats que es requereixen i d'altres el problema es deu al fet que saben fer coses, però no entenen per què les fan i, en conseqüència, no aconsegueixen explicar-les ni aplicar-les a situacions noves (Pozo i Gómez Crespo, 2006).

Disseny de les activitats

Un dels mètodes per millorar l'aprenentatge de les ciències és la investigació, és a dir, que els alumnes aprenguin fent indagacions. Segons els *National Science Education Standards*, les investigacions científiques es refereixen a les diverses maneres per mitjà de les quals els científics estudien el món natural i proposen explicacions basades en les evidències derivades del seu treball. També es refereixen a les activitats dels estudiants en les quals es desenvolupa coneixement i comprensió de les idees científiques, així com comprensió de com els científics estudien el món natural. Sovint es pensa que per atraure els alumnes cap a activitats d'investigació directament s'ha de deixar que els alumnes dissenyin la seva pròpia metodologia o pregunta de recerca. Això no és exactament així, ja que es necessita experiència i pràctica per desenvolupar les habilitats d'investigació. Hi ha diversos nivells d'indagació o investigació que permeten que els

alumnes progressin cap a un pensament científic més profund. Banchi i Bell (2008) destaquen quatre nivells: les investigacions de confirmació, les estructurades, les dirigides i les obertes.

L'aprenentatge mitjançant investigació dirigida assumeix que per aconseguir canvis en la ment dels alumnes, no només conceptuals, sinó també metodològics i actitudinals, és necessari situar-los en un context d'activitat similar al que viu un científic, però sota l'atenta direcció del professor. El professor dona als alumnes la pregunta de recerca i els estudiants dissenyen la metodologia per provar la pregunta i les explicacions resultants. La investigació dirigida es concep com una forma de portar la investigació a l'aula com a guia del treball didàctic i com a base per a una construcció social del coneixement (Caamaño, 2011).

A part d'això, és important que qualsevol procés d'investigació tingui un context fenomenològic (succés, pregunta, problema) que li doni sentit. És a dir, els contextos han d'estar relacionats amb la vida quotidiana, actual i futura dels estudiants i, en conseqüència, cal fer-los veure l'interès que tenen per a les seves vides futures en els aspectes personal, professional i social (Caamaño, 2011). Un enfocament així permet desenvolupar un currículum amb uns continguts més relacionats amb les necessitats dels estudiants, ja que qualsevol concepte científic que no tingui cabuda en el context s'omet. A més, també se citen dos efectes positius pel que fa a la comprensió dels continguts. El primer efecte es troba relacionat amb la motivació: si els alumnes veuen la utilitat del que estan estudiant, se sentiran més atrets pel que fan i l'aprenentatge podrà ser més efectiu. L'altre efecte fa referència al fet que reprendre les

Un dels mètodes per millorar l'aprenentatge de les ciències és la investigació, és a dir, que els alumnes aprenguin fent indagacions

idees en diferents moments i des de diferents perspectives durant el curs ofereix més oportunitats als alumnes per comprendre les idees científiques (Gilbert et al., 2002).

D'altra banda, existeixen recursos i possibilitats tecnològiques per millorar l'aprenentatge de la química, tot i que sovint no aconsegueixen arribar a les aules. Una d'aquestes possibilitats són les simulacions, en especial, els laboratoris virtuals. Tot i que és complicat determinar l'efectivitat de les simulacions a causa del tipus d'estudis que es realitzen, existeixen diverses investigacions que reflecteixen que les simulacions tenen influència en la comprensió conceptual i, en menor grau, desperten interès i motiven els alumnes envers la ciència (Honey i Hilton, 2010).

El laboratori virtual de «The ChemCollective» és un projecte del Departament de Química de la Carnegie Mellon University amb l'objectiu de millorar l'ensenyament de la química mitjançant recursos informàtics en línia. El projecte es va iniciar l'any 2000 com a «IrYdium Project» i inclou una col·lecció de laboratoris virtuals, activitats contextualitzades i proves conceptuals de lliure accés que poden ser utilitzades com a activitats de preparació per a laboratoris reals, tasques per realitzar a casa o activitats per a la classe presencial (Yaron et al., 2004). Actualment, el laboratori virtual compta amb diverses pràctiques que cobreixen una gran part del currículum català de Química. Cinc dels dotze blocs

del currículum de Química de batxillerat poden ser treballats a partir de les pràctiques que es troben al laboratori virtual (Artigas, Cuadros i Guitart, 2012).

Amb la intenció d'ampliar els recursos disponibles i facilitar-ne la incorporació a l'aula, s'han desenvolupat quatre activitats contextualitzades basades en la utilització del laboratori virtual de «The ChemCollective» i en l'ensenyament per investigació dirigida. Totes les activitats corresponen a temes tractats a primer o segon de batxillerat segons el currículum català i inclouen la pràctica virtual corresponent i la fitxa de treball de l'alumne.

De cadascuna de les activitats creades es presenta, primer, l'enunciat. A continuació, s'indiquen els objectius de l'activitat posant-los en relació amb el currículum català de Química. Finalment, s'explica el treball que hauran de dur a terme els alumnes quan realitzin l'activitat corresponent.

Totes les activitats tenen una duració aproximadament d'una hora i els fulls de treball dels alumnes, així com el treball realitzat al laboratori virtual, es poden utilitzar per avaluar l'activitat. Aquestes activitats es poden trobar al web http://www.chemcollective.org/iqs/index_ca.htm i a l'aplicació de recursos al currículum (ARC) del Departament d'Ensenyament.

Presentació de les activitats

«Identificació de substàncies il·legals»

Acabes de començar les pràctiques al Departament de la Policia Científica, que s'ocupa d'identificar els productes estupefaents. Pel que t'han explicat els companys, la detecció dels productes pot fer-se usant cinc reactius diferents, que, segons les substàncies presents,

donen lloc a un color o un altre. El teu cap t'ha demanat que documentis les reaccions que tenen lloc entre les drogues patró del laboratori i els diferents reactius, ja que així serà més fàcil identificar les noves mostres que es vagin recollint.

Aquesta activitat (fig. 1) es fonamenta en els continguts de la reacció química. L'alumne hauria de finalitzar l'activitat entenent que les substàncies són identificables gràcies a la seva reactivitat.

En concret, el que es demana a l'alumne és que, a partir d'un conjunt de reaccions químiques, determini la naturalesa d'unes substàncies que han estat confiscades per la policia en un magatzem il·legal. Aquesta activitat, estructurada en dues parts, està dissenyada a partir d'una pràctica desenvolupada per Hasan *et al.* (2008).

Mecke). A partir dels reactius i els patrons, l'alumne ha de documentar en un quadre quines drogues reaccionen amb cadascun dels reactius i quin color donen quan té lloc la reacció. Per fer-ho, ha de tenir en compte que les reaccions són destructives i, per tant, cal agafar una nova mostra de la solució patró per provar un altre reactiu. A partir dels resultats obtinguts, els alumnes han de pensar i construir un esquema que els permeti identificar si la mostra d'una substància desconeguda és alguna de les drogues esmentades anteriorment. La realització de l'esquema té dues condicions: la primera, que es faci el mínim nombre de proves possible per identificar una substància; la segona, que hi hagi dues proves positives per a cada identificació.

En la segona part, l'alumne ha de seguir l'esquema que ha elaborat anteriorment per

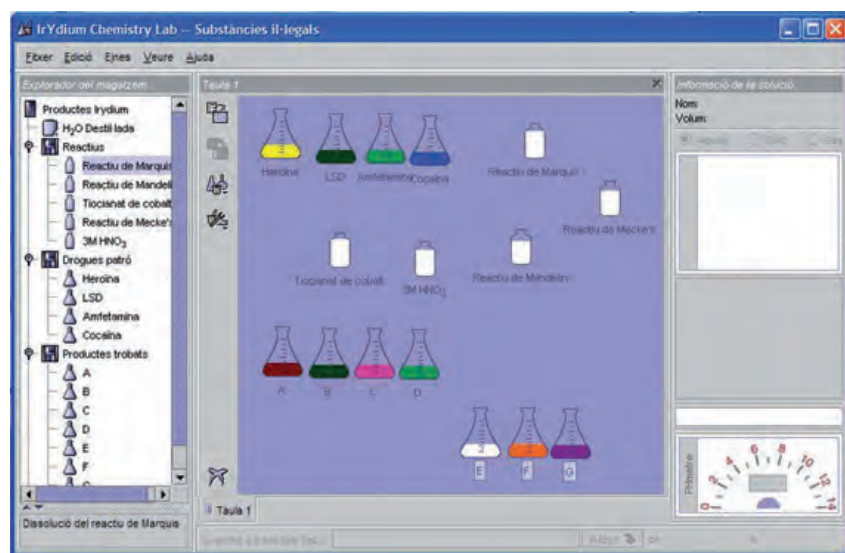


Figura 1. Realització de l'activitat «Identificació de substàncies il·legals».

En la primera part, l'alumne troba al laboratori virtual quatre patrons de quatre drogues diferents (cocaina, LSD, amfetamina i heroïna) i cinc reactius que s'utilitzen per identificar els diferents tipus de drogues (reactiu de Marquis, tiocianat de cobalt, àcid nítric, reactiu de Mandelin i reactiu de

identificar les mostres problema. No totes les mostres contenen una de les drogues patró, és a dir, hi ha mostres que amb els reactius donats no es poden identificar. Finalment, l'alumne ha de justificar els resultats de manera que un jutge pugui donar per vàlides les seves conclusions.

«Prova d'insaturacions»

Una empresa de brioixeria industrial que ven magdalenes ha estat denunciada. Els consumidors creuen que les magdalenes no estan fetes amb oli d'oliva, tal com indica l'etiqueta, sinó que han utilitzat un altre greix amb una composició diferent d'àcids grassos.

El jutge del cas ha demanat a un laboratori extern, en el qual estàs fent les pràctiques, que comprovi com són els àcids grassos que contenen aquestes magdalenes. Per fer-ho, has pensat a determinar-ne el grau d'insaturació mitjançant la reacció química en què el brom reacciona amb el doble enllaç de l'àcid gras insaturat i es forma un compost halogenat.

En la primera part, a partir de la reacció entre el brom i el doble enllaç carboni-carboni, l'alumne ha d'identificar quin extracte dels tres aliments (oli de gira-sol, oli d'oliva i mantega) conté un grau d'insaturació més gran, alhora que relacionar els diferents aliments amb tres àcids grassos (àcid esteàric, àcid linoleic i àcid oleic). L'oli de gira-sol és el que conté l'àcid gras amb un grau d'insaturació més elevat i, per tant, es relaciona amb l'àcid linoleic, que conté dues insaturacions. L'oli d'oliva, amb àcids grassos d'un grau d'insaturació intermedi, s'ha de relacionar amb l'àcid oleic, que presenta una insaturació. Finalment, la mantega, amb el grau d'insaturació més baix, es relaciona amb l'àcid esteàric, que és saturat.

mateixa per a tots els extractes i, per tant, si s'utilitza la mateixa quantitat de cada mostra, només cal comparar els volums utilitzats de la solució de brom per identificar quina mostra té un major grau d'insaturació. El resultat obtingut és que la mostra de l'extracte de magdalenes té un grau d'insaturació que es troba entre el de l'oli de gira-sol i el de l'oli d'oliva, de manera que els consumidors tenien raó a l'hora de denunciar l'empresa, ja que aquesta ha usat una mescla d'olis per fer les magdalenes. Finalment, els alumnes han de justificar els resultats i concloure quina de les dues parts té raó per poder prendre una decisió sobre la denúncia que han fet els consumidors.

«Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua»

Treballes en una empresa d'embotellament d'aigua purificada. Estàs concentrat en la feina quan entra en Joan, el responsable de control de qualitat, tot esverat: «Tenim un problema! L'aigua està sortint amb mal gust!». Ahir vas sentir alguns operaris comentant alguna cosa del sistema de bescanvi iònic: «Potser el problema està relacionat amb la duresa de l'aigua...», penses.

Aquesta activitat (fig. 3) modela el procés experimental de la determinació de la duresa de l'aigua i es fonamenta en els continguts d'estequiometria, però no es focalitza en el procés de les valoracions, que normalment s'aborda més tard en l'ensenyament de la química. L'activitat també permet reduir la duresa de l'aigua mitjançant la precipitació parcial del calci amb el carbonat de sodi, per tal d'aprofundir en la part quantitativa de la reacció química utilitzant una situació de la vida

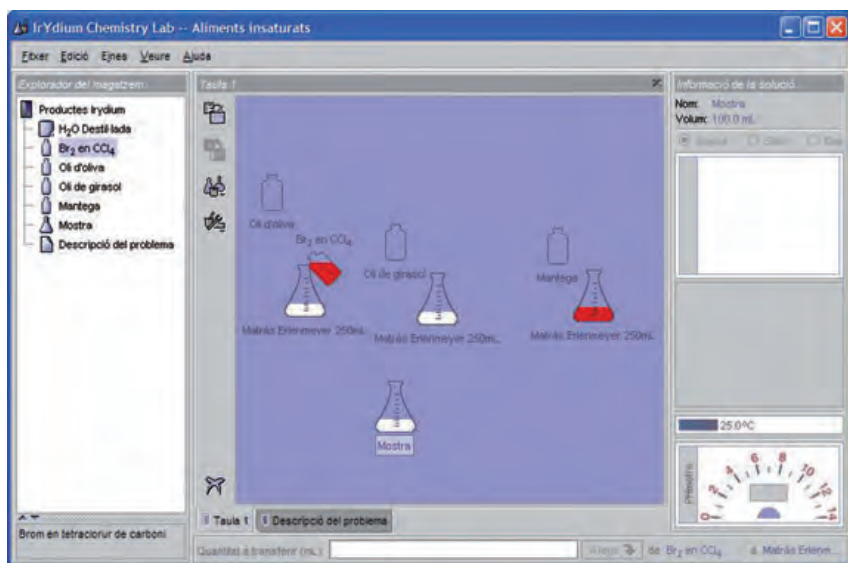


Figura 2. Realització de l'activitat «Prova d'insaturacions».

Aquesta activitat (fig. 2) permet treballar continguts de reacció química orgànica, l'anàlisi semiquantitativa i la manera de relacionar les propietats físiques i químiques i l'estructura dels compostos del carboni. Permet també establir connexions amb l'assignatura de Biologia, en la qual es treballen les biomolècules. L'activitat es basa en un experiment presentat per Aliberas, Rull i Serra (2008).

En la segona part, els alumnes han de determinar com d'insaturat és un extracte obtingut a partir d'unes magdalenes. Per fer-ho, han de descriure el procés que seguiran i, a continuació, han de comparar la quantitat de la solució de brom en tetraclorur de carboni que han necessitat amb la quantitat emprada en cada una de les mostres inicials. És important comentar que la concentració de matèria grassa és la

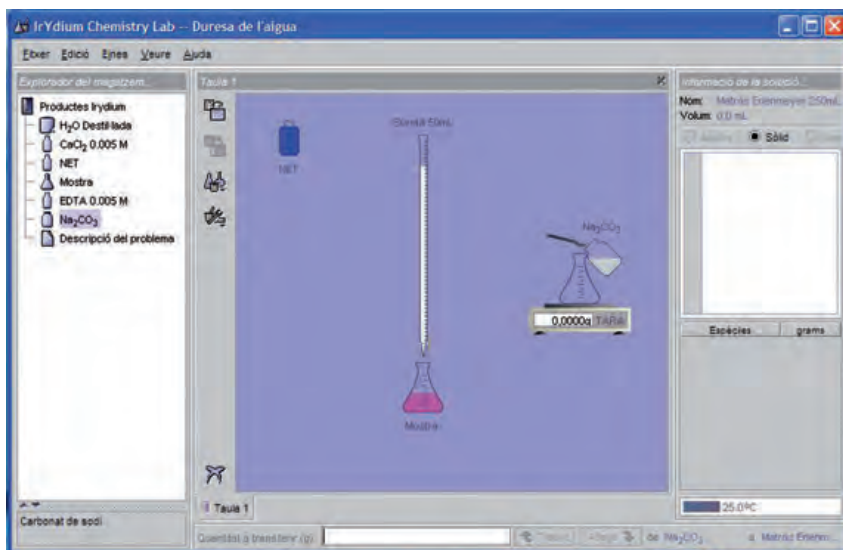


Figura 3. Realització de l'activitat «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua».

quotidiana. Aquesta activitat està basada en una pràctica presentada per Castells, Riba i Andreu (2008).

El full de treball de l'alumne es divideix en tres parts. La primera part està dissenyada amb l'objectiu que els alumnes es familiaritzin amb el laboratori virtual, el seu funcionament, el material de vidre i el canvi de color de l'indicador (negre d'eriocrom T, NET), segons la presència o l'absència d'ions alcalinoterris. Seguidament, els alumnes han de determinar quina és la duresa d'una mostra d'aigua mitjançant la reacció amb EDTA.

En la segona part es realitza la disminució de la duresa de l'aigua per mitjà de la reacció de precipitació del calci amb carbonat. Els alumnes, primer, han de calcular quina quantitat de carbonat de sodi poden afegir a la mostra sense que la concentració de sodi superi el límit permès. A continuació, han d'afegir la quantitat calculada a la mostra d'aigua i anotar la quantitat de carbonat de calci que precipita.

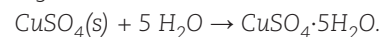
En la tercera part, els alumnes han de repetir la determinació de la duresa de l'aigua un cop s'ha tractat la mostra amb el carbonat de sodi. Aquest procés permet

comprovar la reducció efectiva de la duresa de l'aigua. A més, es demana als alumnes quina és la relació entre el calci que hi havia en la mostra inicialment, el que ha precipitat i el que queda en la mostra un cop s'ha tractat amb el carbonat. D'aquesta manera, es posa de manifest el concepte *conservació dels àtoms en el canvi químic*.

«Un fungicida per a les fruites»

L'empresa de fruites per a la qual treballes fabrica sulfat de coure pentahidratat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Fa poc es va decidir comprar un lot de sulfat de coure anhidre (CuSO_4) perquè

estava molt bé de preu. Com a treballador del laboratori, has proposat obtenir el sulfat de coure pentahidratat seguint la reacció següent:



Es tracta d'una reacció que no s'ha fet mai al vostre laboratori i, per tant, per evitar accidents, abans hauràs de determinar l'entalpia de dissolució del sulfat de coure anhidre, la d'hidratació i la de dissolució del sulfat de coure pentahidratat.

Aquesta activitat (fig. 4) es fonamenta en diversos continguts treballats segons el currículum català a l'apartat «Els canvis d'energia en les reaccions químiques» de segon de batxillerat. L'activitat està basada en una activitat proposada per Cuadros *et al.* (2009) i demana als alumnes que obtinguin sulfat de coure pentahidratat a partir de sulfat de coure anhidre, alhora que calculin l'entalpia d'hidratació del sulfat de coure anhidre a partir de l'entalpia de dissolució del sulfat de coure pentahidratat i la de dissolució del sulfat de coure anhidre.

L'activitat es divideix en dues parts. En la primera, l'alumne ha d'identificar què succeeix amb la temperatura quan es dissol una determinada quantitat de sulfat

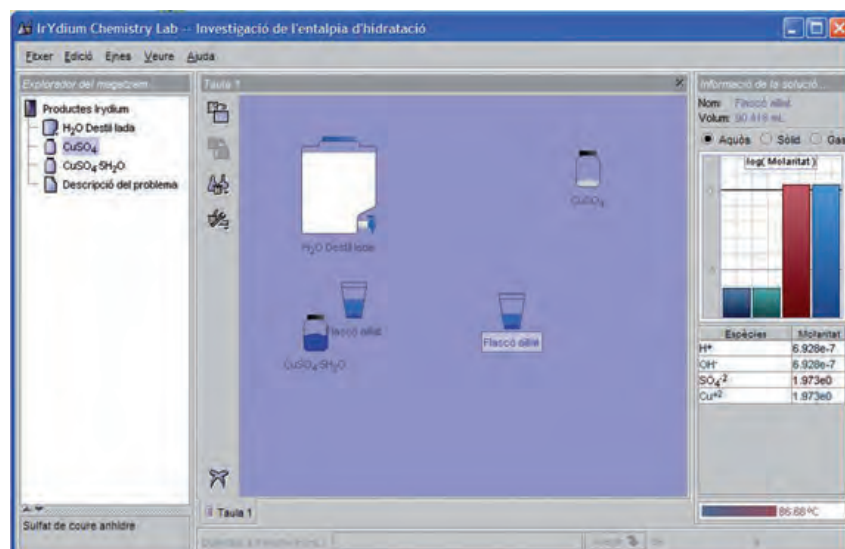


Figura 4. Realització de l'activitat «Un fungicida per a les fruites».

de coure anhidre en aigua i quan es dissol sulfat de coure pentahidratat. D'aquesta manera, es treballen els continguts conceptuals *procés exotèrmic* i *procés endotèrmic*. A més, també es demana a l'alumne que indiqui quina és la concentració de cada una de les espècies en solució per tal que s'adoni dels processos que tenen lloc. Al final d'aquesta primera part, es presenten les tres equacions que representen aquests processos. A partir d'aquí, els alumnes han de dibuixar el diagrama energètic que relaciona els processos, de manera que facin una primera aproximació a la llei de Hess.

La segona part consisteix, primer, en el càlcul de l'entalpia de dissolució del sulfat de coure anhidre i del sulfat de coure pentahidratat a partir de la calor alliberada a la dissolució de les dues substàncies. Seguidament, es calcula l'entalpia d'hidratació del sulfat de coure anhidre. Aquesta part pretén treballar la relació entre la calor i l'entalpia molar d'una reacció, així com l'aplicació de la llei de Hess per calcular l'entalpia que experimentalment no es pot determinar.

Valoració de la implementació

Per tal d'avaluar qualitativament la contribució d'aquestes activitats a la millora de l'aprenentatge i l'actitud envers la química, s'analitza de manera qualitativa la implementació de dues de les quatre activitats. Les dues activitats que es porten a l'aula són «Identificació de substàncies il·legals» i «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua».

Aquesta prova pilot es realitza en tretze grups-classe de deu escoles diferents. Totes les intervencions tenen lloc una tarda de febrer o març. A la sessió assisteixen un o dos investiga-

Taula 1. Principals dificultats cognitives i experimentals dels alumnes

«Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua»	
Familiarització amb l'indicador i explicació del canvi de color	<ul style="list-style-type: none"> Els alumnes no estan acostumats a decidir per si mateixos ni a dissenyar una metodologia. Tenen dificultats de comprensió lectora.
Determinació de la duresa de l'aigua per valoració	<ul style="list-style-type: none"> En lloc de fer la valoració al laboratori, intenten fer càlculs per calcular la duresa. S'obliden d'afegir l'indicador.
Càlculs estequiòmètrics	<ul style="list-style-type: none"> Els alumnes no saben com passar de mil·lilitres d'EDTA a mil·ligrams de Ca. No saben quin volum cal utilitzar per passar de mil·ligrams de Ca a mg/L de Ca.
Càlcul de la duresa	<ul style="list-style-type: none"> Els alumnes no veuen la relació estequiomètrica entre el Ca i el CaCO₃. Dificultats per usar significativament el concepte <i>conservació dels àtoms en la reacció química</i>.
Càlcul de la quantitat màxima de carbonat de sodi que es pot afegir	<ul style="list-style-type: none"> Els alumnes utilitzen el laboratori virtual, en lloc de fer els càlculs necessaris. Creuen que poden trobar la resposta experimentalment.
«Identificació de substàncies il·legals»	
Documentar les reaccions entre les drogues i els reactius	<ul style="list-style-type: none"> Dificultats a l'hora de manipular el material i els productes del laboratori virtual.
Construcció d'un esquema per identificar les substàncies trobades al magatzem	<ul style="list-style-type: none"> Dificultats de comprensió lectora. No s'aturen a pensar ni a reflexionar. Dificultats a l'hora de decidir com han de realitzar l'esquema.
Identificació de les drogues mitjançant l'esquema	<ul style="list-style-type: none"> Sense dificultats. Als alumnes els sorprenen les coloracions de les reaccions.
Justificació dels resultats	<ul style="list-style-type: none"> Sense dificultats.

Els alumnes presenten dificultats de comprensió lectora, ja que en diverses ocasions no s'aturen a reflexionar ni a pensar sobre el que han llegit. També s'observa que els costa dissenyar per si sols una metodologia per realitzar l'experiment, tot i tenir algunes pautes marcades

dors, que dirigeixen l'activitat, i com a mínim un professor dels alumnes amb coneixements de química. La durada de la sessió és de mitja hora, per a l'activitat «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua», i d'una hora, per a l'activitat «Identificació de substàncies il·legals».

En tots els casos, abans de les activitats, es presenta i s'explica breument el funcionament del laboratori virtual. L'activitat es desenvolupa per parelles, encara que els alumnes disposen d'un full de treball individual. Els fulls de treball no són recollits pels investigadors, encara que en alguns casos els professors decideixen recollir-los.

Durant la sessió, s'observa i es recull un diari de la intervenció. L'anàlisi que es presenta aquí correspon a l'estudi i la classificació dels diversos comentaris, observacions i preguntes que es recullen en cadascuna de les intervencions.

La taula 1 mostra, a mode d'esquema, les dificultats cognitives i experimentals que s'observen durant la realització de les activitats per part de l'alumnat.

En general, s'observa que els alumnes presenten dificultats de comprensió lectora, ja que en diverses ocasions no s'aturen a

reflexionar ni a pensar sobre el que han llegit. També s'observa que els costa dissenyar per si sols una metodologia per realitzar l'experiment, tot i tenir algunes pautes marcades. A més, a l'activitat «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua», els alumnes presenten més dificultats en els conceptes químics que es tracten i en els càlculs que comporten.

Cal tenir present que l'activitat «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua» no s'ha analitzat completament, ja que els alumnes no la van acabar en el temps destinat a la implementació (aproximadament, trenta minuts). Com a màxim, els alumnes van arribar a calcular la quantitat màxima de carbonat de sodi que es podria afegir (pas sis d'onze).

Pel que fa a l'actitud dels alumnes durant la sessió, molts d'ells experimenten amb el laboratori virtual i n'exploren el funcionament, així com les limitacions que presenta. A més, en diferents ocasions, demanen on el poden trobar per poder-lo utilitzar a casa. En general, hi ha una actitud de sorpresa i de simpatia envers el laboratori virtual i el que es pot fer amb ell. Tot i així, prefereixen jugar i descobrir més coses al laboratori virtual que fer l'activitat proposada. Sobretot s'observa una actitud entusiasta quan hi ha un canvi de color a causa d'una reacció. També demanen al professor d'utilitzar el laboratori virtual a les classes, tot i que comenten que prefereixen fer pràctiques al laboratori real.

En general, als professors, l'activitat els sembla molt interessant, ja que valoren el fet que s'hagin d'aplicar els continguts apresos a una situació contextualitzada, perquè és quelcom que costa de fer. Els

professors també estan molt interessats en el laboratori virtual i on el poden trobar. Tot i això, en algun cas, es va comentar que potser hauria estat millor que l'objectiu de l'activitat hagués quedat més clar a l'inici i que els alumnes haguessin tingut més detallades les instruccions del que havien de fer.

Consideracions finals

A part de les pràctiques disponibles al laboratori virtual de «The ChemCollective», s'han creat quatre pràctiques noves amb fulls de treball per als alumnes que permeten treballar diferents continguts del currículum català. Les quatre activitats estan contextualitzades i es basen en la utilització del laboratori virtual de «The ChemCollective» i en l'ensenyament per investigació dirigida. Totes les activitats corresponen a temes tractats a primer o segon de batxillerat segons el currículum català.

S'han implementat dues de les quatre activitats en diferents grups de primer de batxillerat i s'ha observat que la majoria dels alumnes responen de manera positiva envers l'ús del laboratori virtual, alhora que voldrien utilitzar-lo més sovint a classe. Tanmateix, s'han observat diverses dificultats, sobretot pel que fa a la comprensió lectora i al disseny d'experiments. També s'ha observat que els alumnes tenen més problemes amb els continguts d'estequiometria que es treballen a l'activitat «Determinació i eliminació de la duresa de l'aigua» que amb els continguts que es treballen a l'activitat «Identificació de substàncies il·legals».

Referències

ALIBERAS, J.; RULL, M.; SERRA, A. (2008). *Química 1*. Barcelona: Castellnou.

ARTIGAS, C.; CUADROS, J.; GUITART, F. (2012). «Contextualized virtual lab-based activities for chemistry education in secondary school». A: PINTÓ, R.; LÓPEZ, V.; SIMARRO, C. (ed.). *Computer-based learning in science. Conference proceedings 2012: Learning science in the society of computers*. Barcelona: CRECIM.

BANCHI, H.; BELL, R. (2008). «The many levels of inquiry». *Science and Children*, 46(2): 26-29.

CAAMAÑO, A. (2011). *Física y química. Investigación, innovación y buenas prácticas: Formación del profesorado. Educación secundaria*. Barcelona: Graó.

CASTELLS, P.; RIBA, N.; ANDREU, F. (2008). *Química batxillerat 1*. Madrid: McGraw Hill.

CUADROS, J.; FAJES, M.; GALVE, I.; NONELL, S.; VERDAGUER, A. (2009). «Enseñanza práctica de la termodinámica química: Curso para docentes 2009». Barcelona: Universitat Ramon Llull. IQS. [Inèdit]

«Decret 142/2008, de 15 de juliol, pel qual s'estableix l'ordena-

ció dels ensenyaments de batxillerat» (2008). DOGC, núm. 5183 (29 juliol), p. 59042-59401.

DONOVAN, S. M.; BRANSFORD J. D. (2005). *How students learn: History, Mathematics and Science in the classroom*. Washington: National Research Council: National Academies Press.

GILBERT, J. K.; JONG, O. de; JUSTI, R.; TREAGUST, D. F.; DRIEL, J. H. van (2002). *Chemical education: Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. (Science & Technology Education Library; 17).

HASAN, S.; BROMFIELD, D.; OLIVER, M. T.; CINTRON, J. A. (2008). «Using laboratory chemicals to imitate illicit drugs in forensic chemistry activity». *Journal of Chemical Education*, 85(6): 813-816.

HONEY, M. A.; HILTON, M. (ed.) (2010). *Learning science through computer games and simulations*. Washington: National Academies Press.

IZQUIERDO, M. (2003). *Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar*. Cerdanyola: Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. (2006). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.

THE CHEMCOLLECTIVE (2013). «Online Resources for Teaching and Learning Chemistry» [en línia]. Pittsburgh: Carnegie Mellon University. <<http://www.chemcollective.org>> [Consulta: 24 juliol 2013]

YARON, D.; CUADROS, J.; KARABINOS, M.; LEINHARDT, G.; EVANS, K. L. (2004). «Virtual laboratories and scenes to support chemistry instruction». A: *About invention and impact: Building excellence in undergraduate STEM education*. Washington: American Association for the Advancement of Science..



Carme Artigas

És llicenciada en química per l'IQS de la Universitat Ramon Llull i màster en formació del professorat de secundària per la Universitat Autònoma de Barcelona. Ha desenvolupat el seu treball de final de carrera, una part del qual s'exposa en aquest article, a l'IQS. Actualment és professora de batxillerat a La Salle Montcada. És coautora de tres projectes seleccionats per a les fases finals del concurs Ciencia en Acción (2011, 2012 i 2013) i ha participat en l'edició del Science on Stage del 2013.

A/e: cartiga3@xtec.cat.



Jordi Cuadros

És professor titular a l'IQS de la Universitat Ramon Llull, dins del Departament d'Estadística Aplicada. És doctor en química per la Universitat Ramon Llull i llicenciat en pedagogia per la UNED. Ha estat treballant durant dos anys amb el projecte «The ChemCollective» de la Carnegie Mellon University (Pittsburgh, EUA). Col·labora en la coordinació de cursos de formació per a docents de l'ensenyament secundari que s'ofereixen a l'IQS.

A/e: jordi.cuadros@iqs.edu.



Fina Guitart

És professora de Física i química de secundària de l'INS Jaume Balmes de Barcelona i actualment treballa al CESIRE-CDEC del Departament d'Ensenyament. És professora del màster de formació del professorat de Física i química de la Universitat de Barcelona i participa com a sotscoordinadora en les proves d'accés a la universitat de Química. És autora de comunicacions en congressos i en revistes de l'àmbit de l'ensenyament de les ciències i coeditora de la revista *Educació Química EduQ*.

A/e: jguitar3@xtec.cat.