

L'aigua, sempre aigua?

Una proposta indagativa per al Global Experiment de l'AIQ 2011

Water, always water? An inquiry proposal for the Global Experiment of the IYC 2011

Mercè Izquierdo Aymerich i Beatriz Cantero Riveros / Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de les Ciències i les Matemàtiques

Montserrat Tortosa Moreno / IES Ferran Casablanques (Sabadell)



resum

En el marc del Campus Ítaca que la Universitat Autònoma de Barcelona ofereix cada estiu als alumnes de 3r d'ESO, s'ha elaborat un taller de química que proposa als alumnes d'identificar cinc mostres d'aigua. El taller ha estat plantejat per tal que els alumnes participin enviant dades d'aigües locals a la base de dades del Global Experiment, valorin la importància de la cooperació i la compartició de dades i se sentin part de la comunitat escolar internacional en la celebració de l'Any Internacional de la Química (AIQ 2011). El taller, que pot utilitzar-se com una activitat als laboratoris escolars més enllà de l'AIQ, 2011, planteja una petita recerca que condueix els alumnes a la realització de les quatre activitats del Global Experiment i a aprendre sobre la salinitat, la conductivitat, el pH i el tractament de les aigües, una de les contribucions de la química a la cura del medi ambient i de la salut.

paraules clau

Campus Ítaca, Global Experiment, salinitat, conductivitat, pH, tractaments de l'aigua, educació secundària obligatòria, laboratori.

abstract

Every summer, the Universitat Autònoma de Barcelona offers Campus Ítaca to 3rd ESO students. In this context, a chemistry workshop that proposes learners to identify five samples of water has been designed. The workshop had been planned in a way that participants could send data from local waters to the database of the Global Experiment, in a way in which they could appreciate the importance of cooperation, and to feel a part of the international school community in celebrating the International Year of Chemistry (IYC). The workshop could be also used in classroom after the IYC. It requires a small research project that allows students to make the same four activities as the Global Experiment. They also learn about salinity, conductivity, pH and water treatment, which are one of the contributions that chemistry makes towards the care of the environment and the health.

keywords

Campus Ítaca, Global Experiment, salinity, conductivity, water treatment, compulsory secondary education, laboratory.

Introducció

Ha estat un encert proposar que l'estudi de l'aigua sigui, per a les escoles, la manera de celebrar l'Any Internacional de la Química (AIQ 2011). Seria bonic també que aquesta experiència, realitzada en el marc d'una celebració tan solemne, fes que els alumnes se

sentissin part d'una comunitat internacional, una comunitat científica amb uns valors que cal celebrar i unes maneres de fer que cal compartir. Perquè aquesta feina compartida per estudiants de tot el planeta, el conjunt dels granets de sorra que tots ells hi aporten, no és un joc,

sinó que té un objectiu seriós: conèixer millor les «aigües» del planeta de les quals depenem (alguns països viuen aquesta dependència d'una manera dramàtica) i que, amb la seva circulació incessant per mars, rius, núvols, pluges, etc., ens agermanen a tots.

La proposta del Global Experiment de l'AIQ 2011, avalada per la IUPAC i la UNESCO, les entitats organitzadores, consisteix en quatre activitats accessibles des d'Internet, les quals han anat sent traduïdes a diferents llengües, també al català, gràcies a la diligència de la Societat Catalana de Química (SCQ) de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) i del CESIRE-CDEC del Departament d'Ensenyament. Les esmentades activitats consisteixen en la determinació del pH de diferents aigües, la mesura del seu contingut de sals, els processos de clarificació i desinfecció de les aigües i el muntatge i disseny d'un destil·lador solar.

És ben coneguda l'oferta que la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) fa a les noies i als nois de 3r d'ESO de Catalunya, anomenada Campus Ítaca. Iniciada per Pilar Garcia i amb el lideratge actual de Christianne Guerao, consisteix a acollir al Campus de la UAB grups d'escolars i oferir-los tallers i sessions de treball amb professors universitaris de diverses matèries: dret, matemàtiques, química, llengua, ciències socials, etc., sempre d'una manera pràctica i que requereixi la seva participació i el seu interès genuí. Enguany s'han conduït quinze tallers amb vint-i-quatre alumnes cadascun d'ells (un total de tres-cents seixanta alumnes).

Els professors dels departaments de didàctiques específiques de la Facultat de Ciències de l'Educació de la UAB hem participat al Campus Ítaca amb activitats diverses. Els professors de química, per exemple, vam preparar l'any passat el taller «No ens deixem enganyar per l'aspecte dels materials», del qual ja vam parlar en aquesta mateixa revista (Izquierdo, 2010). Enguany, doncs, ens hem volgut sumar a l'AIQ 2011 contribuint a la proposta internacional amb l'estudi de les «nostres»

aigües, tot considerant que un aspecte important per tal que els aprenentatges prenguin sentit i alhora promoguin l'interès dels alumnes és el plantejament d'activitats en contextos rellevants i propers, com poden ser les aigües del seu entorn.

La proposta integra els quatre treballs pràctics del Global Experiment en un treball d'indagació en el qual els estudiants poguessin participar a partir dels coneixements que ja tenien

Plantejament del taller de química del Campus Ítaca 2011

La proposta integra els quatre treballs pràctics del Global Experiment en un treball d'indagació en el qual els estudiants poguessin participar a partir dels coneixements que ja tenien i que, a més a més, els proporcionés nous coneixements i una comprensió nova del valor que té l'aigua per als habitants del planeta Terra. El plantejament de les propostes d'indagació és a la base de la millora per a l'ensenyament de les ciències en aquest nou segle (Rocard et al., 2007). Calia elaborar, doncs, una «narrativa» que fes veure el lligam existent entre els diferents experiments i que plantegés preguntes de recerca que es poguessin respondre durant les dues hores escasses que durava el taller. Per això es va plantejar la situació següent:

Mireu aquestes cinc garrafes. Tenim un problema relacionat amb elles. Volíem participar al Global Experiment de l'AIQ i havíem recollit aigua en garrafes del laboratori, però ens hem distret i no hi hem posat les etiquetes. Les «aigües» eren les següents: aigua de mar, recollida

al Port Olímpic a 22 °C; aigua de pluja, recollida a Barcelona; aigua de les basses del Llobregat, i aigua de l'aixeta de Cerdanyola. Ara veiem que, en lloc de quatre garrafes, en tenim cinc: una d'elles deu ser una solució que havíem preparat per fer pràctiques de química, de manera que no és una aigua de les que circulen per la Terra. Com ens ho farem per poder començar a treballar?

Tota recerca i, per tant, qual-sevol pregunta que l'engegui es produeix en un marc teòric, és a dir, requereix una «manera de mirar» amb la qual prenen sentit la pregunta i la resposta que finalment proporciona la indagació que s'ha dut a terme. Per això ens va semblar imprescindible el fet de començar a recordar allò que els alumnes ja coneixien de l'aigua des de la primària: que és un líquid i per això flueix, s'escampa; que és un bon dissolvent i per això, d'aigua sola (H₂O), no se'n troba... O sí? A la pluja? Aquesta pregunta va donar peu a considerar una de les «rarestes» o peculiaritats de l'aigua: que la podem tenir sòlida, líquida o gasosa en les condicions de temperatura i de pressió de la Terra. I això no és poca cosa...

El cicle de l'aigua va passar a ser, després d'aquest diàleg inicial, el nostre marc teòric, que es va anar construint a partir de preguntes com les següents: per què l'aigua del mar és salada?, sempre té la mateixa salinitat?, d'on ve la sal del mar?, l'aigua que ens envolta és realment aigua o bé allò que anomenem *aigua* en realitat són solucions? D'aquesta manera, l'alumnat va recordant i relacionant els canvis d'estat de l'aigua i el seu rol a la natura. El fet de recordar el cicle de l'aigua i relacionar-lo amb el «problema» de la identificació del contingut de les garrafes sense etiqueta (les cinc «aigües») va ser la primera activitat del taller: on les

trobem?, com hi han arribat?, com són? (fig. 1 i 2).

En acabar aquesta activitat, els alumnes van poder identificar una de les garrafes: aquella que era molt acolorida, d'un blau pujat sospitós, havia de ser la del laboratori; una altra, plena d'herbes i tèrbola, probablement era la del riu. I això també va permetre d'idear el destil·lador de les aigües de la Terra, que són «solucions», tot simulant l'acció del sol amb un escalfament al bany de sorra, i també simular la depuració de l'aigua de riu.

Convenia donar a conèixer als estudiants quelcom nou però ben rellevant: la conductivitat de l'aigua quan conté sals. Aquesta experiència, realitzada amb les precaucions necessàries i amb un muntatge fet a l'INS Puig i Cadafalch de Mataró, va resultar espectacular: l'agua destil·lada no encén la bombeta, però si s'hi afegeix una mica de sal, sí que ho fa. I amb més sal, més llum... Aquesta experiència dóna sentit a les mesures posteriors del pH i de determinació del contingut de sals, la qual cosa es va assajar amb algunes de les mostres que se'ls havien proporcionat.

A la part inicial de la presentació d'objectius del taller, sempre mitjançant el diàleg mantingut amb els alumnes, van anar sorgint alguns aspectes dels que es desenvoluparan al llarg del taller, com ara quines «aigües» deixaran un residu sòlid en ser evaporades o quin pH cal esperar que tinguin les «aigües» (la de pluja, la de mar, etc.).

A partir d'aquí, la recerca ja estava en marxa. La mesura del pH va donar resultats interessants que van portar a noves reflexions: en primer lloc, s'obtenien valors aproximadament iguals, però no idèntics, de manera que calia fer-ne una mitjana; també s'obtenien resultats en principi sorprenents, com el pH diferent de 7 de l'aigua de pluja. Podria ser



Figura 1. Les cinc garrafes d'aigua.

que en alguna de les aigües hi hagués algun germen que fes que l'aigua no fos potable?, en quina? Abans de fer la prova, ja esperàvem trobar-ne a l'aigua del riu i no a l'aigua de pluja ni a l'aigua de l'aixeta, tal com va ser.

Al final, es va reflexionar sobre els resultats de les proves realitzades i es va elaborar una interpretació per tal de retornar al context inicial del cicle de l'aigua per argumentar les característiques de les aigües relacionant-les amb el seu recorregut a la natura. Tota aquesta reflexió es va fer en conjunt.

Estructura i materials del taller

Es va confeccionar el material per als alumnes per tal que, en anar esbrinant quina era quina de les cinc mostres d'aigua, les i els estudiants del Campus Ítaca 2011 també participessin en els quatre experiments proposats al Global Experiment de l'AIQ, 2011, en la mesura del possible perquè s'ajustés al temps del qual es disposava (una mica menys de dues hores), i permetés a l'alumnat de 3r d'ESO arribar a resultats per enviar a la base de dades internacional. Us animem a utilitzar-lo.

El taller es va estructurar en quatre parts (A, B, C i D):

A. Què en sabem, de l'aigua que circula per la Terra?

B. Comencem per aquestes dues que ja hem identificat: «netegem» l'aigua de bassa, destil·lem la dissolució del laboratori (blocs experimentals 1 i 2).

C. Ara, totes les altres semblen iguals!!! Què és el que tenen de diferent? (blocs experimentals 3 i 4).



Figura 2. Alumnes treballant sobre el cicle de l'aigua a la part inicial del taller.

D. Conclusions i enviament de dades.

El taller inclou els quatre experiments del Global Experiment distribuïts en quatre blocs experimentals.

1. Construcció d'un destil·lador solar.
2. Clarificació i desinfecció de l'aigua.
3. Substàncies dissoltes a l'aigua: conductivitat i residu sec.
4. pH de l'aigua.

En la construcció d'un destil·lador solar (bloc 1), els alumnes treballen amb la mostra d'aigua identificada com a «aigua de laboratori» i s'utilitza un bany de sorra, ja que és complicat accedir a un lloc assolellat. Es demana als alumnes que intentin explicar el que ha passat i que ho expliquin als seus companys i que facin suggeriments de com millorar-lo (fig. 3).

En el bloc experimental 2, els alumnes treballen amb la mostra d'aigua identificada visualment com a «aigua de bassa». Es realitza la clarificació de l'aigua utilitzant filtres de sorra i grava construïts amb ampolles de plàstic. S'utilitza un desinfectant de clor (lleixiu) per destruir els gèrmens i esbrinar si l'aigua conté gèrmens o si no en té, i si en conté en major o menor quantitat segons el nombre de gotes de lleixiu que caldrà addicionar abans d'observar clor residual (fig. 4).

Per als experiments dels blocs 3 i 4, es mostra a continuació el material de l'alumne.



Figura 3. Destil·ladors solars fets pels alumnes del taller.



Figura 4. Filtre de sorra i grava.



Figura 5. Muntatges per a la prova de conductivitat: a) amb pila i LED; b) connectat al corrent i amb bombeta.



Figura 6. Demostració de la conductivitat de les solucions salines.



Figura 7. Residu sec de l'aigua de mar.

Bloc 3. Substàncies dissoltes a l'aigua: conductivitat i residu sec

Amb els experiments d'aquest bloc, els alumnes havien d'identificar les tres mostres d'aigua que tenien el mateix aspecte: de pluja, de mar i de l'aixeta. Per començar, es fa un experiment demostratiu (fig. 5 i 6) per veure si s'encén o no la bombeta i per deduir si les mostres d'aigua condueixen el corrent elèctric. Després, es du a terme l'evaporació fins a residu sec constant.

Prova de conductivitat

Què significa que un líquid és conductor del corrent elèctric? Per tal d'esbrinar si les aigües són conductores, utilitzarem un conductímetre que porta una bombeta; aquesta s'encén més o menys depenent de la intensitat del corrent.

Resultats

A partir de les vostres observacions:

Prova de conductivitat	Mostra d'aigua núm.	Mostra d'aigua núm.	Mostra d'aigua núm.
Resultat (sí/no)			

- Podríeu descartar alguna o algunes de les aigües a partir dels resultats de la conductivitat?
- Com justificaríeu la vostra resposta?

Determinació de substàncies dissoltes: residu i verificació de la sequedat

S'evaporen les tres mostres d'aigua a sequedat per comprovar si queda algun residu sòlid després de l'evaporació. En el cas que hi hagi un residu sòlid significatiu, se'n calcula la salinitat. Cal que els estudiants s'assegurin que el pes del residu sec es manté constant després de tornar-lo a escalfar.

Residu sec

- Peseu una càpsula de porcellana amb la major precisió possible i anoteu el resultat a la taula (m_R).
- Mesureu el volum d'uns 50 mL d'aigua amb la major precisió possible i anoteu el volum mesurat (V_R).
- Introduïu el volum d'aigua mesurat dins la càpsula. Peseu la càpsula i l'aigua (m_{R+A}).
- Evaporeu l'aigua escalfant-la amb un fogonet o una placa calefactora.
- Quan aparentment tota l'aigua s'hagi evaporat (fig. 10), retireu-la de la font de calor, deixeu-la refredar i peseu el recipient amb la sal; a continuació, anoteu el resultat al full de resultats ($m_R + S$).
- Torneu a escalfar la càpsula amb la sal una estona més, deixeu refredar i torneu a pesar. Repetiu aquest procediment fins que la massa de la càpsula i la sal es mantingui constant (fig. 7).

Resultats

	Mostra d'aigua núm.
Massa de la càpsula, m_R (g)	
Volum d'aigua, V_A (mL)	
Massa de la càpsula i de l'aigua, m_{R+A}	
Assecat fins a pes constant	
Massa del recipient i la sal. 1r test	
Massa del recipient i la sal. 2n test	
Càlculs	
Massa de sal: $m_s = m_{R+S} - m_R$	
Massa d'aigua salada: $m_A = m_{R+A} - m_R$	
Salinitat absoluta:	

Bloc 4. Determinació del pH de l'aigua

En aquest experiment es determina el pH de les tres mostres d'aigua tot relacionant-lo amb els possibles soluts. Aquesta prova aporta noves evidències per identificar les mostres d'aigua i el repte de buscar explicacions per als diferents valors de pH (fig. 8).

Procediment

1. Agafeu dues porcions de mostra d'aigua amb un comptagotes net i ompliu dos tubs d'assaig mitjans fins a 2 cm d'alçada.
2. Afegiu tres gotes d'indicador blau de bromotimol a cada recipient i agiteu-lo per barrejar bé la solució.
3. Utilitzeu la carta de colors (escala de blau de bromotimol) i, per comparació de colors, assigneu un valor de pH a cada tub d'assaig. Anoteu el resultat de cada lectura de pH i, si els valors no coincideixen, feu-ne la mitjana i registreu el resultat de cada recipient amb una xifra decimal.
4. Si el pH de la mostra és inferior a 7,6, no cal continuar amb l'altre indicador. Anoteu aquest pH a la taula de resultats de pH de mostres d'aigua.
5. Si el pH de la mostra és de 7,6 o major, descarteu el resultat obtingut i repetiu la prova seguint els passos 1 i 2, però utilitzant porpra de *m*-cresol com a indicador, i anoteu els resultats amb una xifra decimal.
6. Utilitzeu la carta de colors (escala del porpra de *m*-cresol) i, per comparació de colors, assigneu un valor de pH a cada tub d'assaig. Anoteu el resultat de cada lectura de pH i, si els valors no coincideixen, feu-ne la mitjana i registreu el resultat de cada determinació amb una xifra decimal. Anoteu aquest pH a la taula de resultats de pH de mostres d'aigua.

Resultats

Tub	Indicador	Mostra d'aigua núm.	Mostra d'aigua núm.	Mostra d'aigua núm.
1	Blau de bromotimol			
2				
Valor mitjà				
4	Porpra de <i>m</i> -cresol			
5				
Valor mitjà				

A partir de les vostres observacions:

- a) Decidiu quin indicador ha donat la millor mesura del pH de la mostra i expliqueu per què. Anoteu el valor del pH de la mostra.
- b) Feu una posada en comú de grup i completeu el valor de pH de les tres mostres (en el cas de tenir més dades, heu de calcular el valor mitjà).

Taula de resultats. Conclusions. Quina és cada aigua?

Poseu en comú les dades del grup, ompliu aquesta taula per acabar identificant cadascuna de les mostres d'aigua.

Mostra d'aigua	1	2	3	4	5
Identificació visual					
pH					
Conductivitat (sí/no)					
Salinitat					
Gèrmens					
Identificació (tipus d'aigua)					



Figura 8. Diverses coloracions per a diferents mostres i amb diferents indicadors.

A partir de les vostres observacions, responeu les preguntes a mode de conclusió del taller:

1. Quines són les conclusions dels vostres experiments?

Quina etiqueta creieu que cal posar a cada aigua?

La terbolesa ens ha permès identificar _____

La conductivitat ens fa descartar _____

El color ens ha permès identificar _____

La quantitat i tipus de sal i pH ens permeten diferenciar entre _____

El contingut de microorganismes ens permet diferenciar entre _____

2. Quines aigües es poden beure i per què?

L'aigua de mar (sí/no), perquè _____

L'aigua de l'aixeta (sí/no), perquè _____

L'aigua de la bassa (sí/no), perquè _____

L'aigua del laboratori (sí/no), perquè _____

L'aigua de pluja (sí/no), perquè _____

Al final del taller es fa una posada en comú en la qual cada grup aporta els seus resultats i conclusions i es calculen els valors mitjans, que són els que s'envien a la base de dades del Global Experiment.



Figura 9. Noies i nois treballant en grup durant el taller de química del Campus Ítaca.



Figura 10. Alumnes discutint els resultats després de passar l'aigua pels filtres de sorra i grava.

Gestió del taller del Campus Ítaca

Els alumnes es van distribuir en grups de sis per tal de discutir i compartir les tasques del taller. Aquest treball fet en grups cooperatius s'inicia a partir del moment en el qual els alumnes han identificat visualment dues de les aigües. Algunes tasques les fan en dos subgrups de tres alumnes i d'altres es fan per parelles (fig. 9).

Un aspecte clau és que els grups van treballar de manera col·laborativa, realitzant cadascun d'ells diferents aspectes experimentals i compartint i discutint els resultats obtinguts i les conclusions. La realització dels tallers es va caracteritzar per un diàleg continu entre el professorat i els nois i les noies que hi van participar.

Cada subgrup de tres persones treballa amb una de les dues mostres d'aigua identificades visualment. La tasca de construcció d'un destil·lador solar per tal d'obtenir aigua destil·lada a partir de l'aigua de laboratori la realitza un subgrup de tres alumnes, mentre l'altre subgrup realitza el procés de clarificació de l'aigua de la bassa. A continuació, cada grup posa en comú els resultats dels dos subgrups.

La prova de conductivitat la realitza el professor de manera demostrativa i demana als diferents grups les mostres d'aigua.

Per tal d'optimitzar la durada del taller, es va decidir de fer l'assaig de desinfecció (o prova dels gèrmen) també de manera demostrativa i al final del taller.

Per fer l'evaporació de l'aigua fins a residu sec i per determinar-ne el pH, cada grup de sis alumnes treballa per parelles amb cadascuna de les tres mostres.

Al llarg del taller, hi ha moments per a la discussió en grup i, al final, es fa en conjunt per part de tots els alumnes del taller.

Reflexions sobre les preguntes i els comentaris dels alumnes

El primer pas per identificar l'origen de cadascuna de les mostres d'aigua és l'observació visual, en la qual les noies i els nois identifiquen l'aigua de bassa i la solució de laboratori. Amb les aigües identificades visualment, es planteja el repte de «destil·lar-les» i «purificar-les».

Pel que fa al tractament de l'aigua per tal de purificar-la, els alumnes es pregunten per què l'aigua, encara amb una mica de color després de passar pel filtre de sorra i grava, queda transparent en filtrar-la després d'afegir-hi el carbó actiu, que és tan negre (fig. 10). En aquest moment els preguntem si es beurien aquesta aigua «transparent» i parlem de la potabilització i del fet que pot haver-hi coses invisibles, com ara bacteris, que encara caldria eliminar.

Els alumnes del subgrup que s'encarrega de la solució de laboratori fabriquen un destil·lador amb material de laboratori (fig. 11) i discuteixen maneres de millorar-lo, alhora que es proposa als participants que reflexionin sobre els possibles usos d'aquesta tècnica per obtenir aigua potable en diverses situacions, no urbanes, en diferents llocs del món.

Aquesta experiència resulta espectacular i sorprenent per als participants, ja que poden obtenir aigua destil·lada a partir d'una solució acolorida i també es podria obtenir a partir de l'aigua de mar. Una de les reflexions va ser que aquesta podria ser una manera d'obtenir aigua per beure en una platja deserta, tot fent palesa la relació entre la química i la vida quotidiana i com el fet de tenir coneixements de química pot ser útil per buscar solucions a situacions com la de la manca d'aigua potable.

També són molt interessants les aportacions que fa l'alumnat sobre com es pot augmentar el rendiment del procés que té lloc al destil·lador solar. La més freqüent és la de recobrir tot el conjunt amb un material fosc (com un plàstic negre) per tal d'aprofitar millor la calor que arriba del Sol. Molts grups van proposar de refredar el sistema per tal que la condensació fos més ràpida. També es va proposar de modificar l'objecte utilitzat per defor-

mar la cobertura i que les gotes caiguessin dins del recipient.

Per continuar la identificació de les tres mostres restants (aixeta, pluja i mar), s'introdueix el concepte de *conductivitat* i es pregunta si s'encendrà una bombeta d'un circuit connectat quan se submergeixen dos elèctrodes de grafit dins de recipients que contenen cadascuna d'aquestes mostres d'aigua. En primer lloc, es realitzen assaigs de control amb aigua destil·lada i amb aigua destil·lada amb sal dissolta. Amb l'aigua destil·lada no s'encén la bombeta, però amb l'aigua amb sal s'encén amb molta lluentor. Es discuteix sobre quina pot ser la causa d'aquesta diferència i, tot seguit, es demana als alumnes si poden fer prediccions sobre el que passarà en repetir l'experiment amb cadascuna de les mostres d'aigua. Molts alumnes van predir d'una manera encertada els resultats amb dues de les mostres d'aigua. Si la bombeta no s'encén, serà aigua de pluja, i si s'encén amb molta intensitat, serà aigua de mar (fig. 12). Amb l'aigua de l'aixeta, la bombeta s'encén d'una manera tènue.

Aquesta prova també es pot realitzar utilitzant una caixa en la qual hi ha connectats una pila, un LED i dos elèctrodes de grafit. Aquest cop, als alumnes els sorprèn que el LED només s'encengui en submergir-se en una de les mostres (la que és d'aigua de mar) i se'ls demana una possible interpretació.

A partir d'aquests assaigs demostratius de conductivitat, els alumnes van fer hipòtesis sobre quina era cadascuna de les tres aigües i, per validar les respostes, van fer evaporar a residu sec les mostres. L'aspecte visual del residu sec i les dades quantitatives els acabaren de confirmar quina era l'aigua de mar i, en aquest cas, en van determinar la salinitat absoluta per enviar-la a la

base de dades internacional (fig. 13).

A continuació, es va realitzar la mesura del pH per duplicat. Els alumnes es van adonar que el valor del pH assignat (amb una xifra decimal) no era exactament igual en les diferents determinacions. Aquest fet va posar de manifest la importància de calcular els valors mitjans, primer, per a cada grup, i, finalment, en la posada en comú per a tot el grup d'alumnes del taller. Es va discutir sobre la necessitat de fer més d'una mesura per tal d'obtenir resultats més representatius i fiables.

Els alumnes són capaços d'anar raonant que el pH de les solucions aporta informació dels seus components i constaten que l'aigua de la pluja no tenia pH 7, tal com havien predit, sinó pH una mica inferior a 7; per tant, devia tenir quelcom dissolt, però es van sorprendre en veure que l'evaporació a sequedat no va deixar cap residu sòlid. A través de diverses preguntes i respostes, arriben a la conclusió que l'aigua de pluja pot dissoldre gasos de l'atmosfera,

L'aspecte visual del residu sec i les dades quantitatives els acabaren de confirmar quina era l'aigua de mar i, en aquest cas, en van determinar la salinitat absoluta per enviar-la a la base de dades internacional



Figura 13. a) Càpsula de porcellana amb residu sec de l'aigua de l'aixeta; b) alumnes treballant per determinar la salinitat.



Figura 11. Construint un destil·lador solar durant el taller.



Figura 12. Prova de conductivitat amb aigua salada.



Figura 14. Utilització d'un colorant alimentari per detectar clor lliure.



Figura 15. Filtre de sorra i grava a microescala.



Figura 16. Grup d'alumnes durant la realització del taller.

probablement CO_2 , el qual, dissolt en aigua, posa de manifest el seu caràcter àcid. D'altra banda, s'adonen que una de les aigües, la que més sals conté, té un pH clarament bàsic, superior a 8, i que cal buscar l'explicació a les sals que té dissoltes.

En respondre les preguntes després del procés de clarificació, els grups arribaven a la conclusió que a l'aigua, una vegada filtrada, encara hi quedaven microorganismes i que caldria desinfectar-la per obtenir aigua apta per al consum. Es va plantejar als alumnes com creien que es podrien eliminar els microorganismes que contenia l'aigua filtrada de bassa. Es va discutir sobre la necessitat de potabilitzar les aigües i l'ús del lleixiu en quantitats adequades, tant en la seva experiència personal (els alumnes saben que el lleixiu blanqueja i treu les taques) com per potabilitzar aigües de fonts naturals o aigües de consum en països sense aigua potable. La introducció del concepte de *desinfecció de l'aigua* va resultar força interessant, ja que, un cop més, es posa de manifest que els ulls no tenen la capacitat d'adonar-se de tot, però que els coneixements de química ens permeten obtenir informació «invisible als ulls».

També es reflexiona en termes quantitius: quina quantitat de lleixiu és necessària per eliminar els microorganismes?, en quins casos se'n gastarà més o

menys? Els alumnes prediuen el diferent comportament de l'aigua potable i l'aigua crua en afegir lleixiu.

Algunes consideracions respecte als experiments i el material

En la preparació del taller del Campus Ítaca, es va posar a punt un mètode alternatiu que permetés, d'una manera aproximada, determinar les gotes de lleixiu necessàries per a la desinfecció, però sense haver d'utilitzar les tires reactives de clor. Aquest mètode consisteix a afegir colorant alimentari a l'aigua i comptar les gotes de lleixiu que cal anar afegint fins a la desaparició del color, que seran proporcionals a la quantitat de microorganismes (fig. 14). Cal tenir en compte que el lleixiu reacciona també amb el colorant alimentari, però els resultats obtinguts emprant les tires reactives de clor o la solució de colorant alimentari són molt similars, de manera que el mètode es pot considerar una alternativa aproximada però acceptable. A la vegada, per tal de minimitzar el consum d'aigua i reactius, es va fer a escala reduïda (1/100), de manera que es requereix menys aigua clarificada i el nombre de gotes consumides equivalgués al del protocol inicial.

Aquesta idea de dur a terme els mateixos experiments a escala reduïda ha estat també present

al Global Experiment amb l'aparició de nous protocols adaptats a microescala. És interessant de consultar aquests protocols, ja que, més enllà d'utilitzar els equips a microescala, aporten idees per realitzar aquestes activitats amb materials molt simples, fins i tot transportables, per realitzar proves al camp, la qual cosa pot constituir una bona manera d'introduir una tècnica que estalvia recursos, minimitza residus i, en moltes ocasions, suposa un estalvi de temps. Els protocols proposen d'utilitzar per a la desinfecció una solució d'hipoclorít de calci i les tires reactives de clor incloses als equips, els quals contenen també xeringues amb un suport per preparar els filtres de sorra i grava (fig. 15), així com safates de plàstic amb cavitats per fer les determinacions de pH.

En respondre les preguntes després del procés de clarificació, els grups arribaven a la conclusió que a l'aigua, una vegada filtrada, encara hi quedaven microorganismes i que caldria desinfectar-la per obtenir aigua apta per al consum

Valoració i conclusions

En general, la participació de l'alumnat va ser molt activa i els comentaris posteriors que ens van fer arribar deien que havien après molt i que també s'havien divertit, perquè havien fet feina de científiques i científics.

Els alumnes valoren molt positivament el treball cooperatiu en la realització dels experiments i en l'obtenció de dades, alhora que s'adonen dels avantatges del treball en equip i de compartir dades, calcular valors mitjans, etc.

També van considerar molt útil el fet d'omplir conjuntament la taula-resum al final, entre tots els grups, ja que això els va proporcionar un espai de discussió col·lectiva molt útil per compartir dubtes i repassar tot el que s'havia treballat al llarg del taller (fig. 16).

La cloenda del taller va consistir en la introducció de les dades de la taula-resum a la base de dades internacional, en la qual prèvia-

ment ens havíem registrat amb un compte específic per al taller de química del Campus Ítaca. Els alumnes tenen l'ocasió de veure a la pantalla del projector dades d'aigües d'altres indrets aportades per escolars d'arreu del món i senten que, tal com dèiem al començament de l'article, a més d'aprendre sobre les característiques i els tractament de les aigües, han aportat el seu granet de sorra a una efemèride d'àmbit internacional.

Referències bibliogràfiques

- IZQUIERDO, M.; MERINO, C.; TORTOSA, M. (2010). «Fer química». *Educació Química EduQ*, 5: 39-45
<<http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000103/0000045.pdf>> [consulta: juny 2011]
- ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D.; WALWERG-HENRIKSSON, H.; HEMMO, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussel·les: European Commission.

Algunes adreces web de referència en relació amb el Global Experiment

Web internacional del Global Experiment (enviament i consulta de dades): <<http://water.chemistry2011.org/web/iyc>>.

Activitats del Global Experiment
Protocols inicials:

<<http://blocs.iec.cat/aiq2011/2011/04/06/lexperiment-mundial-laigua-una-solucio-quimica/>>.

Protocols a microescala:
<<http://blocs.iec.cat/aiq2011/2011/11/21/protocols-del-global-experiment-a-microescala/>>.

Nota: a l'Aplicatiu de Recobriment Curricular (ARC) del Departament d'Ensenyament, de lliure accés a Internet (<http://apliense.xtec.cat/arc/>), podeu trobar l'activitat «L'aigua, sempre aigua?», vinculada al currículum de les ciències de la naturalesa de secundària i elaborada a partir del material d'aquest taller i dels protocols inicials i a microescala del Global Experiment, traduïts per la SCQ (<http://apliense.xtec.cat/arc/node/1738>).



Mercè Izquierdo Aymerich

és doctora en ciències (química). És catedràtica de didàctica de les ciències a la UAB, on ha fet classes de química, història de la química i didàctica de les ciències. La seva recerca es dedica de manera específica al llenguatge i als aspectes històrics i epistemològics que tenen influència en l'ensenyament de la química. Ha dirigit tesis doctorals i ha participat en programes de formació de professors en actiu i en projectes de recerca col·laboració amb universitats de l'Estat espanyol i de l'Amèrica Llatina. És codirectora de la revista *Enseñanza de las Ciencias*.
A. e.: merce.izquierdo@uab.es



Beatriz Cantero Riveros

és llicenciada en bioquímica. Ha estat professora de Biologia cel·lular i molecular a la USACH, Xile. És màster en didàctica de les ciències experimentals per la UAB. Actualment fa el doctorat en didàctica. Ha treballat sobre aspectes socials de la ciència i comunicació científica, com museus i altres formats comunicatius. Els seus interessos de recerca i formació estan relacionats amb l'activitat científica escolar i la incorporació de la perspectiva de gènere a la classe de ciències experimentals.
A. e.: beacanteror@gmail.com



Montserrat Tortosa Moreno

és professora de secundària des del 1984. Actualment és catedràtica de física i química de l'institut Ferran Casablanques de Sabadell i investigadora de la Facultat de Ciències de l'Educació de la UAB. Llicenciada en ciències químiques (1982) i biològiques (1988) per la UAB i doctora en química (2001) per la UPC. Va ser professora associada de química a la UPC (1990-2005), de didàctica de les ciències a la UAB (2009-2011), i investigadora del Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (2005-2009).
A. e.: mtortosa@xtec.cat