

# Cap a un millor coneixement de l'aigua i el seu món

Towards a better understanding of the water world

Francesc Centellas, Josep Centelles, Joan Dosta, Sergi García, Carme González, Jaume Granell, Albert Gutiérrez, Elisa Vallés i Elena Xuriguera / Universitat de Barcelona. Facultat de Química



## resum

L'objectiu d'aquesta pràctica de laboratori, dirigida als estudiants de batxillerat, és fer un estudi sobre les característiques de diferents tipus d'aigües naturals: pH, conductivitat, presència de ferro(III) i comportament amb el sabó. A més, s'introduirà l'alumnat en el procés de potabilització de l'aigua mitjançant alguns experiments simples de laboratori.

## paraules clau

Química, laboratori, medi ambient, aigua potable.

## abstract

The aim of this laboratory experiment, aimed at high school students, is to make a study on the characteristics of some samples of natural water with different properties: pH, conductivity, presence of iron(III) and behavior with soap. In addition, the process of purifying water will be introduced to the students using some simple experiments in the laboratory.

## keywords

Chemistry, laboratory, environment, drinking water.

## Presentació

El present article s'ha inspirat en la pràctica incorporada a la darrera edició de *Fem química al laboratori*, l'activitat docent que organitza la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona des del curs 2001-2002 i a la qual assisteixen cada any més de mil tres-cents estudiants de batxillerat provinents de tot el territori català (<http://www.ub.edu/futursinousestudiants/fql.html>).

Com molts professors ja saben, *Fem química al laboratori* ofereix als alumnes la possibilitat de viure una jornada envoltats de l'ambient universitari i, a més, realitzar algunes pràctiques de química aprofitant les instal·lacions i els recursos que ofe-

reix la nostra Facultat. Continuant amb el costum de renovar les pràctiques de laboratori que es fan a l'activitat, en l'última edició (gener i febrer de 2014), vam incorporar la pràctica «Parlem de l'aigua», a fi que els estudiants coneguessin millor les característiques d'algunes aigües naturals i, alhora, els tractaments que actualment donem a aquest recurs tan important.

Atès que hem pogut comprovar que aquesta nova pràctica ha despertat un gran interès per part de l'alumnat i del professorat, que per realitzar-la es requereixen molt pocs recursos i que, a més, comporta una molt baixa perillositat personal i ambiental, hem pensat que podria ser interessant

elaborar-ne una versió més ampliada i detallada (que, de fet, és la que es presenta en aquest article), per tal que qualsevol professor que ho vulgui pugui realitzar una sèrie d'experiments en què l'aigua és la protagonista als seus centres d'ESO i/o batxillerat.

## Introducció

La vida, tal com la coneixem, està lligada a l'aigua. A conseqüència de les descàrregues elèctriques que fa molts milions d'anys tingueren lloc en el si de l'atmosfera, es va formar l'aigua al nostre planeta i, juntament amb ella, les primeres molècules orgàniques. Amb el pas del temps, uns primers microorganismes van colonitzar el medi aquós i, de lla-

vors ençà, l'aigua ha esdevingut imprescindible en el manteniment de qualsevol forma de vida del nostre món.

L'existència de grans extensions d'aigua líquida, ara per ara, sembla exclusiva de la Terra. L'aigua ocupa el 71 % de la superfície del planeta i la major part es troba en els mars i oceans. Aquesta aigua, atesa la seva elevada salinitat, no és adequada ni per al reg ni per al consum humà. Aquests mars i oceans són, però, l'origen de l'aigua dolça que acabarà arribant a les masses continentals. Deixant de banda l'aigua present a l'atmosfera, que tan sols representa el 0,04 % del total, l'aigua dolça constitueix aproximadament el 2,5 % del total de l'aigua del planeta, i inclou l'aigua emmagatzemada en forma de gel (neus permanents, glaceres, icebergs i les banquises polars), les aigües superficials ( rius, llacs i pantans), les aigües subterrànies dolces i la humitat del sòl. De fet, si tota l'aigua de la Terra fos a l'interior d'una botelleta de 250 mL, l'aigua dolça constituïria una sola gota del total.

Per sort, l'aigua és un recurs renovable en l'àmbit global, encara que no ho sigui necessàriament en el local. La disponibilitat d'aigua dolça en una determinada regió depèn de la geografia, la geologia i el clima; de la població que hi viu i de la concentració d'aquesta en nuclis urbans o rurals; del tipus d'activitats econòmiques regionals (indústria, agricultura i ramaderia, serveis), i també de les pautes de consum i de la consciència ecològica dels seus habitants. A més, la disponibilitat d'aigua en una regió no depèn només de la quantitat d'aquest recurs, sinó que també depèn de la seva qualitat. És evident que no serveix de res tenir a l'abast grans quantitats d'aigua, si pel fet d'estar contaminada no la podem fer servir per satisfer les nostres necessitats.

En fer la pràctica de laboratori «Parlem de l'aigua», ens endinsarem una mica en el món d'aquesta substància tan valuosa. Realitzarem diferents determinacions que ens permetran identificar algunes aigües presents a la natura i determinar-ne les propietats. També coneixerem una mica millor alguns dels tractaments químics i fisicoquímics que avui dia rep l'aigua abans de poder-la fer servir a les nostres llars o a l'hora de, un cop usada, retornar-la el més neta possible al medi que ens l'ha procurat.

### Identificació i caracterització d'algunes aigües naturals

#### Objectius

A la primera part de la pràctica, els estudiants podran caracteritzar i identificar algunes aigües naturals amb unes propietats ben diferents (Centellas, Alias, Inglès, Liesa i Rosell, 2008; Centellas, Inglès, Rosell, Cruañas, Brillas, Cruells i Giménez, 2009). La pràctica es realitza amb quatre mostres d'aigua natural disposades en quatre flascons retolats: A, B, C i D. Aquestes mostres corresponen a una aigua dura, a una aigua blana, a una aigua ferruginosa i a una aigua de mar. Utilitzant tires de paper indicador de pH o un pH-metre, un conductímetre i mitjançant algunes senzilles proves en tub d'assaig, els estudiants, treballant en equip, hauran d'identificar el tipus d'aigua de cada flascó. Amb aquesta finalitat, també els serà útil fer servir una font de llum làser i un led de llum blanca per il·luminar les mostres adequadament tractades i observar-ne els resultats.

A fi de conèixer millor els quatre tipus d'aigües naturals que s'han d'identificar, es recomana que, abans de començar la pràctica, els estudiants llegeixin atentament la informació recollida a la taula 1.

### Procediment experimental

Un cop realitzada la lectura recomanada anteriorment i vistos els resultats obtinguts en la darrera edició de *Fem química al laboratori*, recomanem que els estudiants es distribueixin en diferents grups de treball i que cada grup faci algunes (o bé la totalitat) de les experiències de laboratori que s'indiquen a continuació, que observin tot el que passa i anotin els resultats de les observacions en una taula com ara la taula 2, i, finalment, entre tots, que discuteixin els resultats obtinguts i dicamin quin és el tipus d'aigua que hi ha a cada flascó, amb l'elaboració d'un breu argumentari de suport.

#### Mesures de seguretat

Tal com s'ha de tenir present sempre que es treballa al laboratori i encara que en aquesta pràctica es manipulin aigües naturals, no s'ha de tastar o ingerir mai cap mostra que s'estigui investigant.

#### Determinació del pH de les aigües

Es determina el pH de les quatre mostres d'aigua utilitzant paper indicador o bé un pH-metre.

#### Determinació de la conductivitat (o la conductància) de les aigües

Es determina la conductivitat elèctrica (o la conductància) de les quatre mostres d'aigua mitjançant un conductímetre o un salinòmetre. Alguns conductímetres portàtils (de fet, els més econòmics) mesuren conductàncies, mentre que d'altres mesuren conductivitats. A falta d'un conductímetre, també es pot albirar la conductància de les aigües a partir de la lluminositat emesa per una bombeta de baixa potència (o un led) connectada en sèrie a una pila de 4,5 V i dues barretes de coure o acer inoxidable que se submergiran a les aigües durant un breu instant.

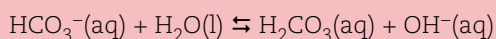
Taula 1. Característiques de les diferents mostres d'aigua

### Aigües blanques

Les aigües blanques són unes aigües dolces poc o molt poc mineralitzades (residu sec < 50 mg · L<sup>-1</sup>), tenen una molt baixa concentració de cations Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>, i per això no originen els problemes associats a formació de tosca i quasi no minven la capacitat d'escumejat dels sabons (vegeu la fig. 1a). A la natura, les trobem en terrenys on predominen roques magmàtiques, com ara el granit o el basalt, unes roques que són molt poc solubles en aigua i que, justament per això i de manera ben diferent al que passa amb les roques calcàries, pràcticament no hi aporten substàncies minerals en solució.

### Aigües dures

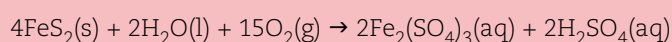
Les aigües dures són unes aigües dolces molt mineralitzades. De fet, el seu residu sec (o massa de les sals dissoltes) supera els 250 mg · L<sup>-1</sup>. A la natura, les trobem en terrenys on predominen les roques calcàries, i per això presenten una elevada concentració de cations calci i magnesi (Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>) i d'anió hidrogenocarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Atès que l'anió HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> és una base més forta que l'aigua, tal com es mostra a la reacció següent, el pH de les aigües dures és lleugerament bàsic:



Els sabons reaccionen amb els cations Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> de les aigües dures i formen compostos insolubles de mida col·loidal que dispersen bé la llum (vegeu les fig. 1b i 1c). En perdre per precipitació part del sabó dissolt, a les aigües dures els sabons també veuen molt minvada la seva capacitat d'escumejat. També, tal com anuncien a la televisió, l'elevada concentració dels cations Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> de les aigües dures fa que aquestes originin dipòsits de tosca (CaCO<sub>3</sub>) a l'interior de les canonades, de les rentadores o dels calefactores.

### Aigües ferruginoses

Les aigües ferruginoses són unes aigües dolces que contenen ions Fe<sup>3+</sup> en solució. Atès que aquests ions es mantenen dissolts quan el medi és prou àcid, les aigües ferruginoses tenen un pH inferior a 7. Les aigües ferruginoses tenen un gust metàl·lic característic que recorda el que proporciona el fet de mantenir sobre la llengua un clau mig rovellat. A la natura, les aigües ferruginoses es troben en indrets molt localitzats on a les roques del terreny abunden minerals com ara la pirita (disulfur de ferro(II) o FeS<sub>2</sub>). En presència d'aigua i exposat a l'aire, l'anió disulfur, S<sub>2</sub><sup>2-</sup>, de la pirita s'oxida i forma l'àcid sulfúric (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), mentre que el Fe<sup>2+</sup> s'acaba transformant en Fe<sup>3+</sup>. Aquest procés d'oxidació de la pirita, força més complex del que a primera vista pugui semblar, es pot representar de manera simplificada mitjançant la reacció que, emprant les formes moleculars dels reactius i dels productes, s'indica a continuació:



El catió Fe<sup>3+</sup>, tal com passava amb els cations Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>, també forma sabons insolubles en aigua, i per aquesta raó les aigües ferruginoses tractades amb una solució de sabó també dispersen la llum (vegeu la fig. 2a).

### Aigua de mar

Com és ben conegut, l'aigua de mar conté una gran quantitat de sals en dissolució (uns 35 g · L<sup>-1</sup>). La més abundant d'aquestes sals és el clorur de sodi, que en solució origina els ions Na<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup>, per bé que també hi trobem, tot i que en una concentració menor, cations com ara el Mg<sup>2+</sup> i el Ca<sup>2+</sup> i anions com el sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) i l'hidrogenocarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

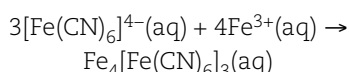
La petita concentració d'hidrogenocarbonat fa que l'aigua de mar tingui un pH lleugerament bàsic (pH ≈ 7,6), mentre que l'elevada salinitat fa que sigui una molt bona conductora del corrent elèctric (conductància i conductivitat elèctriques molt grans).

Si algú ha provat d'ensabonar-se amb aigua de mar (cosa molt poc probable, si no és que ha volgut cridar l'atenció), haurà vist que és pràcticament impossible. L'aigua de mar fa que el sabó perdi tota la seva capacitat d'escumejar. Això es deu al fet que, tal com passava amb les aigües dures, els sabons reaccionen amb els cations Mg<sup>2+</sup> i Ca<sup>2+</sup> de l'aigua de mar i es formen els corresponents sabons insolubles de calci i de magnesi. A diferència, però, del que passa amb les aigües dures, atesa l'alta concentració de cations present en l'aigua de mar, les partícules col·loïdals dels sabons de calci o de magnesi s'ajunten entre si (floculen) i originen uns agregats voluminosos (flocs o flòculs) que són observables a simple vista i que, atesa la seva baixa densitat, acaben pujant a la superfície de l'aigua sense escumejar (vegeu les fig. 2b i 2c).

Els estudiants, guiats pel professor, podran conèixer alguns dels processos que rep l'aigua abans de ser utilitzada per l'home o bé retornada al medi sense risc per als ecosistemes naturals. Per tal de potabilitzar aigües superficials i subterrànies, cal realitzar un tractament complex i efectiu

### Identificació de la presència del catió $\text{Fe}^{3+}$ a les aigües

La identificació de la presència de  $\text{Fe}^{3+}$  a les mostres es pot fer seguint el procediment següent: disposar 1 mL de cada mostra d'aigua a investigar en un tub d'assaig i, tot seguit, afegir-hi dues gotes d'una solució d'hexacianoferrat(II) de potassi. Si hi ha  $\text{Fe}^{3+}$  a la mostra d'aigua, s'observarà l'aparició d'un color blau intens a causa de la formació del blau de Prússia. La reacció que té lloc, escrita de manera simplificada, és la següent:



### Comportament amb el sabó

Es disposen 5 mL de cada mostra d'aigua a investigar en un tub d'assaig i s'afegir-hi a cada tub deu gotes d'una solució de sabó (no de detergent). S'agita el tub d'assaig i s'observa l'aspecte de l'aigua i si s'ha format o no espuma a la superfície. Si la mostra d'aigua conté cations  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ , s'observarà l'aparició d'una terbolesa (efecte Tyndall) que serà més intensa com més gran sigui la concentració d'aquests ions. De fet, com més gran sigui la concentració, més s'afavoriran la precipitació del sabó i la terbolesa de la

Taula 2. Taula per anotar les observacions realitzades pels alumnes

	Mostra A	Mostra B	Mostra C	Mostra D
1) pH				
2) Conductivitat				
3) Presència de $\text{Fe}^{3+}$				
4) Comportament amb el sabó				
Típus d'aigua				

solució. Simultàniament, com més intensa sigui la terbolesa formada, més minvada es veurà la capacitat d'escumejar del sabó.

La formació d'aquestes partícules insolubles es pot detectar, mitjançant l'efecte Tyndall, observant la dispersió de la radiació que té lloc quan s'il·lumina les diferents mostres amb un punter làser. Vegeu les fig. 1 i 2.

### Discussió i conclusions

Quan els grups de treball han realitzat les determinacions, es posen en comú els resultats obtinguts i s'identifica quin tipus d'aigua hi ha a cada flascó.

### Residus

S'aboquen les solucions dels tubs d'assaig que contenen ferro(III) al contenidor corresponent.

### Els tractaments de l'aigua

En aquesta segona part de la pràctica, els estudiants, guiats pel professor, podran conèixer alguns dels processos que rep l'aigua abans de ser utilitzada per l'home o bé retornada al medi sense risc per als ecosistemes naturals. Per tal de potabilitzar aigües superficials i subterrànies, cal realitzar un tractament complex i efectiu de cara a fer que l'aigua resultant pugui ser distribuïda al consumidor final. El tractament de potabilització concret depèn de la qualitat de l'aigua d'entrada. D'aquesta forma, si cal potabilitzar una aigua d'un riu molt net i amb una concentració molt reduïda de sals

minerals, com ara l'aigua dels rius d'alta muntanya, amb una baixa densitat de població i un baix nivell d'industrialització, el tractament serà relativament senzill. A mesura que el grau d'industrialització i la densitat de població s'incrementen, juntament amb les característiques pròpies de les aigües de cada localització, la complexitat del procés pot augmentar de manera important.

En el cas de l'àrea metropolitana de Barcelona, la població s'abasteix principalment de l'aigua dels rius Ter i Llobregat, així com d'aqüífers de la zona. Des de l'any 2009, en què la dessalinitzadora del Prat de Llobregat va entrar en servei, part de l'aigua demandada també es garanteix a partir d'aigua marina dessalinitzada i tractada (García Molina i Casañas, 2010). A la fig. 3 es presenta el diagrama de blocs que podria correspondre a un procés de potabilització en una estació moderna de tractament d'aigües.

Un cop feta la captació de l'aigua superficial i després de passar per unes reixes per separar grans sòlids, aquesta aigua es condueix a un dessorrador, on s'eliminen per decantació grava i sorres que puguin haver-hi entrat. Aquestes partícules no dissoltes són fàcilment sedimentables, però n'hi ha d'altres que acompanyen l'aigua, com ara els llims, les argiles i altres partícules col·loïdals, que, de manera natural, són molt difícils de decantar i proporcionen terbolesa. A tall d'exemple, una partí-



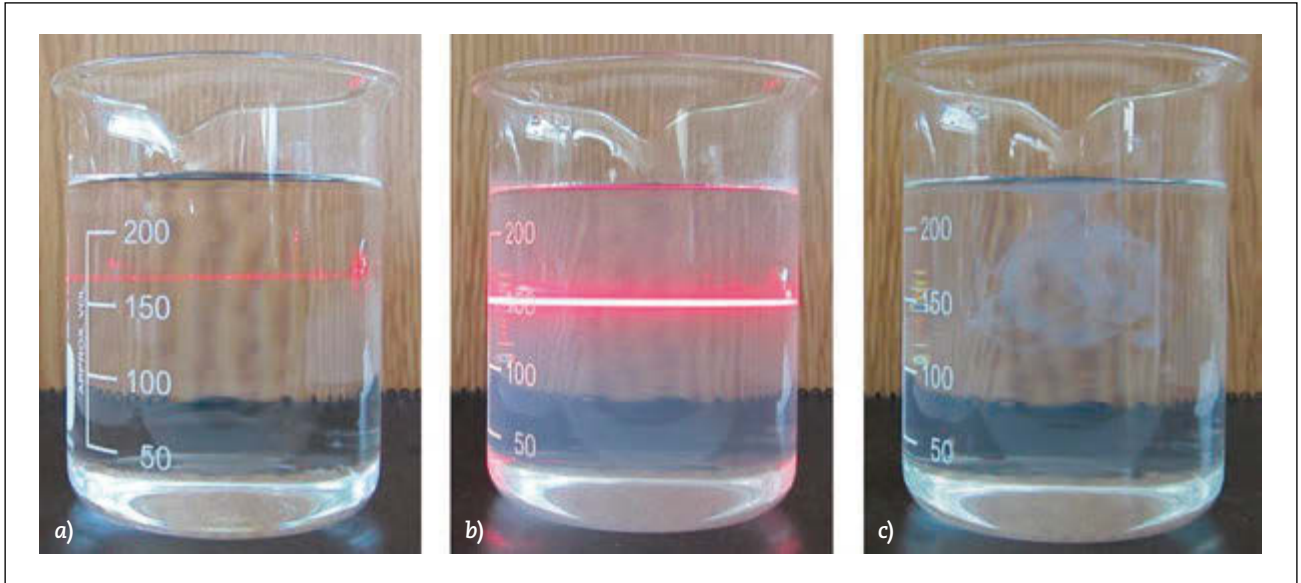


Figura 1. Diferent comportament d'una aigua blana (a) i una aigua dura (b) a les quals s'ha addicionat una petita quantitat de solució sabonosa quan s'hi fa passar un raig làser. La fig. 1c mostra el núvol (interior del cercle) que es forma quan s'afegeix la solució sabonosa a l'aigua dura. La formació d'aquest núvol és quasi imperceptible, si la solució sabonosa s'afegeix a una aigua blana de molt baixa mineralització.

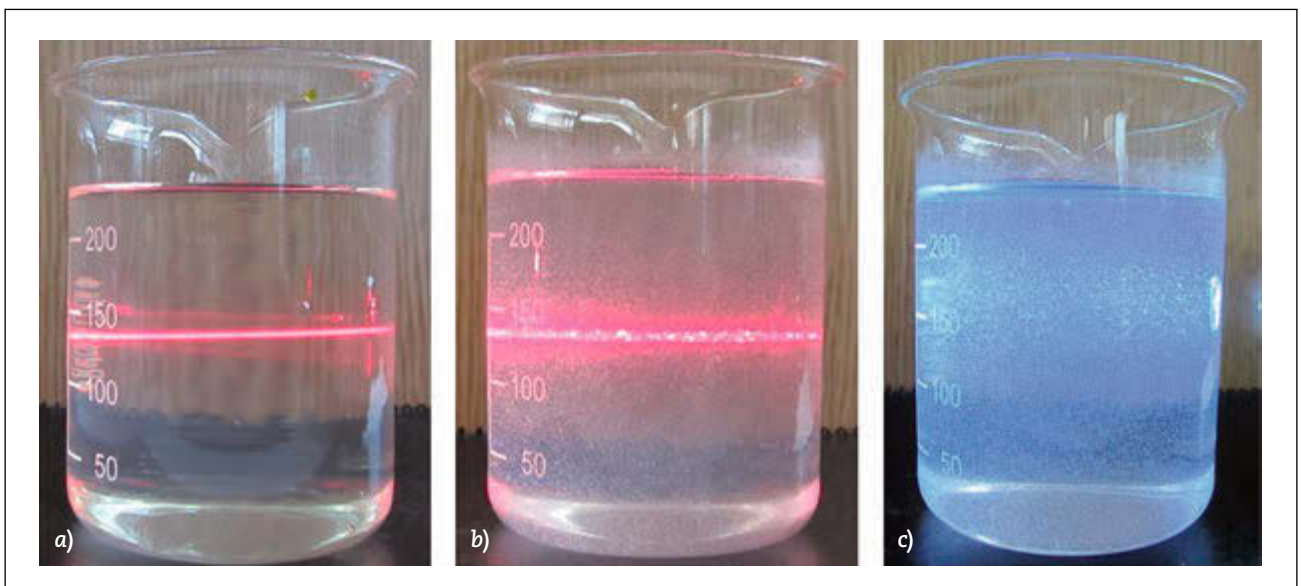


Figura 2. Diferent comportament d'una aigua ferruginosa (a) i una aigua de mar (b) a les quals s'ha addicionat una petita quantitat de solució sabonosa quan s'hi fa passar un raig làser. La fig. 2c mostra els floculs que es formen a conseqüència de l'agregació de les partícules col·loïdals quan s'afegeix la solució sabonosa a l'aigua de mar (il·luminació amb un led de llum blanca).

cula de sorra d'1 mm tardaria 10 s a descendir 1 m en el si d'una aigua, mentre que una partícula col·loïdal de 0,1 mm trigaria dos anys a fer el mateix.

La raó principal per la qual les partícules col·loïdals no se sedimenten amb facilitat és que estan carregades en la superfície (habitualment, amb càrrega ne-

gativa). Això els confereix estabilitat dins l'aigua, ja que es repel·lexen les unes a les altres, la qual cosa n'impedeix l'agregació. La forma de poder-les separar és el tractament de coagulació/floculació, que consisteix a afegir sals de cations molt electropositius (agents coagulants), com les sals de  $\text{Fe}^{3+}$  o  $\text{Al}^{3+}$ , perquè neu-

tralitzin les càrregues de les partícules col·loïdals i puguin agrupar-se (formant floculs) i sedimentar-se. En algunes ocasions, es poden aportar a l'aigua agents floculants per millorar l'agrupació en floculs de partícules col·loïdals neutralitzades. La fig. 4 mostra esquemàticament el procés de coagulació/floculació.

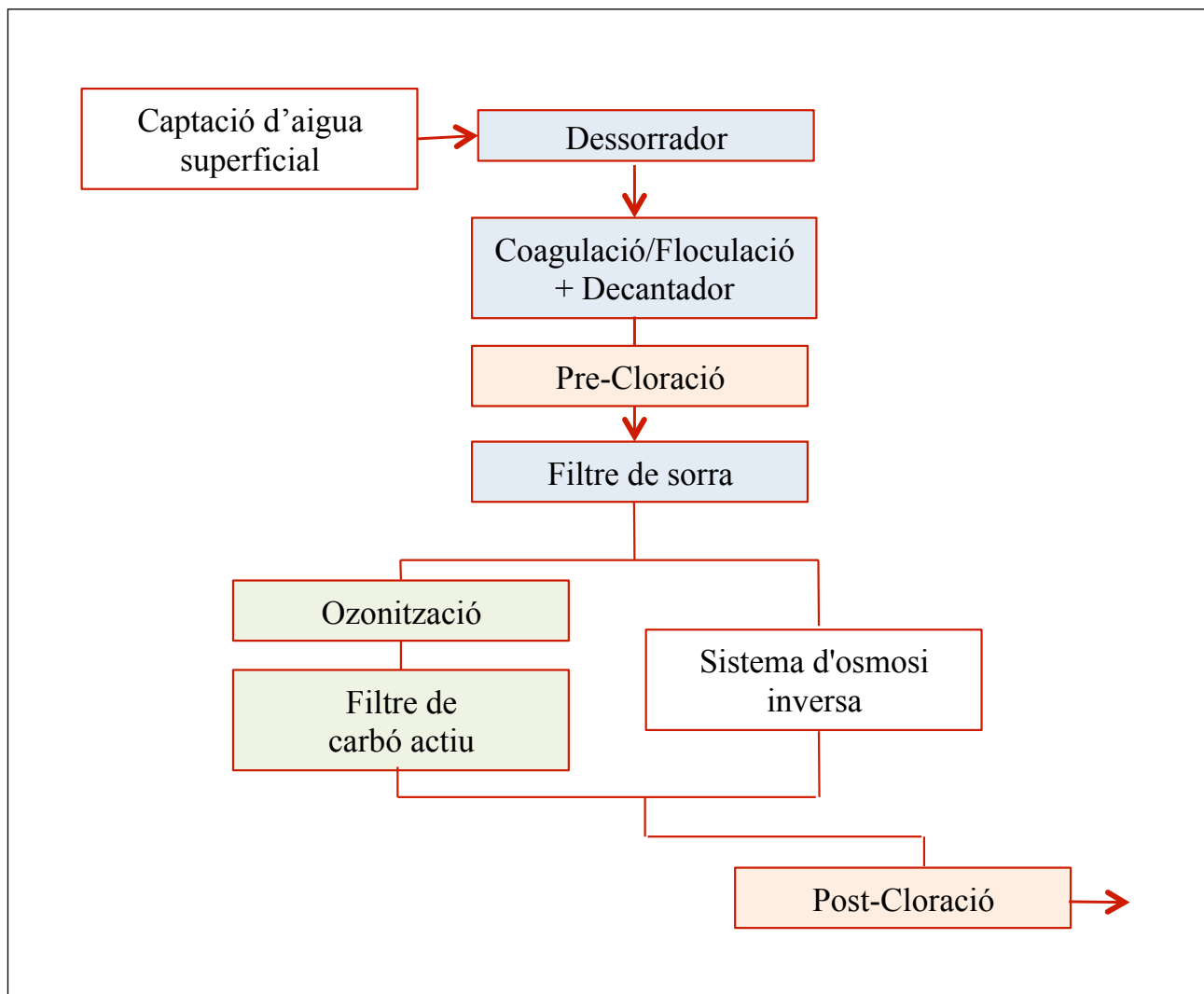


Figura 3. Diagrama de blocs d'un procés de potabilització.

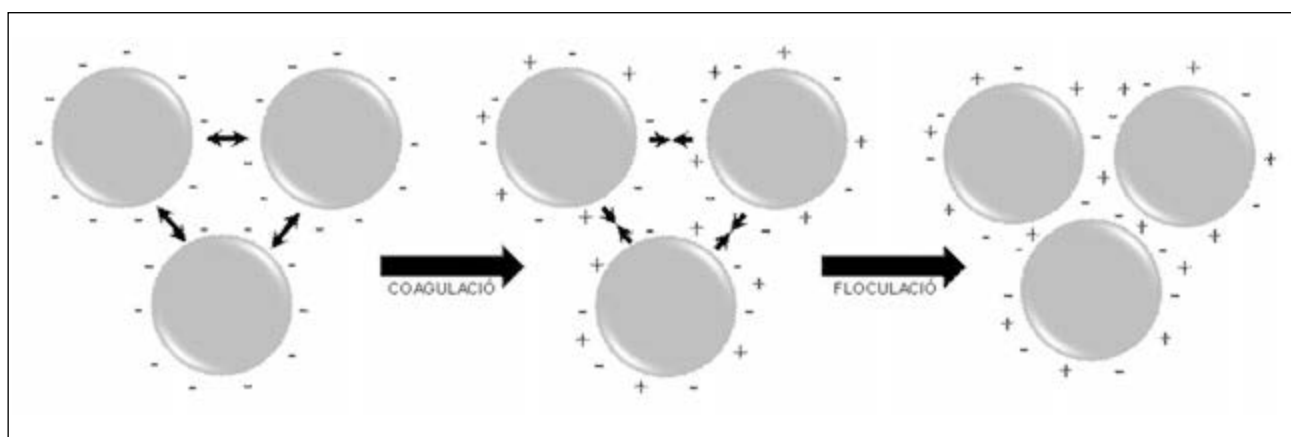


Figura 4. Esquema del procés de coagulació/floculació (realitzat a partir de Martí Deulofeu, Martí, Queral, Pujadas, Mur, Ruffo, Dios i Carbonell, 2004).

Seguidament, al flux d'aigua del procés de coagulació/floculació se li addiciona una petita dosi de clor per evitar la proliferació de bacteris al llarg de la planta.

Un cop fet això, l'aigua es condueix a un filtre compost per un llit de sorra que actua com a filtre per separar petites partícules en suspensió que encara arrosseguei

l'aigua. Aquest tipus de filtre també s'acostuma a instal·lar en les depuradores de piscines.

A partir d'aquí, l'aigua se separa en dues fraccions. La pri-

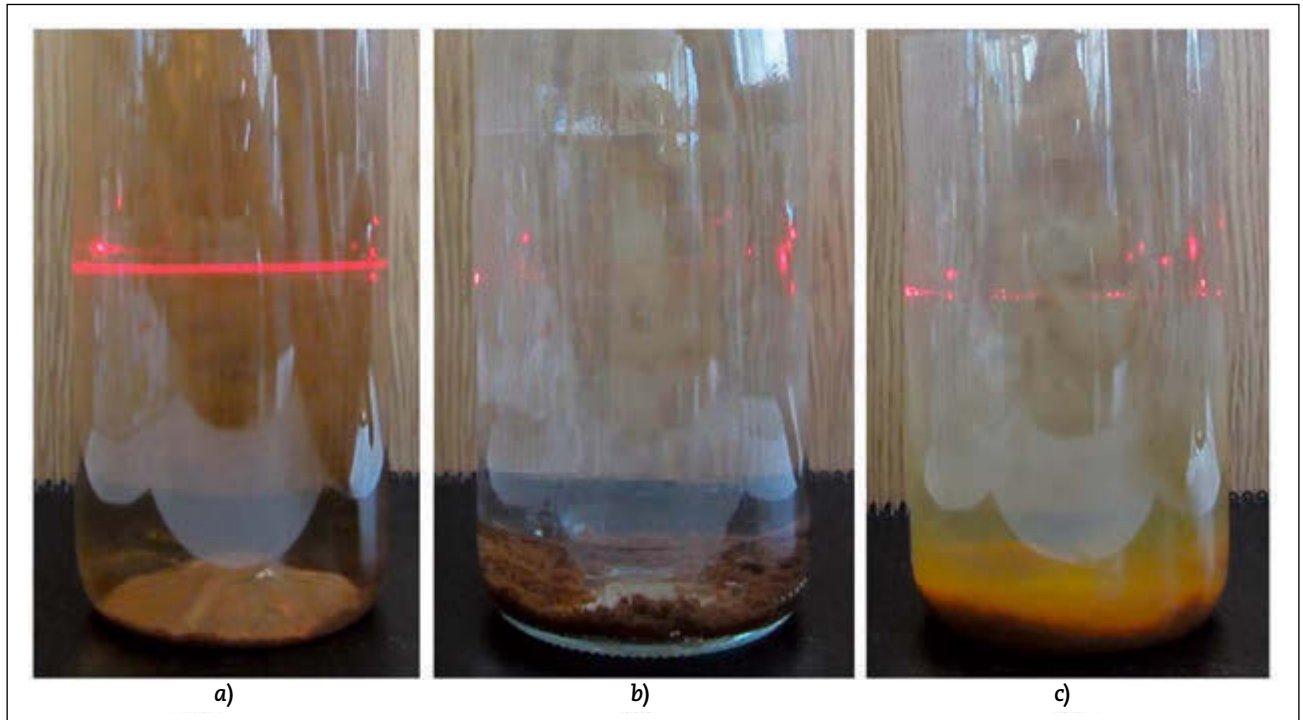


Figura 5. Imatges de l'aspecte i del pas d'un raig làser en una aigua residual procedent d'una planta de tractament de purins a la qual: a) no s'hi ha afegit un agent coagulant; b) s'ha tractat amb la quantitat adequada d'agent coagulant per flocular la pràctica totalitat de les partícules col·loïdals, i c) s'hi ha afegit un excés d'agent coagulant.

mera fracció de l'aigua es condueix a una instal·lació d'ozonització seguida d'un llit de carbó actiu, que millora les condicions organolèptiques de l'aigua (color, gust i olor). En l'ozonització, l'oxigen de l'aire ( $O_2$ ) es converteix en ozó ( $O_3$ ), que s'encarrega d'oxidar la matèria orgànica que dona color, gust i olor a l'aigua. Posteriorment, un filtre de carbó actiu retindrà la matèria orgànica que no ha estat oxidada per l'ozó.

**A causa de les característiques geològiques pròpies de les conques hídriques per les quals circula l'aigua del riu Llobregat, aquesta posseeix una gran quantitat de sals. És per això que se sotmet la segona fracció de l'aigua a un tractament per retirar-les**

A causa de les característiques geològiques pròpies de les conques hídriques per les quals circula l'aigua del riu Llobregat, aquesta posseeix una gran quantitat de sals. És per això que se sotmet la segona fracció de l'aigua a un tractament per retirar-les. Concretament, es fa un tractament amb membranes d'ultrafiltració i, a continuació, se li fa un condicionament per minimitzar l'embrutiment de les membranes d'osmosi inversa. En aquestes últimes membranes, es retenen totes les sals de l'aigua mitjançant l'aplicació d'altres pressions i en surt una aigua desionitzada (o, més ben dit, permeada) lliure de sals. Aquesta aigua s'ha de remineralitzar (normalment, amb filtres de calcita), perquè, si no, tindria un caràcter agressiu i incrustant.

Un cop realitzats aquests tractaments, les dues fraccions d'aigua es mesclen i es cloren per desinfectar-les abans de distribuir-les a les cases. Per a una informació

més detallada del funcionament de les estacions de tractament d'aigües potables en general i de la de Sant Joan Despí en particular, podeu consultar el web d'Agbar (*Aula de l'Aigua...*, 2013).

#### **Demostracions**

Per tal d'il·lustrar el tractament de coagulació/floculació, els estudiants observen quatre mostres d'una aigua rica en matèria col·loïdal amb diferents dosis de  $FeCl_3$ , de manera que visualment es millori la comprensió d'aquest tractament. Tal com s'ha fet a la primera part de la pràctica, els alumnes utilitzen un punter làser per detectar la presència de partícules col·loïdals aprofitant l'efecte Tyndall. Els estudiants poden comparar el que s'observa a la fig. 5 amb les observacions prèvies de les fig. 1 i 2.

Per comprovar l'eficiència d'un filtre de carbó actiu, es tracta una mostra d'aigua que conté blau de metilè, un compost orgànic que dota d'un color blau la mostra,

## Per tal d'aprofundir en el coneixement de l'osmosi inversa, es pot descriure als estudiants aquest fenomen en detall i debatre'n les aplicacions. També, si se'n disposa, es pot mostrar una de les membranes d'osmosi inversa utilitzades actualment a les plantes de tractament

amb carbó en pols, i es comprova la desaparició total de la coloració de l'aigua gràcies a aquest agent adsorbent.

Per tal d'aprofundir en el coneixement de l'osmosi inversa, es pot descriure als estudiants aquest fenomen en detall i debatre'n les aplicacions. També, si se'n disposa, es pot mostrar una de les membranes d'osmosi inversa utilitzades actualment a les plantes de tractament.

### Qüestions

Finalment, es poden plantejar diverses qüestions que el professorat consideri adequades al nivell de l'alumnat i als objectius que s'hagi plantejat a l'hora de realitzar la pràctica. Orientativament, se n'aporten algunes:

- Quines de les aigües següents són potables?
  - Aigua mineral embotellada.
  - Aigua de mar.
  - Aigua d'una zona volcànica, amb un contingut elevat de  $H_2S$ .
  - Aigua d'una font d'alta muntanya i de baixa mineralització.
  - Aigua de pluja en una gran ciutat amb molta pol·lució.

2. Ordeneu els passos que seguiríeu en un procés de potabilització:

- Filtrar l'aigua a través d'un filtre de carbó actiu.

- Deixar l'aigua en dessoradors per sedimentar les partícules grans.

- Fer passar l'aigua per unes reixes per separar sòlids grans.

- Afegir agents coagulants per formar floculs i decantar-los de l'aigua.

3. Quin és el pH de l'aigua com a compost pur?

- Àcid ( $pH < 7$ ).
- Neutre ( $pH = 7$ ).
- Bàsic ( $pH > 7$ ).

Quina serà la seva conductivitat?

- Alta.
- Baixa.

4. Quin és el pH de l'aigua d'un riu subterrani que passa per un territori on abunden les calcàries (roques formades per carbonat de calci,  $CaCO_3$ )?

- Àcid ( $pH < 7$ ).
- Neutre ( $pH = 7$ ).
- Bàsic ( $pH > 7$ ).

Com serà la conductivitat de l'aigua d'aquest riu?

- Més alta que la de l'aigua de mar.
- Més baixa que la de l'aigua de mar.
- Més alta que la d'una aigua blana.
- Més baixa que la d'una aigua blana.

5. Quina de les substàncies següents creieu que és més important per desenvolupar la vida?

- El petroli.
- L'aigua.
- L'etanol.

### Conclusions

Aquesta pràctica pretén mostrar la importància de la química en la societat i en el medi ambient, alhora que presentar alguns dels tractaments químics i fisicoquímics que s'apliquen a l'aigua durant el procés de potabilització per poder-la utilit-

zar amb les garanties sanitàries adequades.

La pràctica s'ha dissenyat de forma molt respectuosa amb el medi ambient, ja que el nombre de residus que es generen és mínim i de toxicitat nul·la o molt baixa. Es pot destacar que el blau de Prússia, que s'obté en una de les reaccions de tub d'assaig, és una substància de toxicitat molt baixa, ja que el cianur està enllaçat molt fortament a l'ió metàl·lic. De fet, el blau de Prússia s'utilitza com a antídoto en cas d'intoxicació per cations pesants com el tali o el cesi radioactiu (Rayner-Canham i Avery, 2003).

Com a totes les pràctiques que es realitzen en l'activitat *Fem química al laboratori*, aquesta pràctica acostuma els estudiants a abocar els residus que no puguin anar directament a la pica als contenidors corresponents, un protocol de treball seguit pels químics al laboratori per contribuir a mantenir net el medi ambient.

El cost econòmic associat a la realització de la pràctica és molt baix i s'hi treballen molts continguts i moltes competències de la química de l'ESO i el batxillerat. A més, la pràctica permet millorar la comprensió lectora dels estudiants, fomentar el treball en equip, propiciar la discussió dels resultats experimentals i argumentar per escrit les conclusions que se'n puguin extreure.

### Bibliografia

- Aula de l'Aigua: visita a la planta potabilitzadora de Sant Joan Despí* [en línia] (2013). Barcelona: Agbar. <<http://www.aiguesdebarcelona.cat/ca/aula-del-agua>> [Consulta: 12 desembre 2013].
- CENTELLAS, F. A.; ALIAS, G.; INGLÈS, M.; LIESA, M.; ROSELL, L. (2008). *Guia de la geologia de Collserola*. Barcelona: Consorci del Parc de Collserola.
- CENTELLAS, F. A.; INGLÈS, M.; ROSELL, L.; CRUAÑAS, R.; BRILLAS, E.; CRUELLES,



M.; GIMÉNEZ, X. (2009). *Química i medi: Itinerari ambiental de Castellciuró a Santa Creu d'Olorda*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

*Fem química al laboratori* [en línia] (2014). Barcelona: Universitat de Barcelona. Facultat de Química. <<http://www.ub.edu/fu>



**Francesc Centellas**



**Sergi García**



**Albert Gutiérrez**

#### **Els autors**

Són professors de la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona. Els seus temes d'interès són la docència de la química, tant en l'àmbit universitari com al batxillerat, i la recerca en els camps següents: tractament d'aigües contaminades mitjançant processos químics i electroquímics d'oxidació avançada (F. C.), bioquímica integrativa i teràpia del càncer (J. C.), tractaments biològics d'aigües residuals i residus orgànics (J. D.), tecnologies electroquímiques d'oxidació avançada per al tractament d'aigües (S. G.), sis-

tursinousestudians/fql.html> [Consulta: 30 gener 2015].

GARCÍA MOLINA, V.; CASAÑAS, A. (2010). «Reverse osmosis, a key technology in combating water scarcity in Spain». *Desalination*, núm. 250, p. 950-955.

MARTÍ DEULOFEU, J. M.; MARTÍ, S.; QUERAL, R.; PUJADAS, A.; MUR, J.;



**Josep J. Centelles**



**Carme González**



**Elisa Vallés**

temes col·loïdals (C. G.), química organometàlica i bioinorgànica (J. G.), química supramolecular i les seves aplicacions (A. G.), electroquímica i nanotecnologia (E. V.) i disseny i optimització de processos i materials (E. X., actualment col·laboradora externa des del sector industrial). A més, els autors són membres del grup d'innovació docent de la Universitat de Barcelona QISU (Química a la Interfase Secundària-Universitat), que és una via de relació entre la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona i els centres d'ensenyament secundari.

RUFFO, J.; DIOS, G. de; CARBONELL, J. (2004). *Stenco: Water treatment – Tratamientos de aguas – Tractaments d'aigües*. 3a ed. Barcelona: Stenco.

RAYNER-CANHAM, G.; AVERY, S. (2003). «Thallium: a poisoner's favourite». *Education in Chemistry*, vol. 40, núm. 5, p. 132-134.



**Joan Dosta**



**Jaume Granell**



**Elena Xuriguera**

En aquest context, es dissenyen experiments i s'organitzen activitats per tal d'augmentar la formació científica, en l'àmbit de la química, dels estudiants de secundària.

A/e: [facentellas@ub.edu](mailto:facentellas@ub.edu), [josepcentelles@ub.edu](mailto:josepcentelles@ub.edu), [jdosta@ub.edu](mailto:jdosta@ub.edu), [sergigs\\_87@hotmail.com](mailto:sergigs_87@hotmail.com), [carme.gonzalez@ub.edu](mailto:carme.gonzalez@ub.edu), [jaume.granell@ub.edu](mailto:jaume.granell@ub.edu), [albert.gutierrez@ub.edu](mailto:albert.gutierrez@ub.edu), [e.valles@ub.edu](mailto:e.valles@ub.edu), [xuriguera@ub.edu](mailto:xuriguera@ub.edu).

Coordinadors: Francesc Centellas i Jaume Granell.