

# Estudi experimental d'aigües minerals naturals

## Experimental study of mineral waters

Miquel Paraira / Universitat Politècnica de Catalunya



### resum

En aquest treball pràctic de laboratori es proposa als alumnes analitzar algunes característiques de les aigües minerals naturals i comparar-los amb els valors que hi ha a l'etiqueta de l'envàs. També s'hi proposa comparar els resultats de les anàlisis de diferents aigües. Es determina el pH, la conductivitat elèctrica, el residu sec, el contingut en bicarbonats, el contingut en clorurs i la duresa total.

### paraules clau

Aigua mineral, residu sec, hidrogencarbonat, clorurs, duresa.

### abstract

In this laboratory practice, students are encouraged to analyse some parameters of natural spring water. They compare their results with those of the labels and of other waters. The test for the pH level, conductivity, the residue, hydrogencarbonates, chlorides and the hardness of water are carried out.

### key words

Mineral water, the residue, hydrogencarbonates, chlorides, hardness of the water

### Introducció

L'objectiu d'aquest conjunt d'experiències és que els alumnes posin en pràctica coneixements ja adquirits per determinar la composició i les característiques d'un dels productes comercials més consumits arreu del món: les aigües minerals naturals. Al mercat es poden trobar aigües minerals naturals, que tot i tenir en molts casos una composició simi-

lar, presenten diferències entre elles. En funció de la composició, són més o menys aconsellables per als trastorns o alteracions de l'organisme com ara la hipertensió, els problemes renals i l'obesitat. És per això que el coneixement de la composició i les característiques d'aquestes aigües és del tot fonamental. Així, la presència important de sodi en l'aigua la fa desaconsellable per a

persones amb hipertensió, la presència de calci és bona per al desenvolupament ossi, mentre que una alta duresa (presència de sals de calci i magnesi) en l'aigua corrent no és aconsellable per a la dutxa si es pateix dermatitis atòpica. Les aigües dures tampoc són aconsellables en rentadores i rentavaixelles, ja que es poden produir incrustacions de carbonat de calci que malmeten algunes de

les peces d'aquests electrodomèstics, tot i que actualment es comercialitzen aparells descalcificadors que, connectats a l'entrada d'aigua de les cases, eliminen el calci i eviten aquests inconvenients. En aquest estudi es determinen els paràmetres següents:

- El pH de l'aigua.
- La conductivitat elèctrica.
- El residu sec.
- El contingut en bicarbonats.
- El contingut en clorurs.
- La duresa (sals de calci i magnesi).

### Procediment experimental i formulació de preguntes

#### a) Material i reactius

Paper de pH, circuit de conductivitat, càpsula de porcellana, vasos de precipitats de 100 mL, erlenmeyer de 250 mL, buretes de 25 mL, suports, pinces, balança, sistema calefactor, àcid clorhídric ( $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ ), nitrat de plata ( $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ ), dissolució diluïda de cromat de potassi, ataronjat de metil, EDTA ( $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ ), negre d'eriocromT, tampó de pH 10.

#### b) Determinació dels paràmetres seleccionats

Tot seguit es descriu el procediment de laboratori que hauran de seguir els alumnes i les preguntes que el professor hauria de formular a mesura que els alumnes avancin en l'experimentació, ja sigui abans d'iniciar una determinació concreta o en acabar-la.

Abans de començar l'experimentació es demana als alumnes si saben exactament què és una aigua mineral natural. Sovint sembla fàcil de contestar, però els alumnes no en coneixen la definició exacta. Aquesta i altres qüestions inicials ajuden a presentar l'activitat en un context proper i quotidià.

Els alumnes han de reflexionar i donar resposta a cadascuna de les preguntes que es formulen al



Aigües minerals per analitzar

final de cada apartat així com anotar els resultats dels experiments.

#### 1. Mesura del pH

Col·loqueu en un vas de precipitats de 100 mL una mostra d'aigua mineral i a continuació submergiu-hi una tira de paper universal de pH o els elèctrodes d'un pH-metre en el cas en que sigui possible.

- Què és el pH?
- És una aigua àcida, neutra o alcalina l'aigua mineral analitzada?

#### 2. Conductivitat elèctrica

Col·loqueu en un vas de precipitats de 100 mL, uns 50 mL d'aigua i a continuació submergiu dins de l'aigua del vas els dos elèctrodes de carbó que formen part d'un circuit de conductivitat. El circuit per determinar si l'aigua mineral condueix l'electricitat conté una bombeta de 220 V, un interruptor, dos elèctrodes de carbó i un mascle per endollar-lo a un endoll de 220 V.

Repetiu l'experiència amb aigua de l'aixeta i amb aigua destil·lada, netejant bé els elèctrodes

amb aigua destil·lada cada cop que es canvia d'aigua.

Nota: cal anar amb precaució en manipular el circuit quan està endollat, procurant no tocar els elèctrodes amb les mans, i desendollar sempre que es canvia el contingut del vas.

- Quina és la finalitat de cadascun dels elements del circuit?
- La bombeta s'encén o no s'encén?
- Per què és conductora l'aigua mineral?
- És conductora l'aigua de l'aixeta? i l'aigua destil·lada? Perquè?
- Com s'expressa quantitativament la conductivitat d'una aigua?

#### 3. El residu sec

Mesureu amb la balança la massa d'una càpsula de porcellana o d'un vas de precipitats de 100 mL amb una precisió del centigram. Col·loqueu dins de la càpsula o del vas de precipitats 50 mL l'aigua mineral natural mesurada amb una proveta de 50 mL. Escalfeu suaument la càpsula o el vas de precipitats amb un sistema calefactor adient (Bunsen

amb trespeus i reixeta o placa elèctrica), procurant que no surtin projectats esquitxos cap a l'exterior, fins que quedi un residu sòlid i sec. Deixeu refredar la càpsula o vas, i mesureu novament la massa del vas o càpsula.

Repetiu l'experiència amb aigua de l'aixeta i amb aigua destil·lada.

La diferència de masses de la càpsula amb el residu i la càpsula buida ens donarà la massa del residu sec. A major massa de residu sec, major mineralització de l'aigua és a dir major quantitat de sals dissoltes.

Haureu d'expressar els resultats en mil·ligrams de residu sec per litre d'aigua.

- Quins creieu són els anions i els cations més freqüents en les aigües minerals?
- De què creieu que està format el residu sec?
- Quina és la massa de residu sec en cada cas?
- Quina és l'aigua de major mineralització?
- En quins casos són aconsellables les aigües de mineralització baixa?
- En quin tipus de dietes no és aconsellable l'ió sodi?

#### 4. Determinació de bicarbonats en aigua

Mesureu 50 mL d'aigua mineral natural amb una pipeta i un pipump, i aboqueu-los dins d'un erlenmeyer de 250 mL al qual s'afegeixen 2 o 3 gotes d'ataronjat de metil.

Ompliu una bureta amb àcid clorhídric  $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$  fixada a un suport amb una pinça adient. Deixeu caure l'àcid gota a gota dins de l'erlenmeyer fins al viratge de l'indicador de groc a vermell. Tanqueu la clau de la bureta i llegiu el volum gastat.

Repetiu aquesta operació dues vegades més i agafeu la mitjana dels volum de solució d'àcid clorhí-



Determinació del residu sec

dric com a resultat. Calculeu el contingut en bicarbonats expressat en mg de bicarbonat per litre d'aigua.

- Quin és el caràcter dels hidrogencarbonats? Àcid, bàsic o neutre?

#### 5. Determinació de clorurs en aigua

Mesureu 100 mL d'aigua mineral natural amb una proveta i aboqueu-los dins un erlenmeyer de 250 mL, al qual s'afegeixen 2 o 3 gotes de dissolució diluïda de cromat de potassi.

Ompliu una bureta amb nitrat de plata  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  fixada a un suport amb una pinça adient. Deixeu caure gota a gota la solució de nitrat de plata dins de l'erlenmeyer fins que la dissolució canvia de groc a un color vermell marronós. Tanqueu la clau de la bureta i llegiu el volum consumit.

Repetiu aquesta operació dues vegades més i agafeu la mitjana dels volum de solució de nitrat de plata com a resultat. Calculeu el contingut en clorurs expressat en mg de clorurs per litre d'aigua.

- Quan es diu que un sòlid precipita?
- En què es basa el mètode de determinació de clorur en l'aigua?
- Quina substància fa d'indicador en aquesta volumetria?

#### 6. Determinació de la duresa total de l'aigua.

Mesureu 50 mL d'aigua mineral natural amb una pipeta i un pipump i aboqueu-los dins un erlenmeyer de 250 mL, al qual s'afegeixen també 10 mL de tampó de pH 10 i 2 o 3 gotes de negre d'eriocrom T.

Ompliu una bureta amb dissolució  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$  d'EDTA fixada a un suport amb una pinça adient. Deixeu caure gota a gota la solució d'EDTA dins de l'erlenmeyer fins al viratge de l'indicador de vermell a blau pur. Tanqueu la clau de la bureta i llegiu el volum gastat.

Repetiu aquesta operació dues vegades més i agafeu la mitjana dels volums de solució d'EDTA com a resultat. Calculeu la duresa de l'aigua expressada en mg de carbonat de calci per litre.

- Què vol dir que una aigua sigui dura?
- Quins avantatges i quins inconvenients tenen les aigües dures?

### Resultats i càlculs

Els alumnes anoten els resultats de l'experimentació i els càlculs realitzats en el full de treball que s'inclou al quadre de material per a l'alumne (1).

### Conclusions de l'activitat

Per acabar l'activitat els alumnes omplen el full de treball que s'inclou al quadre de material per a l'alumne (2). Aquest full de treball inclou una columna per anotar els resultats de l'aigua analitzada i una altra per anotar els valors que apareixen a l'etiqueta de l'envàs de l'aigua mineral.

És convenient que cada grup d'alumnes analitzi una aigua mineral diferent. Com que cada grup fa una posada en comú dels seus resultats, els alumnes poden comparar les característiques de diverses aigües minerals que hi ha al mercat.



## material per a l'alumne (1)

### Resultats i càlculs

#### 1. El pH

pH de l'aigua mineral = .....

pH de l'aigua de l'aixeta = .....

pH de l'aigua destil·lada = .....

#### 2. La conductivitat elèctrica

S'encén la bombeta amb l'aigua mineral? .....

S'encén la bombeta amb l'aigua destil·lada? .....

S'encén la bombeta amb l'aigua de l'aixeta? .....

En quin dels tres casos llueix més la bombeta? .....

#### 3. El residu sec

Aigua mineral natural = ..... mg/L

Aigua de l'aixeta = ..... mg/L

Aigua destil·lada = ..... mg/L

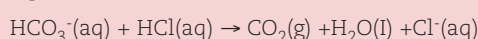
#### 4. Contingut en bicarbonats

Volums gastats: 1 ..... 2 ..... 3 .....

Mitjana dels volums = .....

Mols d'àcid clorhídric gastats = .....

Equació de la reacció



Mols de bicarbonat = .....

Massa de bicarbonat en 50 mL = .....

Massa de bicarbonat en mil·ligrams en 1 L d'aigua = .....

Masses atòmiques relatives H=1, C=12, O=16

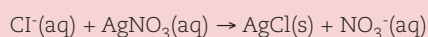
#### 5. Contingut en clorurs

Volums gastats: 1 ..... 2 ..... 3 .....

Mitjana dels volums = .....

Mols de nitrat de plata = .....

Equació de la reacció



Mols de clorurs = .....

Massa de clorurs en 100 mL d'aigua = .....

Massa de clorurs en mg en 1 L d'aigua = .....

Masses atòmiques relatives Cl = 35,5

#### 6. Duresa total

Volums gastats: 1 ..... 2 ..... 3 .....

Mitjana dels volums = .....

Mols d'EDTA = mols de  $\text{Ca}^{2+}$  = mols de carbonat de calci = .....

Massa de carbonat de calci en 50 mL = .....

Mil·ligrams de carbonat de calci en 1 L d'aigua = .....





## material per a l'alumne (2)

### Comparació de resultats i conclusions

Nom de l'aigua mineral analitzada:

	Valors experimentals	Valors de l'etiqueta
pH		
Residu sec en $\text{mg L}^{-1}$		
concentració en massa de $\text{HCO}_3^-/\text{mg L}^{-1}$		
concentració en massa de $\text{Cl}^-/\text{mg L}^{-1}$		
Duresa total concentració en massa de $\text{CaCO}_3/\text{mg L}^{-1}$		
Quina pot ser la causa de les diferències entre els valors experimentals i els de l'etiqueta, en el cas que n'hi hagi?		
Comparant els vostres resultats amb els d'altres grups, quines són les principals diferències en la composició de les aigües minerals analitzades?		
Conclusions		

### Comentaris sobre la realització d'aquesta activitat amb els alumnes

Abans de realitzar aquest treball pràctic amb els alumnes, cal que aquests hagin dut a terme altres volumetries al laboratori (per exemple, àcid-base). El fet que els alumnes ja hagin utilitzat prèviament el material i la tècnica els permet treballar amb més autonomia i obtenir resultats més fiables.

És important que en la realització d'aquest treball pràctic els alumnes relacionin els procediments que duen a terme amb els fonaments teòrics de les anàlisis.

Així, la determinació d'hidrogen-carbonats es basa en una reacció àcid-base i l'anàlisi del clorur, en una reacció de precipitació.



Parlar de reaccions de complexació amb els alumnes de batxillerat no és massa habitual, però tot i així es considera interessant que duguin a terme la determinació de la duresa de l'aigua, paràmetre del qual segur que en coneixen la utilitat pràctica. Es poden destacar els aspectes comuns d'aquesta determinació per complexometria amb la resta de volumetries que es fan al llarg d'aquest treball pràctic.

Després de l'experimentació i d'haver omplert el full de treball "Resultats i càlculs" es demana que cada grup de treball presenti els seus resultats i les possibles dificultats en els càlculs a la resta de la classe.

D'aquesta manera els alumnes poden autocorregir les seves errades abans de posar els resultats en el full de treball "Comparació de resultats i conclusions".

Cal deixar temps suficient per tal que els alumnes comparin els resultats amb els de les etiquetes, comparin els resultats de l'aigua que han analitzat amb els resultats de les aigües analitzades pels seus companys, i elaborin les conclusions.

És molt aconsellable establir un debat sobre quines informacions apareixen a les etiquetes i en quins casos és aconsellable o desaconsellable un determinat tipus d'aigua mineral.

## Respostes a algunes de les qüestions proposades

Tot seguit, i amb la intenció de que puguin servir d'orientació al professorat, s'inclouen les respostes a algunes de les qüestions que es proposa anar formulant durant l'experimentació.

### 1. Què és una aigua mineral natural?

Una aigua mineral natural és una aigua potable d'origen subterrani que brolla d'una font amb les condicions naturals de puresa que permet el seu consum.

### 2. Què és el pH?

El pH és un índex o paràmetre que ens indica el nivell d'acidesa de les dissolucions aquoses. L'escala de pH té valors per sota de 7 (franja àcida), per damunt de 7 (franja bàsica) o igual a 7, que correspon al neutre. Per calcular-lo cal saber la concentració d'ions  $H^+(aq)$  en  $mol\ dm^{-3}$  i fer-ne el logaritme invers

$$pH = -\log [H^+(aq)]$$

### 3. Per què és conductora l'aigua mineral?

L'aigua és conductora per la presència d'ions, partícules amb càrrega elèctrica com ara  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ .....(cations) o  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ....(anions).

### 4. Com s'expressa quantitativament la conductivitat d'una aigua?

La conductivitat electrolítica és l'invers de la resistivitat i correspon a la conductància (invers de la resistència) d'una porció de dissolució electrolítica compresa entre dos elèctrodes de  $1\ cm^2$  separats  $1\ cm$ . S'expressa en siemens per centímetre ( $S\ cm^{-1}$ ) amb els corresponents múltiples i submúltiples, i es mesura amb els conductímetres.

### 5. Quins creieu són els anions i els cations més freqüents en les aigües minerals?

Els anions més freqüents són els bicarbonats, els sulfats i els clorurs, i els cations més freqüents són el sodi, el potassi, el calci i el magnesi.

### 6. De què està format el residu sec?

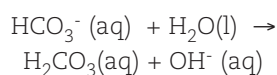
El residu sec està format fonamentalment per sals de sodi, potassi, calci i magnesi.

### 7. En quins casos són aconsellables les aigües de mineralització baixa?

Les aigües de mineralització baixa són aconsellables en casos d'hipertensió.

### 8. Quin és el caràcter dels hidrogencarbonats? Àcid, bàsic o neutre?

Els bicarbonats o hidrogencarbonats tenen caràcter bàsic.



### 9. En quin tipus de dietes no és aconsellable l'ió sodi?

L'ió sodi no és aconsellable en les dietes de les persones amb hipertensió. En aquest cas, és més recomanable que prenguin sals de potassi.

### 10. Quins avantatges i quins inconvenients tenen les aigües dures?

Les aigües riques en sals de calci i magnesi són bones en el cas de problemes de desenvolupament ossi, però desaconsellables per a les rentadores i els rentavaixelles, en els quals hi produeixen incrustacions de carbonats. Tampoc són aconsellables per a persones amb dermatitis atòpica.

## Bibliografia

- APHA, AWWA & WEF (2005) *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*, Washington: (21a. edició).
- ATKINS, PETER W. I JONES, LORETTA (1996) *Química: materia, moléculas, cambio*. Barcelona: Omega.
- BROWN, THEODOR I ALTRES (1993) *Química, la ciencia central*, Mèxic: Prentice Hall.
- NOLLET, LEO M.L. (2000) *Handbook of the Water Analysis*, New York.



**Miquel Paraira** és professor titular de la Universitat Politècnica de Catalunya i doctor en Ciències químiques per la Universitat de Barcelona. Ha publicat una vintena de llibres i nombrosos articles de recerca i divulgació en revistes nacionals i internacionals, fonamentalment en el camp de la Didàctica de la Química experimental. També ha desenvolupat una important tasca de formació del professorat a les escoles d'estiu durant els darrers 30 anys.  
mparaira@yahoo.com