



# **Què en sabem de l'aigua que bevem?**

**Estudi de la qualitat d'aigües potables**

**2n Batxillerat Ciències de la salut**

## Índex

<b>1</b>	<b>Introducció.....</b>	<b>5</b>
1.1	Motivacions a l'hora de fer la recerca a la Universitat .....	5
1.2	Preguntes inicials .....	6
1.3	Formulació d'hipòtesis.....	7
<b>2</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>9</b>
2.1	Observació i plantejament de problemes .....	9
2.2	Recerca bibliogràfica.....	9
2.3	Part experimental .....	10
2.3.1	Duresa de l'aigua: Mètode 1 .....	10
2.3.2	Duresa de l'aigua: Mètode 2 .....	11
2.3.3	Trihalometans.....	12
<b>3</b>	<b>Part teòrica .....</b>	<b>13</b>
3.1	Potabilització de l'aigua.....	13
3.1.1	Què entenem per aigua potable? .....	13
3.1.2	Com es potabilitza l'aigua? .....	13
3.2	Duresa de l'aigua .....	15
3.3	Determinació de la duresa total.....	17
3.4	Mètode instrumental: ICP .....	19
3.5	Trihalometans .....	19
3.5.1	Efectes THMs .....	21
3.5.2	Límits legals.....	21
3.6	Cromatografia de gasos (mètode Head Space) .....	21
3.6.1	Funció d'un cromatògraf .....	21
3.6.2	Identificació dels elements.....	23
3.6.3	Parts d'un cromatògraf de gasos .....	23
<b>4</b>	<b>Aspectes bàsics de seguretat al laboratori .....</b>	<b>25</b>
4.1	La utilització del laboratori.....	25

4.1.1	Els elements de seguretat i les sortides d'emergència .....	25
4.1.2	La conducta al laboratori .....	25
4.1.3	L'escalfament de líquids .....	25
4.1.4	Inhalar, tastar o olorar líquids .....	26
4.1.5	El pipeteig de líquids.....	26
4.1.6	Experiments no autoritzats .....	26
4.1.7	L'eliminació de residus:.....	26
4.2	Protecció personal en el laboratori.....	27
4.2.1	Protecció dels ulls.....	27
4.2.2	Com anar vestits.....	27
4.2.3	Els incidents.....	27
4.3	Què cal fer en cas d'accident: Primers auxilis.....	27
4.3.1	Si el foc és petit .....	27
4.3.2	Si el foc és gran.....	28
4.3.3	Si tens foc al cos.....	28
4.3.4	Cremades .....	28
4.3.5	Talls.....	28
4.3.6	Vessament de productes químics sobre la pell .....	29
4.3.7	Actuacions en cas que es produeixin corrosions a la pell.....	29
4.3.8	Corrosions als ulls .....	29
4.3.9	La ingesta de productes químics .....	29
4.3.10	La inhalació de productes químics .....	30
<b>5</b>	<b>Material utilitzat .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Part experimental .....</b>	<b>32</b>
6.1	Estudi de la duresa de l'aigua .....	32
6.1.1	Obtenció de dues mostres d'aigua .....	32
6.1.2	Preparació de la dilució .....	33
6.1.3	Observació de la quantitat d'EDTA consumit.....	33
6.1.4	Càlculs de la quantitat de $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ .....	34
6.1.5	Comparació de la duresa de les mostres .....	36
6.2	Estudi de la duresa amb l'ICP .....	37

6.2.1	Obtenció de les quatre mostres d'aigua.....	37
6.2.2	Introducció de les mostres a l'ICP .....	37
6.2.3	Mesurem la longitud d'ona del $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ al arribar al detector..	38
6.2.4	Obtenció dels resultats .....	38
6.2.5	Comparació dels resultats obtinguts amb l'ICP i la dilució.....	39
6.2.6	Dubtes posteriors a la investigació .....	40
6.3	Estudi dels trihalometans presents a l'aigua .....	40
6.3.1	Obtenció de les sis mostres d'aigua .....	40
6.3.2	Cromatografia de gasos .....	41
6.4	Estudi de la duresa de l'aigua de Granollers i voltants.....	43
6.4.1	Obtenció de les mostres d'aigua.....	43
6.4.2	Preparació de la dilució per saber quina aigua és més dura .....	43
6.4.3	Observació de la quantitat d'EDTA consumit .....	44
6.4.4	Càlculs de la quantitat de $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ de cada mostra d'aigua.....	45
<b>7</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>48</b>
7.1	Afirmació o negació de les hipòtesis plantejades.....	48
7.2	Reflexió dels resultats .....	50
7.2.1	Trihalometans.....	50
7.2.2	Duresa de l'aigua.....	51
<b>8</b>	<b>Bibliografia i webgrafia.....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>Agraïments .....</b>	<b>52</b>

# 1 Introducció

Realment sabem el que conté l'aigua que bevem? És tant bona com sembla, o conté productes perjudicials per la salut? De què depèn la qualitat de l'aigua? Aquestes preguntes han sigut la base per desenvolupar un treball d'investigació de les aigües potables.

Gran part d'aquest treball ha estat realitzat a la Universitat Autònoma de Barcelona, a la unitat de Química, al Departament de Química Analítica. Gràcies al programa ARGÓ he pogut respondre a aquestes preguntes i així poder arribar a unes conclusions. Sense aquest projecte no hagués sigut possible desenvolupar tota la part experimental, ja que calia disposar d'una maquinària molt específica i molt cara que no està a l'abast de tothom.

## ***1.1 Motivacions a l'hora de fer la recerca a la Universitat***

Tenia moltes ganes de fer la recerca a la Universitat Autònoma de Barcelona, per això em vaig apuntar al projecte ARGÓ, però no tenia molt clar que m'agafessin. Finalment, la meva tutora del treball de recerca, em va donar la gran notícia que tenia l'oportunitat de participar en el Projecte ARGÓ, al departament de Química. Al saber-ho em va fer molta il·lusió, ja que trobava que aquesta era una gran oportunitat que no podia deixar escapar i a més faria un treball de Química, que és la meva assignatura preferida, juntament amb la Biologia. I així va ser com vaig acabar fent aquest treball de recerca, sobre les aigües potables, un tema que ens afecta a tots.

Gràcies a aquest treball i als professors que m'han ajudat he descobert aspectes de l'aigua que no coneixia.

## 1.2 Preguntes inicials

La pregunta principal d'aquest treball és la següent:

- Realment els filtres de l'aigua eliminen els trihalometans<sup>1</sup> i redueixen la duresa?

Més tard, a mesura que ens anàvem documentant sorgien altres dubtes:

- Per què es formen els trihalometans?
- Ens perjudica la duresa de l'aigua d'alguna manera?

Al arribar al final del treball ens va sorgir un nou dubte, que vam poder resoldre més endavant:

- Perquè els resultats de la duresa de l'aigua de la font amb cartutx, la de la font sense cartutx i la de l'aixeta de la UAB ens donava el mateix valor en quant als trihalometans i a la duresa?
- Això vol dir que els filtres de les fonts no són útils?

A partir d'aquí vam plantejar-nos uns objectius:

- Resoldre totes les preguntes.
- Aprendre a fer experiments al laboratori per calcular la duresa total.
- Conèixer les normes del laboratori per saber treballar-hi.
- Conèixer altres mètodes alternatius per trobar la duresa de l'aigua i els trihalometans.
- Comparar unes aigües amb altres.
- Saber si hi ha elements perjudicials per la salut dissolts en l'aigua.
- Comprovar si realment els filtres de l'aigua són útils.

---

<sup>1</sup> Trihalometans: Veure pàgina 19

### **1.3 Formulació d'hipòtesis**

En tot treball científic hem de tenir clar quins són els nostres objectius, què és el que busquem, i a partir d'aquí trobar solucions. Per aquest motiu, hem d'intentar trobar respostes a les preguntes formulades anteriorment.

En primer lloc, es formularan les hipòtesis que responen a les qüestions anteriors i a partir d'una sèrie d'experiments traurem conclusions que ratificaran o rebutjaran les hipòtesis plantejades.

Aquest treball s'ha realitzat seguint la metodologia científica. A partir d'unes preguntes hem intentat trobar respostes amb allò que sabem des d'un principi o creiem saber, i finalment, amb el desenvolupament del treball poder afirmar o negar les hipòtesis plantejades.

**PROBLEMA 1.** Els sistemes de filtració de l'aigua fan la seva funció realment?

**HIPÒTESI 1.** Sempre s'ha dit que l'aigua de l'aixeta conté més clor i altres compostos contaminants que altres tipus d'aigua. Per tant, podem suposar que *“les aigües amb un sistema de filtració redueixen més quantitat de compostos contaminants que no l'aigua de l'aixeta que no conté cap tipus de filtre.”*

**PROBLEMA 2.** Per què es formen els trihalometans?

**HIPÒTESI 2.** Aquesta pregunta va ser formulada amb una prèvia informació sobre els trihalometans.

Si tenim en compte que els trihalometans són una unió d'una molècula de metà amb clor o brom, podem intuir que *“potser s'han format durant el procés de potabilització de l'aigua.”*

**PROBLEMA 3.** Ens perjudica la duresa de l'aigua d'alguna manera?

**HIPÒTESI 3.** La duresa de l'aigua depèn de la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , suposem que, al no ser compostos contaminants *“la duresa de l'aigua no afecta a la salut de les persones.”*

**PROBLEMA 4.** Perquè l'aigua de la font amb filtre, la de la font sense filtre i la de l'aixeta ens donava el mateix valor en quant als trihalometans i a la duresa?

**HIPÒTESI 4.** Tant en els resultats de trihalometans com els de la duresa de l'aigua, l'aigua de la font amb filtre, sense filtre i l'aigua de l'aixeta contenien una concentració molt semblant de trihalometans i  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

Aquest fet ens va estranyar moltíssim, ja que no li trobàvem una explicació lògica, finalment, vam suposar una resposta:

*“El filtre de la font amb cartutx no serveix per res i per això l'aigua que n'obtenim té el mateix valor de trihalometans i duresa que les altres dues mostres.”*



## **2 Metodologia**

A l'hora de realitzar qualsevol treball és important informar-se abans de començar la part experimental, per així tenir una idea general del que busques realment i com ho vols estructurar. Dit això, el treball consta dels següents passos:

### ***2.1 Observació i plantejament de problemes***

Una vegada acabada la recerca realitzada a la Universitat durant els quinze dies realitzant el Projecte ARGÓ vaig intentar buscar un tema que englobés gran part de la informació que havia obtingut al llarg de la recerca. Tot seguit, un cop triat el tema es van plantejar una sèrie de problemes i hipòtesis per intentar resoldre aquests dubtes seguint el mètode científic.

### ***2.2 Recerca bibliogràfica***

Aquesta, és la part teòrica del treball, en la que vaig buscar informació sobre el tema en llibres, Internet, i sobretot a la Universitat, durant els quinze dies de recerca.

Gran part de la informació utilitzada en el treball va ser possible gràcies als professors de la Universitat que m'ajudaven a aconseguir informació fiable i m'explicaven tot allò que no entenia.

Una altra part de la teoria és el coneixement de la manera de treballar al laboratori, les normes de seguretat, el material de laboratori, etc.

## 2.3 Part experimental

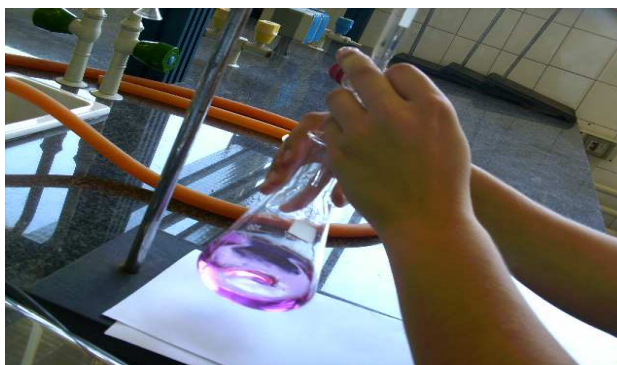
Aquesta, és la part pràctica del treball, i per tant, el camí que ens portarà a resoldre els problemes plantejats inicialment.

Les diferents parts de les que consta són les següents:

- Valoració de la duresa de l'aigua amb EDTA<sup>2</sup> (Mètode 1).
- Valoració de la duresa de l'aigua amb l'ICP (Mètode 2).
- Valoració dels trihalometans.

### 2.3.1 Duresa de l'aigua: Mètode 1

- Coneixement i preparació del material de laboratori que s'utilitzarà.
- Obtenció de les mostres d'aigua de diferents tipus.
- Preparació de les dilucions amb EDTA per saber quina aigua és més dura.
- Observació de la quantitat d'EDTA consumit.
- Càlculs numèrics de la quantitat dels cations de Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> consumits.
- Comparació de la duresa de les diferents mostres.



**Figura 1:** dissolució d'aigua, NET, NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub> i EDTA.

---

<sup>2</sup> EDTA: "àcid etilendiaminotetracètic", la fórmula química del compost és: C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, té la capacitat de donar els seus dotze electrons per la formació d'enllaços covalents coordinats a cations metàl·lics.

### 2.3.2 Duresa de l'aigua: Mètode 2

- Coneixement previ del mètode que s'utilitzarà, l'ICP<sup>3</sup>.
- Obtenció de les mostres.
- Introducció de les mostres a l'ICP.
- Mesurar la longitud d'ona dels cations de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  quan arriben al detector.
- Obtenció dels resultats.
- Comparació dels resultats obtinguts amb l'ICP i els obtinguts amb les dilucions.
- Conclusions.



**Figura 2:** ICP

---

<sup>3</sup> ICP: Aparell que, mitjançant una font de calor molt elevada (plasma), trenca els compostos en àtoms, que són detectats per un sistema òptic.

### 2.3.3 Trihalometans

- Coneixement del funcionament del cromatògraf de gasos<sup>4</sup>.
- Obtenció de les mostres d'aigua.
- Cromatografia de gasos.
- Obtenció dels resultats.
- Observacions i conclusions.



**Figura 3:** cromatògraf de gasos.

---

<sup>4</sup> Cromatògraf de gasos: mirar pàgina 21.

### 3 Part teòrica

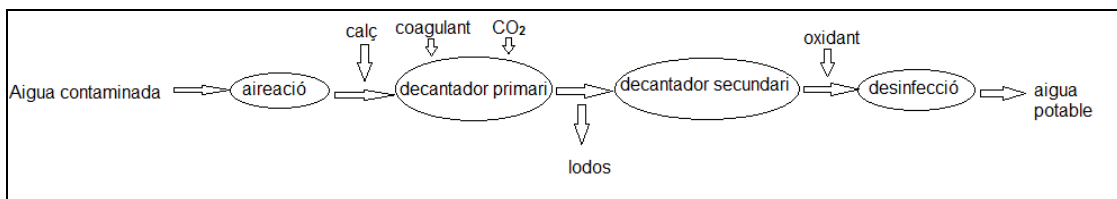
#### 3.1 Potabilització de l'aigua

##### 3.1.1 Què entenem per aigua potable?

Entenem per aigua potable, aquella que és tractada prèviament per al consum humà. Per tant, aquesta aigua serà consumida per persones i animals sense risc de patir malalties. Per aconseguir aquests resultats, l'aigua, prèviament haurà de passar per un procés de potabilització.

##### 3.1.2 Com es potabilitza l'aigua?

L'esquema general de la potabilització de l'aigua és el següent:



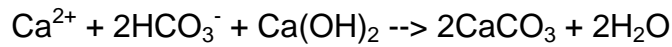
**Figura 4:** esquema general de la potabilització de l'aigua.

El procés de potabilització és el següent:

La primera etapa consisteix en airejar l'aigua amb el fi d'eliminar les espècies volàtils dissoltes a l'aigua, per exemple,  $H_2S$ . L'aireació, també, facilita els processos d'oxidació, com el pas de  $Fe(II)$  a  $Fe(III)$ , amb la formació dels seus òxids.

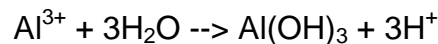
La segona etapa consisteix en la sedimentació de les partícules sòlides presents a l'aigua. En el cas de les aigües "dures" s'afegeix òxid o hidròxid de calci  $Ca(OH)_2$  i sulfat de Sodi  $Na_2SO_4$ , per precipitar les espècies en dissolució.

La reacció química és la següent:



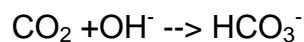
Tot i realitzada l'etapa de *sedimentació primària*, encara poden quedar en suspensió a l'aigua petites partícules, principalment hidròxids metàl·lics, com hidròxids de Fe(III) i Mn(IV), formats a l'etapa d'aireació, o altres òxids formats per augmentar el pH per adició de cal. Per afavorir la sedimentació d'aquestes partícules, es procedeix a l'etapa de sedimentació secundària.

Els coagulants aporten càrregues en la dissolució i, a més, es formen espècies gelatinoses que arrossegueu les partícules sòlides en la seva precipitació. Els coagulants més freqüents són sals d'Al(III) i Fe(III), les quals s'hidrolitzen en l'aigua per formar hidròxids gelatinosos:



Finalment, per fer més efectiva la *sedimentació* es poden afegir *polielectrolits*. Aquestes substàncies són polímers que disposen al llarg de la seva cadena, de grups funcionals. Els grups funcionals dels polielectrolits s'enllacen a les partícules col·loïdals, de manera que els polielectrolits actuen de pont entre diverses partícules sòlides afavorint la seva aglomeració.

L'aigua que surt del decantador primari té un pH molt alt, per reduir-lo s'afegeix  $\text{CO}_2$ , el qual consumeix ions d' $\text{OH}^-$ :



Com a resultat dels processos de sedimentació primària i secundària, es generen fangs que han de ser retirats periòdicament de les basses de sedimentació. Aquests fangs estan constituïts de material inert, de manera que, una vegada secs, poden dipositar-se a un abocador controlat.

L'última etapa que dona lloc a una aigua apta per al consum humà correspon a la desinfecció. El mètode més habitual de desinfecció és mitjançant la utilització de clor (*cloració*), el qual en dissolució es dissocia segons:



El clor lliure actiu dóna lloc al desenvolupament de processos d'oxidació de substàncies inorgàniques. També dóna lloc a reaccions amb la matèria orgànica, en aquestes reaccions, normalment, el clor substitueix l'hidrògen en una molècula de compost. En són una conseqüència la formació de trihalometans, en concret, cloroform,  $\text{CHCl}_3$ .

Per evitar l'aparició d'espècies no desitjades durant el procés de cloració es pot fer servir carbó actiu per eliminar el clor lliure. Durant aquest procés, es produeix una absorció del clor sobre les partícules de carbó.

Una altra possibilitat és utilitzar substàncies alternatives al clor com espècies desinfectants. En aquest sentit, cal mencionar l' utilització d'aigua oxigenada  $\text{H}_2\text{O}_2$  i de l'ozó  $\text{O}_3$ , que són compostos amb capacitat oxidant que no disposen d'àtoms de clor en la seva molècula, i per tant, s'evita l'aparició de trihalometans.

### **3.2 Duresa de l'aigua**

Entenem per duresa de l'aigua, la quantitat dels cations de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  dissolts en l'aigua.

La duresa no afecta a la salut, però sí que condiona la qualitat de l'aigua, és a dir, com més dura és l'aigua hi ha més risc de que s'espallin els electrodomèstics, també afecta en la quantitat d'escuma que fa el sabó, com més dura és l'aigua menys escuma fa el sabó.

A part d'aquestes conseqüències, també pot afectar al gust, però aquets aspecte és subjectiu.

Els resultats numèrics de la duresa total els hem expressat en *mg de CaCO<sub>3</sub>/L* o *ppm* (parts per milió), però hi ha diferents mesures per expressar la duresa de l'aigua:

Tipus	Equivalència (mg CaCO <sub>3</sub> /l)
Graus alemanys(°dH)	17,9
Graus americans	17,2
Graus francesos (°f)	10,0
Graus anglesos (°e)	14,3

A l'hora de classificar una mostra d'aigua com a més o menys dura tenim en compte la taula següent:

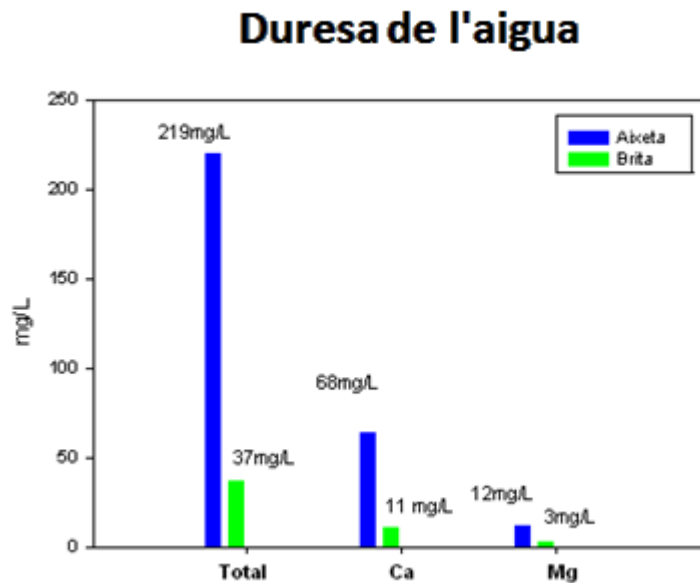
<b>Molt tova</b>	0-70 mg/L
<b>Tova</b>	70-140 mg/L
<b>Lleugerament dura</b>	140-210 mg/L
<b>Moderadament dura</b>	210-320 mg/L
<b>Dura</b>	320-530 mg/L
<b>Molt dura</b>	>530mg/L

La mostra d'aigua de l'aixeta del laboratori de la UAB que vam investigar durant l'estada a l'empresa es classifica com a aigua moderadament dura, ja que té una duresa total de 219 mg/L.



La mostra d'aigua de la gerra Brita<sup>5</sup> es classifica en aigua molt tova, ja que té una duresa total de 37mg/L.

En el gràfic de barres següent es poden observar els resultats obtinguts de la duresa total ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), del  $\text{Ca}^{2+}$  i del  $\text{Mg}^{2+}$ :



**Figura 5:** representació dels resultats de la duresa de les mostres analitzades en forma de gràfic de barres.

### ***3.3 Determinació de la duresa total***

Per saber la duresa de cada mostra d'aigua hem fet valoracions amb EDTA (àcid etilendiaminotetracetic). El procés és el següent:

En un matràs erlenmeyer de 250 ml hi posem: 25 ml de la mostra d'aigua, 2 ml de tampó  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  (pH 10) i 2 gotes d'indicador NET (Negre d'Eriocrom T).

---

<sup>5</sup> Brita: Gerra d'aigua amb un sistema de filtració basat en un filtre de carbó actiu i zeolites, que permeten una bona filtració.

La solució prendrà una coloració rogenca. Utilitzem una bureta de 50 ml i l'omplim amb una solució d'EDTA 0.002 M. Fem una primera valoració de tempteig per veure si aquesta concentració de valorant és adequada.

Considerem la mostra afegint volums d'EDTA més grans al principi (en ml) i més petits quan ens acostem al viratge. Quan observem que la solució pren una coloració blavosa parem d'afegir EDTA.

Realitzarem tres valoracions, amb els tres valors obtinguts calcularem el valor mitjà de la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .



**Figura 6:** introducció d'EDTA a la solució.



**Figura 7:** solució insaturada(a l'esquerra) i saturada d'EDTA (a la dreta).

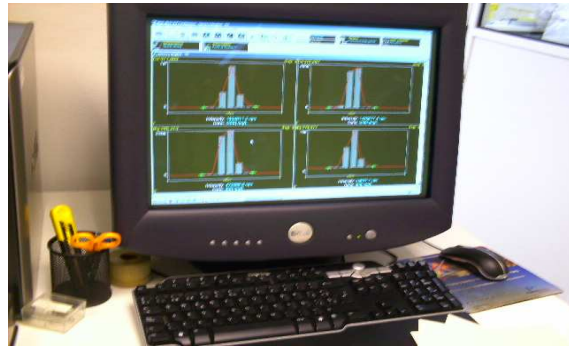
### 3.4 Mètode instrumental: ICP

Aquesta és una altra manera de determinar la duresa de l'aigua. Consisteix en un plasma acoblat inductivament cremant un gas noble (l'Argó), ja que aquest gas té poca tendència a reaccionar amb altres elements químics.

Les mostres d'aigua s'introdueixen, per mètode d'injecció al plasma, que és una font de calor molt elevada (uns 8000 °C). Aquesta temperatura afavoreix que els cations de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  es separin. Un cop la mostra ha arribat al plasma es distingeixen els cations de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ . Aleshores, ens sortiran uns gràfics a la pantalla de l'ordinador que ens indicaran la quantitat de cada element expressats en un gràfic de barres.



**Figura 8:** ICP



**Figura 9:** Resultats de les concentracions de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , obtinguts amb l'ICP.

### 3.5 Trihalometans

Els trihalometans són compostos orgànics que apareixen a l'aigua potable durant la seva cloració per desinfectar-la. L'aspecte que tenen és d'un líquid incolor, volàtil i d'olor característic. Anteriorment s'utilitzaven com anestèsics, però es van deixar d'usar per la seva toxicitat. Actualment s'utilitzen com a dissolvents en l'industria química.

La concentració de THMs (trihalometans) depèn de la quantitat de compostos orgànics que puguin reaccionar amb el Clor, de la temperatura i pH de l'aigua, per tant en una piscina trobaríem una gran quantitat de trihalometans.



**Figura 10:** procés de desinfecció de l'aigua.

Vegem a la llista següent els compostos que es poden formar durant la cloració de l'aigua:

Benzilcianida	Cloropicrin
Bromometà	Dibromoacetanitril
Bromobutà	Dibromiodometà
Bromocloroacetanitril	Dibromometà
Bromocloriodometà	Àcid dicloro acètic
Bromoclorometà	Dicloroacetanitril
Bromocloropropà	Diclorodibromometà
<u>Bromodiclorometà</u>	1,2 – dicloroetà
<u>Bromoform</u>	Dicloriodometà
Bromopentacloroetà	Diclorofenol
Bromopropà	Dicloropropà
Bromotricloroetilè	Hexacloroetà
Tetraclorur de carboni	Hexacloropentadiè
Cloral	P – hidroxibenzilcianida
Clorobutà	Iodoetà
Clorodibromometà	Metilbromodicloroacetat
Clorodimetà	1,1,1 – tricloro acetanitril
<u>Dibromoclorometà</u>	Tricloro fenol
<u>Cloroform</u>	

D'aquests compostos, els següents es classifiquen com trihalometans:

- Cloroform ( $\text{CHCl}_3$ ).
- Bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ).
- Bromodiclorometà ( $\text{CHBrCl}_2$ ).
- Dibromoclorometà ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ).

### **3.5.1 Efectes THMs**

Avui en dia es creu que els trihalometans poden arribar a ser mutagènics, sobretot en animals. Es coneixen casos on les proves de laboratori amb rates han pogut demostrar canvis en alguns òrgans com els ronyons.

En quant als efectes cancerígens del trihalometans, s'han fet molts estudis, i s'ha arribat a la conclusió que hi pot haver una relació entre aquests compostos contaminants i el càncer.

### **3.5.2 Límits legals**

Per llei, la concentració d'aquests compostos en l'aigua potable no pot superar els  $100 \mu\text{g/L}$ .

## ***3.6 Cromatografia de gasos (mètode Head Space)***

### **3.6.1 Funció d'un cromatògraf**

Durant la recerca a la Universitat s'ha fet un estudi dels trihalometans en sis mostres d'aigua obtingudes en diferents punts de l'establiment. Per això ha sigut necessari fer ús d'un cromatògraf de gasos, en el nostre cas, seguint el mètode Head Space. El procés és el següent:

En primer lloc s'introdueixen els analits en un suport extern al cromatògraf. Posteriorment, s'estableix l'equilibri entre el líquid i el gas. Després, amb un sistema d'injecció, que es troba a temperatura constant, s'introdueixen les mostres a l'interior del cromatògraf. Aleshores l'analit passa per una columna situada a l'interior del cromatògraf. Una vegada la mostra està a l'interior de la columna es troba sotmesa a canvis de temperatura, amb l'objectiu de separar els diferents elements. En cada cas cal fer servir una columna específica segons el tipus de compostos a detectar.

En aquest cas, s'ha utilitzat una columna específica per a elements halògens (Cl, Br, I...). La columna ha d'estar a una temperatura elevada per proporcionar la pressió de vapor suficient perquè els analits es separin en un temps raonable. A mida que l'analit va avançant per la columna els compostos es van dividint, fins que arriben al detector completament separats, per així poder-los identificar. Aquest es manté a una temperatura superior a la de la columna amb la finalitat que tots els analits siguin gasosos.



**Figura 11:** analits preparats per la injecció a l'interior del cromatògraf de gasos.

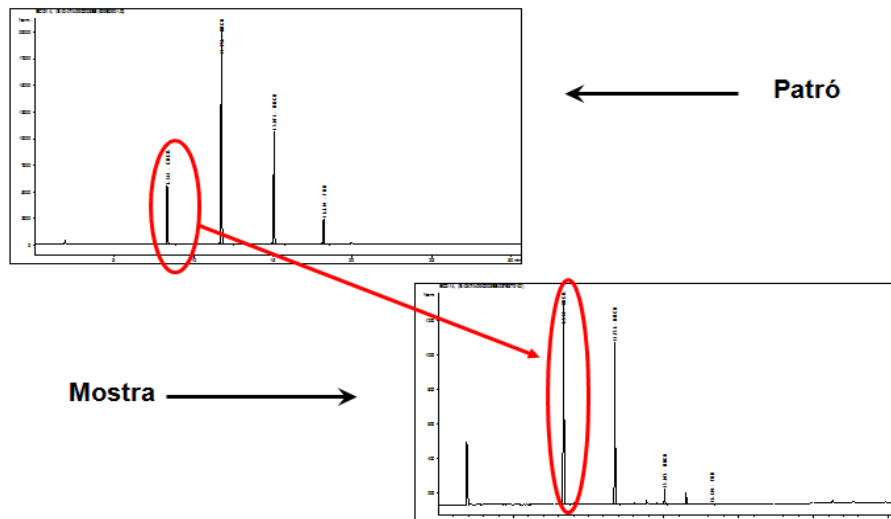


**Figura 12:** cromatògraf de gasos.

### 3.6.2 Identificació dels elements

Una vegada han arribat tots els elements al detector, els resultats s'expressen en una gràfica en forma de pics. Aquests pics es compararan amb un patró, segons el temps de retenció de cada element s'identificarà com un o altre.

Per exemple: Si al nostre gràfic hi ha un pic que ha tardat 15 minuts en arribar al detector, només caldrà mirar al patró quin és l'element que tarda 15 minuts en arribar al detector.



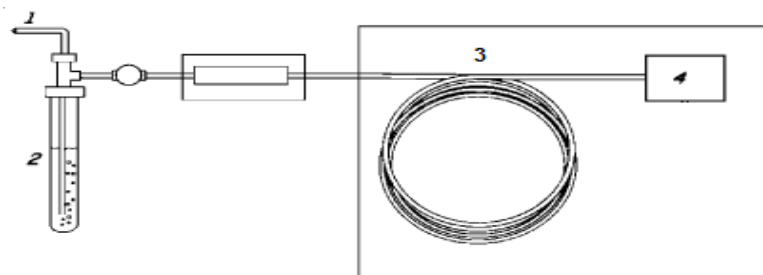
**Figura 13:** resultats de la duresa de l'aigua obtinguts amb l'ICP, expressats en forma de gràfic.

### 3.6.3 Parts d'un cromatògraf de gasos

Un cromatògraf de gasos consta de les següents parts:

- Entrada de l'analit: cavitat per on es fa entrar la mostra d'interès.
- Tub: on s'insereix la mostra a analitzar.
- Columna cromatogràfica: espai diminut per on passa l'analit en procés de dissociació.

- **Detector:** instrument que emet senyals en forma de pics quan detecta una compost. Després es detecta cada pic comparant-lo amb una mostra autèntica del compost estudiat.



1. Entrada de l'analit
2. Tub que conté la mostra
3. Columna cromatogràfica
4. Detector

**Figura 14:** esquema de les parts d'un cromatògraf de gasos.



## **4 Aspectes bàsics de seguretat al laboratori**

Abans de treballar en qualsevol laboratori que impliqui la manipulació de productes químics cal conèixer les normes bàsiques de seguretat en els laboratoris docents.

### **4.1 La utilització del laboratori**

#### **4.1.1 Els elements de seguretat i les sortides d'emergència**

- Abans d'iniciar el treball al laboratori cal familiaritzar-se amb els elements de seguretat de què disposa. Cal localitzar totes les sortides, siguin d'emergència o no, per al cas d'una possible evacuació per foc o qualsevol altre incident. Cal conèixer la localització exacta dels extintors, les mantes antifoc, les dutxes de seguretat i els rentauells.
- La vitrina és el lloc apropiat per a qualsevol operació en què es desprenguin vapors tòxics o inflamables.

#### **4.1.2 La conducta al laboratori**

- No està permès córrer, jugar, cridar ni tampoc fer servir sistemes reproductors amb auriculars.
- S'ha de treballar al lloc assignat, desplaçant-se el mínim possible.
- La taula de treball ha d'estar endressada.
- Al laboratori no es pot fumar, beure ni menjar.
- Abans de sortir del laboratori, cal rentar-se les mans.

#### **4.1.3 L'escalfament de líquids**

- No s'ha d'escalfar mai un recipient totalment tancat.

#### **4.1.4 Inhalar, tastar o olorar líquids**

- No s'ha d'inhalar, olorar ni tastar productes químics si no és que se n'està informat convenientment.

#### **4.1.5 El pipeteig de líquids**

- Mai s'ha de pipetejar amb la boca. S'ha d'emprar un dispositiu especial per pipetejar líquids (pera o succionador).

#### **4.1.6 Experiments no autoritzats**

- No es pot realitzar mai un experiment no autoritzat pel professor.

#### **4.1.7 L'eliminació de residus:**

- El vidre trencat es llençarà a recipients destinats especialment a aquest fi.
- Els papers i altres deixalles es llencen a la paperera.
- Els productes químics tòxics han d'anar en contenidors per a aquest fi.
- No s'han d'abocar a la pica productes que:
  - Reaccionin amb l'aigua (sodi, hidrurs, amidurs, halogenurs d'àcid).
  - Siguin inflamables (dissolvents).
  - Facin mala olor (derivats de sofre).
  - Siguin lacrimògens (halogenats de benzil, halocetones).
  - Siguin difícilment biodegradables (polihalogenats com ara el cloroform).

## **4.2 Protecció personal en el laboratori**

### **4.2.1 Protecció dels ulls**

- L'ús d'ulleres de seguretat homologades és obligatori.
- No es poden dur lents de contacte ja que en cas d'accident els productes químics esquitxats als ulls o els seus vapors poden passar darrera les lents i provocar lesions als ulls.

### **4.2.2 Com anar vestits**

- És obligatori fer servir la bata (100% cotó) aj que les esquitxades de productes químics són inevitables.
- Es recomana dur sabates tancades i no sandàlies.

### **4.2.3 Els incidents**

- S'ha d'informar de tots els accidents i incidents al professor responsable del laboratori, que comunicarà l'accident o l'incident al Director del departament.

## **4.3 Què cal fer en cas d'accident: Primers auxilis**

### **4.3.1 Si el foc és petit**

- S'ha d'apagar utilitzant un extintor adequat, sorra o bé cobrint el foc amb un recipient de mida adequada que l'ofegui.
- Enretirar els productes químics inflamables que es trobin al seu voltant.
- Mai s'ha d'utilitzar aigua per apagar un foc provocat per l'inflamació d'un dissolvent.

#### **4.3.2 Si el foc és gran**

- S'ha d'aïllar i utilitzar els extintors adequats.

Si el foc no es pot controlar, ràpidament:

- S'ha d'evacuar l'edifici.
- Tallar l'electricitat i el gas prement el pulsador vermell d'aturada d'emergència que es troba a cada laboratori.

#### **4.3.3 Si tens foc al cos**

- Si s'encén la roba, s'ha de cridar immediatament per demanar ajut.
- Estirar-se a terra i rodar sobre tu mateix per apagar les flames.
- No s'ha de córrer per intentar arribar fins a la dutxa de seguretat si no és que està molt a prop.

#### **4.3.4 Cremades**

- Les petites cremades produïdes per material calent, plaques, etc, es tracten rentant la zona afectada amb aigua freda durant 10-15 minuts.
- Les cremades més greus requereixen atenció mèdica immediata.

#### **4.3.5 Talls**

- Els talls produïts pel trencament de material de vidre són un risc comú dins el laboratori.
- Aquests talls s'han de rentar bé, amb aigua corrent, durant 10 minuts com a mínim.
- Cal rentar-los amb aigua i sabó i tapar-los amb una bena o un apòsit adequat.

#### **4.3.6 Vessament de productes químics sobre la pell**

- S'ha de rentar de forma immediata amb força aigua corrent, com a mínim durant 15 minuts.
- Les dutxes de seguretat instal·lades en els passadissos es faran servir quan la zona del cos afectada sigui gran i no n'hi hagi prou amb el rentatge en una pica.
- Cal treure la roba contaminada a la persona afectada i fer-ho sota la dutxa.

#### **4.3.7 Actuacions en cas que es produeixin corrosions a la pell**

##### **4.3.7.1 Les produïdes per àcids**

- Tallar la roba xopa amb l'àcid el més ràpid possible.
- Rentar amb força aigua la zona afectada i demanar assistència mèdica immediata.

##### **4.3.7.2 Les produïdes per àlcalis**

- Rentar la zona afectada amb aigua corrent i demanar assistència mèdica immediata.

#### **4.3.8 Corrosions als ulls**

- Com més aviat es renti l'ull, menys greu serà el dany produït.
- Rentar els dos ulls amb força aigua corrent durant 15 minuts com a mínim en un rentauull.

#### **4.3.9 La ingesta de productes químics**

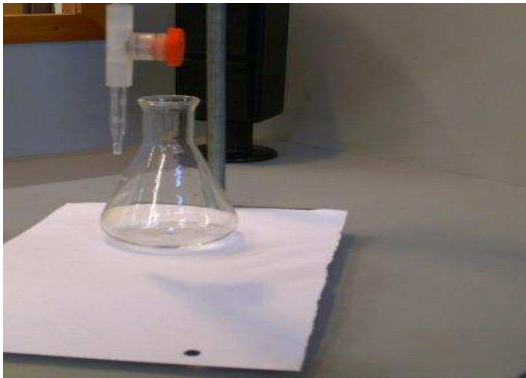
- Abans de qualsevol actuació s'ha de demanar assistència mèdica.
- Si el pacient es troba inconscient, posar-lo amb el cap de costat i treure-li la llengua cap endavant.

- Si el pacient està conscient, mantenir-lo recolzat. Tapar-lo amb una manta perquè no tingui fred i practicar-lo la respiració artificial boca a boca.
- No provocar-li el vòmit si el producte ingerit és corrosiu.

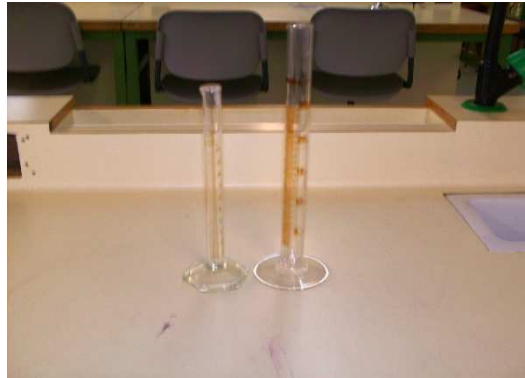
#### **4.3.10 La inhalació de productes químics**

- Conduir immediatament la persona afectada a un lloc amb aire fresc. Demanar assistència mèdica immediata.
- Si hi hagués un primer símptoma de dificultat respiratòria, iniciar la respiració artificial boca a boca (l'oxigen pur només pot ser administrat per personal qualificat).
- Tractar d'identificar el vapor tòxic. Si es tracta d'un gas, cal utilitzar el tipus adequat de màscara per a gasos durant el temps que duri el rescat de l'accident.
- Si la màscara disponible no és l'adient caldrà aguantar la respiració el màxim temps possible mentre s'estigui en contacte amb els vapors tòxics.

## 5 Material utilitzat



**Figura 15:** Erlenmeyer



**Figura 16:** Provetes de diferents mides



**Figura 17:** Vas de precipitats



**Figura 18:** Comptagotes



**Figura 19:** Embut



**Figura 20:** Pipetejador



**Figura 21:** Cromatògraf de gasos



**Figura 22:** ICP

## 6 Part experimental

El nostre objectiu inicial era comparar la qualitat de quatre mostres d'aigua des de dos paràmetres: la salut i la qualitat d'aquesta.

Per complir aquest objectiu hem estudiat diferents aspectes de l'aigua, els trihalometans, que els estudiarem amb l'ajuda d'un cromatògraf, i la duresa de l'aigua, que l'estudiarem de dues maneres diferents:

1. Fent una dissolució d'aigua amb un indicador, un tampó i EDTA.
2. Amb un aparell anomenat ICP, que gràcies a una font de calor molt elevada separa els compostos en àtoms.

### ***6.1 Estudi de la duresa de l'aigua***

#### **6.1.1 Obtenció de dues mostres d'aigua**

El primer pas per fer l'estudi de la duresa de l'aigua és la obtenció de les mostres. En aquest cas hem agafat aigua de l'aixeta del laboratori on fèiem la investigació i aigua de la gerra Brita.



### 6.1.2 Preparació de la dilució

Per determinar la duresa de l'aigua hi ha dos mètodes. Primer hem fet servir el mètode en el que es prepara una solució de la mostra d'aigua amb un indicador (NET), que canvia la solució de color quan està saturada d'EDTA (un compost químic que reaccionarà amb la solució per determinar-ne la quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ ), i un tampó ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ ) que manté el pH constant.

Una vegada sabem el que necessitem, procedim a explicar l'experiment:

- Es fa una solució de 50 ml de la mostra d'aigua amb 2 ml de tampó  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$  (pH 10) i 2 gotes d'indicador NET. La solució tindrà un aspecte vermell.
- Utilitzem una bureta de 50 ml i l'omplim tota amb una solució d'EDTA 0.002M.
- El fem caure poc a poc a la solució i al mateix temps en que cau l'EDTA, agitem la solució perquè s'homogeneïtzi. En el moment en que la solució canvia de color ja no tirem més EDTA.

### 6.1.3 Observació de la quantitat d'EDTA consumit

La bureta on estava l'EDTA marcarà un número. Aquest procés el repetim tres vegades i calculem el valor mitjà de la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , que ens indica la quantitat gastada d'EDTA per saturar la solució. Així mateix repetim el procés per l'altra mostra d'aigua.

El volum d'EDTA que hem necessitat per l'aigua de l'aixeta és de 27,5 ml, mentre que per a l'aigua de la gerra Brita hem necessitat 25 ml d'EDTA. Com podem veure, hem necessitat menys quantitat d'EDTA per saturar la solució amb l'aigua de la Brita. Això ens indica que l'aigua de la gerra Brita ha eliminat més quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , respecte l'aigua de l'aixeta.

## 6.1.4 Càlculs de la quantitat de $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$

### 6.1.4.1 Aigua de l'aixeta

La duresa de l'aigua correspon a la suma de les concentracions dels cations  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , aquesta s'anomena duresa total i s'expressa en mg/L de  $\text{CaCO}_3$  o ppm (parts per milió).

Per determinar el valor numèric de la duresa de cada mostra d'aigua, hem fet un promig dels valors consumits de EDTA( $\text{Y}^{4-}$ ), que en el cas de l'aigua de l'aixeta surt un resultat de 27,8 ml d'EDTA( $\text{Y}^{4-}$ ) consumit, amb aquest resultat juntament amb la concentració d'EDTA(0,002 mols/L) i el volum inicial, és a dir, el volum de la mostra d'aigua podem aïllar la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  de l'aigua de l'aixeta mitjançant la fórmula següent:

$$C_y \cdot V_y = C_{Ca + Mg} \cdot V_o$$

El següent pas, abans d'aplicar la fórmula és adjuntar totes les dades numèriques:

$C_y^{4-}$	0,002 mols/L
$V_y^{4-}$	27,8 ml
$V_o$	25 ml
$C_{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	?

Ara sí apliquem la fórmula per trobar la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  ( $C_x$ ):

$$C_{Ca^{2+} + Mg^{2+}} = \frac{C_{y^{4-}} \cdot V_{y^{4-}}}{V_o}$$

$$C_x = \frac{0.002 \cdot 27.8}{25} = 0.0022 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$$

Com que aquest resultat és expressat en mols/L i la unitat de SI per la duresa total és de (mg/L o ppm) hem de passar els mols a mg.

Aquest pas té una part curiosa, i és que, assignem que la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  és igual a la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$ , que a la vegada és igual a la concentració de  $\text{CaCO}_3$ , de manera que interpretarem els mols de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  com a mols de  $\text{CaCO}_3$ :

$$0.0022 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol Ca}} \cdot \frac{100.69 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{1000 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ g CaCO}_3} = 216 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

#### 6.1.4.2 Aigua de la gerra Brita

En aquest cas seguirem el mateix procés per arribar al valor de la duresa total de la nostra mostra.

En primer lloc, fem un promig dels valors d'EDTA consumit, que ens dona un resultat de 9,05 ml i abans d'aplicar la fórmula recollim les dades necessàries:

$C_y^{4-}$	0,002 mols/L
$V_y^{4-}$	9,05 ml
$V_o$	50 ml
$C_{\text{Ca}^{2+} \text{ i } \text{Mg}^{2+}}$	?

Tot seguit, aïllem la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  ( $C_x$ ):

$$C_x = \frac{9.05 \cdot 0.002}{50} = 0.00036 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$$

Una vegada obtingut el resultat en mols/L els passem aquestes unitats, mitjançant factors de conversió, a mg/L o ppm.

Cal recordar que assignem que:  $1 \text{ mol Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 1 \text{ mol Ca}^{2+} = 1 \text{ mol CaCO}_3$ , per tant:

$$0.00036 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol Ca}} \cdot \frac{100.69 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{1000 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ g CaCO}_3} = 36,25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

### 6.1.5 Comparació de la duresa de les mostres

Una vegada hem analitzat detalladament les dues mostres, el que hem de fer és comparar els resultats de la duresa total de cadascuna.

Com hem pogut comprovar amb els càlculs de la duresa total de cada mostra, la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  de l'aigua de l'aixeta és considerablement més elevada que la concentració de l'aigua de la gerra Brita, ja que el resultat de la mostra de l'aixeta és de 216 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , mentre que la concentració de la mostra de la gerra Brita és de 36,25 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . D'aquesta manera arribem a la conclusió que l'aigua de la gerra Brita és menys dura que l'aigua de l'aixeta del laboratori. Aquest fet vol dir que el dubte principal que teníem s'ha resolt, les gerres amb sistemes de filtració eliminen més quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

## **6.2 Estudi de la duresa amb l'ICP**

Aquest és un mètode més fiable per mesurar la quantitat dels cations  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , ja que aquesta màquina dona uns resultats molt exactes, mentre que l'altre mètode pot tenir error de precisió en el resultat.

Per mesurar la duresa de l'aigua amb aquest mètode, vam anar al servei d'anàlisi de la UAB i ens van ensenyar a utilitzar l'ICP.

El procés és el següent:

### **6.2.1 Obtenció de les quatre mostres d'aigua**

A diferència de el mètode anterior, en el qual teníem dues mostres, aquesta vegada disposàvem de quatre mostres:

1. Aigua de l'aixeta
2. Aigua de la gerra Brita
3. Aigua d'una font sense cartutx
4. Aigua d'una font amb cartutx

### **6.2.2 Introducció de les mostres a l'ICP**

Cada mostra d'aigua s'introdueix a un tub d'assaig. Posteriorment la mostra d'aigua entrarà dins del plasma, una font de calor molt alta ( $8000^{\circ}\text{C}$ ), que conté Argó. Així, aquest gas no pot reaccionar amb la mostra que també ha passat a estat gasós a l'entrar al plasma. Una vegada la mostra ha passat a estat gasós les partícules es mouen molt ràpid, es destrueixen els enllaços i aconseguim àtoms.

L'energia que alliberen els electrons excitats durant aquest procés s'emeten en forma de llum. Aleshores diem que el senyal de llum és proporcional a la concentració dels cations que busquem, en aquest cas,  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ . Per tant, a més electrons, més llum s'emeten.

### 6.2.3 Mesurem la longitud d'ona del $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ al arribar al detector

Quan ja s'ha emès la llum, gràcies al detector podem mesurar la longitud d'ona d'aquesta emissió i calcular la quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

### 6.2.4 Obtenció dels resultats

Els resultats els observem a la pantalla de l'ordinador, que està connectat al detector, en forma de gràfic de barres. Cada barra és un element. Posteriorment, l'ordinador expressa les concentracions de cada element en un calibrat.

- En el cas de l'aigua de l'aixeta el calibrat és el següent:

Analit	Concentració
$\text{Ca}^{2+}$	68 mg/L
$\text{Mg}^{2+}$	12 mg/L

- En el cas de l'aigua de la gerra Brita:

Analit	Concentració
$\text{Ca}^{2+}$	11 mg/L
$\text{Mg}^{2+}$	3 mg/L

- En el cas de l'aigua de la font sense cartutx:

Analit	Concentració
Ca <sup>2+</sup>	68 mg/L
Mg <sup>2+</sup>	12 mg/L

- En el cas de l'aigua de la font amb cartutx:

Analit	Concentració
Ca <sup>2+</sup>	68 mg/L
Mg <sup>2+</sup>	12 mg/L

### 6.2.5 Comparació dels resultats obtinguts amb l'ICP i la dilució

Una vegada mesurada la duresa de l'aigua amb els dos mètodes, vam poder apreciar l'exactitud dels resultats obtinguts fent la solució al laboratori. Sincerament, no pensàvem que els resultats de la solució fossin tant semblants als resultats de l'ICP, cosa que indica que el nostre treball al laboratori va tenir èxit.

A part de comparar els dos resultats de les nostres mostres d'aigua, vam voler comprovar si la quantitat de Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> indicada a l'etiqueta d'una ampolla d'aigua comprada era realment la que ens deien o no; així que vam introduir aquesta mostra d'aigua a l'ICP, i efectivament la quantitat indicada a l'etiqueta era la correcte. Aquesta part no era realment del nostre treball, perquè ja havíem estudiat les nostres mostres, però ens va picar la curiositat de saber si no ens enganyen al supermercat.

### **6.2.6 Dubtes posteriors a la investigació**

Al obtenir el calibrat vam poder observar que l'aigua de la gerra Brita contenia menys quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , per tant, els sistemes de filtració sí que tenen una bona utilitat. Però, ens vam adonar d'una cosa molt estranya que no s'entenia: tant l'aigua de l'aixeta com també la de la font sense cartutx i amb cartutx tenien exactament la mateixa quantitat de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , no enteníem perquè, els professors no ens sabien donar una explicació a aquest fet, tampoc ens ho van saber explicar els del servei d'anàlisi, el dubte estava present.

## ***6.3 Estudi dels trihalometans presents a l'aigua***

Els trihalometans són compostos orgànics que es formen en l'aigua durant el procés de desinfecció, al reaccionar el clor o el brom amb la matèria orgànica.

### **6.3.1 Obtenció de les sis mostres d'aigua**

Vam agafar sis mostres diferents per analitzar la quantitat de trihalometans a cada una:

1. Aigua de l'aixeta del laboratori de la UAB.
2. Aigua de la gerra Brita.
3. Aigua de la font 1: font sense cartutx, de la facultat de biotecnologia.
4. Aigua de la font 2: font amb cartutx, de la biblioteca.
5. Aigua de la font 3: font amb cartutx, de la facultat de matemàtiques
6. Aigua de la font 4: font sense cartutx, de la facultat de química.



### 6.3.2 Cromatografia de gasos

La cromatografia de gasos és una tècnica que consisteix en passar la mostra a gas i fer-la circular per una columna. Aquesta columna pot ser de diversos tipus segons els elements que es volen separar per polaritat.

Analitzarem les mostres amb el mètode Head Space, que consisteix en l'equilibri entre el líquid i el gas. Després es punxa la mostra i s'introdueix al forat que condueix a l'interior del cromatògraf a temperatura constant. Tot seguit passa per la columna i els elements es separen. Quan els components arriben al detector separats es registren els pics en forma de gràfic.

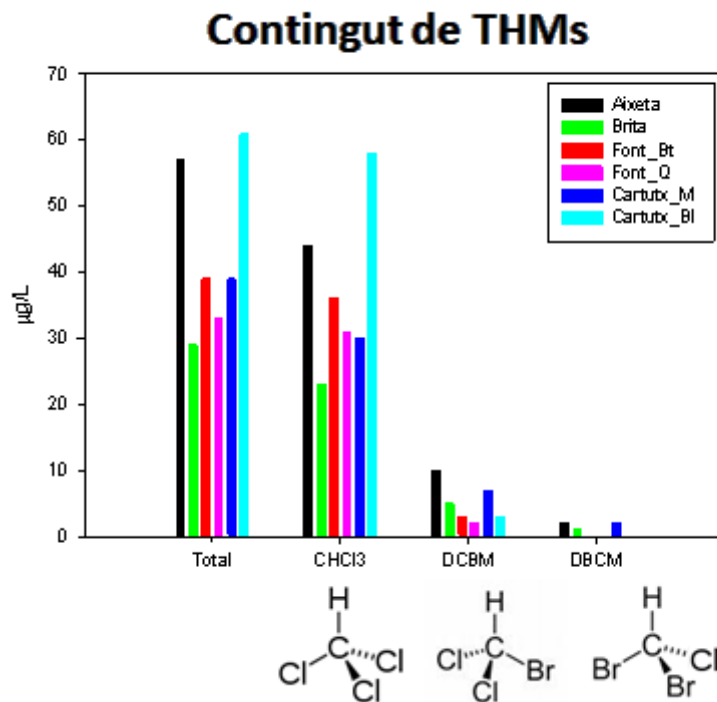
El detector indica la quantitat de cada substància a partir d'una gràfica. Una vegada tenim el gràfic amb els resultats el comparem amb un patró, així podem identificar cada component segons el temps de retenció en el cromatògraf, és a dir, si el patró ens indica que el Cloroform tarda sis minuts en arribar al detector, vol dir, que el component del nostre gràfic que hagi tardat sis minuts en arribar al detector serà el Cloroform.

Els resultats obtinguts són els següents:

		Amb Cartutx	Amb Cartutx	Sense Cartutx	Sense Cartutx	
	<b>Brita</b>	<b>Font 2</b>	<b>Font 3</b>	<b>Font 1</b>	<b>Font 4</b>	<b>Aixeta</b>
<b>CHCl<sub>3</sub></b>	23	30	58	36	31	44
<b>DCBM</b>	5	7	3	3	2	10
<b>DBCM</b>	1	2	0	0	0	2
<b>CHBr<sub>3</sub></b>	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL(µg/l)</b>	<b>29</b>	<b>39</b>	<b>61</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>57</b>

- (CHCl<sub>3</sub>) : Cloroform
- (DCBM) : Diclorobromometà
- (DBCM) : Dibromoclorometà
- (CHBr<sub>3</sub>) : Bromoform

Representació del contingut de Trihalometans:



## **6.4 Estudi de la duresa de l'aigua de Granollers i voltants**

Una vegada acabada la investigació a la UAB, juntament amb la tutora del meu treball de recerca, Carmina Seoane, vam aplicar l'estudi de la duresa de l'aigua realitzat a la Universitat amb mostres d'aigua obtingudes en diferents punts de la població on visc i els seus voltants.

### **6.4.1 Obtenció de les mostres d'aigua**

Les mostres estudiades són les següents:

- Mostra 1: Granollers nord
- Mostra 2: Recinte firal de Granollers
- Mostra 3: Aixeta domèstica (Granollers)
- Mostra 4: Can Bassa
- Mostra 5: Canovelles
- Mostra 6: La Roca del Vallès
- Mostra 7: Aigua de l'aixeta del laboratori de l'institut (Granollers).

### **6.4.2 Preparació de la dilució per saber quina aigua és més dura**

Per determinar la duresa de l'aigua hem preparat una dissolució de la mostra d'aigua amb un indicador (NET), (que permet un canvi en la coloració de la solució una vegada saturada d'EDTA) i un tampó  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ , (que manté el pH constant).

Tot seguit, portem a terme l'experiment:

En primer lloc es farà una solució de 10 ml de la mostra d'aigua amb 2 ml de tampó  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$  i 2 gotes d'indicador (NET).

La solució prendrà una coloració rogenca. Tot seguit, omplirem una bureta de 50 ml d'EDTA 0.01M, el farem gotejar lentament a la solució i al mateix temps agitarem la dissolució perquè s'homogeneïtzi. En el moment en que la solució canviï de color ja no tirarem més EDTA de la bureta.



**Figura 23:** Preparació de la solució amb EDTA al laboratori del institut.

#### **6.4.3 Observació de la quantitat d'EDTA consumit**

Una vegada que la coloració canviï el color deixarem de consumir EDTA. Tot seguit, observarem, a l'altura del menisc de la bureta, el valor d'EDTA consumit. Després de repetir aquest procés tres vegades amb cada mostra, calcularem el valor mitjà de la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  consumits, el que ens permetrà saber el grau de duresa de cada mostra d'aigua.

El volum d'EDTA consumit per a cada mostra és el següent:

- Mostra 1: Granollers nord → 2,1 ml d'EDTA.
- Mostra 2: Recinte firal de Granollers → 1,7 ml d'EDTA.
- Mostra 3: Aixeta domèstica (Granollers) → 1,7 ml d'EDTA.
- Mostra 4: Can Bassa → 1,7 ml d'EDTA.
- Mostra 5: Canovelles → 1,7 ml d'EDTA.
- Mostra 6: La Roca del Vallès → 1,7 ml d'EDTA.
- Mostra 7: Aigua de l'aixeta del laboratori del institut (Granollers) → 1,7 ml d'EDTA.

Observem que totes les mostres d'aigua tenen la mateixa duresa excepte l'aigua de la font de Granollers nord, que varia molt poc. Al apreciar aquest fenomen, vàrem arribar a la conclusió que l'aigua subministrada per la mateixa companyia d'aigües potables, Sorea, té la mateixa duresa tant a Granollers com als seus voltants.

#### 6.4.4 Càlculs de la quantitat de $\text{Ca}^{2+}$ i $\text{Mg}^{2+}$ de cada mostra d'aigua

Com que en totes les mostres d'aigua, excepte la mostra de Granollers nord, ens han donat el mateix valor d'EDTA consumit, només caldrà fer dos càlculs:

1. Càlcul per la mostra de Granollers nord
2. Càlcul per la resta de mostres

#### MOSTRA GRANOLLERS NORD:

Seguint el procediment anterior, apliquem la fórmula per aïllar la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

$$C_y \cdot V_y = C_{Ca + Mg} \cdot V_o$$

Les dades adjuntades són les següents:

$C_{y^{4-}}$	0,01 mols/l
$V_{y^{4-}}$	2,1 ml
$V_o$	10 ml
$C_{Ca^{2+} i Mg^{2+}}$	?

Aïllem i procedim al càlcul:

$$C_{Ca^{2+}+Mg^{2+}} = \frac{C_{y^{4-}} \cdot V_{y^{4-}}}{V_o}$$

$$C_x = \frac{2.1 \cdot 0.01}{10} = 0.0021 \frac{\text{mols}}{\text{L}} Ca^{2+} + Mg^{2+}$$

El següent pas és convertir els mols/L de  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$  en mg/L de  $CaCO_3$ :

$$0.0021 \frac{\text{mols}}{\text{L}} Ca^{2+} + Mg^{2+} \cdot \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol Ca}} \cdot \frac{100.69 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} \cdot \frac{1000 \text{ mg } CaCO_3}{1 \text{ g } CaCO_3} = 211,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} CaCO_3$$

MOSTRES 2, 3, 4, 5, 6 i 7:

Abans d'aplicar la fórmula adjuntem les dades obtingudes com a resultat de l'experiment:

$C_{y^{4-}}$	0,01 mols/l
$V_{y^{4-}}$	1,7 ml
$V_o$	10 ml
$C_{Ca^{2+} i Mg^{2+}}$	?

Procedim al càlcul:

$$C_x = \frac{1.7 \cdot 0.01}{10} = 0.0017 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$$

Una vegada obtingut el resultat de la concentració de Ca i Mg en mols/l, convertirem aquesta expressió en mg/l de CaCO<sub>3</sub>:

$$0.0017 \frac{\text{mols}}{\text{L}} \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol Ca}} \cdot \frac{100.69 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \cdot \frac{1000 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ g CaCO}_3} = 171,2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

## 7 Conclusions

### 7.1 *Afirmació o negació de les hipòtesis plantejades*

Una vegada acabada la investigació i realitzat el treball és el moment de tornar a l'inici per recordar els problemes i hipòtesis plantejats anteriorment per afirmar o negar la resposta.

**PROBLEMA 1.** Els sistemes de filtració de l'aigua fan la seva funció realment?

- ✓ **HIPÒTESI 1.** Sempre s'ha dit que l'aigua de l'aixeta conté més clor i altres compostos contaminants que altres tipus d'aigua. Per tant, podem suposar que *“les aigües amb un sistema de filtració redueixen més quantitat de compostos contaminants que no l'aigua de l'aixeta que no conté cap tipus de filtre.”*

La resposta a aquest problema era bastant evident, per consegüent, es pot afirmar la hipòtesi formulada inicialment.

Amb la recerca a la Universitat s'ha pogut comprovar que els sistemes de filtració disminueixen la concentració de trihalometans i també de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

**PROBLEMA 2.** Per què es formen els trihalometans?

- ✓ **HIPÒTESI 2.** Aquesta pregunta va ser formulada amb una prèvia informació sobre els trihalometans.

Si tenim en compte que els trihalometans són una unió d'una molècula de metà amb clor o brom, podem intuir que *“potser s'han format durant el procés de potabilització de l'aigua.”*



Els experiments realitzats, en aquest treball, corroboren aquesta hipòtesi.

Durant la recerca a la Universitat he après que, els trihalometans són compostos derivats del metà amb clor o brom als extrems, es formen, quan en el procés de potabilització es barregen clor o brom amb matèria orgànica que conté l'aigua abans de ser potabilitzada, per tant, s'afirma la resposta següent: Els trihalometans es formen durant el procés de potabilització de l'aigua.

**PROBLEMA 3.** Ens perjudica la duresa de l'aigua d'alguna manera?

- ✗ **HIPÒTESI 3.** Suposem que *la duresa de l'aigua sí que afecta a la salut de les persones*, per això existeixen sistemes de filtració que disminueixen la duresa.

Gràcies a la investigació que varem dur a terme durant l'estada a la Universitat es pot descartar aquesta resposta inicial.

La duresa de l'aigua depèn de la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , que, al no ser compostos contaminants podem afirmar que *la duresa de l'aigua no afecta a la salut de les persones, en l'únic que afecta és en les propietats organolèptiques i la possibilitat de malmenar o espatllar els electrodomèstics.*

**PROBLEMA 4.** Perquè l'aigua de la font amb filtre, la de la font sense filtre i la de l'aixeta ens donava el mateix valor en quant als trihalometans i a la duresa?

- ✗ **HIPÒTESI 4.** Tant en els resultats de trihalometans com els de la duresa de l'aigua, l'aigua de la font amb filtre, sense filtre i l'aigua de l'aixeta contenien una concentració molt semblant de trihalometans i  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ .

Aquest fet ens va estranyar moltíssim, ja que no li trobàvem una explicació lògica, finalment, vam suposar una resposta:

*“El filtre de la font amb cartutx no serveix per res i per això l'aigua que n'obtenim té el mateix valor de trihalometans i duresa que les altres dues mostres.”*

Aquesta hipòtesi ens semblava exagerada, però era l'única explicació que trobàvem al fet que l'aigua de la font amb cartutx, sense cartutx i de l'aixeta donessin els mateixos resultats en quant a la concentració de  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  i els trihalometans.

Una vegada acabada la investigació varem contactar amb la companyia que subministrava aigua potable a la UAB, aleshores ens van fer saber que les fonts que no tenien un cartutx extern el tenien intern, és a dir, la diferència que fèiem entre: Font amb cartutx i Font sense cartutx no era bona, ja que estàvem analitzant el mateix tipus d'aigua. En quant a l'aigua de l'aixeta, l'argument és el mateix, l'aigua de les tres mostres era la mateixa.

## **7.2 Reflexió dels resultats**

### **7.2.1 Trihalometans**

- El contingut de trihalometans a les aigües potables, es deu al procés de cloració (potabilització) de l'aigua.
- Totes les mostres analitzades estan dintre del límits legals (100 µg/L).
- Els sistemes de filtració redueixen la quantitat de THMs.
- Els sistemes de filtració, per carbó actiu (gerra Brita), són recomanables, ja que eliminen més substàncies perjudicials. És a dir, elimina substancialment l'excés de clor lliure, evitant així l'aparició d'un excés de trihalometans.

### 7.2.2 Duresa de l'aigua

- La duresa de l'aigua no afecta a la salut de les persones, però sí condiciona la durada dels electrodomèstics i la saponificació.
- No és correcte diferenciar les fonts de la UAB com a "font amb cartutx i sense cartutx", ja que realment les dues en disposen. La diferència és que un és intern i l'altre és extern.

## 8 Bibliografia i webgrafia

- [http://www.ugr.es/~dpto\\_prev/revista/pdf/Hig%20Sanid%20Ambient%208%20280-290%20\(2008\).pdf](http://www.ugr.es/~dpto_prev/revista/pdf/Hig%20Sanid%20Ambient%208%20280-290%20(2008).pdf)
- HARRIS, DANIEL C. Anàlisi química quantitativa. Editorial Reverté.
- Doménech, Xavier. Química de la hidrosfera. Miraguano Ediciones.

La resta de la informació ha estat extreta de documents que em van donar a la Universitat, juntament amb les explicacions proporcionades pels professors de la UAB.

## 9 Agraïments

Durant la recerca a la Universitat, vull donar les gràcies:

- Als professors de la Universitat Autònoma de Barcelona, Jordi Coello i Jordi Gené per l'atenció i el bon tracte des del primer moment.
- Al SAQ, per deixar-nos les instal·lacions i per la seva ajuda i col·laboració en tot moment.
- Finalment, a tot l'equip del programa ARGÓ per fer possible aquesta estada.

Durant la realització del treball:

- En primer lloc a la tutora del meu treball; per l'atenció i ajuda en tot moment, m'ha orientat quan ho he necessitat, m'ha fet veure aquest treball d'una manera més senzilla, i per tant, l'he interioritzat més del que m'esperava.
- A la meva professora de química, per ajudar-me en algunes confusions que m'han sorgit durant el treball.