

# Trabajo de investigación

---

Kashi

## **Avís legal**

Copyright © Nom. Es garanteix permís per copiar, distribuir i modificar aquest document segons els termes de la GNU Free Documentation License, versió 1.3 o qualsevol posterior publicada per la Free Software Foundation. Es disposa d'una còpia d'aquesta llicència a <http://www.fsf.org> i a l'annex ??.

# 1emAgraiments



# 1em Índex de continguts

<b>Agraiments</b>	i
<b>1 Introducció</b>	1
<b>2 Objectius</b>	3
<b>3 Recerca Previa</b>	5
3.1 Què és la qualitat de l'aigua? . . . . .	5
3.1.1 Tips de paràmetres per analitzar la qualitat de l'aigua . . . . .	5
3.2 Explicació dels parametres químics . . . . .	6
3.2.1 pH . . . . .	6
3.2.2 Duresa . . . . .	8
3.2.3 Nitrats i Nitrits . . . . .	8
3.2.4 Clor . . . . .	9
3.2.5 Metalls pesats . . . . .	10
3.3 Explicació dels parametres físics . . . . .	10
3.3.1 Temperatura . . . . .	10
3.3.2 Color . . . . .	10
3.3.3 Olor i sabor . . . . .	10
3.4 Explicació dels parametres biologics . . . . .	10
3.4.1 Coliformes fecals . . . . .	10
3.4.2 Bacteris totals . . . . .	10
3.4.3 Algs i protozous . . . . .	10
3.4.4 Índex biològic . . . . .	10
<b>4 Part pràctica</b>	11
<b>5 Metodologia</b>	33
<b>6 Conclusions</b>	35
<b>Bibliografia</b>	38



# 1. TemIntroducció



## **2. 1emObjectius**



# 3. 1emRecercaPrevia

## 3.1 Què és la qualitat de l'aigua?

La qualitat de l'aigua es un terme que es refereix a les caracteristicas físicas, químicas y biologicas de l'aigua. Per determinar-la, s'analitzan alguns paràmetres.

Segons Wikipedia [10], s'entén la qualitat de l'aigua com 'característiques químiques, físiques, biològiques i radiològiques de l'aigua', en relació amb necessitats humanes.

La Fundació Aquae [2] indica que es tracta d'un conjunt de paràmetres, com temperatura, contingut mineral i bacteris, mesurats i comparats amb estàndards, per definir si l'aigua és apta per a fins determinats o no.

### 3.1.1 Tips de paràmetres per analitzar la qualitat de l'aigua

- 1) **Parametres químics** Relacionats amb la composició química de l'aigua; indiquen si és potable o contaminada.
  - a) *pH*: Explicació a la secció 3.2.1
  - b) *Duresa*: Explicació a la secció 3.2.2
  - c) *Nitrats i Nitrits*: Explicació a la secció 3.2.3
  - d) *Clor (lliure i total)*: Explicació a la secció 3.2.4
  - e) *Metalls pesats*: Explicació a la secció 3.2.5
- 2) **Parametres físics** Mesuren característiques visibles o mesurables sense canviar la composició de l'aigua.
  - (a) *Temperatura*: Explicat a la secció 3.3.1
  - (b) *Color*: Explicat a la secció 3.3.2
  - (c) *Olor i sabor*: Explicat a la secció 3.3.3
- 3) **Parametres biologics** Indiquen la presència de microorganismes que poden ser patògens.

- (a) **Coliformes fecals:** Explicat a la secció 3.4.1
- (b) **Bacteris totals:** Explicat a la secció 3.4.2
- (c) **Algs i protozous:** Explicat a la secció 3.4.3
- (d) **Índex biològic:** Explicat a la secció 3.4.4

## 3.2 Explicació dels paràmetres químics

### 3.2.1 pH

#### Què és el pH?

El pH és una mesura que serveix per establir el nivell d'acidesa o alcalinitat d'una dissolució. La 'p' ve de 'potencial' i l'H ve de l'àtom d'hidrogen, per això el pH és el potencial de l'hidrogen.

S'expressa com el logaritme negatiu de base 10 de la concentració de ions d'hidrogen:

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+].$$

A la fórmula la  $\text{H}^+$  és la concentració de ions d'hidrogen en la solució, mesurat en mols per litre (mol/L).  $-\log_{10}$  és el logaritme en base 10, el signe negatiu s'utilitza amb l'objectiu que el pH sigui un número positiu. La raó és perquè el logaritme d'un número menor que 1 és negatiu.

D'altra part, el **pOH** és una mesura de concentració de ions hidroxil  $\text{OH}^-$  en una dissolució. S'expressa com el logaritme negatiu de base 10 de la concentració de ions hidroxil, i a diferència del pH, s'utilitza per mesurar el nivell d'alcalinitat d'una dissolució. Es calcula amb la formula  $\text{pOH} = -\log_{10}[\text{OH}^-]$ .

#### Quina relació hi ha entre el nivell d'acidesa i el pH?

Les dissolucions àcides tenen una alta quantitat de ions d'hidrogen. Això significa que tenen baixos valors de pH, i per tant, el seu nivell d'acidesa és elevat. Així que una dissolució serà més o menys àcida depenent de la quantitat d'hidrogen que contingui aquesta.

D'altra banda, les dissolucions bàsiques (alcalines) tenen baixes quantitats de ions d'hidrogen. Això vol dir que tenen alts valors de pH, i per tant el seu nivell d'acidesa

és baix.

### Escala del pH



Figura 3.1: Escala del pH

L'escala de pH s'utilitza per mesurar el grau d'acidesa d'una dissolució, i com que el pH està relacionat amb el pOH, coneixent el grau d'acidesa d'una dissolució, també podem saber el seu grau d'alcalinitat (basicitat).

Com podem observar a la figura 3.1, el valor del pH va del 0 al 14. Les substàncies amb pH igual a 0 són més àcides; les que tenen el pH = 7 són neutres, i les que tenen pH = 14 són les menys àcides, per tant, són les més bàsiques.

### Què ens diu el pH sobre la qualitat de l'aigua?

El pH és un paràmetre fonamental entre els paràmetres; com he dit abans, indica el grau d'acidesa o alcalinitat. El pH depèn de la quantitat d'hidrogen que conté l'aigua.

Un pH d'1 ens diu que la substància és molt àcida i, per tant, perillosa. L'àcid clorhídric ( $\text{HCl}(\text{aq})$ ) té aproximadament aquest pH. A l'altre extrem de l'escala, amb un pH aproximat de 14, tenim sosa càustica ( $\text{NaOH}$ ). Gràcies a l'escala de pH (figura 3.1), podem saber si la dissolució és més àcida o bàsica. En general, un pH de 7, és a dir, neutre, seria el més òptim en la majoria dels casos; és un pH similar al del nostre cos, la suor, etc.

### 3.2.2 Duresa

#### Què és la duresa de l'aigua?

Es la concentració de compostos minerals en una certa quantitat d'aigua, especialment sals de magnesi i calci [5]. L'aigua 'dura' té una alta concentració d'aquestes sals i l'aigua 'suau', té una concentració baixa d'aquestes. La duresa es pot calcular amb la següent fórmula: (mg/L de Calci (Ca) + mg/L de Magensi (Mg) x 4.2 )/10

#### Com t'afecta la duresa de l'aigua?

L'Organització Mundial de la Salut no considera que la duresa de l'aigua tingui un impacte negatiu en l'organisme. En una guia, afirma que els paràmetres per al consum oscil·len entre 100 i 300 mg/l de carbonat de calci, encara que el límít de tolerància pot estar per sobre o per sota en funció de la normativa de cada país. [3]

En general, la concentració desitjable es considera inferior a 100 mg/l (aigua de més qualitat) i que per sobre de 500 mg/l qualitat ja no és acceptable. En el cas concret d'Espanya, la normativa tecnològica-sanitària estableix un valor de contingut de calci de fins a 100 mg/l amb un límit màxim de tolerància de 200 mg/l. [3]

### 3.2.3 Nitrats i Nitrits

#### Què són els nitrat i el nitrit?

El nitrat  $\text{NO}_3^-$  és un compost químic format bàsicament per nitrogen i oxigen. Naturalment es troba en el sòl i l'aigua, per la qual cosa és un nutrient fonamental per a molts éssers vius.

Quan paguem la terra per millorar el seu rendiment, utilitzem productes de nitrogen, ja siguin fertilitzants minerals o orgànics com els fets. A aquest augment de nitrats, hem d'afegir el plus que representa nitrogen contingut en aigua de reg (aigua utilitzada per el reg de conreus o jardins). Per tant, el nivell final d'aquest compost pot ser alt en moltes ocasions.

Amb el temps, i essencialment a causa de l'acció d'alguns bacteris, aquests nitrats evolucionen en nitrits  $\text{NO}_2^-$ , ions considerats més tòxics.

### El nitrit i les seves conseqüències

El nitrit s'origina en les fruites profundes que es produeixen quan el sistema de reg mou el nitrat al sòl. Aquest risc és més alt quan s'utilitza el reg de la superfície. La contaminació de l'aigua superficial pot tenir conseqüències tan greus com la mort de la fauna aquàtica a llarg termini.

Com hem vist, l'excés de nitrit pot causar la seva contaminació a l'aigua, però també als cultius que estan regats amb aquesta aigua contaminada. Per tant, moltes verdures es poden veure afectades.

Aquestes grans quantitats de nitrils a l'aigua poden tenir un impacte negatiu en la salut de les persones. Per evitar problemes, l'OMS recomana un límit de 50 mil·ligrams de nitrat per litre. [7]

#### 3.2.4 Clor

##### Què és el clor i quina relació té amb l'aigua?

El clor és un element químic, un gas groc verdós, dens i amb una olor irritant. S'utilitza principalment per desinfectar l'aigua, eliminant així les bacteris i altres microorganismes nocius.

La seva presència és considerada l'últim pas per a la potabilització de l'aigua. Desinfecta microorganismes patògens que causen malalties als humans; per aquesta raó, la seva desinfecció és fonamental en la protecció de la salut pública.

Tot i que existeixen altres mètodes de desinfecció, el clor ha sigut el responsable de l'augment de l'esperança de vida a l'Europa del passat segle XX. Però, anteriorment, fa cinc segles, s'utilitzaven altres formes de desinfecció més rudimentàries, com bullir l'aigua.

La revista Life [9] classifica el logre de la cloració (procés de desinfecció que utilitza clor) com “probablement el més significatiu progrés de la salut pública del mil·lenni” l'any 1997.

Per tant, el clor és un producte químic amb l'objectiu de desinfectar l'aigua. Tanmateix, l'ús d'aquest component químic **no és segur**.

### Com el clor de l'aigua potable afecta la salut

Segons el doctor en Medicina Josep Lluís Berdonces, qui es basa en diferents estudis sobre aquest tema, la cloració de l'aigua pot tenir efectes nocius sobre la salut de les persones. Té en la seva composició àcids hòmics i fòlvids. Les conseqüències d'aquests components químics sobre la salut humana són variades. Molts d'ells tenen una gran afinitat per unir-se amb els diversos greixos del cos. [6]

### 3.2.5 Metalls pesats

## 3.3 Explicació dels paràmetres físics

### 3.3.1 Temperatura

### 3.3.2 Color

### 3.3.3 Olor i sabor

## 3.4 Explicació dels paràmetres biològics

### 3.4.1 Coliformes fecals

### 3.4.2 Bacteris totals

### 3.4.3 Algs i protozous

### 3.4.4 Índex biològic

# 4. 1emPart pràctica

## Primer experiment

Tal i com es fa qualsevol experiment científic, la primera part d'un experiment consisteix en el disseny i l'obtenció del material. El material necessari per elaborar l'experiment és:

1. Tires reactives comprades a Amazon [1]. **Les tires reactives són petits trossets de paper o plàstic impregnats amb substàncies químiques que canvien de color quan entren en contacte amb certs components presents en l'aigua.** S'utilitzen per mesurar de manera ràpida i senzilla diferents paràmetres químics, com ara el pH, la duresa, els nitrats o el clor.



Figura 4.1: Tires Reactives

2. Un mesurador digital de pH cedit pel centre. **El mesurador de pH és un instrument utilitzat per determinar l'acidesa o alcalinitat d'una mostra d'aigua.** Mesura la concentració d'ions d'hidrogen ( $H^+$ ) i proporciona un valor numèric que indica si l'aigua és àcida ( $pH < 7$ ), neutra ( $pH = 7$ ) o bàsica ( $pH > 7$ ).



Figura 4.2: Mesurador de pH

3. El TetraTest de Nitrit, que també em va facilitar el centre. **El TetraTest de nitrits és un test químic que permet mesurar la concentració de nitrits ( $\text{NO}_2^-$ ) en una mostra d'aigua.** Per fer la prova, s'afegeixen unes gotes del reactiu específic a una petita mostra d'aigua, i després d'uns minuts, el color resultant s'ha de comparar amb una escala per determinar la quantitat de nitrits en mg/L.



Figura 4.3: TetraTest

4. Aigua destil·lada per netejar el mesurador. **AL'aigua destil·lada és aigua que s'ha purificat per evaporació i condensació, eliminant així sals, minerals i altres impureses.**

5. Un ordinador amb connexió a internet per a comparar les dades obtingudes amb les de la pagina web d'Aigues de Barcelona [4]
6. Mostres d'aigua. **En aquest cas, una mostra d'aigua de casa meva.**

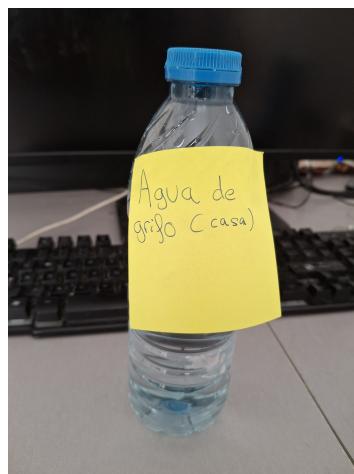


Figura 4.4: Aigua de casa meva

L'objectiu principal de l'experiment és determinar la concentració de diferents compostos en una mostra d'aigua concreta i comparar-ne els resultats amb les dades oficials disponibles. Abans de fer la comparació, primer necessitava extreure les meves pròpies dades. Gràcies al material del que disposo, puc obtenir resultats per més d'una via i comparar entre si les dades obtingudes i les oficials. La raó de fer-ho de diverses maneres és avaluar quina és la més eficient i, si és possible, posar a prova la fiabilitat de les dades oficials mitjançant l'experimentació directa.

Tan bon punt em van arribar les tires, vaig iniciar els experiments. La primera prova va consistir a recollir aigua de l'aixeta de casa meva. Vaig utilitzar una ampolla buida per emmagatzemar-la. El pas següent era entendre el funcionament de les tires que havia comprat. L'únic inconvenient era que el pH i el nitrit es repetia en els dos metodes, per això vaig decidir mesurar-lo per les tres vies: amb les tires reactives, amb el mesurador digital i amb el TetraTest de nitrit.

Abans de començar l'experiment, vaig haver d'investigar com utilitzar correctament les tires. Per fer-ho, vaig documentar-me alguns vídeos tutorials [12] i consultar altres fonts [8]. El procediment correcte és submarinar la tira durant un segon i retirar-la immediatament. En aquest punt va aparèixer un dubte: hi havia qui deixava assecar

la tira al sol i qui no. Davant aquesta contradicció, vaig decidir provar tots dos mètodes per comprovar si els resultats eren diferents.

La decisió de fer l'experiment amb i sense llum solar també apareix com una contradicció en les instruccions del paquet. A l'envàs exterior (en anglès), s'indicava que les tires no havien de tenir contacte amb la llum solar directa. Però, sorprendentment, a l'interior —també en anglès— les instruccions deien el contrari: que s'havien d'assecar al sol. Aquesta incoherència em va portar a fer l'experiment de les dues maneres.

Un cop tot es material ja estava disponible, va començar l'experiment. Tots els passos realitzats i els resultats obtinguts han estat anotats en una llibreta dedicada especialment per a aquest projecte.

Abans de començar oficialment amb les mesures, organitzo totes les mostres. L'aigua de l'aixeta la guardo en una ampolla de plàstic degudament etiquetada per no confondre-la amb altres mostres. També col·loco etiquetes a gairebé tot: les tires, segons si s'assecan amb o sense llum solar i els gots amb les diferents aigües.

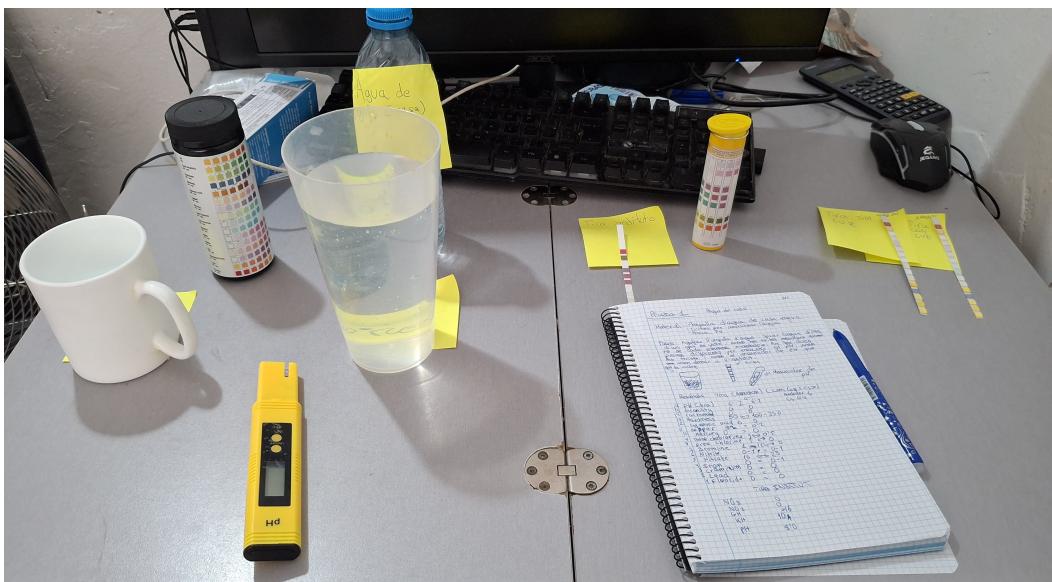


Figura 4.5: Pre-experiment

Els passos que vaig seguir van ser els següents: en un got hi vaig posar l'aigua de l'aixeta i en un altre, l'aigua destil·lada. Vaig començar utilitzant les tires d'Amazon, però em vaig adonar que els components químics estaven escrits en anglès, així que vaig haver-los de traduir per saber què estava mesurant i poder anotar-ho a la llibreta. Després d'assecar la tira durant 60 segons, ja es podien observar els colors que indicaven

la presència i concentració de cada compost. Segons la intensitat del color, es podia determinar el valor aproximat. Ara bé, aquest sistema presentava una dificultat: els colors no sempre eren clars ni fàcils de comparar amb la guia de referència, cosa que feia que els resultats fossin sempre aproximats i no totalment precisos.

Primer vaig fer la prova amb les tires exposades a la llum solar. A continuació, vaig repetir l'experiment amb una tira nova, però aquesta vegada sense exposició solar. A continuació, mostro els resultats obtinguts:

Paràmetre	Resultats amb llum solar en mg/L	Resultats sense llum solar en mg/L
pH	6.2	6.2
Alcalinitat total( $\text{CaCO}_3$ )	0	0
Carbonat	0	0
Duresa (GH)	50	175
Àcid cianúric	0	0
Coure	0.2	0.1
Mercuri	0	0
Clor total	1	0.5
Clor lliure	1	0
Brom	1	0
Nitrit	0.5	0.5
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	10	25
Ferro	0	0.5
Crom (VI)	0	0
Plom	0	0
Fluorur ( $\text{F}^-$ )	0	0

Taula 4.1: Resultats del primer experiment

Tal com es pot veure a la taula 4.1, en general no hi ha diferències molt grans entre fer la prova amb o sense exposició solar. Tot i així, hi ha alguns casos destacats. Per exemple, la duresa presenta un salt important: 50 mg/L amb llum solar, i 175 mg/L sense. També els nitrats mostren una diferència significativa: 10 mg/L amb sol i 25 mg/L sense. Altres compostos com el ferro o el clor total mostren variacions més lleus, però també notables. En canvi, el clor lliure apareix amb 1 mg/L en la tira exposada al sol, i 0 mg/L en la que no hi ha estat.

Un cas especialment curiós ha estat el del pH, ja que els dos mètodes emprats han

coincidit en un valor de 6.2 mg/L. Inicialment pensava que aquest seria un dels valors més variables.

Una possible explicació d'aquesta estabilitat és que el pH de l'aigua no es veu afectat significativament per l'exposició solar. El pH depèn principalment de la concentració d'ions  $H^+$  i  $OH^-$ , i aquestes concentracions romanen relativament estables si l'aigua no conté compostos fotosensibles. Com que l'aigua utilitzada no presenta una alcalinitat ni una presència de compostos reactius significativa, la llum solar no n'ha alterat el pH. Això suggereix que les condicions ambientals d'aquest experiment no afecten aquest paràmetre en concret.

Després de fer la prova amb les tires reactives, procedeixo a repetir-la amb el mesurador digital de pH. El resultat que obtinc és notablement diferent del que indiquen les tires: el valor mesurat és de 7.21 mg/L. Aquesta diferència posa en evidència la limitació de les tires reactives, que només permeten una estimació aproximada, mentre que el mesurador proporciona una dada precisa.

Les dades reals de l'aigua les vaig consultar a la web d'Aigües de Barcelona [4]. Un cop feta la comparació, aquests són els resultats obtinguts amb les dues tires, tant amb exposició solar com sense.

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	6,2	7.2-8.3	unitats pH	Inferior al valor oficial; aigua més àcida.
Alcalinitat total	0	158-210	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental probablement incorrecte.
Carbonats	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	50	222-309	mg GH /L	Molt inferior al valor oficial.
Nitrat	10	5.2-11.1	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Lleugerament superior; dins de marges acceptables.
Nitrit	0.5	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	1	—	mg/L	Valor comú en aigües potables.
Clor lliure	1	—	mg/L	Idèntic al valor anterior.
Ferro	0	—	mg/L	No detectat; valor desitjable.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el límit inferior.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present, tal com és recomanable.
Plom	0	—	mg/L	Absent, com hauria de ser.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant en aigua potable.
Coure	0,2	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	1	—	mg/L	No habitual en aigua potable.
Mercuri	0	—	mg/L	No present; correcte.

Taula 4.2: Comparació entre els valors experimentals i els oficials de l'aigua de l'aixeta (amb exposició solar)

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	6,2	7.2-8.3	unitats pH	Inferior al valor oficial; aigua més àcida.
Alcalinitat total	0	158-210	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental probablement incorregut.
Carbonats	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	175	222-309	mg GH/L	Millor aproximació al valor real que abans.
Nitrat	25	5.2-11.1	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Molt lluny al valor oficial.
Nitrit	0.5	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	0,5	—	mg/L	Ligerament inferior a la prova amb sol.
Clor lliure	0	—	mg/L	Idèntic al total; valor típic.
Ferro	0.5	—	mg/L	Ligerament superior al valor amb sol; no hauria de tenir.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el valor esperat.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present.
Plom	0	—	mg/L	No detectat; adequat.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant; igual que en la prova anterior.
Coure	0,1	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	0	—	mg/L	No detectat en aquest cas.
Mercuri	0	—	mg/L	No detectat; correcte.

Taula 4.3: Comparació entre els valors experimentals i els oficials de l'aigua de l'aixeta (sense exposició solar)

Com es pot veure en les dues comparacions, les tires reactives han fallat en gairebé

tots els casos pel que fa als valors obtinguts. Tot i això, la tira sense exposició solar ha mostrat resultats més propers als valors originals. Per tant, segons aquesta comparació, puc concloure que és millor no exposar la tira a la llum solar. A més, els valors que ens aporten són diferents, per tant, ens hem de limitar només als que coincideixen en ambdós casos.

També cal aclarir que hi ha determinats paràmetres que no es tenen en compte en l'aigua potable, i això fa que sigui impossible comparar-los. El que més m'ha sorprès, però, ha estat la comparació següent:

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial
pH	7,21	7,2

Taula 4.4: Comparació entre els valors experimentals i els oficials de l'aigua de l'aixeta (amb el mesurador de pH)

Tal com es pot apreciar a la taula 4.4, el nivell de pH coincideix amb el valor oficial. Aquest resultat reforçar l'ús del mesurador digital, ja que, com he comentat anteriorment, és molt més fiable que qualsevol tira reactiva, i a més, coincideix amb els valors oficials.

Abans de finalitzar l'experiment, només em faltava una cosa: verificar el nivell de nitrit amb el TetraTest. Tot i que no vaig trobar dades oficials de nitrit, aquesta és una bona manera de comprovar si realment el nivell és de 0 mg/L o si és un error visual meu, o simplement els colors no es poden apreciar amb claredat. Per això, vaig procedir a fer l'última prova per acabar l'experiment. Els passos eren senzills: afegir 5 mL de la mostra d'aigua i posar dues gotes del TetraTest de nitrit, esperar que agafés color i comparar les dades.



Figura 4.6: TetraTest a la mostra numero 1

Com es pot observar a la figura 4.6, segons el resultat del TetraTest, la concentració de nitrits és de 0,1 mg/L. Aquest resultat reforça, una vegada més, la meva hipòtesi que les tires reactives no són del tot fiables i que no es pot confiar plenament en els valors que indiquen.

Aquí finalitza el meu primer experiment. Els resultat han aportat més preguntes que respistes. A més a més dels resultats, espero que en els propers resultats tot sigui més fàcil des del punt de vista metodològic, és a dir, que el procediment ja es coneugut i, per tant serà més ràpid i eficient. També espero que els resultats obtinguts amb les tires convergeixin als valors oficials. En cas contrari, caldrà estudiar quins són les possibles causes d'aquestes diferències.

## Segon experiment

Després d'obtenir alguns resultats sorprenents en el primer experiment, decideixo fer un segon intent per confirmar si les diferències observades es tornen a repetir. En aquest cas, faig servir una nova mostra i intento mantenir les condicions tan controlades com sigui possible per obtenir dades més fiables.

El material i el procediment que faig servir són els mateixos que en l'experiment anterior. L'únic canvi és la mostra: aquesta vegada no és d'aigua de casa meva, sinó que la vaig recollir en un bar d'un amic. Vaig escollir aquest lloc, i no casa seva o qualsevol altre, perquè volia fer una distinció clara entre l'aigua d'ús domèstic i la d'un establiment públic.

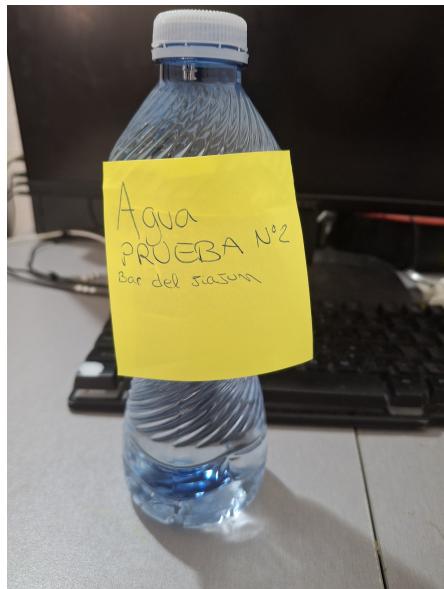


Figura 4.7: Aigua del bar

Aquesta vegada volia extreure les dades d'una manera diferent. Tot i que la diferència en la metodologia no era gaire gran, volia experimentar amb una nova condició per veure si així els resultats de les tires reactives s'aproximaven més als valors originals.

L'única diferència respecte al primer experiment és que, en aquest cas, la tira sense exposició solar tampoc rebrà cap mena de llum: faré l'experiment completament a les fosques. En canvi, la tira amb exposició solar estarà sotmesa a una gran cuantitat de llum, utilitzant no només la llum del sol, sinó també la de diverses llanternes, amb l'objectiu d'aconseguir una diferència notable entre les dues tires reactives.

Després de fer totes les proves per extreure les dades, els resultats van ser els següents:

Paràmetre	Resultats sense llum en mg/L	Resultats amb llum en mg/L
pH	7.8	7.6
Alcalinitat total( $\text{CaCO}_3$ )	40	120
Carbonat	0	80
Duresa (GH)	200	425
Àcid cianúric	0	0
Coure	0.2	0.2
Mercuri	0	0
Clor total	0	0
Clor lliure	0	0
Brom	0	0
Nitrit	0	0
Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	0	0
Ferro	0	0
Crom (VI)	0	0
Plom	0	0
Fluorur ( $\text{F}^-$ )	0	0

Taula 4.5: Resultats del experiment 2

Com podem observar a la taula 4.5, la majoria de paràmetres no es detecten en aquesta mostra d'aigua. Tot i això, els que sí que hi apareixen presenten una gran diferència entre les dues tires: la que ha estat exposada a la llum i la que no.

Els valors que indiquen són força diferents (excepte en els casos dels paràmetres que no són presents a l'aigua). Tots, excepte del pH i el coure, mostren valors inferiors a la tira que no ha estat exposada a cap llum. Pel que fa al pH, sí que hi ha una petita reducció en la mostra amb exposició lumínica.

Aquest resultat em va generar moltes expectatives a l'hora de comparar les dades amb les oficials, ja que així podria determinar quin dels dos mètodes és el més adequat en aquest cas. Tal com ja vam veure en l'experiment anterior, les tires reactives no indiquen amb precisió la concentració de cada paràmetre, i per això provar un mètode alternatiu que s'apropi més als valors reals em va motivar a continuar amb el procés d'experimentació.

Després de consultar les dades oficials al portal d'Aigües de Barcelona [4], vaig poder extreure les conclusions següents:

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	7.8	7,3-8.3	unitats pH	Dins dels valors mínim-màxim..
Alcalinitat total	40	65.3-217	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental probablement incorrecte.
Carbonats	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	200	75.3-424	mg GH/L	Millor aproximació al valor real que l'anterior experiment; dins dels valors mínim-màxim.
Nitrat	0	<1-10.2	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Dins dels valors oficial.
Nitrit	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	0	—	mg/L	Valor típic
Clor lliure	0	—	mg/L	Idèntic al total; valor típic.
Ferro	0	—	mg/L	Adequat; no hauria de tenir.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el valor esperat.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present.
Plom	0	—	mg/L	No detectat; adequat.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant; igual que en l'experiment anterior.
Coure	0.2	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	0	—	mg/L	No detectat en aquest cas.
Mercuri	0	—	mg/L	No detectat; correcte.

Taula 4.6: Comparació entre els valors experimentals i els oficials de l'aigua del bar (sense exposició a cap font de llum)

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	7.6	7,3-8.3	unitats pH	Dins dels valors minim-màxim; com l'anterior cas.
Alcalinitat total	120	65.3-217	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental dins dels límits.
Carbonats	80	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	425	75.3-424	mg GH/L	Millor aproximació al valor real que abans, però no està dins dels valors minim-màxim; pot ser un petit error de extracció de dades.
Nitrat	0	<1-10.2	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Dins dels valors oficial; com l'anterior cas.
Nitrit	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	0	—	mg/L	Valor típic
Clor lliure	0	—	mg/L	Idèntic al total; valor típic.
Ferro	0	—	mg/L	Adequat; no hauria de tenir.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el valor esperat; com l'anterior cas.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present.
Plom	0	—	mg/L	No detectat; adequat.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant; igual que en l'experiment anterior.
Coure	0.2	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	0	—	mg/L	No detectat en aquest cas.
Mercuri	0	—	mg/L	No detectat; correcte.

Taula 4.7: Comparació entre els valors experimentals i els oficials de l'aigua del bar  
Institut Sants amb exposició a gran quantitat de llum

Tal com podeu veure a les taules 4.6 i 4.7, la mesura del pH, que en l'experiment anterior no havia coincidit amb cap de les dues tires, en aquest cas es troba dins dels valors esperats. I no només això, sinó que també altres valors, com la duresa total, es van situar dins dels límits en totes dues tires. Per tant, segons aquesta comparació, puc concloure que és millor exposar la tira a gran quantitat de llum. A més, els valors que ens aporten són diferents, per tant, ens hem de limitar només als que coincideixen en ambdós casos.

És cert que molts paràmetres no els puc comparar per no tenir dades oficials, però, gràcies als que sí que disposo, puc valorar fins a quin punt poden ser fiables els valors dels compostos restants. Aquesta comparació em permet fer-me una idea general de la coherència dels resultats.

Un cop obtingudes les dades de les tires, em faltava verificar el pH amb el mesurador específic i utilitzar el TetraTest de nitrit per confirmar el valor de 0 mg/L indicat a les tires reactives.

El valor obtingut amb el mesurador de pH va ser de 7,3 mg/L. Això confirma que la mostra es troba dins dels límits recomanats segons les dades oficials.

Finalment, el TetraTest va donar un valor de 0,1 mg/L. Aquest resultat contradiu lleugerament les tires, que mostraven 0 mg/L. Tot i així, cal tenir en compte que una diferència tan petita pot no ser apreciable visualment en una tira reactiva, especialment si el canvi de color és petit. Per tant, podria tractar-se simplement d'un error de visual per part meva.

**Com a conclusió**, després de comparar una mostra d'aigua d'un domicili amb una d'un establiment públic, puc afirmar que la concentració de substàncies és força different en els dos casos. El tractament de l'aigua pot influir notablement en els valors detectats. A més, aquest segon experiment m'ha servit per reforçar la importància de fer més d'una prova i contrastar resultats mitjançant diferents mètodes.

Amb això, finalitzo el segon experiment. Tal com havia previst, ha estat més ràpid que el primer, i espero que el tercer i últim, ho sigui encara més.

## Tercer experiment

Finalment, arribo al tercer i últim experiment d'aquest treball de recerca. En aquest cas, igual que en el segon experiment, he volgut fer un petit canvi en la manera d'utilitzar les tires reactives.

Aquesta vegada, la meva idea era jugar amb el temps d'espera. Normalment, un vegada submergida la tira en l'aigua, cal deixar-la reposar uns 60 segons perquè els colors apareguin correctament. El que proposo ara és fer una comparació entre dues tires modificant aquest temps.

En el primer cas, no deixaré gaire temps a la tira per reaccionar: només 5 segons. Tal com he pogut observar en les proves anteriors, a partir de 2 segons la tira ja comença a mostrar els seus colors, per això vull analitzar què passa si gairebé no li dono temps. Òbviament, sé que el temps que trigo a mirar i comparar els colors també influeix, així que intentaré fer-ho tan ràpid com pugui un cop passats els 5 segons.

En canvi, en el segon cas, deixaré que la tira s'assequi durant 2 minuts, és a dir, 120 segons, el doble del temps recomanat habitualment.

Els passos a seguir seran exactament els mateixos que en els experiments anteriors. L'única diferència serà la mostra d'aigua. Aquesta vegada vaig anar a casa d'un amic per recollir una mostra de l'aigua de casa seva, que vaig emmagatzemar en una ampolla de plàstic degudament etiquetada.

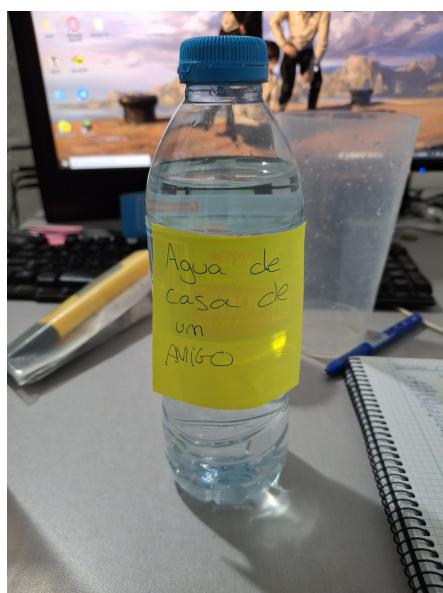


Figura 4.8: Mostra número 3

Després de fer les proves amb les tires reactives, aquests en van ser els resultats:

Paràmetre	Tira amb durada 5 segons	Tira amb durada 120 segonsl	Unitats	Comentari
pH	8.4	8.4	unitats pH	No hi ha diferència en cap cas.
Alcalinitat total	180	240	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Diferència bastant elevada.
Carbonats	180	240	mg/L	Diferència bastant elevada.
Duresa total	335	425	mg GH/L	Diferència bastant elevada. .
Nitrat	10	25	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Diferència bastant elevada.
Nitrit	0	0	mg /L	Cap diferència.
Clor total	0	0	mg/L	Cap diferència.
Clor lliure	0	0	mg/L	Cap diferència.
Ferro	0	0	mg/L	Cap diferència.
Fluorur	0	0	mg F <sup>-</sup> /L	Cap diferència.
Crom (VI)	0	0	mg/L	Cap diferència.
Plom	0	0	mg/L	Cap diferència.
Àcid cianúric	0	0	mg/L	Cap diferència.
Coure	0.2	0.5	mg/L	Diferència de 0,3 mg/L.
Brom	0	0	mg/L	Cap diferència.
Mercuri	0	0	mg/L	Cap diferència..

Taula 4.8: Comparació entre els valors experimentals a l'experiment 3

Un cop finalitzada l'extracció de dades amb les tires reactives, el següent pas va ser comparar els resultats obtinguts amb els valors oficials disponibles.

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	8.4	7,3-8.3	unitats pH	Supera per poc al valor màxim.
Alcalinitat total	180	65.3-217	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental dins dels límits.
Carbonats	180	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	335	75.3-424	mg GH/L	Valor experimental dins dels límits.
Nitrat	10	<1-10.2	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Valor experimental dins dels límits.
Nitrit	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	0	—	mg/L	Valor típic
Clor lliure	0	—	mg/L	Idèntic al total; valor típic.
Ferro	0	—	mg/L	Adequat; no hauria de tenir.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el valor esperat.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present.
Plom	0	—	mg/L	No detectat; adequat.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant; igual que en els experiments anteriors.
Coure	0.2	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	0	—	mg/L	No detectat en aquest cas.
Mercuri	0	—	mg/L	No detectat; correcte.

Taula 4.9: Comparació entre els valors experimentals i els oficials, tira amb durada 5 segons

Paràmetre	Valor experimental	Valor oficial	Unitats	Comentari
pH	8.4	7,3-8.3	unitats pH	Supera per poc al valor màxim; com abans.
Alcalinitat total	240	65.3-217	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Valor experimental lluny dels límits.
Carbonats	240	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Duresa total	425	75.3-424	mg GH/L	Valor experimental fora dels límits per 1 mg/L; pot ser un error visual de part meva.
Nitrat	25	<1-10.2	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Valor experimental lluny dels límits.
Nitrit	0	—	mg /L	Informació no proporcionada.
Clor total	0	—	mg/L	Valor típic
Clor lliure	0	—	mg/L	Idèntic al total; valor típic.
Ferro	0	—	mg/L	Adequat; no hauria de tenir.
Fluorur	0	<0,2	mg F <sup>-</sup> /L	Coincideix amb el valor esperat.
Crom (VI)	0	—	mg/L	No present.
Plom	0	—	mg/L	No detectat; adequat.
Àcid cianúric	0	—	mg/L	No rellevant; igual que en els experiments anteriors.
Coure	0.5	—	mg/L	Informació no detectada en aquest cas.
Brom	0	—	mg/L	No detectat en aquest cas.
Mercuri	0	—	mg/L	No detectat; correcte.

Taula 4.10: Comparació entre els valors experimentals i els oficials, tira amb durada 120 segons

Amb aquests resultats i la comparativa realitzada, he arribat a la conclusió que la tira

amb una durada de només 5 segons proporciona valors més propers als valors oficials. Per tant, aquesta opció sembla ser més fiable que deixar assecar la tira durant 120 segons.

Un cop arribat aquesta conclusió sobre les tires reactives, només em quedava completar el procés amb dues últimes mesures: determinar el pH amb el mesurador de pH i verificar el valor del nitrit amb el TetraTest de nitrit.

Paràmetre/instrument	Valor en mg/L
Mesurador de pH	7.4
TetraTest de nitrit	0.1

Taula 4.11: Valors experimentals amb mesurador de pH i TetraTest de nitrit

Com es pot observar a la taula 4.11, el valor del pH mesurat amb el mesurador es troba dins dels límits establerts, a diferència del que indiquen les tires reactives. Pel que fa al TetraTest de nitrit, com en els casos anteriors, el resultat ha estat de 0,1 mg/L.

La meva hipòtesi és que el valor real del nitrit és, efectivament, 0,1 mg/L, però que aquesta petita variació no és suficient per provocar un canvi en el color de les tires reactives, i per això aquestes mostren un valor de 0 mg/L.

Aquí finalitza la meva part pràctica. He anat força ràpid amb l'últim experiment. Tot i això, ha estat un experiment més complicat del que m'imaginava al principi. Sincerament, no he quedat del tot satisfet amb el resultat. Tenia expectatives més altes, però, malauradament, el fet de no poder trobar dades oficials de molts dels paràmetres ha afectat negativament la meva motivació.

Tot i així, amb els paràmetres dels quals sí que disposava de valors oficials, he pogut extreure conclusions clares i estic satisfet amb els resultats obtinguts. Han estat útils per reforçar les meves hipòtesis i entendre millor el funcionament de les tires reactives i la qualitat de l'aigua segons la seva procedència.



## 5. 1emMetodologia

Per aquest treball he utilitzat el sistema operatiu *xubuntu*[11].

El **ubuntu** és un sistema operatiu basat en *Linux*, una de les moltes avantatges d'aquest sistema operatiu es el fet de poder treballar a temps real amb més d'una persona.



## **6. 1emConclusions**

El treball ha quedat molt bè.



# 1emBibliografia

- [1] Amazon. Tiras reactivas 16 en 1. [https://www.fundacionaqua.org/que-hacemos-aqua/](https://www.amazon.es/-/en/Drinking-Parameters-Hardness-Analysis-Alkalinity/dp/B0F66LKXK2/ref=sr_1_15_mod_primary_new?crid=24H6T628S6VAV&dib=eyJ2IjoiMSJ9.YIL51FosfVkcFhAxhROEL314F8omMhiEdlmr3hI3-9JV8dUTJsk9hnnVT8oFdQuRE5sKKpqCdstCafm43rZ-BHSxn3_xU49CL49chpuEm5BsoRssydzGKfjXQ0jH163SeWiKUNEsZQUBFZ7pbKhvYgv-thbTicm82qpAo.g0VcDG8066g9Va4s1Ld1ipP-Jsa6-1IPmXXact1i8m8&dib_tag=se&keywords=tiras+reactivas+agua+potable&qid=1754523170&sbo=RZvfv%2F%2FHxD%2B05021pAnSA%3D%3D&sprefix=tiras+reactivas+agua+potable%2Caps%2C104&sr=8-15. [Online; consultada el 3/07/2025].</p><p>[2] Fundación Aquae. Informació del la qualitat de l'aigua segons fundación aquae. <a href=). [Online; consultada el 4/08/2025].
- [3] Brita. Informació de la duresa de l'aigua i les seves normatives. <https://www.brita.es/blog/bienestar/dureza-agua?srsltid=AfmB0opWH2Q6hqHKqXRGy65hAWjLyeg6YRCiA4gyLkst1cRhry8zdmvF>. [Online; consultada el 7/08/2025].
- [4] Aigües de Barcelona. Qualitat de l'aigua. <https://www.aiguesdebarcelona.cat/el-teu-servi-daigua/qualitat-de-laigua>. [Online; consultada el 6/07/2025].
- [5] Facsa. Informació de la duresa de l'aigua. <https://www.facsacom/la-dureza-del-agua/>. [Online; consultada el 7/08/2025].
- [6] Rain of Life. Informació del clor, cloració i el doctor en medicina josep lluís berdonces. <https://rainoflife.com/cloro-agua-potable/>. [Online; consultada el 7/08/2025].
- [7] Scielo. Oms recomanació del nitrat. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112015000300011](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112015000300011). [Online; consultada el 7/08/2025].

- [8] Flipr Shop. Webs per entendre el funcionament de les tires reactivas. [https://flipr.shop/es/blogs/flipr-blog-piscinas/como-usar-tiras-reactivas-para-medir-el-ph?srsltid=AfmB0oqKHIb4c0CDaP-Eq9W37zbznN4ft15VX\\_FsmdKpx7ELb2GD2LeQ](https://flipr.shop/es/blogs/flipr-blog-piscinas/como-usar-tiras-reactivas-para-medir-el-ph?srsltid=AfmB0oqKHIb4c0CDaP-Eq9W37zbznN4ft15VX_FsmdKpx7ELb2GD2LeQ). [Online; consultada el 20/07/2025].
- [9] Chilesu Stentable. Cloració revista life, howpublished = "chilesustentable.net/2017/10/matar-el-agua/#:~:text=YlarevistaLife%2Cen1997%2Cdeclar,pasesdesarrolladosproductodesuusoy", note = "[online; consultada el 7/08/2025]".
- [10] Wikipedia. Informació del la qualitat de l'aigua segons wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad\\_del\\_agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua). [Online; consultada el 4/08/2025].
- [11] Xubuntu. Pàgina web del sistema operatiu Xubuntu. <https://xubuntu.org/>. [Online; consultada el 30/06/2025].
- [12] YouTube. Videos de youtube que m'han ajudat a entendre el funcionament de les tires reactives. <https://youtube.com/shorts/IwNHb4AYg8E?si=knGUsyAn8cXRYRg8>. [Online; consultada el 20/07/2025].