

DOLLS D'AIGUA

**ESTUDI DE LES FONTS DEL PLA DE
L'ESTANY**

**TREBALL DE RECERCA
ESTEVE MASSANES FARRÉS**

**2N BATXILLERAT A
TUTORITZAT PER DOLORS PUJOL**

3 D'OCTUBRE DE 2023

ABSTRACT

L'aigua ha format part de la història de la vida i de l'home des del seu naixement. Perquè estimem la vida, estimem els llocs on hi ha la vida i en l'aigua n'hi ha. Per aquest motiu, és necessari el coneixement dels nostres recursos hídrics, la gestió que en fem i tenir-ne cura.

Les fonts del Pla de l'Estany formen una petita part del cicle hidrològic de l'aigua. En aquest treball de recerca es realitza un estudi bibliogràfic de la història i localització d'aquestes fonts i un treball experimental. En la recerca científica s'avalua l'estat de conservació i les propietats microbiològiques de l'aigua de les fonts, a partir de l'ús de diferents tècniques de laboratori per a fer el recompte de colònies de microorganismes indicadors de la contaminació de l'aigua. La recerca experimental també inclou l'estudi i comparativa dels paràmetres fisicoquímics i organolèptics de l'aigua d'algunes fonts al llarg d'un interval ampli de temps, amb diferents procediments.

L'estudi demostra que les característiques fisicoquímiques i organolèptiques de les diferents fonts eren similars perquè pertanyen a la mateixa conca lacustre, que aquestes presentaven variació al llarg del temps i que dues de les fonts no eren potables. Destacar també que la qualitat de l'aigua de les fonts és superior a la qualitat de l'aigua de l'Estany i de pous particulars propers.

El agua ha formado parte de la historia de la vida y del hombre desde su nacimiento. Porque amamos la vida, amamos los lugares donde está la vida y en el agua la hay. Por este motivo, es necesario el conocimiento de nuestros recursos hídricos, su gestión y cuidado.

Las fuentes del Pla de l'Estany forman una pequeña parte del ciclo hidrológico del agua. En este trabajo de investigación se realiza un estudio bibliográfico de la historia y localización de estas fuentes y un trabajo experimental. En la investigación científica se evalúa el estado de conservación y las propiedades microbiológicas del agua de las fuentes, a partir del uso de diferentes técnicas de laboratorio para realizar el recuento de colonias de microorganismos indicadores de la contaminación de agua. La investigación experimental también incluye el estudio y comparativa de los parámetros físico-químicos y organolépticos del agua de algunas fuentes a lo largo de un intervalo amplio de tiempo, con diferentes procedimientos.

El estudio demuestra que las características físico-químicas y organolépticas de las diferentes fuentes eran similares porque pertenecen a la misma cuenca lacustre, que estas presentaban variación a lo largo del tiempo y que dos de las fuentes no eran potables. Destacar también que la calidad del agua de las fuentes es superior a la calidad del agua del Lago y de pozos particulares cercanos.

Water has been part of the history of life and of man since his birth. Because we love life, we love the places where there is life and in the water there is. For this reason, it is necessary to know our water resources, how we manage them and take care of them.

The fountains of the Pla de l'Estany form a small part of the hydrological water cycle. In this research work, a bibliographic study of the history and location of these fountains and an experimental work is carried out. In scientific research, the state of conservation and the microbiological properties of the water from the fountains are evaluated, based on the use of different laboratory techniques to count the colonies of microorganisms that are indicators of the pollution of the water. Experimental research also includes the study and comparison of the physicochemical and organoleptic parameters of water from some fountains over a wide period of time, using different procedures.

The study shows that the physicochemical and organoleptic characteristics of the different fountains were similar because they belong to the same lake basin, that these showed variation over time and that two of the fountains were not potable. Also highlight that the quality of the water in the springs is superior to the quality of the water in the Lake and nearby private wells.

AGRAÏMENTS

Aquest treball no hauria estat possible sense un gran grup de persones que han adoptat una actitud col·laboradora, sense esperar res a canvi. Aquest treball també és part seva.

En primer lloc, agrair a la meva tutora, la Dolors Pujol, per tota l'energia que ha donat perquè aquest treball tirés endavant, per aconseguir-me el material necessari per a la part pràctica, per resoldre'm sempre els dubtes que m'han sorgit. En definitiva, per ser-hi sempre que l'he necessitat. Gràcies, Dolors.

A Frederic Gich, per oferir-me l'oportunitat d'anar a la Universitat de Girona a dur a terme l'estudi microbiològic, sense el qual no hagués pogut complir l'objectiu principal del meu treball. Per la bona voluntat i la paciència que va tenir explicant-me tot el que és necessari per entendre el funcionament del laboratori i dels microorganismes. Gràcies, Frederic.

A la Maria Tubert per les hores perdudes, ensenyant-me a utilitzar l'aparell de mesura i les tires reactives per mesurar les propietats fisicoquímiques. També a l'Escola de Natura, pel suport que m'han fet per dur a terme el treball i proporcionar-me material. Gràcies, Maria.

A l'Institut, per prestar-me l'aparell per fer mesures i a tots els professors i professores que m'han donat un cop de mà. Especialment, a la Gemma Janoher, que em va tutoritzar l'inici d'aquest treball, el projecte de recerca. Gràcies, Gemma.

A Aigües de Banyoles, per enviar-me totes les anàlisis recents que tenien fetes de les fonts que els vaig demanar. Gràcies.

A la meva mare, la Lourdes Farrés, per llegir-se tot el treball i per donar-me consells a fi de fer entendre millor les idees. I a la meva família, sense la qual no hauria arribat fins aquí. Per tenir tanta paciència i ajudar-me quan tot semblava anar malament. Moltes gràcies.

ÍNDIX:

INTRODUCCIÓ.....	9
METODOLOGIA.....	10
PROBLEMES.....	12
OBJECTIUS.....	12
HIPÒTESIS.....	13
MARC TEÒRIC.....	15
1. L'AIGUA.....	15
1.1 Estructura i composició.....	16
1.2. Propietats de l'aigua.....	18
1.2.1. Canvis d'estat. Punt de fusió i ebullició.....	18
1.2.2. Calor específica.....	19
1.2.3. Densitat.....	19
1.2.4. Tensió superficial.....	20
1.2.5. Acció com a dissolvent.....	20
1.2.6. Acció capil·lar.....	21
1.3. La distribució de l'aigua a la Terra.....	21
1.4. Contaminació de l'aigua.....	22
1.5. Gestió i tractament de l'aigua.....	23
1.5.1. Potabilització.....	23
1.5.2. Depuració.....	26
1.5.3. Dèficit d'aigua potable.....	27
1.5.4. Dessalinització.....	28
2. L'AIGUA AL PLA DE L'ESTANY.....	30
2.1. Hidrografia i geologia del Pla de l'Estany.....	30
2.2. Banyoles.....	32
2.3. Porqueres.....	33
2.4. Camós.....	35
3. FONTS.....	37
3.1. Definició.....	37
3.2. Importància de les fonts al llarg de la història.....	37
3.3. Tipus de fonts.....	38
3.5. Fonts al Pla de l'Estany.....	39
3.5.1. Font del Ferro (Banyoles).....	41
3.5.2. Font de Can Puig (Banyoles).....	42
3.5.3. Font del Rector (Porqueres).....	43
3.5.4. Font del Salt Dalmau (Camós).....	44
3.5.5. Font Pudosa (Banyoles).....	45
4. CONTAMINACIÓ DE L'AIGUA DE LES FONTS.....	47

4.1. Contaminació per nitrats.....	47
4.2. Contaminació per presència de microorganismes.....	49
4.2.1. Coliformes totals.....	49
4.2.2. Enterococs fecals.....	51
4.2.3. Clostridis.....	52
4.2.4. Aerobis mesòfils.....	54
TREBALL EXPERIMENTAL.....	56
5. CRONOLOGIA.....	57
6. ESTUDI MICROBIOLÒGIC.....	58
PRÀCTICA 1: Recompte de Coliformes Totals i E. coli.....	59
PRÀCTICA 2: Recompte de Clostridis i Clostridium perfringens.....	60
PRÀCTICA 3: Recompte d'Enterococs Fecals.....	61
PRÀCTICA 4: Recompte d'Aerobis mesòfils.....	62
7. ESTUDI FÍSICOQUÍMIC.....	63
7.1. Cabal.....	63
7.2. Temperatura.....	63
7.3. Conductivitat.....	64
7.4. pH.....	65
7.5. Concentració d'oxigen.....	66
7.6. Salinitat.....	68
7.7. Amoni.....	69
7.8. Nitrats.....	70
7.9. Nitrits.....	72
7.10. Sulfits.....	73
7.11. Ferro.....	74
7.12. Fosfats.....	75
7.13. Duresa.....	76
8. ESTUDI ORGANOLÈPTIC.....	78
8.2.1. Color.....	79
8.2.2. Olor.....	80
8.2.3. Gust.....	81
8.2.4. Terbolesa.....	82
9. RESULTATS.....	83
9.1. Font del Ferro.....	87
9.1.1. Estudi microbiològic (13/12/2022).....	87
9.1.2. Paràmetres físicoquímics.....	89
9.1.3. Paràmetres organolèptics.....	89
9.2. Font de Can Puig.....	91
9.2.1. Estudi microbiològic (13/12/2022).....	91
9.2.2. Paràmetres físicoquímics.....	93
9.2.3. Paràmetres organolèptics.....	93
9.3. Font del Rector.....	95
9.3.1. Estudi microbiològic (13/12/2022).....	95
9.3.2. Paràmetres físicoquímics.....	97

9.3.3. Paràmetres organolèptics.....	97
9.4. Font del Salt Dalmau.....	99
9.4.1. Estudi microbiològic (13/12/2022).....	99
9.4.2. Paràmetres fisicoquímics.....	101
9.4.3. Paràmetres organolèptics.....	101
9.5. Comparativa dels paràmetres fisicoquímics.....	103
9.5.1. Cabal.....	103
9.5.2. Temperatura.....	104
9.5.3. Conductivitat.....	105
9.5.4. pH.....	106
9.5.5. Concentració d'oxigen.....	107
9.5.6. Salinitat.....	108
9.5.7. Amoni.....	109
9.5.8. Nitrats.....	110
9.5.9. Nitrits.....	111
9.5.10. Sulfit.....	112
9.5.11. Ferro.....	113
9.5.12. Fosfats.....	114
9.5.13. Duresa.....	115
9.6. Altres resultats microbiològics.....	116
9.6.1. Estany (14/12/2022).....	117
Anàlisi de resultats Estany.....	119
9.6.2. Pous (14/12/2022).....	120
Pou 1 (Carrer Vilarnau, Camós) - David.....	120
Anàlisi de resultats Pou 1.....	122
Pou 2 (Carretera de Camós, Porqueres) - Joan.....	123
Anàlisi de resultats Pou 2.....	125
CONCLUSIONS.....	126
HIPÒTESI 1:.....	126
HIPÒTESI 2:.....	126
HIPÒTESI 3:.....	127
HIPÒTESI 4:.....	127
HIPÒTESI 5:.....	128
HIPÒTESI 6:.....	128
HIPÒTESI 7:.....	129
HIPÒTESI 8:.....	129
VALORACIÓ FINAL.....	130
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	132
FIGURES.....	135
ANNEXOS.....	138

INTRODUCCIÓ

L'elecció del tema del treball de recerca no va ser una qüestió supèrflua, ja que, per sobre de tot, havia de ser un tema que despertés el meu interès. Al llarg del curs 2021_2022 vaig cursar l'assignatura de Projecte de recerca. En aquesta, diversos temes m'atreien per fer-ne un estudi, però finalment, vaig escollir-ne un relacionat amb l'aigua, perquè em captivava especialment.

L'aigua, aquest fascinant compost químic, ha sigut el factor que ha marcat la diferència entre la Terra i la resta de planetes del sistema solar. Ha permès l'aparició de la vida tal com la coneixem nosaltres. L'ésser humà, igual que la resta d'organismes vius, en depèn totalment i la possibilitat de disposar d'aigua potable per a beure, ha permès l'expansió de la nostra espècie. Amb els coneixements d'avui en dia, encara no s'ha trobat cap altre planeta amb vida.

Una vegada vaig iniciar els estudis de Batxillerat, vaig decidir continuar aquell projecte, completant i culminant la recerca que havia començat el curs anterior.

Inicialment, la meva recerca es volia centrar únicament en l'estudi de les qualitats físico-químiques i organolèptiques de l'aigua de diferents fonts del meu entorn. L'objectiu era observar si aquestes propietats eren semblants o diferents en les fonts escollides de tres municipis del Pla de l'Estany (Banyoles, Camós i Porqueres) i si aquestes propietats s'anaven modificant al llarg del temps.

Em va sorgir, però, la possibilitat de cursar a 1r de Batxillerat l'assignatura d'Estada a l'empresa que em va permetre realitzar pràctiques d'anàlisis microbiològiques de l'aigua obtinguda a les fonts, en els laboratoris de la Facultat de ciències de la UdG. Frederic Gich, Doctor en Biologia i investigador de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona, va tutoritzar-me les pràctiques que em permeteren aportar les dades microbiològiques necessàries per a determinar la possible potabilitat de l'aigua que havia recollit de les diferents fonts.

Posteriorment, l'empresa banyolina, Aigües de Banyoles em va cedir part de les seves dades obtingudes en les anàlisis d'aigües de diferents fonts.

Tot plegat va permetre que la meua recerca abastés i es completés més del que inicialment havia previst.

De la mateixa manera que l'aigua ha marcat la diferència entre la Terra i la resta de planetes, la bona disposició dels abans esmentats, ha marcat la diferència entre els meus objectius inicials i el resultat final que he pogut obtenir.

Finalment, voldria esmentar que aquest treball m'ha permès aprofundir en l'estudi de l'aigua del nostre entorn, conèixer les tècniques bàsiques de mostreig i d'anàlisi d'aigües, determinar els paràmetres que precisen la potabilitat d'aquestes i, el que més he gaudit, iniciar-me en les tècniques d'estudi microbiològic.

METODOLOGIA

El treball de recerca està estructurat en tres parts.

- Introducció. Es justifica el perquè de la recerca i, seguidament, els problemes plantejats i com es van formular els objectius i hipòtesis.
- Marc teòric. En aquest segment del treball s'exposa tota la informació rellevant sobre l'aigua, la seva estructura, les propietats, la distribució a la Terra, la contaminació i els seus tractaments.

Es descriu també el context on es durà a terme la meua recerca, a la comarca del Pla de l'Estany, l'origen de la seva conca lacustre i les fonts que en formen part. Es detallen quines seran les fonts estudiades en el treball de recerca i els causants de la contaminació d'aquestes fonts.

Per tal d'elaborar aquesta part del treball de recerca, he recollit informació de pàgines web, registres d'Aigües de Banyoles, llibres, etc. Cal destacar especialment els Volums I i II de Fonts del Pla de l'Estany, escrits pels germans Enric i Gabriel Estragués (Volum I) i Ramon Casadevall i Joan Pontacq (Volum II). Aquestes publicacions han estat cabdals per ajudar a entendre l'immens patrimoni pel que fa a les fonts que tenim a la comarca i ha servit per poder escollir les més rellevants pel treball.

Participar com a jove seleccionat per assistir al Fòrum de Joves Talents de Catalunya, organitzat per la UPC, també em va permetre complementar la informació del marc teòric. L'edició d'enguany tenia com a temàtica **Els recursos de l'AIGUA**. El Fòrum va consistir en una estada de quatre dies on, juntament amb altres joves de Catalunya, vaig poder assistir a diverses ponències d'experts i amb qui vàrem poder compartir les nostres inquietuds. El treball en grups va culminar amb la creació d'una infografia sobre l'aigua a partir de la recerca realitzada.

Alguns dubtes que se'm varen presentar en el moment d'elaborar el marc teòric els vaig poder resoldre en assistir a la xerrada organitzada per Astrobanyoles d'Enric Viñals, membre de l'Associació Internacional d'Hidrogeòlegs (IAH), que va fer la ponència sobre la Hidrogeologia de l'Estany i voltants, i amb qui vaig poder conversar en finalitzar l'acte.

- Treball experimental. Comprèn l'estudi microbiològic dut a terme als laboratoris de la UdG i el treball in situ de la recollida de mostres durant deu mesos amb les mesures dels paràmetres fisicoquímics i organolèptics. La part experimental va poder-se realitzar gràcies als materials i aparells cedits per la UdG, l'Institut Pla de l'Estany i l'Escola de Natura de Banyoles, que també em va aconsellar a l'inici de l'estudi.

En l'apartat de cronologia de la part experimental es troben detallades la metodologia i els procediments emprats.

Posteriorment al recull de dades, vaig dur a terme la seva anàlisi a través de taules i gràfics, que també em permeteren fer la comparativa entre els resultats de les diferents mostres.

Cal remarcar que la naturalesa d'aquest treball de recerca no és estadística, sinó de recull, anàlisi i valoració de dades quantitatives i qualitatives de l'aigua de les nostres fonts, Estany i pous.

PROBLEMES

En iniciar el treball em vaig plantejar les següents qüestions:

- És potable l'aigua de les fonts del Pla de l'Estany?
- Quines són les característiques fisicoquímiques, organolèptiques i microbiològiques de les diferents fonts estudiades?
- Quines d'aquestes característiques determinen la potabilitat de l'aigua?
- Varia la composició de l'aigua de les fonts al llarg d'un interval de temps considerable?
- Existeixen diferències entre els resultats microbiològics obtinguts a l'aigua de les fonts, de l'Estany i de pous particulars?

OBJECTIUS

A partir dels problemes vaig definir uns objectius a assolir:

- Conèixer la localització d'algunes de les fonts del Pla de l'Estany.
- Analitzar les propietats microbiològiques de l'aigua d'algunes fonts del Pla de l'Estany durant diversos mesos.
- Analitzar les propietats fisicoquímiques de l'aigua d'algunes fonts del Pla de l'Estany durant diversos mesos.
- Analitzar les propietats organolèptiques de l'aigua d'algunes fonts del Pla de l'Estany durant diversos mesos.
- Determinar la potabilitat o no de les fonts estudiades a partir dels resultats de l'anàlisi de les seves propietats.
- Comparar les característiques fisicoquímiques i microbiològiques de l'aigua de les diferents fonts analitzades.
- Estudiar la variació de les propietats mesurades de l'aigua de les fonts durant les diferents èpoques de l'any.
- Comparar els resultats fisicoquímics amb els estudis realitzats per Aigües de Banyoles.
- Comparar les anàlisis microbiològiques de les fonts amb altres mostres recollides (Estany de Banyoles i pous particulars).

HIPÒTESIS

HIPÒTESI 1:

Potser pertànyer a la mateixa conca hidrogràfica determina moltes similituds en les característiques fisicoquímiques de l'aigua de les fonts estudiades.

HIPÒTESI 2:

Potser les aigües de les fonts estudiades presenten una duresa molt elevada pel fet que es troben en una conca lacustre d'origen càrstic.

HIPÒTESI 3:

Potser els valors dels paràmetres fisicoquímics de les fonts presenten variabilitat durant l'interval de temps estudiats.

HIPÒTESI 4:

Potser la temperatura de l'aigua de les fonts estudiades presenta un augment significatiu durant els mesos d'estiu.

HIPÒTESI 5:

Potser la Font del Ferro presentarà una concentració més elevada d'aquest element.

HIPÒTESI 6:

Potser l'aigua de les fonts estudiades és apta per al consum humà.

HIPÒTESI 7:

Potser l'aigua de les fonts estudiades presenta contaminació d'origen antropogènic.

HIPÒTESI 8:

Potser a les fonts hi ha menys microorganismes contaminants que a l'Estany i als pous perquè és aigua corrent en lloc d'estancada.

MARC TEÒRIC



1. L'AIGUA

L'aigua és el compost més preuat de la Terra i els seus habitants. No es coneix cap forma de vida que pugui viure sense ella o sense un medi que no requereixi aigua, totes es veuen influïdes d'una manera o d'altra per aquest líquid. Per això, els astrònoms, quan investiguen nous planetes potencialment habitats o que puguin ser útils perquè l'espècie humana hi visqui, una de les primeres coses que sempre miren és si hi ha aigua, sobretot en estat líquid, cosa que si descobrissin seria una important troballa.

Les primeres formes de vida al nostre planeta, van aparèixer a l'aigua i encara ara hi ha moltes espècies que viuen en aquest medi: peixos, balenes, taurons, dofins..., Des dels inicis de la història, les civilitzacions s'han construït al voltant dels principals rius perquè els proporcionaven l'aigua per poder viure i un mitjà de transport per comerciar. Actualment, també les grans metròpolis com Londres, Nova York, Tòquio, entre d'altres, han aconseguit augmentar el seu èxit com a potència gràcies a la fàcil accessibilitat a l'aigua que tenen. En canvi, llocs com ara la major part d'Àfrica o l'Orient Mitjà, on l'aigua és més escassa, sempre tenen dificultats i retards en el seu desenvolupament.



Figura 1: Ciutat de Londres emergida al costat del riu Tàmesi.

1.1 Estructura i composició

L'aigua és un compost químic format per dos elements, l'hidrogen i l'oxigen. Cada molècula d'aigua està formada per dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen, de manera que s'expressa amb la fórmula H_2O .

A temperatura ambient és líquida, inodora (no fa olor ni pudor), transparent i insípida (no té sabor). Sovint forma part de mescles i destaca la seva elevada capacitat de dissolució amb altres substàncies. Per això és considerada el dissolvent universal. Així doncs, no és habitual trobar aigua en estat pur. Aquesta opció la solem obtenir artificialment mitjançant diferents processos de separació de mescles.

L'estructura molecular de l'aigua és simple. Els seus àtoms estan disposats de manera que confereixen molta estabilitat. Els dos hidrògens formen un angle de $104,5^\circ$ amb l'oxigen. La unió entre els hidrògens i l'oxigen és mitjançant un enllaç covalent (enllaç fort que permet compartir electrons entre els àtoms, de manera que la seva última capa quedi plena).

En la molècula d'aigua, l'oxigen atrau més cap a sí els electrons de l'enllaç covalent i el resultat és que, tot i que té una càrrega total neutra (igual nombre de protons que d'electrons), presenta una certa polaritat elèctrica. És una molècula polar amb un moment dipolar, ja que prop de l'àtom d'oxigen posseeix una càrrega parcial negativa i prop dels àtoms d'hidrogen una càrrega parcial positiva. Aquest fet proporciona a l'aigua, unes característiques i propietats que la fan ser única.

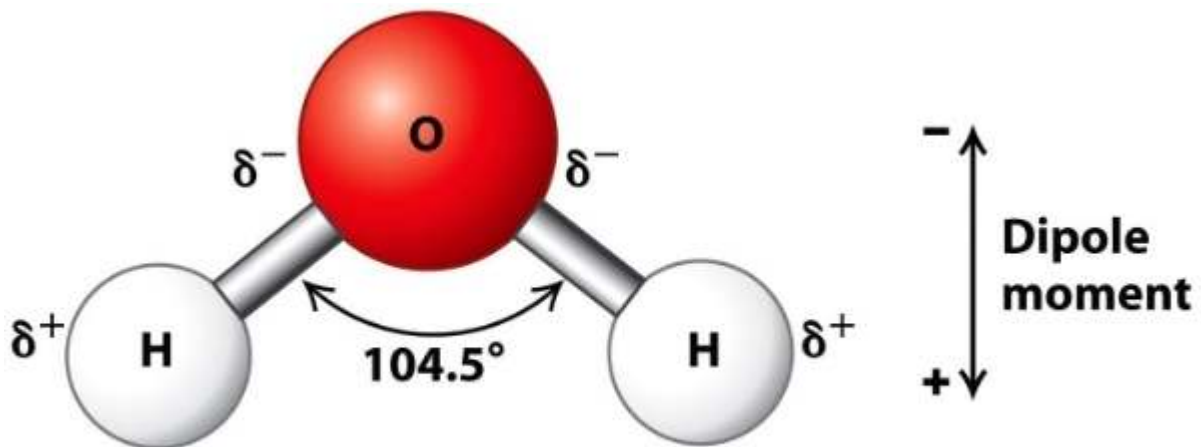


Figura 2: Representació de la molècula d'aigua.

1.2. Propietats de l'aigua

1.2.1. Canvis d'estat. Punt de fusió i ebullició

El fet que l'aigua presenti dipols, permet que s'estableixin forces d'atracció anomenades ponts d'hidrogen, en grups de 3 a 9 molècules d'aigua. Aquesta atracció electroestàtica apareix entre la càrrega parcial negativa de l'oxigen d'una molècula i la càrrega parcial positiva dels àtoms d'hidrogen d'altres molècules d'aigua properes.

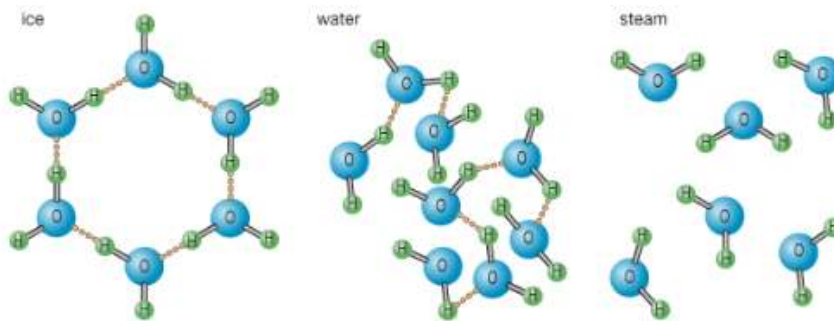


Figura 3:
Representació de la molècula d'aigua en els diferents estats.

Els ponts d'hidrogen es trenquen i es formen fàcilment de manera que, quan hi ha moltes molècules d'aigua, es pot formar una xarxa tridimensional. Quan la temperatura augmenta, decreix el nombre de molècules que hi participa i l'aigua passa a estat vapor, en canvi, quan la temperatura descendeix, augmenta el nombre de molècules i l'aigua pot arribar a estat sòlid. Amb aquesta agrupació de molècules degudes als ponts d'hidrogen, s'aconsegueixen pesos moleculars elevats. Aleshores, a temperatura ambient, l'aigua és líquida, no es comporta com altres molècules similars com el CO_2 i el NO_2 que són gasoses.

Els ponts d'hidrogen, tot i que més febles que l'enllaç iònic o covalent, són 10 vegades més forts que altres tipus d'enllaços intermoleculars. Aquesta propietat explica per què l'aigua té un punt de fusió i ebullició que requereix més energia per ser superat que altres compostos d'hidrogen.

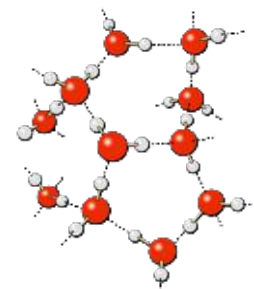
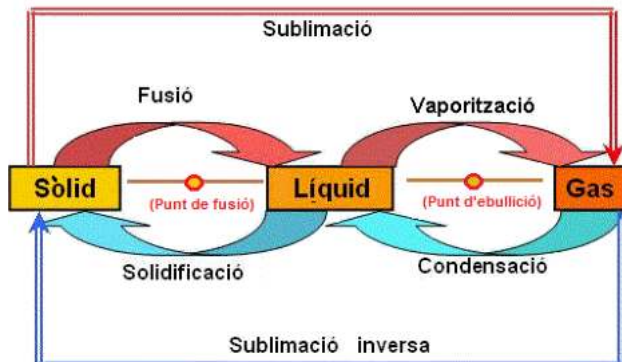


Figura 4: Ponts d'hidrogen de la molècula d'aigua.

Figura 5: Canvis d'estats de l'aigua.

El punt de fusió de l'aigua (de gel a aigua líquida) és de 0 °C i el seu punt d'ebullició (de líquid a vapor) és de 100 °C. Aquests valors són considerant una pressió d'1 atmosfera. L'evaporació de l'aigua (vaporització a una temperatura menor als 100 °C) es dona a

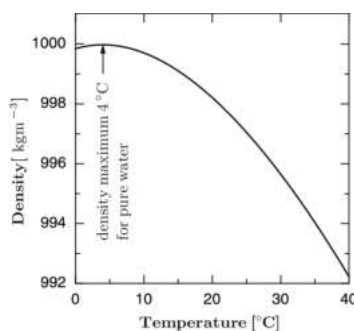
qualsevol temperatura a la superfície del líquid.

1.2.2. Calor específica

Una propietat molt important pels éssers vius és la calor específica de l'aigua, perquè permet a alguns organismes regular la seva temperatura corporal. L'aigua té una capacitat calorífica superior a la de qualsevol altre líquid o sòlid: 1 cal/g °C. És a dir, que cal aportar una calor per poder augmentar un grau la temperatura d'un gram d'aigua. Aquesta característica fa que es refredi i s'escalfi molt lentament, i actua com a regulador tèrmic.

1.2.3. Densitat

La densitat de l'aigua en grams és d'uns 1.000 kg/m³. Tot i això, cal tenir en compte altres factors com la temperatura (seria d'uns 998 kg/m³ a 20 °C, o 0,998 g/cm³), la pressió (se sol considerar 1 atmosfera) i la salinitat. El punt de màxima densitat és a 3,98 °C quan la densitat és 1000 kg/m³. A mesura que la temperatura es distancia d'aquest punt òptim, la densitat baixa. Aquesta inusual expansió tèrmica s'atribueix a interaccions intermoleculares fortes que depenen de l'orientació i també es pot trobar, per exemple, en la sílice fosa o diòxid de silici.

**Figura 6:** Gràfica de la densitat de l'aigua (considerant-la destil·lada) respecte a la temperatura.

El fet que la densitat del gel sigui menor que l'aigua líquida, permet que aquest floti a l'aigua, actui com a aïllant tèrmic i, en conseqüència, possibiliti el manteniment de la gran massa d'aigua dels oceans (que allotgen la major part de la biosfera) en fase líquida, a 4 °C. És a dir, el gel manté la temperatura de l'aigua aproximadament a 4 °C en els llocs on l'exterior és molt més fred, permetent que sota la capa de gel hi hagi vida.

Figura 7: Imatge d'espècies vivint sota la protecció del gel.



1.2.4. Tensió superficial

La tensió superficial és una manifestació de les forces intermoleculares a l'interior dels líquids, de manera que la superfície del líquid es comporta com si sobre aquesta existís una membrana de tensió. Aquest fenomen es coneix com a tensió superficial i en el cas de l'aigua permet que determinats organismes es desplacin sobre la seva superfície. La tensió superficial de l'aigua és de 72,8 mN/m a temperatura ambient.



Figura 8: Dos sabaters, insectes que aprofiten la tensió superficial per desplaçar-se per damunt de l'aigua.

1.2.5. Acció com a dissolvent

L'aigua és el dissolvent universal perquè forma ponts d'hidrogen amb altres substàncies que es dissolen amb les molècules polars de l'aigua. La capacitat dissolvent és la responsable d'algunes funcions de l'aigua: és el medi on tenen lloc la majoria de les reaccions del metabolisme (moltes substàncies a l'interior de la

cèl·lula es troben i poden reaccionar) i també permet el transport de nutrients i l'eliminació de deixalles a través de sistemes de transport aquosos

1.2.6. Acció capil·lar

Les forces d'adhesió i cohesió de l'aigua, degudes a la seva naturalesa polar i al fet que les molècules d'aigua estan fortament unides entre elles per ponts d'hidrogen, provoquen el fenomen anomenat capil·laritat. És a dir, l'ascensió passiva, sense despesa d'energia de l'aigua en un capil·lar, pel fet que s'adhereix a la paret interior del tub fins que hi ha prou aigua i s'equilibra gravetat i força de cohesió.

Aquest fenomen és molt important per als vegetals perquè permet per exemple, l'ascensió de l'aigua des de les arrels fins a les fulles.

1.3. La distribució de l'aigua a la Terra

De tota l'aigua que tenim a la Terra, només una petita part és aigua dolça disponible per als éssers vius. L'aigua dolça, que es diferencia de la salada perquè té concentracions mínimes de sals en dissolució (sobretot clorur de sodi), representa un 3 % del total de l'aigua del planeta, respecte a un 97 % de l'aigua salada. I aquest 3 % d'aigua dolça es troba repartit de la següent manera:

Casquets polars i glaceres: 68,7%

Aigua subterrània: 30,1% (respecte al total d'aigua dolça)

Altres: 0,9% (humitat en el sol, vapor de la superfície...)

Aigua superficial: 0,3% (rius 2%, pantans 11%, llacs 87%)

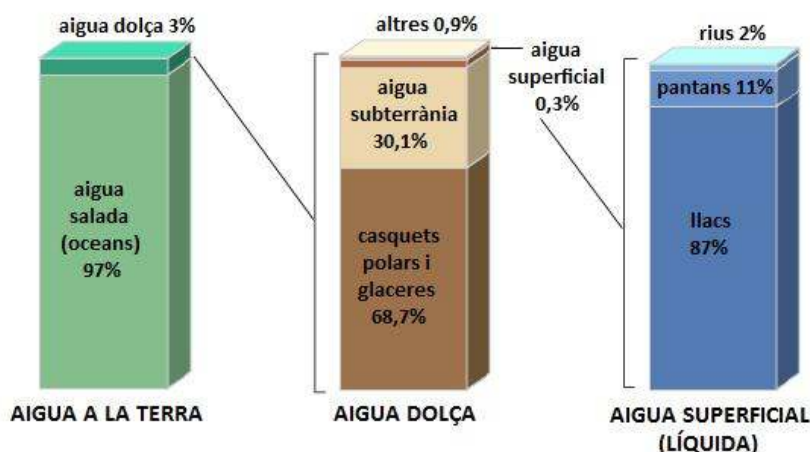


Figura 9:
Gràfiques sobre la distribució d'aigua.

L'aigua dolça o continental que podríem usar és la subterrània (30,1%) i la superficial (0,3%). Però aquesta aigua cal que sigui potable per a la supervivència dels humans. Un error molt comú de la població és pensar que tota l'aigua dolça és potable. L'aigua és potable quan pot ser utilitzada per a beure o per a preparar aliments, és a dir, no conté residus tòxics o patològics suficients per posar en perill l'organisme humà, provocant-li alguna malaltia o, fins i tot, la mort.

L'Organització Mundial de la Salut considera l'accés a aigua potable segura, un dret humà bàsic. De fet, es preveu que l'accés a aigua dolça en condicions sanitàries adequades, pot provocar molts conflictes en un futur pròxim.

1.4. Contaminació de l'aigua

Un gran repte del futur és, per tant, la gestió de l'aigua potable. El canvi climàtic, l'augment de la pressió demogràfica i la contaminació de les aigües continentals, comporten problemes i replantejaments importants.

A l'aigua hi viuen bacteris descomponedors que transformen la matèria orgànica (fulles, animals morts, excrements...) en sals minerals consumint oxigen. Abans l'aigua es mantenia neta gràcies a aquests mecanismes d'autodepuració, però avui en dia per culpa d'un increment de substàncies contaminants aquest procés natural s'ha vist alterat.

Els principals agents contaminants són els següents:

-Les aigües residuals agrícoles: contenen fertilitzants que provenen de l'aigua de reg.

-Les aigües residuals d'origen industrial: contenen productes que no es descomponen (plàstics, llaunes...) o substàncies tòxiques com ara l'arsènic, el cianur, el crom, el plom, el cadmi, l'anhídrid sulfúric, olis, diversos àcids, etc.

-Les aigües d'escorriment: són aquelles que circulen per carrers i teulades quan plou i contenen tota mena de restes.

-Les aigües domèstiques: provenen de cases, escoles, hospitals, etc. Contenen sobretot contaminants orgànics com orina, femta, restes de menjar...

-Els purins: moltes vegades són utilitzats en excés per les granges i amb la pluja acaben contaminant principalment les aigües subterrànies.

-Els detergents: van a parar aigüera avall als rius, llacs i embassaments aportant grans quantitats de fosfats.

-Per intrusió: quan s'extreu excessivament aigua dels aqüífers, es barreja aigua salada propera a la dolça per emplenar el que s'ha extret i fa així que no sigui potable.

-Contaminació de l'aire: l'aire porta contaminants atmosfèrics a l'aigua mitjançant el vent.

Alguns dels efectes de la contaminació de les aigües potables són malalties. En països subdesenvolupats són el còlera, el dengue, la febre tifoide, la malària o la pòlio. Es calcula que 2.400 milions de persones no tenen accés a sistemes de sanejament.

Indicadors d'aigua contaminada són determinats efectes físics com la pudor, canvi de color, enterboliment, fermentació o canvi de temperatura, o biològics, com la disminució de la vida aquàtica.



Figura 10: Imatge d'un abocament en un riu.

1.5. Gestió i tractament de l'aigua

1.5.1. Potabilització

El procés de purificació de l'aigua provinent de fonts naturals s'anomena potabilització. Aquesta tasca es duu a terme a les plantes potabilitzadores, on primer es filtra i llavors s'hi afegeixen productes. Posteriorment, l'aigua ja potable s'emmagatzema en uns dipòsits fins que passa a les xarxes de distribució per arribar als habitatges.

Si l'aigua captada és superficial o subterrània hi haurà una diferència important. Si és d'origen subterrani ja haurà sofert un procés de filtració natural que la farà més

fàcilment adaptable al consum humà. Si, en canvi, és superficial (riu, llac, pantà, etc.) pot tenir un cert grau de terbolesa que faci necessari un pas més, afegir un filtre per eliminar-la.

A continuació s'exposarà el procés de potabilització que segueix l'ETAP (estació tractament d'aigua potable) de Sant Joan Despí: ¹

Captació i desbast

La captació és el procés de treure l'aigua des d'un punt concret. Pot ser una captació superficial o subterrània i es fa mitjançant bombes d'extracció.

El desbast és l'eliminació de sòlids gruixuts o sorres que porta l'aigua en el seu curs. Es fa al moment de recollida i és el primer dels obstacles que passarà l'aigua. És necessari per evitar que es quedin aquests sediments acumulats en filtres posteriors



Figura 11: Bomba d'extracció d'aigua subterrània.

Dosificació de reactius/desinfecció inicial

En aquest moment s'afegeixen sals d'alumini per eliminar les partícules més petites que el desbast no ha pogut eliminar. A part, es farà una primera cloració per desinfectar i oxidar els metalls i matèria orgànica que hi pugui haver a l'aigua.



Figura 12: Jar Test per fer proves de coagulants i floculants.

¹ Aigues.net (2017) *El tractament de potabilització* (<https://www.aigues.net/el-tractament-de-potabilitzacio/>)

Decantació

Les sals d'alumini agregades anteriorment faran que la sedimentació de partícules desaparegui, deixant l'aigua clarificada pel procés següent.

Figura 13: Decantador d'Aigües de Barcelona.



Filtració

Una vegada l'aigua ha sortit dels decantadors, l'aigua es filtra mitjançant un filtre de sorra. Un procés que normalment també es duu a terme és la dosificació d'ozó amb posterior filtre de carbó actiu per eliminar els compostos orgànics i òxids de metalls, que a més aporta una millora en els caràcters organolèptics. En casos puntuals també s'aplica una osmosi inversa, que elimina compostos orgànics i inorgànics reduint les sals a nivells baixíssims i actuant com una potent barrera per bacteris i virus.



Figura 14: Ozonitzador en una ETAP.

Desinfecció final

L'aigua, un cop ja emmagatzemada i ja pràcticament a punt de ser abocada a la xarxa de distribució encara rebrà una tercera cloració si els aparells detecten que els paràmetres no estan on pertocaria. L'estació de bombament finalment l'enviarà cap a les llars de cada un de nosaltres.



Figura 15: Estació de bombament.

1.5.2. Depuració

La depuració és el procés pel qual s'elimina la contaminació de l'aigua que ja ha sigut utilitzada. L'objectiu és poder retornar l'aigua al medi natural amb el mínim de riscos ambientals o per destinar-la a altres usos secundaris.

L'Empresa Municipal Mixta d'Aigües de Tarragona² és la que s'encarrega de la depuració en aquesta ciutat i segueix uns processos estàndard que s'exposaran a continuació:

El primer que es fa és un control de l'afluent, tenir un coneixement de l'aigua que arriba a l'estació. A continuació es duu a terme el desbast, la separació de sòlids més gruixuts a través de reixats o sedassos, el desarenament que fa que no es produeixin sediments als canals i el desgreixament que elimina els olis que pugui contenir.

Seguidament, per l'acció de la gravetat, en un tanc es produeix la decantació que separa les partícules i sòlids sedimentables. Posteriorment, es duu a terme el tractament més important, el biològic. Mitjançant la intervenció de microorganismes com bacteris o protozous, el reactor biològic de fangs actiu elimina nutrients (principalment el nitrogen i el fòsfor).

L'aigua passarà una segona decantació per separar el fang biològic introduït i l'aigua depurada.

Aquest fang i el que s'ha extret anteriorment, s'utilitza habitualment després de treure-hi gran part de la matèria orgànica com a adob per a l'agricultura.

L'aigua depurada que no s'utilitza (cal recordar que molts cops s'utilitzarà per crear energia o d'altres empreses) es retornarà al seu cicle natural, tractant d'alterar el mínim possible els sistemes naturals al riu o al mar.

Figura 16: Imatge aèria de la depuradora de Cornellà del Terri.



² EMATSA (s.d), *Depuració*
(<https://www.ematsa.cat/la-teva-aigua/cicle-urba/depuracio/>)

1.5.3. Dèficit d'aigua potable

Catalunya està patint greus problemes pel que fa a les reserves d'aigua dolça. Les condicions meteorològiques no han sigut favorables i el nombre de precipitacions rebudes els últims dos anys, han accentuat un problema de dèficit d'aigua crònic. L'escassetat d'aigua va comportar que el Govern de Catalunya declarés aquest 2023 l'estat de sequera en molts municipis de Catalunya, per forçar la reducció dels recursos hídrics. La declaració d'excepcionalitat afecta alguns usos privats com la prohibició de regar zones verdes, però també situa la població en un marc on augmenta la percepció que tota gota compta.



Figura 17: Pantà de Sau, un dels principals embassaments a Catalunya.

La capacitat total dels embassaments a les conques internes de Catalunya és d'uns 700 hm³ (l'equivalent a 700 camps de futbol amb capacitat per unes 100.000 persones plens d'aigua). Aquestes infraestructures, essencials per garantir l'abastament i la resta d'usos de l'aigua, es complementen amb l'aigua procedent d'altres fonts, com els aqüífers o la que es reutilitza a partir dels sistemes de sanejament i les estacions de regeneració, o l'aigua nova que es genera a les dessalinitzadores. En data 23 de setembre de 2023 tan sols es disposa d'un 22% de les reserves totals als embassaments³, és a dir dels 700 hm³, uns 154 hm³. Cal destacar que en situacions normals, es consumeix diàriament 1 hm³ d'aigua potable a Catalunya.

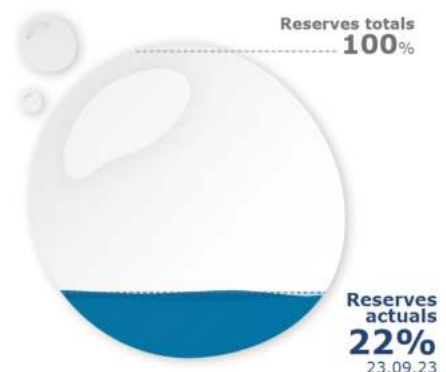


Figura 18: Estat de les reserves d'aigua als embassaments catalans.

³ Gencat (23/09/2023) *Estat de les reserves d'aigua als embassaments*. (<https://sequera.gencat.cat/ca/estat-actual/estat-de-les-reserves-daigua-als-embassaments/>)

Pel que fa a la nostra comarca, els lindars de sequera estableixen que l'estat d'alerta es declararia al Pla de l'Estany amb un nivell a l'Estany de Banyoles de -0,75 metres respecte a la cota zero de referència. Un estat d'excepcionalitat es declararia per un nivell de -0,90 metres i d'emergència per sota del nivell d'1 metre respecte a la cota 0. El valor més baix registrat l'estiu passat va ser de -0,21 metres l'agost de l'any passat i l'abril de 2023, el nivell se situava a -0,11 metres. Per tant, el pla de sequera, sortosament, encara queda lluny. El cabal de sortida d'aigua de les fonts és indicador que el Pla de l'Estany es troba en força bon estat amb referència als recursos hídrics, tot i que en algunes fonts ha minvat els últims anys⁴.

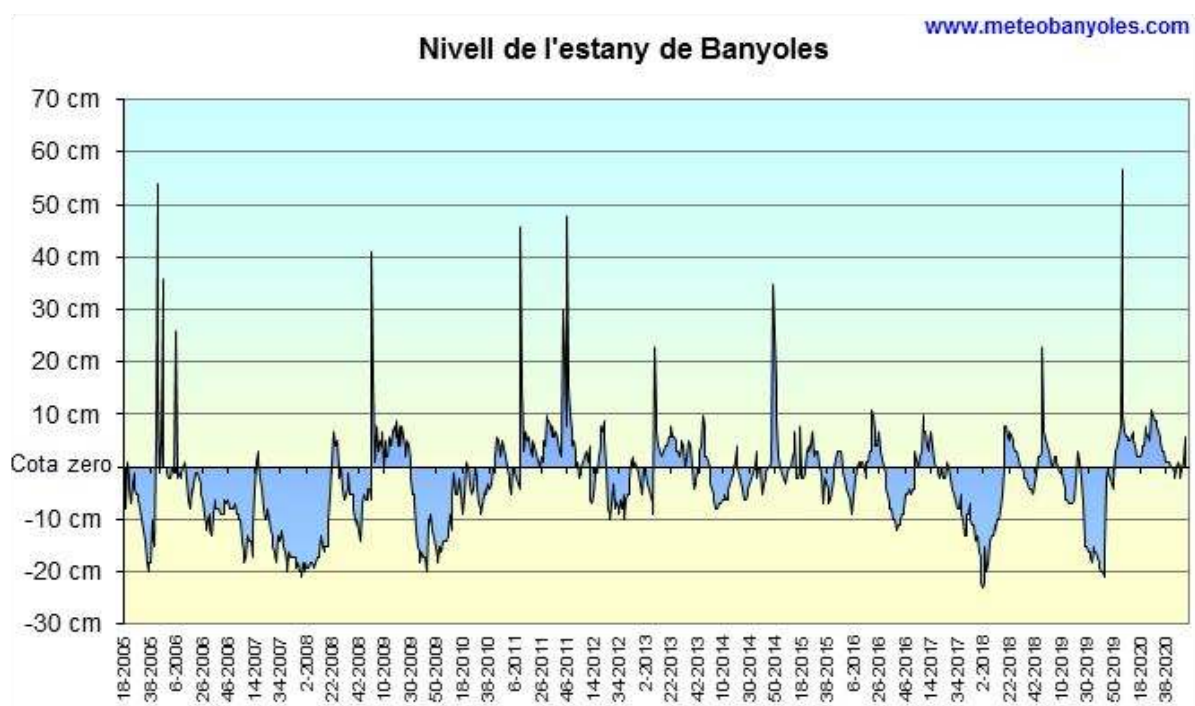


Figura 19: Gràfica amb les dades del nivell de l'Estany de Banyoles des del 2005 fins al 2020.

1.5.4. Dessalinització

Per tal de disposar de més aigua apta per al consum humà, la dessalinització és una de les solucions per garantir part del subministrament d'aigua quan els embassaments baixen de nivell.

Amb la dessalinització podem obtenir aigua potable a partir d'aigua extreta del mar, aigua salada, a la qual se li elimina la sal marina.

⁴ Estragués, Enric, Estragués, Gabriel (2014) *Fonts del Pla de l'Estany Volum I. Ed. Rigau.*

Una vegada s'ha captat l'aigua del mar, se li afegixen agents químics ajustats a les seves característiques i se la prepara per al tractament. Se li retiren els sòlids i es filtra. Aquest procés consta primerament d'una flotació (operació que consisteix a injectar aire a pressió a l'aigua i posteriorment retirar-ne les escumes amb els sòlids en suspensió que hi floten per la seva menor densitat), una filtració oberta per gravetat, una filtració tancada a pressió i finalment uns filtres de cartutx.

En aquest punt, s'inicia l'osmosi inversa, un procés que consisteix a bombar l'aigua a alta pressió cap a una membrana semipermeable que reté les sals. La proporció d'aigua bombada que es pot aprofitar és aproximadament del 45%.

Per arribar als estàndards de l'aigua potable, l'aigua de sortida de les membranes s'ha de remineralitzar, per aportar els minerals que ha perdut, i això es fa fent-la passar per uns llits amb carbonat càlcic (calcita) i diòxid de carboni. D'aquesta manera s'ajustarà a la seva duresa i acidesa. Finalment, per assegurar-ne la desinfecció correcta, aquesta aigua es tornarà a clorar.



Figura 20: Zona de dessalinització del Baix Llobregat, la principal de tot Catalunya.

Quan les reserves dels nostres pantans comencen a baixar, guanya pes l'aigua produïda a les dessalinitzadores i a la inversa. Per tant, la gestió d'aquestes infraestructures respon a uns criteris de sostenibilitat ambiental i econòmica i formant part d'una gestió equilibrada i flexible dels recursos hídrics dels quals disposem.

Malgrat tot, es tracta d'una tecnologia controvertida, amb defensors, que valoren el fet de disposar d'aigua potable quan hi ha condicions de sequera, i detractors, que en destaquen l'alt cost energètic que suposa.

2. L'AIGUA AL PLA DE L'ESTANY

2.1. Hidrografia i geologia del Pla de l'Estany

El Pla de l'Estany és una comarca amb una població de 32.941 habitants creada l'any 1988 i formada per 11 municipis diferents, amb capital a Banyoles. La comarca deu el seu nom a l'Estany de Banyoles, el principal signe d'identitat. Per això al Pla de l'Estany es té l'aigua molt present. Des de molts dels indrets elevats de la comarca es pot apreciar l'enorme massa d'aigua que comparteixen els municipis de Banyoles i Porqueres. Banyoles engloba l'Estany i tots els estanyols, i tota la riba est, des del nord al sud, i Porqueres representa els terrenys que embolcallen l'Estany i el municipi de Banyoles, especialment per la banda oest.

Figura 21: Imatge de l'Estany de Banyoles, on es diferencia a la banda dreta Banyoles i a la banda esquerra Porqueres.



La comarca del Pla de l'Estany es troba a una altitud de 176 metres i té un

clima mediterrani, gràcies a la seva proximitat amb el mar Mediterrani. Aquest clima es caracteritza per ser càlid i temperat, amb uns hiverns suaus i uns estius càlids i secs. Els hiverns no solen baixar dels 0 °C, amb poques gelades i presència de neu molt rarament. Els estius solen superar els 25 °C durant els mesos de juliol i agost.

Té una mitjana anual de 16,7 °C, una mitjana de màximes de 23 °C i de mínimes d'11,5 °C. La temperatura màxima absoluta va ser de 38,4 °C i la mínima de -2,5 °C⁵. Veiem així doncs que té una amplitud tèrmica anual moderada.

Pel que fa a la pluviositat, la comarca del Pla de l'Estany és relativament plujosa, amb valors anuals que acostumen a estar entre els 600 i 800 mm. Normalment, els mesos d'estiu són secs, els de primavera i tardor tenen quantitats elevades de tempestes, que fa que siguin molt plujosos i l'hivern acostuma a ser poc plujós pel fet que les masses d'aire de l'oest descarreguen a l'Oceà Atlàntic i arriben aquí amb molt poca aigua. En general, però, és una comarca que té força bons números de pluviositat. Aquesta, i sobretot el terreny en què es troba, fan que la comarca tingui molta abundància d'aigua, i no només per l'Estany de Banyoles sinó que disposa d'una munió de fonts (aproximadament 700), estanys i estanyols (prop d'una seixantena) i molts quilòmetres de rius, recs, rierols i torrents.

L'Estany de Banyoles és d'origen tectònic i càrstic i es va formar en època quaternària (fa 250.000 anys). L'estany de Banyoles és la principal manifestació sorgent de tot un conjunt de deus, estanys i estanyols alimentats per aigües subterrànies que hom anomena conca o sistema lacustre de Banyoles. Antigament, es creia que l'origen de les aigües de l'Estany estava relacionat amb pèrdues dels rius Ter i Fluvià. Els estudis de la segona meitat del segle xx, però, demostraren que l'Estany és alimentat de manera subterrània pels aquífers provinents de les conques dels rius Llierca i Borró, a l'Alta Garrotxa.

Quan plou a la zona de l'Alta Garrotxa l'aigua s'infiltra i alimenta un riu subterrani que baixa cap al sud pels materials calcaris que li permeten el pas, ja que són permeables. Les aigües que circulen per l'aquífer de calcàries es posen en contacte amb les capes superiors de guixos que es dissolen i produeixen grans cavitats o coves d'aigua a poca profunditat. Quan l'aquífer disminueix el seu volum d'aigua i el terreny es col·lapsa, tenen lloc un seguit de sobtats enfonsaments del sòl que donen lloc a la formació d'estanys i estanyols arrodonits i de dimensions variables. Mitjançant l'aigua subterrània, és com es van formar i s'alimenten la majoria d'estanys i estanyols del Pla de l'Estany. Tots aquests, es caracteritzen per la seva forma circular, així com per una base en forma d'embut.

⁵ Idescat (2022), *Anuari meteorologia i temperatura*. (<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15192&lang=es>)

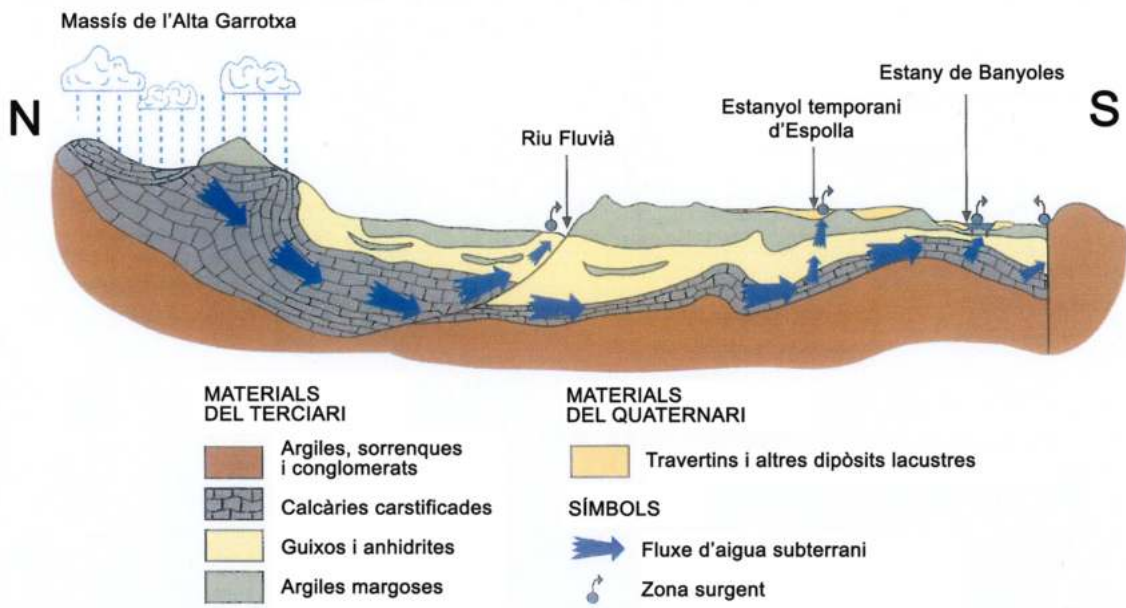


Figura 22: Dibuix del funcionament del sistema càrstic del Pla de l'Estany.

El funcionament d'aquest sistema hidrogeològic no només s'explica per l'origen càrstic, sinó també pel tectònic. A l'est de la conca lacustre, hi trobem la falla d'Albanyà, que marca un canvi de materials geològics. Mentre que a la comarca trobem la capa de calcàries on pot circular l'aigua subterràniament, a la falla hi trobem una capa de margues, materials impermeables, que provoquen un augment de pressió del sistema obligant a l'aigua a sortir de forma vertical a través d'esclètxes i fissures fins a alimentar els estanys, estanyols, fonts i bullidors de la zona del Pla de l'Estany.

2.2. Banyoles

Banyoles és la capital de la comarca del Pla de l'Estany. Té una població de 20.187 habitants, una superfície d'11,5 km² i una altitud de 172 metres.

L'Estany és el seu principal signe d'entitat i al costat del qual s'edifica la ciutat. Es nodreix a partir de 13 punts sorgents que totalitzen una alimentació subterrània d'entre 400 i 600 l/s, és a dir, uns 40.000 m³ diaris d'aigua.

Però l'Estany de Banyoles també es nodreix de manera superficial gràcies a les rieres. A través d'aquestes, entren 17.625 m³ diaris d'aigua, per bé que en surten

també 58.500 m³. Aquest és pràcticament el resultat de les entrades subterrànies i superficials. El que resta és degut a l'aigua de la pluja.

El temps de renovació total de l'aigua de l'Estany és superior als 200 dies.

Banyoles és coneguda per l'Estany, però té molts altres elements imprescindibles relacionats amb l'aigua: una xarxa de 33 quilòmetres de recs dissenyada pels monjos benedictins instal·lats al monestir de Sant Esteve. Aprofitant el poc desnivell (vuit metres) entre l'Estany i la població, i amb l'aixecament d'un dic vora l'estany per aturar l'aigua, es va començar el procés de construcció. A través dels recs, els monjos van poder assecar una zona d'aiguamolls i desenvolupar ramificacions successives per regar els cultius. El resultat és l'entramat actual ramificat en sis recs: el de ca n'Hort, el d'en Teixidor, el de la Figuera d'en Xo, el Major, el de Xucladors i el de Guèmol.

Més enllà d'apropar l'aigua a la població per al seu ús domèstic i d'aprofitar-la per a hortes i conreus, aquests camins d'aigua han marcat al llarg dels segles l'arquitectura, els oficis i la indústria del municipi.

A Banyoles també es troben altres estanyols a la vora de l'Estany com l'Estanyol del Vilar, el més gran i conegut de la comarca. Els altres estanyols de Banyoles són l'Estanyol de la Cendra, l'Estanyol Gros de Montalt i l'Estanyol Petit de Montalt. És important remarcar també que Banyoles té un total de 58 fonts.



Figura 23: Imatge de l'Estanyol de la Cendra.

2.3. Porqueres

El municipi de Porqueres és el segon municipi en població del Pla de l'Estany. Té 4.595 habitants. Es troba a 148 metres d'altitud i disposa d'una superfície de 33,5 km². Porqueres igual que Banyoles està molt estretament relacionada amb l'aigua.

Els terrenys de la banda oest de l'Estany pertanyen a Porqueres, però l'aigua administrativament és controlada per Banyoles. El fet de tenir aquests terrenys, però, suposa que disposi de diferents estanyols prop de la riba. Els estanyols de Porqueres són l'Estanyol de les Roques o de Lió, l'Estanyol de Can Ordís o les Guixeres, i el conjunt de la Riera Castellana amb l'Estanyol d'En Sisó o Vermell, l'Estanyol Nou o de Can Silet, el més recent aparegut l'any 1978 i un altre petit brollador-estanyol. També disposa d'un petit estanyol dins el recinte del Càmping del Llac i finalment hi trobem tota la zona dels estanyols i llacunes de Can Morgat.



Figura 24: Imatge de l'Estanyol de Can Sisó als anys 90, l'Estanyol abans es tenia sovint de veremall perquè està molt enclotat i no es barreja l'aigua pel vent, provocant que l'oxigen s'esgoti i apareguin uns bacteris procariotes que fan aquesta coloració a la superfície. Actualment, és difícil observar aquest petit "miracle".

Els principals rius i rieres que passen per Porqueres són el Terri, el Matamors i la riera Castellana.

Porqueres juntament amb Fontcoberta comparteixen un estanyol d'inundació temporal, l'estany d'Espolla, situat al veïnat de Mas Usall. Només s'omple en època de fortes pluges, actuant com a sobreexidor natural de l'Estany de Banyoles, quan aquest va massa ple. És doncs un estany intermitent, un dels ecosistemes en major regressió arreu d'Europa. Quan s'omple es poden observar els bullidors, entrades



Figura 25: Imatge de l'Estany d'Espolla, un fenomen de la naturalesa.

d'aigua subterrània amb pressió i aire que generen bombolles o un moviment d'aigua visible a simple vista. Aquests, s'alimenten d'aigua que es nodreix per les escletxes de les roques del fons. Un dels fets que encara el fan més especial és la presència de triops (*Triops cancriformis*), uns petits crustacis, considerants fòssils vivents, que apareixen quan l'estany s'omple.

El municipi de Porqueres té un total de 86 fonts.

2.4. Camós

Camós és un municipi del Pla de l'Estany amb una població de 715 habitants i amb una superfície de 15,66 km². Es troba a una altitud de 168 metres. Igual que els altres dos municipis anteriors, a Camós l'aigua hi és molt present, en aquest cas sobretot pel pas del Matamors.

Camós es troba prop de l'Estany de Banyoles, i per això també té les característiques de la conca lacustre de Banyoles. A causa de la geologia del sòl s'han format diferents estanyols: l'Estanyol de Geldeus, la bassa de Ca Oliveres, l'Estanyell i l'Estanyol de Camós.

Però la principal atracció pel que fa a l'aigua a Camós és el riu Matamors. En els moments de forta sequera no acostuma a portar aigua, però quan hi ha pluges el seu cabal acostuma a ser molt sobtat i impressionant. El riu va servir per a la població de l'època durant segles per regar o d'altres tasques imprescindibles i actualment encara és d'utilitat pel municipi.

És un afluent del Terri, però passa per Camós, Cornellà i Porqueres. Un dels seus punts emblemàtics és el Salt Dalmau, on se situa una font estudiada en aquest treball, la Font del Salt Dalmau. Al costat mateix del saltant es pot veure com la roca de l'entorn és el travertí. Aquest travertí prové també d'antics dipòsits lacustres de surgències situades entorn del riu Matamors i que formen part del mateix sistema d'aigües subterrànies que l'estany de Banyoles.

El municipi de Camós té 48 fonts.

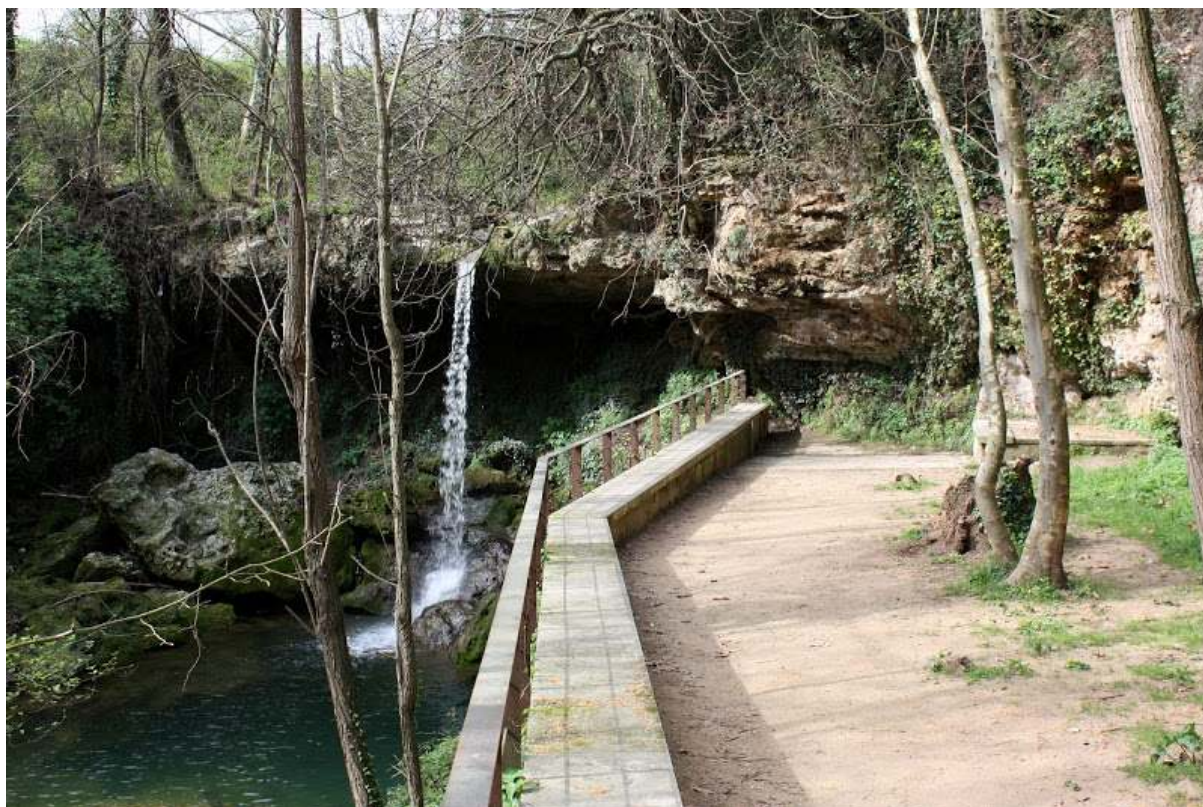


Figura 26: Imatge del Salt Dalmou, Camós. A la dreta es troba la font.

3. FONTS

3.1. Definició

Una font natural és un indret d'on l'aigua brolla de la terra o d'entre les roques. S'origina per la filtració de l'aigua de la pluja que penetra en una àrea i emergeix en una altra, de menor altitud. És per això que les fonts poden ser permanents o temporals, segons la pluviositat de la zona. En els relleus càrstics, originats per roques calcàries o d'altres roques solubles carbonatades on hi ha presència d'aigua, són presents especialment les fonts.

3.2. Importància de les fonts al llarg de la història

Les primeres civilitzacions consideraven que les fonts naturals, els brolladors i els rius, estaven sota la protecció dels déus, i per això esdevenien llocs de veneració i culte. A Epidaure, ciutat de l'antiga Grècia, hi trobem la primera mostra d'això. Els fidels curats llançaven monedes a la font sagrada del déu Asclepi, fill d'Apol·lo i déu curador per excel·lència en la religió grega.

A l'Edat Antiga, la font solia situar-se al centre de les places. Aquesta ubicació va fer que servís com a lloc de reunió dels habitants de cada ciutat. S'usava per a donar beure al bestiar, als ciutadans i per a ús casolà.

La font va anar evolucionant com a element arquitectònic arribant a la seva esplendor a l'època del Renaixement. Els artistes es varen adonar de la importància que gaudien i es disputaven l'encàrrec de dissenyar-les. Des de llavors, aquestes construccions es varen convertir en molt més que un objecte funcional: varen passar

a ser escultures i peces de valor artístic incalculable. Citar només la Fontana di Trevi, considerada la font més bonica del món.

L'any 1804 John Gibb va construir el primer sistema de tractament de l'aigua a la ciutat de Paisley, Escòcia. A partir d'aquest fet les fonts que s'instal·len als pobles i ciutats serveixen per satisfer les necessitats de la població i són completament potables, requisit necessari que abans no es podia garantir.

3.3. Tipus de fonts

Les fonts es poden classificar en quatre tipus principals:

- **De biot:** surgència natural en capçaleres de torrent o altres indrets; l'aigua surt directament de terra.

Figura 27: Font de l'Hort del Clot, Sant Miquel de Campmajor.



- **De raig, vessant o salt:** l'aigua surt de terra a través d'alguna mena de canalització, construcció o aixeta.

Figura 28: Font de Garrabà, Camós.



- **De mina:** l'aigua és captada sota terra i a través d'una mina és extreta cap enfora.

Figura 29: Mina de Can Paperina, Crespià.



- **De cisterna o bassa:** l'aigua és recollida, de pluja o de filtracions de la terra, en una bassa o cisterna.

Figura 30: Font de Ritort, Sant Miquel de Campmajor.



3.5. Fonts al Pla de l'Estany

El Pla de l'Estany és terra de fonts. Hi ha aproximadament 700 fonts, repartides en els 11 municipis, una quantitat prou important tenint en compte que és la tercera comarca més petita de Catalunya en superfície (262,8 km²). Com a resultat, hi ha una mitjana de 2,66 fonts per km², un nombre molt elevat. Algunes d'aquestes fonts són de propietat privada tot i que la majoria són de caràcter públic. Un gran nombre no ragen mai o només en moments puntuals, pel mal estat de conservació, la poca pluviositat al llarg de l'any, la desviació dels rius o rieres, entre altres causes. Els ajuntaments de la comarca estan promovent la restauració d'aquests indrets perquè puguin tornar a gaudir de la seva esplendor, ja que formen part del patrimoni comú. A més de les 700 fonts esmentades, n'hi ha unes 100 aproximadament que estan desaparegudes, destruïdes o no és possible accedir-hi.

Les fonts es reparteixen en els diferents municipis de la següent manera:

- Vilademuls: 119
- Sant Miquel de Campmajor: 114
- Porqueres: 86
- Cornellà del Terri: 66
- Esponellà: 64
- Banyoles: 58
- Camós: 48
- Serinyà: 42
- Palol de Revardit: 35
- Fontcoberta: 25
- Crespià: 21

Figura 31: Representació del nombre de fonts per municipi del Pla de l'Estany.

Tot i que hi ha moltes fonts àmpliament conegudes pels habitants de la comarca, per tal de dur a terme un estudi curós, el treball de recerca es va centrar en quatre d'aquestes fonts que formen part de tres municipis diferents. Són les següents:

- Banyoles: Font del Ferro i Font de Can Puig (es va descartar Font de la Puda perquè, tot i ser una font intermitent, en cap moment de la recerca va rajar)
- Porqueres: Font del Rector.
- Camós: Font del Salt Dalmau.



Ubicació de les fonts



Figura 32: Ubicació de les fonts estudiades del Pla de l'Estany sobre mapa.

3.5.1. Font del Ferro (Banyoles)



Figura 33: Font del Ferro.

Coordenades	GPS-WGS	84:N 42° 07' 05"/E 2° 44' 58"
	UTM	31 N ED50: 479376/4663106
Altitud		180 m
Ubicació		Enllaç

La Font del Ferro és una font de raig present a Banyoles des de fa molt de temps. El març de 2006 va ser redissenjada per l'artista banyolí Jordi Gratacós 'Soto'. La nova font pretenia imitar l'antiga, tot substituint els elements de pedra per uns altres de planxa d'acer tipus "Corten". Es va col·locar el sortidor en un punt més elevat, per tal d'evitar la inundació permanent que patia. Actualment, encara a vegades s'inunda, però ha millorat molt i l'entorn és agradable, enjardinat i ben cuidat. Raja constantment amb un cabal considerable durant tot l'any. Es troba a l'Estany, a la zona dels Desmais i pertany al municipi de Banyoles. L'accés és molt fàcil des del passeig de l'Estany. S'anomena Font del Ferro perquè la seva aigua té un gust metàl·lic. El ferro prové de les capes d'argiles margoses de l'entorn, a partir de les quals passen a l'aigua. Hi apareixen aleshores comunitats de bacteris que aprofiten l'oxidació del ferro dissolt a l'aigua per obtenir energia, així com algues filamentoses dependents d'aquest ferro.

3.5.2. Font de Can Puig (Banyoles)



Figura 34: Font de Can Puig.

Coordenades	GPS-WGS	84:N 42° 07' 25"/E 2° 46' 44"
	UTM	31 N ED50: 481718,30/4663536,50
Altitud		196 m
Ubicació		Enllaç

La Font de Can Puig és una de les fonts de raig més boniques i conegudes de la comarca. Datada de 1679 és feta totalment de pedra. Disposa de bassis, viver, safareig i bancs també de pedra. L'entorn, per altra banda, és molt net, cuidat i enjardinat i l'accés és molt fàcil. Situada a prop del Consell Comarcal del Pla de l'Estany, al barri de Can Puig, pertanyent al municipi de Banyoles. Aquesta font raja tot l'any i ho fa amb un cabal considerable.

3.5.3. Font del Rector (Porqueres)



Figura 35 i 36: Font del Rector.

Coordenades	GPS-WGS	84:N 42° 07' 19,6"/E 2° 45' 1,7"
	UTM	31 N ED50: 479373,20/4663365,30
Altitud		184 m
Ubicació		Enllaç

La Font del Rector és una senzilla font de raig que raja ran de terra per un petit forat en una roca, envoltat d'una bassa artificial feta de plaques de travertí, i un petit canal que desguassa fins a l'Estany. Està situada a escassos metres de l'església de Santa Maria de Porqueres, en una raconada al costat del carril per a bicicletes i pel camí de vianants que volten l'Estany. És una deu intermitent, no raja tot l'any i quan ho fa el seu cabal és dèbil. Els mesos d'estiu està seca. La zona de la Font, fins fa uns anys, s'havia utilitzat com a zona d'esbarjo i pícnic. L'aigua té un gust fresc i ferrós. Igual que la font del ferro, aquest gust és causat per les capes d'argila i margues properes i hi viuen bacteris i espècies d'algues filamentoses oxidants del ferro.

3.5.4. Font del Salt Dalmau (Camós)



Figura 37: Font del Salt Dalmau.

Coordenades	GPS-WGS	84:N 42° 05' 50,5"/E 2° 46' 23"
	UTM	31 N ED50: 481234,90/4660611,00
Altitud		134 m
Ubicació		Enllaç

La Font del Salt Dalmau és la font de raig més coneguda i popular de Camós. Va ser arranjada fa pocs anys, però fa molt de temps que els vilatans de Camós hi van a buscar aigua tot l'any sense que aparentment els causi cap problema. Ubicada al costat del riu Matamors, aquesta font gaudeix d'un entorn cuidat i agradable. En un mateix espai hi tenim la font i el Salt intermitent que dona nom a l'entorn, la gorga amb l'aigua blava i verdosa. Destaca la presència al marge dret d'una paret de travertí molt visible. Aquest travertí prové d'antics dipòsits lacustres de surgències situades entorn del riu Matamors i que formen part del mateix sistema d'aigües subterrànies de l'estany de Banyoles.

3.5.5. Font Pudosa (Banyoles)



Figura 38 i 39: Font Pudosa.

Coordenades	GPS-WGS	84:N 42° 07' 41,1"/E 2° 45' 6,8"
	UTM	31 N ED50: 479493,40/4664025,60
Altitud	183 m	
Ubicació	Enllaç	

La Font Pudosa és la font de raig més emblemàtica de Banyoles i el Pla de l'Estany. Tot i no formar finalment part de la recerca per no tenir gens de surgència, mereix ser esmentada. Fou construïda per l'Ajuntament l'any 1852, tot i que ja apareix la primera referència a l'any 1419. Fins a l'any 1965 la deu abastia un balneari situat a la cara nord de la font.

Disposa de 4 boques que estan situades a la part inferior de la Font. Feta exclusivament de pedra, té un aspecte imponent.

L'aigua que surt per la Font Pudosa és la mateixa que entra pel fons de l'Estany. Bacteris, que transformen químicament els sulfats dels guixos dissolts de les capes inferiors, produeixen gas sulfhídric i aquest és el responsable de la coneguda olor d'ous podrits. Altres bacteris utilitzen aquest gas tancant el cicle del sofre. Si prop de les boques apareixen tonalitats rosades, indica la presència de bacteris vermells del

sofre, organismes que fan la fotosíntesi i als quals no els agrada gaire l'oxigen. Si apareixen coloracions blanques, indica la presència de bacteris que acumulen sofre, i si veiem formacions verdoses, solen ser degudes a la presència d'algues filamentoses o cianofícies.

Antigament, l'aigua de la Font Pudosa s'usava com a remei medicinal. El contingut en sofre la fa beneficiosa per la pell, però no està clar el seu efecte per curar malalties d'ossos, reumatisme o les pedres del ronyó com s'havia apuntat.

Cap al segon quart del s. XIX es va construir el Balneari de la Puda, que era visitat per uns 800 malalts a l'any. Com que el balneari no disposava d'allotjament, cada estiu totes les fondes de la vila emplenaven i molt veïns propietaris d'habitatges llogaven habitacions als forasters. Els malalts o turistes enfortien l'economia de la capital.

Situada a la sortida de Banyoles per la carretera de Mieres, la Font Pudosa encara atrau turistes i forma part de l'encant de la ciutat.

4. CONTAMINACIÓ DE L'AIGUA DE LES FONTS

Una realitat és que moltes de les fonts naturals d'arreu del territori estan contaminades i generalment aquestes contaminacions, de manera directa o indirecta, són d'origen antropogènic.

El drenatge de les aigües residuals, l'abocament de residus de les plantes de processament de carn i les explotacions ramaderes properes als rius i masses d'aigua o la utilització de l'aigua com a refrigerant en centrals tèrmiques de producció d'energia elèctrica, són de les principals causes de la seva contaminació.

Destaquen especialment la contaminació antropogènica deguda als nitrats i la contaminació deguda a la presència de microorganismes.

4.1. Contaminació per nitrats

El reconegut ecologista Borgström argumenta que "les aigües residuals de les explotacions ramaderes contaminen el medi ambient deu vegades més que les clavegueres de la ciutat i tres vegades més que les aigües residuals industrials".⁶

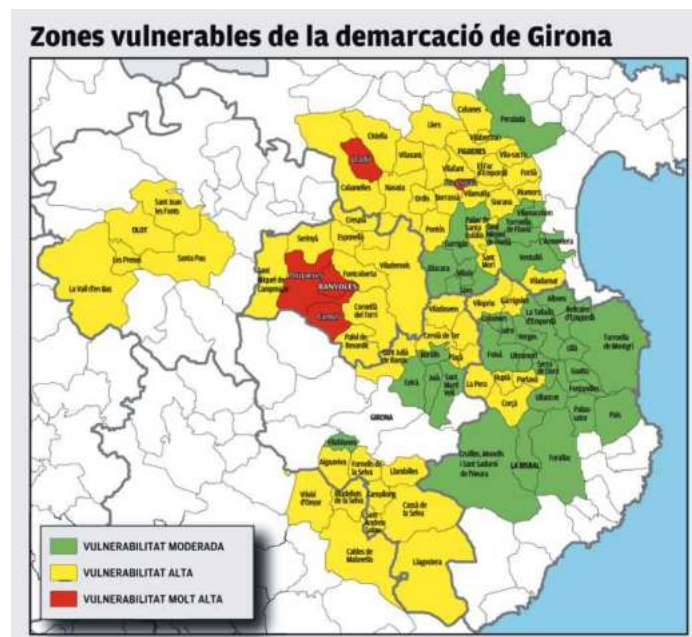
Segons l'Agència Catalana de l'Aigua, la presència de compostos nitrogenats, sobretot nitrats, és la causa de la contaminació de les aigües subterrànies. I ho quantifica: «El 50% de les masses d'aigües subterrànies s'han declarat en mal estat químic, i d'aquestes, el 83% s'han diagnosticat amb excés de nitrats (per sobre de 50 mg/L)». I conclou: «Així doncs, l'excés de nitrats provoca el mal estat en un 41%

⁶ Borgström, Georg (1973)

de les masses d'aigua subterrànies a Catalunya»⁷. Aquesta aigua subterrània és la que en molts casos subministrarà les fonts.

A la comarca del Pla de l'Estany, amb un alt índex de càrrega ramadera, els nitrats procedents dels purins han esdevingut un problema important. Esdevenen purins les restes orgàniques que surten de les plantes ramaderes, des de restes vegetals, passant per animals morts, excrements o menjar. Quan plou aquestes restes s'escorren subterràniament o a rieres properes i van a parar als rius contaminant-los per un excés de nitrats. Tres municipis del Pla de l'Estany: Camós, Porqueres i Banyoles, es troben entre els cinc municipis amb vulnerabilitat molt alta per purins perquè la seva presència és superior a la que poden absorbir els cultius.

Figura 40: Fotografia de les zones vulnerables de la demarcació de Girona segons el Punt Avui.



Per fer front al problema, la Generalitat va activar el DECRET 153/2019⁸ de gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes, que prohibeix obrir més granges o augmentar la capacitat de les ja existents en els territoris considerats vulnerables des del punt de vista dels efectes dels purins i altres fertilitzants orgànics en els pròxims dos anys. Del 2019 al 2021 es va mantenir aquest decret.

⁷ ACA (2022) *Avaluació de la problemàtica originada per l'excés de nitrats d'origen agrari en les masses d'aigua subterrànies a Catalunya*.

(https://aca.gencat.cat/web/.content/20_Aigua/04_estat_del_medi_hidric/04_zones_vulnerables_nitrats/01-avaluacio-problematika-nitrats-DCQA.pdf).

⁸ Gencat (2019) *Decret de gestió de la fertilització del sòl i de les dejeccions ramaderes i d'aprovació del programa d'actuació a les zones vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats que procedeixen de fonts agràries*.

(https://residus.gencat.cat/web/.content/home/consultes_i_tramits/normativa/normativa_catalana_en_materia_de_residus/decret_153_2019.pdf).

4.2. Contaminació per presència de microorganismes

La presència de bacteris patògens en l'aigua és un risc sempre present. Per garantir que l'aigua en qüestió és potable hi ha uns organismes anomenats **indicadors o índexs** que són els que s'estudien davant la impossibilitat de fer un control rutinari de tots els patògens, i ja indiquen la qualitat microbiològica de l'aigua. Aquests organismes són els coliformes totals, entre els quals *Escherichia coli*, els enterococs fecals (gènere *Enterococcus*), els clostridis, entre els quals *Clostridium perfringens*, i els aerobis mesòfils. Aquests, són escollits perquè són fàcils d'aïllar i cultivar, són relativament innocus i la seva concentració és proporcional a la quantitat de microorganismes presents a l'aigua.

4.2.1. Coliformes totals

Els bacteris coliformes són un gran grup de molts tipus de bacteris. Són un conjunt de bacteris aerobis o anaerobis facultatius, que podem trobar en molts ambients, no esporulables, gram-negatius (vermells a la tinció de Gram), en forma de bacil i que fermenten lactosa amb producció de gas (els animals eliminen aquest gas en forma de flatulència).

La majoria de bacteris coliformes són inofensius per als humans, però alguns poden causar malalties lleus i alguns, transmesos per l'aigua, poden provocar malalties greus. Ara bé, la presència de coliformes a l'aigua no garanteix que beure l'aigua causi una malaltia. Aquesta ens indica que hi ha una via de contaminació que porta el bacteri a l'aigua, però no l'origen d'aquesta.

Els símptomes més comuns dels coliformes que causen malalties són malestar gastrointestinal i símptomes generals similars als de la grip, com febre, rampes abdominals i diarrea. Els símptomes són més probables en els nens o en la gent gran de la llar.

Sovint, les famílies adquireixen immunitat a alguns tipus de bacteris que es troben presents a l'aigua que beuen. És per això que la gent de països subdesenvolupats beu de l'aigua que disposa sense massa ensurts, però quan els viatgers en beuen, pateixen diferents símptomes. Atès que els símptomes de beure aigua amb bacteris coliformes, són comuns a moltes malalties humanes, és difícil saber que l'aigua és la font del problema sense que aquesta s'analitzi.



Figura 41: Imatge de la font de la Nejjarine, a Fes, Marroc, on un infant emplena l'aigua.

La causa principal de contaminació de l'aigua arreu del món és per la femta fecal en aigües superficials de rius, pous, llacs. Les raons més comunes són per infiltració de femta de bestiar en camps oberts, descuits i vessaments d'aigües residuals provocades o accidentals, o per pous propers a deixalles.

Segons el Real Decreto 3/2023⁹, de 10 de gener, pel qual s'estableixen els criteris tècnic-sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum, el seu control i subministrament, el valor adequat seria que hi hagués 0 UFC/100mL (unitats formadores de colònies, o possibles colònies de microorganismes), però en el cas dels coliformes, com que no són tan agressius, normalment es permet fins a 100 UFC/100 mL.

Els **bacteris coliformes fecals** són la família de coliformes que estan presents específicament a l'intestí i, per tant, es troben a la femta. Aquests bacteris són beneficiosos per als animals de sang calenta, incloent-hi els humans de manera que els bacteris en si, són inofensius. El problema, però, és que aquesta femta s'aboca a les aigües i allà aquests bacteris poden generar nous bacteris amb variants virulentes.

L'*Escherichia coli* (*E. coli*) és la principal espècie del grup de coliformes fecals. És el millor indicador de la contaminació fecal i de la possible presència de patògens.

⁹ BOE (2023) Decret que explicita la normativa de l'aigua potable i que s'esmenta al llarg del treball. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. (https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-628)

L'*E. coli* es troba normalment a l'intestí dels animals de sang calenta i ajuda a la digestió i la producció de vitamines en el cos. De mitjana, un humà treu diàriament amb la femta, entre cent mil milions i un bilió d'*E. coli*.

No obstant això, alguns tipus de *E. coli*, com l'*E. coli* enterohemorràgica (EHEC), que trobem en aigües fecals, poden causar intoxicacions alimentàries greus i són associats amb símptomes com diarrea sanguinolenta, dolor abdominal o casos més greus, com ara urèmia (una malaltia greu en què l'orina ingressa al torrent sanguini en lloc d'excretar-se del cos.), que poden posar en perill la vida.

Actualment, ja hi ha diverses legislacions que només obliguen a comptar el nombre d'*E. coli* present en les mostres extretes, obviant el nombre de coliformes, ja que a la pràctica són el principal focus de problemes dels coliformes en aigües contaminades.

Segons el Decret esmentat hi ha permeses 0 UFC/100mL d'*Escherichia coli* perquè l'aigua sigui considerada potable, o sigui hi ha d'haver absència, ja que és un bacteri potencialment molt perillós.

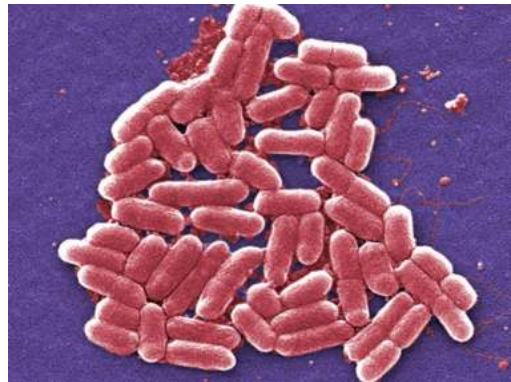


Figura 42: Fotografia del bacteri *E.coli* en un medi de cultiu.

4.2.2. *Enterococs fecals*

Els enterococs fecals o enterococs són un tipus de bacteri grampositiu (blaus al microscopi amb la tinció de Gram) molt semblant als coliformes. La seva presència ens indica contaminació en l'aigua, probablement per abocament d'aigües fecals, femtes properes que arriben al riu per equivocació, etc.

Els enterococs són útils com a indicadors perquè tenen una major resistència als tractaments de desinfecció i poden sobreviure més temps en l'aigua que altres bacteris. Això succeeix ja que és una espècia **euriòica**, és a dir que pot viure en diferents condicions i medis, que s'adapta fàcilment. Poden viure en un interval molt ampli de pH, ja que els podem trobar des d'un pH de 5,5 fins als 9,5. Per això se'ls

considera molt resistents. També han tingut l'habilitat d'adquirir resistència a pràcticament tots els antibiòtics en ús.

Igual que els coliformes, també els trobem habitualment als intestins dels animals de sang calenta i normalment són beneficiosos, malgrat tot, algunes subespècies són perjudicials per a la salut. Cal tenir en compte que alguns enterococs que es troben a les aigües, poden ser originaris d'altres hàbitats diferents que l'intestí.

Quan trobem la subespècie d'*Enterococcus faecalis* és considerat com un indicador de contaminació fecal de fonts humanes, mentre que l'*Enterococcus faecium* i altres espècies indiquen contaminació d'altres fonts.

En el cas de les espècies d'*Enterococcus bovis* i *Enterococcus equinus* són utilitzats com a indicadors de contaminació produïda per animals de granja.

Aquestes espècies moren ràpidament al medi exterior, per tant, la seva detecció indica contaminació recent.

Els símptomes semblen molt comuns i això fa que sigui difícil identificar la presència de l'enterococ: febre, calfreds, fatiga, dolor abdominal, mal de cap, vòmit, diarrea i, en casos severes, dificultat per respirar, rigidesa al coll i genives sagnants.

Segons el Decret esmentat anteriorment, hi pot haver 0 UFC/100mL de presència d'*Enterococcus intestinales*, o sigui hi ha d'haver absència perquè sigui considerada aigua potable.

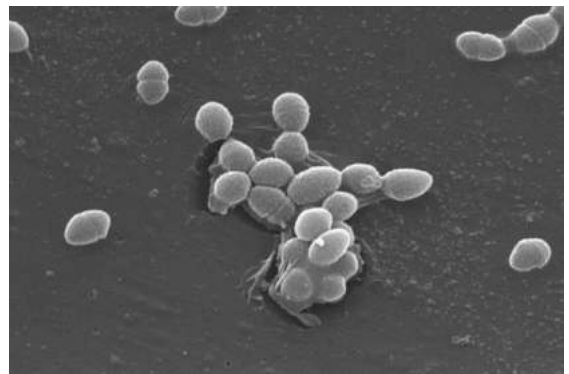


Figura 43: Imatge d'una colònia d'*Enterococcus faecalis*.

4.2.3. Clostridis

Els clostridis són un grup de bacteris anaerobis grampositiu (es veuen blaus amb la tinció de Gram) que pertanyen al gènere *Clostridium*. La presència de clostridis indica que l'aigua procedeix d'algun lloc amb elevat temps de residència, i per tant baixa taxa de renovació de l'aigua. Són capaços de formar espores i el seu

metabolisme és sulfit-reductor, ja que l'acceptor final d'electrons és l'ió sulfit. Per la seva peculiar acció fermentadora, algunes espècies de clostridi han estat aprofitades industrialment per a l'obtenció de diferents productes químics.

Els clostridis patògens pels humans són el *C. difficile* (agent causant de la diarrea post antibiòtica), *C. botulinum* (produeix la toxina que provoca el botulisme), *C. tetani* (agent causal del tètanus) i el *C. perfringens*.

El clostridi més agressiu i que caldrà detectar és precisament el ***Clostridium perfringens***. És el formador d'espores dels intestins dels éssers humans i de diversos animals homeotermes, es troba també en el sòl, en l'aigua i en els aliments (sobretot en les carns que no estan bé cuinades), entre altres. Ara bé, quan no fa la seva funció, les malalties són molt virulentes. Produeix toxines que poden causar malalties com l'enteritis necròtica o la gangrena gasosa.

Necrosi

La necrosi és la mort patològica d'un conjunt de cèl·lules o de qualsevol teixit de l'organisme. Rarament, aquest bacteri causa necrosi en humans sinó que més aviat ocasiona l'anomenada enteritis necròtica, una malaltia de l'intestí de l'aviram, caracteritzada per lesions necròtiques a l'epiteli intestinal. Aquesta malaltia causa alta mortalitat principalment en pollastres joves.

Gangrena gasosa

Normalment es presenta en intervencions quirúrgiques o lesions. La gangrena gasosa causa una inflor molt dolorosa en un teixit i la pell es torna de color vermell pàl·lid a terrós. Les vores de la zona infectada creixen tan ràpidament que els canvis es poden veure en pocs minuts. Si l'afecció no es tracta, la persona pot entrar en xoc amb disminució de la pressió arterial (hipotensió), insuficiència renal, coma i finalment la mort. És per això que si extirpant el teixit afectat no se soluciona, sovint s'ha d'amputar la zona en qüestió.

Segons el Decret esmentat els clostridis que comproven són els *Clostridium perfringens*. Hi són permesos 0 UFC/100 mL, és a dir es requereix l'absència

d'aquests. A causa de la seva virulència es determina que, si com a mínim se'n troba un, es conclou que l'aigua està contaminada.

4.2.4. Aerobis mesòfils

Els aerobis mesòfils són bacteris capaços de créixer en un medi nutritiu. Com diu el seu nom a més, han de ser aerobis, és a dir, dependents de l'oxigen i mesòfils vol dir que són afins a una temperatura mitjana, entre 20 i 45 °C.

Dins la categoria d'aerobis mesòfils, hi ha inclosa una àmplia diversitat de microorganismes cultivables, que pot ser útil per a l'avaluació de l'estat dels recursos d'aigua subterrània i de l'eficàcia dels processos de tractament de l'aigua; alhora que aporta informació de la higiene i estat dels sistemes de distribució.

El principal interès del recompte d'aerobis mesòfils, recau en la possibilitat de detectar canvis en relació amb els números esperats –basats en un control freqüent i a llarg termini–. Qualsevol augment sobtat del nombre obtingut, pot ser representatiu de l'existència d'un focus seriós de contaminació i, per tant, requereix una investigació immediata.

Els hàbitats d'aquests microorganismes inclouen especialment el formatge, iogurt, i alguns microorganismes mesòfils sovint s'inclouen en els processos per fer la cervesa i el vi.

La presència d'aerobis mesòfils a l'aigua potable és un indicador de contaminació. En petites quantitats, els aerobis mesòfils no solen causar problemes de salut. No obstant això, si els nivells són alts, poden causar problemes gastrointestinals, com ara diarrea, vòmits i nàusees. En casos greus, poden provocar infeccions, com ara pneumònia i meningitis.

Els aerobis mesòfils poden arribar a l'aigua de la font a causa d'una varietat de factors, com ara contaminacions fecals, com les causades per aigües residuals domèstiques o industrials i per contaminació dels aquífers per escolament agrícola o urbà.

Segons el Decret esmentat, els aerobis mesòfils no poden superar els 500 UFC/mL per considerar-se aigua potable.

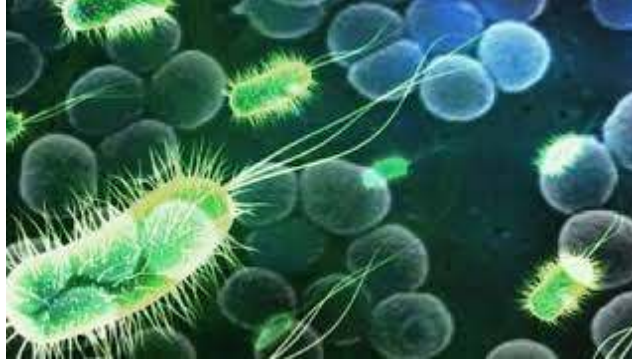


Figura 44: Bacteris mesòfils en un medi aquós.

TREBALL EXPERIMENTAL



5. CRONOLOGIA

La recerca proposada en aquest treball ha tingut com a objectius determinar, a partir d'anàlisis, la potabilitat de l'aigua de quatre fonts: Font de Can Puig, Font del Rector, Font del Ferro i Font del Salt Dalmau, així com la variació i la comparativa entre les diferents fonts de les propietats fisicoquímiques i organolèptiques al llarg del temps.

Per determinar la potabilitat de l'aigua, s'han realitzat dos estudis: l'estudi microbiològic i l'estudi dels paràmetres fisicoquímics, inclosos els estudis dels paràmetres organolèptics, aquelles característiques físiques que poden percebre els sentits (olor, gust, etc.).

Per a realitzar l'estudi microbiològic és necessari un laboratori, el material i els aparells adequats. Els cultius són molt específics i els procediments complexos. Per aquest motiu l'estudi es va dur a terme als laboratoris de l'Aulari de Ciències de la UdG sota la tutela del Dr. Frederic Gich Batlle. L'anàlisi es va realitzar a partir de les mostres recollides el 13 de desembre de 2022 i es va dur a terme del dia 13 al 22 de desembre.

Es complementa l'estudi microbiològic de les fonts, amb l'anàlisi de l'aigua de l'Estany i dos pous particulars per establir una comparativa amb els resultats obtinguts a les diferents fonts.

L'anàlisi dels paràmetres fisicoquímics i organolèptics es va realitzar in situ de manera mensual, mitjançant els aparells i materials esmentats posteriorment, en el moment de recollir les diferents mostres d'aigua de les fonts. El mostreig i l'anàlisi d'aquests paràmetres es va desenvolupar al llarg de 10 mesos, del desembre de 2022 al setembre de 2023 inclosos.

Els resultats obtinguts de l'estudi fisicoquímic va permetre elaborar gràfics que permeten comparar l'evolució d'aquests paràmetres al llarg del temps d'una mateixa font així com la comparativa de l'evolució entre les diferents fonts estudiades.

6. ESTUDI MICROBIOLÒGIC

Per elaborar els protocols de pràctiques d'aquest treball de recerca per a l'anàlisi microbiològica de l'aigua s'han emprat els protocols de les pràctiques de l'assignatura de Microbiologia i toxicologia ambientals que es cursa en els graus científics de la Facultat de ciències de la UdG (annex A).

Metodologia de recollida de mostres per a l'anàlisi microbiològica

L'anàlisi microbiològica de l'aigua de les fonts empra 100 ml d'aigua per a portar a terme cadascuna de les tres primeres pràctiques i 2 ml per a la quarta pràctica. Es va procedir a recollir un mínim de 500 ml d'aigua de cada font per a possibles incidències durant l'execució de les anàlisis.

Recollida i conservació de la mostra

- Per recollir la mostra són necessaris recipients estèrils per tal que no hi hagi cap mena de contaminació complementària.
- La mostra es conserva a temperatura inferior als 10 °C abans de començar a analitzar-la.
- La mostra s'ha de processar abans de 6 hores des del moment de la recollida.

PRÀCTICA 1: Recompte de Coliformes Totals i E. coli

Material:

Etanol i llumins	Medi MLGA (Membrane
Pinces	Lactose Glucoronide Agar)
Filtres i embuts de filtració	Bomba de buit
Estufa a 37 °C	100 ml de la mostra
Tub de gas amb flama	

Procediment:

- Col·locar un embut de filtració, prèviament esterilitzat, connectat a una bomba de buit.
- Deixar el medi a prop del sistema de filtració.
- Amb els llumins encendre una flama en un tub de gas perquè la sostingui.
- Passar les pinces en una ampolla d'etanol i a continuació introduir-les a la flama per assegurar l'esterilitat.
- Amb les pinces col·locar el filtre a l'embut de filtració.
- Abocar 100 ml d'aigua a l'embut de filtració i filtrar l'aigua, que anirà a parar a la bomba de buit. Els microorganismes s'hauran quedat al filtre.
- Tornar a introduir les pinces al pot d'etanol i passar-les per les flames.
- Agafar el filtre amb les pinces. Obrir el medi i introduir acuradament el filtre, fent que quedi completament adherit.
- Tancar el medi i portar-lo a incubar en una estufa de 37 °C durant 24 h.

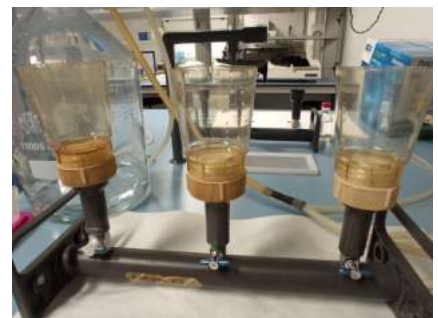


Figura 45: Embut de filtració.

PRÀCTICA 2: Recompte de Clostridis i *Clostridium perfringens*

Material:

Etanol, llumins i tub de gas amb flama	Estufa a 45 °C
Pinces	Gerra d'anaerobiosi i sistema generador d'atmosfera reductora
Filtres i embuts de filtració	(<i>Anaerocult</i>)
Medi M-CP (membrane <i>Clostridium perfringens</i>)	Vapor d'hidròxid d'amoni (NH ₄ OH)
Bomba de buit	100 ml de la mostra

Procediment:

- Col·locar un embut de filtració, prèviament esterilitzat, connectat a una bomba de buit.
- Deixar el medi a prop del sistema de filtració.
- Amb els llumins encendre una flama en un tub de gas perquè la sostingui.
- Passar les pinces en una ampolla d'etanol i a continuació introduir-les a la flama. Amb això estaran estèrils.
- Amb les pinces col·locar el filtre a l'embut de filtració.
- Abocar 100 ml d'aigua a l'embut de filtració i filtrar l'aigua, que anirà a parar a la bomba de buit. Els microorganismes s'hauran quedat al filtre.
- Tornar a introduir les pinces al pot d'etanol i passar-les per les flames.
- Agafar el filtre amb les pinces. Obrir el medi i introduir-hi acuradament el filtre, fent que quedi completament adherit.
- Tancar el medi i portar-lo a dins una gerra hermètica amb presència de saquets per generar una atmosfera anaeròbica (*Anaerogen*). És important obrir i tancar la gerra de forma molt ràpida.
- A continuació posar a incubar el medi en una estufa de 45 °C durant 24 h.
- Un cop passades 24 h exposar el medi a vapors d'hidròxid d'amoni durant 20-30 segons per mirar si hi ha *Clostridium perfringens* presumptius.



Figura 46: Vapor d'hidròxid d'amoni.

PRÀCTICA 3: Recompte d'Enterococs Fecals

Material:

Etanol, llumins i tub de gas amb flama	Bomba de buit
Pinces	Estufa a 37 °C
Filtres i embuts de filtració	Placa BEA (Bilis-Esculina Agar)
Medi SB (Slanetz and Bartley Agar)	100 ml de la mostra

Procediment:

- Col·locar un embut de filtració, prèviament esterilitzat, connectat a una bomba de buit.
- Deixar el medi a prop del sistema de filtració el medi.
- Amb els llumins encendre una flama en un tub de gas perquè la sostingui.
- Passar les pinces en una ampolla d'etanol i a continuació introduir-les a la flama. Amb això estaran estèrils.
- Amb les pinces col·locar el filtre a l'embut de filtració.
- Abocar 100 ml d'aigua a l'embut de filtració i filtrar l'aigua, que anirà a parar a la bomba de buit. Els microorganismes s'hauran quedat al filtre.
- Tornar a introduir les pinces al pot d'etanol i passar-les per les flames.
- Agafar el filtre amb les pinces. Obrir el medi i introduir-hi acuradament el filtre, fent que quedi completament adherit.
- Tancar el medi i portar-lo a incubar en una estufa de 37 °C durant 48 h.
- Per confirmar la presència d'enterococs fecals dur a terme la prova d'hidròlisi de l'esculina.
- Es tornen a esterilitzar les pinces mitjançant l'etanol i el foc.
- Treure el filtre del medi i introduir-lo en placa d'agar Bilis-Esculina.
- Tancar la nova placa i posar-la a incubar a 45 °C durant 2 hores.

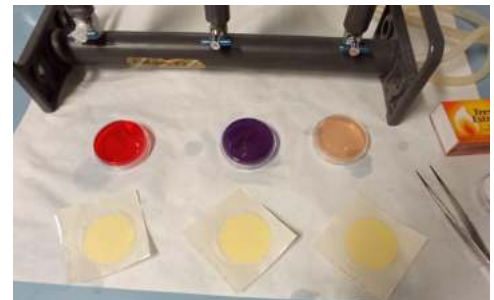


Figura 47: Medis de cultiu i filtres.

PRÀCTICA 4: Recompte d'Aerobis mesòfils

Material:

1 ml de la mostra

Macropipeta

Placa de Petri buida

Estufa de 22 °C

20 ml de medi PCA (Plate Count Agar)

Procediment:

- Mitjançant una macropipeta agafar 1 ml de la mostra.
- Posar la quantitat agafada a la Placa de Petri buida.
- Abocar 20 ml de medi PCA fos sobre l'aigua.
- Remenar lleugerament per a homogeneïtzar la distribució dels microorganismes presents.
- Incubar la Placa de Petri a l'estufa de 22 °C durant 72 h.
- Normalment, s'aconsella fer una rèplica.

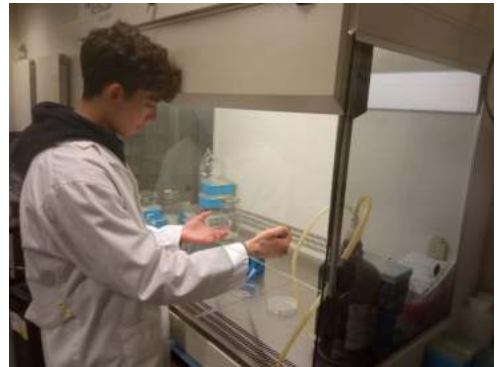


Figura 48: Ús de la macropipeta.

7. ESTUDI FÍSICOQUÍMIC

Els paràmetres fisicoquímics estudiats són el cabal, la temperatura, la conductivitat, el pH, la concentració d'oxigen, la salinitat, l'amoni, els nitrats, els nitrits, els sulfits, el ferro, els fosfats i la duresa, a més del cabal (annex B).

7.1. Cabal

El cabal és la quantitat d'aigua que passa per una secció concreta del seu recorregut per unitat de temps.

És d'interès dur a terme una mesura del cabal de cada font per comprovar si s'ha vist modificat al llarg d'aquest any 2023, que ha estat un any crític per la sequera a tot el territori català.

Tècnica emprada

Per mesurar el cabal, es va emprar una ampolla de capacitat d'1 litre i es va calcular el temps que tardava a omplir-se. A partir d'aquesta mesura es calculava el cabal en litres/segon (l/s). Es feien dues rèpliques i el resultat obtingut era la mitjana de les dues.



Figura 49: Fotografia de l'ampolla d'1 litre utilitzada per mesurar el cabal.

7.2. Temperatura

La temperatura és un paràmetre d'interès per a comprovar si al llarg de l'interval de temps de la recerca hi ha hagut alguna modificació important.

La temperatura de l'aigua de beguda oscil·la entre els 12 i els 30 °C depenent del lloc on es trobi l'aigua. L'aigua subterrània pot tenir temperatures més baixes que l'aigua superficial a causa de la menor quantitat de nutrients i minerals. L'aigua de les fonts acostuma a ser subterrània o ve de muntanya, i per això esperem trobar temperatures més fredes. Per altra banda, l'aigua de mar conté més quantitat de minerals i nutrients que l'aigua dolça, cosa que fa que la temperatura sigui més alta que la de l'aigua dolça.

Tècnica emprada

Per mesurar la temperatura s'ha utilitzat sempre el sensor de temperatura de l'aparell mesurador (PCE-PHD 1). S'introdueix el sensor durant un determinat temps a la mostra mentre es va agitant l'aigua fins que el valor s'estabilitza. El resultat s'expressa en °C.



Figura 50: Fotografia de l'aparell utilitzat per mesurar la temperatura i el seu sensor.

7.3. Conductivitat

La conductivitat és una mesura que ens determina la capacitat de deixar passar el corrent elèctric. La conductivitat depèn de l'estructura atòmica i molecular del material. Per exemple, els metalls són bons conductors perquè tenen una estructura amb molts electrons amb lligams febles i això permet el seu moviment. La conductivitat també depèn d'altres factors físics del mateix material i de la temperatura.

L'aigua és un dissolvent polar. És a dir, la molècula d'aigua té una distribució desigual dels electrons, provocant una porció de la molècula positiva, i una altra porció negativa. Com a resultat, les molècules d'aigua no es poden carregar elèctricament. Per tant, l'aigua no és un conductor eficient del corrent elèctric a

menys que hi tingui presents impureses o substàncies dissoltes que n'augmenten la conductivitat.

Segons el Decret esmentat, el valor paramètric, és a dir el valor màxim que recomana de conductivitat és de **2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C**.

Tècnica emprada

Per mesurar la conductivitat a la part pràctica, es disposa de l'aparell mencionat anteriorment que, entre altres paràmetres, mesura la conductivitat mitjançant un sensor. Aquest s'introdueix durant un determinat temps a la mostra mentre es va agitant l'aigua fins que el valor s'estabilitza. El resultat s'expressa en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figura 51: Fotografia de l'aparell utilitzat per mesurar la conductivitat i el seu sensor.

7.4. pH

Les sigles de pH signifiquen potencial d'hidrogen. És una mesura per determinar el grau d'alcalinitat o d'acidesa d'una dissolució. Amb el pH es determina la concentració d'hidrogenions en una dissolució. Un hidrogenió és un ió positiu d'hidrogen.

La fórmula matemàtica per calcular el pH és el logaritme negatiu sobre la base 10 de l'activitat dels ions hidrogen. És a dir, serà més àcid com més activitat d'hidrogenions existeixi en la dissolució. Quan hi hagi menys activitat, la mostra serà alcalina.

El pH normalment es mesura en una escala de l'1 a 14. Un pH d'1 seria el valor més àcid, el 14 el valor més alcalí i el 7 el valor neutre.

Segons el Decret esmentat el valor paramètric, és a dir el valor màxim que recomana de pH, és d'entre **6,5 i 9,5** sobre l'escala de pH sobre 14. Aquests valors són referències i la norma diu que si sobrepassa sí que s'ha de controlar o estudiar-ne els motius, però no té per què ser directament no potable. Els valors que sí que determinaran que l'aigua no sigui potable seran els valors de pH menors de 4,5 i els més grans de 10,0.

Figura 52: Imatge d'alguns valors comuns que pren el pH en diferents substàncies.

Acidesa	pH = 0	Liquid de bateries
	pH = 1	Àcid de l'estómac
	pH = 2	Suc de llima, vinagre
	pH = 3	Suc de taronja, Coca-Cola
	pH = 4	Suc de tomaca
	pH = 5	Pluja àcida, bananes, cafè
Basicitat	pH = 6	Llet, Orina
	pH = 7	Aigua pura
	pH = 8	Aigua de mar, ous
	pH = 9	Bicarbonat sòdic, pasta de dents
	pH = 10	Lleixiu
	pH = 11	Amoniac
	pH = 12	Aigua sabonosa
	pH = 13	Blanquejador
	pH = 14	Desembussador d'aigüeres

Tècnica emprada

En el cas d'aquest treball per mesurar el pH es disposa d'un aparell que mesura el pH, és a dir, un pH-metre. Mitjançant un sensor de pH connectat a l'aparell, s'introdueix durant un determinat temps a la mostra mentre es va agitant l'aigua fins que el valor s'estabilitza. El resultat és sobre l'escala de pH.

Figura 53: Fotografia de l'aparell utilitzat amb el sensor de pH.



7.5. Concentració d'oxigen

L'oxigen dissolt o concentració d'oxigen (DO) és la quantitat d'oxigen gasós que està dissolt en un medi.

L'oxigen lliure és fonamental per a la vida dels peixos, plantes, algues, i altres organismes. La concentració d'aquest element és resultat de l'oxigen que entra al sistema i el que es consumeix pels organismes vius. L'entrada d'oxigen pot ser provocada per moltes fonts, però la principal és l'oxigen absorbit de l'atmosfera. Aquest oxigen es dissol fàcilment fins que l'aigua se satura. Un cop dissolt, difon lentament i la distribució depèn del moviment de l'aigua. Aquest procés és natural i continu, de manera que contínuament hi ha intercanvi d'oxigen entre l'aigua i l'aire. La direcció i velocitat depèn del contacte entre tots dos. Una aigua turbulenta, un torrent de muntanya o un llac amb onatge tindran més absorció, ja que la superfície de l'aigua està exposada a l'aire. Les aigües estancades, en canvi, retenen i absorbeixen menys oxigen.

Les plantes també juguen un paper fonamental, ja que durant el dia capten diòxid de carboni convertint-lo en oxigen.

L'oxigen d'un sistema aquàtic no depèn només de la producció i el consum dels organismes sinó que existeixen altres factors com la salinitat (l'aigua dolça té més oxigen que la salada), la temperatura o l'altitud.

Alguns dels factors que afecten els nivells de DO a l'aigua són:

- **Temperatura:** A mesura que augmenta la temperatura de l'aigua, disminueix la capacitat per retenir oxigen dissolt.
- **Salinitat:** Com més salinitat, menor resulta la quantitat d'oxigen a l'aigua.
- **Moviment de l'aigua:** L'aigua en moviment té una taxa d'intercanvi d'oxigen més elevada que l'aigua quieta, per la qual cosa, en general, té majors nivells d'oxigen.
- **Matèria orgànica:** La descomposició de matèria orgànica, com ara fulles, plantes i animals morts, consumeix oxigen dissolt.

Així doncs, en una font, la quantitat d'oxigen dissolt hauria de ser bastant elevada perquè l'aigua està en moviment, en principi no hi ha d'haver grans quantitats de sal, la temperatura és generalment freda i hi ha poca matèria orgànica en descomposició.

La concentració d'oxigen no determina la potabilitat de l'aigua, però és un indicador important per saber si l'aigua té bona qualitat, pel que se'n deriva.

En una font, normalment els rangs de concentració d'oxigen dissolt que es consideren són els següents:

- Amb un valor de 0 mg/L es considera **anòxia**, manca d'oxigen.
- Entre 0 i 5 mg/L es considera **hipòxia**, és a dir no hi ha el subministrament adequat d'oxigen.
- Entre 5 i 8 mg/L, l'aigua és **acceptable**, adequada per la vida de la gran majoria d'espècies.
- Entre 8 i 12 mg/L, és la **ideal**.
- Més de 12 mg/L es considera que l'aigua està **saturada** d'oxigen, el sistema té massa producció fotosintètica.

Tècnica emprada

Per mesurar la concentració d'oxigen a la part pràctica, es fa mitjançant un sensor que s'acobla que en mesura la concentració a l'aparell fins ara utilitzat. El sensor s'introdueix durant un determinat temps a la mostra mentre es va agitant l'aigua fins que el nombre s'estabilitza.

És important remarcar que una vegada presa la mostra, cal mesurar ràpidament la concentració d'oxigen, ja que aquest pot difondre ràpidament de l'atmosfera a la superfície de l'aigua de la mostra i en pot alterar els valors.

El resultat mesurat s'expressa en mg/L.

Figura 54: Fotografia de l'aparell utilitzat per mesurar la concentració d'oxigen i el seu sensor.



7.6. Salinitat

La salinitat és el contingut de sals minerals dissoltes en un cos d'aigua. La sal més abundant és el clorur de sodi (NaCl). En dissoldre's la sal en aigua, els seus ions, Na i Cl, li confereixen el sabor salat.

Es considera:

- **Aigua dolça** quan el seu volum conté menys del 0,05% de sal.
- **Aigua salabrosa** quan el seu volum conté entre un 0,05 i un 3% de sal.
- **Aigua de mar** quan el seu volum conté entre un 3 i un 5% de sal.
- **Salmorra** quan el seu volum conté més del 5% de sal.

Per considerar l'aigua potable el contingut en sals hauria de ser menor al **0,05%** de sal.

Tècnica emprada

Per mesurar la salinitat a la part pràctica s'utilitza el mateix sensor que mesura la conductivitat. El sensor s'introdueix durant un determinat temps a la mostra mentre es va agitant l'aigua fins que el valor s'estabilitza. El resultat s'expressa en % de sal.



Figura 55: Aparell utilitzat per mesurar la salinitat i el seu sensor.

7.7. Amoni

L'amoni (NH_4^+) és un contaminant comú en aigües potables, tant superficials com subterrànies. L'origen de la contaminació procedeix principalment de l'ús abusiu de fertilitzants, sobreexplotacions ramaderes, aigües residuals urbanes o contaminants efluents de processos industrials.

La presència d'aquest compost també pot ser deguda per la degradació dels materials utilitzats en la construcció de les canonades o de la contaminació de l'aigua a causa de danys al sistema.

En altes concentracions, l'amoni és perjudicial per a l'ésser humà, ja que pot causar danys a la mucosa que cobreix els pulmons. També pot provocar conseqüències

que van des d'irritació lleu als ulls fins a cremades químiques, que es caracteritzen per ser molt virulentes i en les que es necessita cirurgia per ser tractades.

Segons el Decret esmentat, l'amoni no pot superar els **0,50 mg/L** en l'aigua perquè sigui potable. Als annexos de la normativa ens informen que en cas que s'estigui desinfectant l'aigua, abans de desinfectar-la, mai pot passar d'1 mg/L i aquest també serà el valor de no aptitud, és a dir, el límit que mai es pot sobrepassar tot i que en principi, si no hi ha un algun motiu justificat, ja no podria ser major de 0,50 mg/L.

Tècnica emprada

Per analitzar l'amoni s'utilitzaran tires reactives (Precision Laboratories).

Se submergeix la tira 5 segons a la mostra, s'extreu i s'agita l'excés d'aigua. Passat 1 minut es llegeix el resultat comparant el color que ha agafat la tira amb l'escala que es troba al mateix envàs. El resultat és en mg/L i l'escala va dels 0 als 6. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.



Figura 56: Imatge del pot amb tiretes reactives per mesurar l'amoni.

7.8. Nitrats

Els nitrats són nutrients que es troben naturalment al medi ambient. Estan formats per tres àtoms d'oxigen, un de nitrogen i una càrrega negativa (NO^3^-). No tenen color ni sabor i es troben a la natura tant a terra com dissolts a l'aigua.

La presència de nitrats a l'aigua pot tenir principalment dos orígens:

- **Nitrogen inorgànic:** la seva entrada és deguda principalment al rentatge de sòls rics en nitrats a conseqüència de pràctiques agrícoles. Aquesta contaminació en forma de nitrats sol ser força estable en el temps i molt difícil d'eliminar.

- **Nitrogen orgànic:** la seva entrada és una conseqüència de la contaminació produïda per l'abocament al medi natural d'excrements d'animals (ramaderia), l'ús excessiu de fertilitzants sintètics en agricultura, l'abocament d'aigua residuals urbanes o la infiltració procedent de fosses sèptiques mal dissenyades.

Els nitrats per ells mateixos no són tòxics per a la salut humana. De fet, els nitrats tenen un efecte positiu protector a l'estómac i antimicrobià pels patògens de l'intestí, reduint el risc d'úlceres i altres problemes gàstrics.

Si la quantitat de nitrats present en els aliments o aigua és elevada, però, una part podria convertir-se en metabòlits perjudicials per a l'ésser humà (nitrits o nitrosamines) per reducció bacteriana durant el processament i l'emmagatzematge dels aliments. També, en el mateix organisme humà, es pot donar aquesta reducció, pels bacteris presents a la saliva i el tracte gastrointestinal.

La conversió de nitrats a nitrits, doncs, pot ser en el procés de fabricació, al medi aquàtic o a l'interior del cos, on pot tenir efectes perjudicials.

S'ha estimat que aproximadament el 5-7% del nitrat ingerit, es transforma en nitrit a l'organisme humà.

Segons el Decret esmentat una concentració superior a **50 mg/L** de nitrats en aigua, fan que l'aigua no sigui potable.

Tècnica emprada

Per analitzar els nitrats s'utilitzaran tires reactives. En una mateixa tira es comproven nitrats i nitrits. Se submergeix la tira 2-3 segons, i després de 30 segons s'expulsa l'aigua i es llegeix el resultat mitjançant l'escala de colors. El resultat ve donat en mg/L.



Figura 57: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar nitrats.

L'escala va dels 0 als 500. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.

7.9. Nitrits

Els nitrits (NO_2) són sals o bé èsters de l'àcid nítrós (HNO_2).

A la natura es formen per oxidació de les amines i de l'amoniac, o per reducció del nitrat en condicions anaeròbiques.

El nitrit és tòxic (2 g poden causar la mort d'una persona) en ser capaç d'unir-se a l'hemoglobina de la sang, d'una forma semblant a com ho fa a la mioglobina de la carn, formant **metahemoglobina**, un compost que ja no és capaç de transportar l'oxigen. En el moment en el qual disposem de molta metahemoglobina, la pressió comença a baixar i el cos entra en un estat **d'hipotensió**, que succeeix quan la pressió arterial és molt més baixa del normal. Això vol dir que és possible que el cor, el cervell i altres parts del cos, no rebin prou sang. Alguns dels símptomes de la hipotensió són visió borrosa, marejos, desmais, fatiga, dificultat per concentrar-se o nàusees. Es considera que hi ha hipotensió quan la pressió arterial és inferior a 90 mm de mercuri (mm Hg) per al nombre superior (sistòlica) o 60 mm Hg per al nombre inferior (diastòlica). Una altra manifestació clínica és la **cianosi**, generalment associada a una tonalitat blavosa de la pell.

Aquesta intoxicació pot ser mortal. De fet, es coneixen diversos casos fatals per ingestió d'embotits amb quantitats molt altes de nitrits, produïdes localment per una mala barreja de l'additiu amb els altres ingredients, durant la fabricació.

L'Agència Internacional de Recerca del Càncer (IARC) classifica la ingesta de nitrats o nitrits com a probables carcinògens per als éssers humans.

Segons el Decret esmentat una concentració superior a **0,50 mg/L** de nitrits en l'aigua fan que aquesta no sigui potable.

Els elevats nivells de nitrats i nitrits al medi ambient tenen l'origen en l'excessiva utilització de fertilitzants agrícoles nitrogenats i en l'aplicació de residus orgànics procedents de les explotacions ramaderes intensives.

Tècnica emprada

Per analitzar els nitrats s'utilitzen tires reactives dobles que mesuren la concentració de nitrats i nitrats. Se submergeix la tira 2-3 segons, i després de 30 segons s'expulsa l'aigua i es llegeix el resultat de la part superior de la tira mitjançant l'escala de colors. El resultat ve donat en mg/L. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.



Figura 58: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar nitrats.

7.10. Sulfit

El sulfit (SO_3^{2-}) és un compost químic que conté sulfur i oxigen. Es forma quan es combina diòxid de sofre amb aigua.

Els sulfits s'utilitzen com a conservants a la indústria alimentària per evitar el creixement de bacteris i evitar el deteriorament en la qualitat de l'aliment. Són utilitzats en aliments com vi, cervesa, sucres i fruites seques.

Els sulfits prevenen el desenvolupament de bacteris, floridures, llevats i microbis, perllongant així la vida útil de nombrosos menjars. Són substàncies antioxidants i ajuden que el color dels aliments no canviï.

En persones asmàtiques, els sulfits els poden provocar asma, que es caracteritza per les dificultats respiratòries, la respiració entretallada, la sibilància i la tos. També poden provocar irritacions al tub digestiu, mal de cap o fins i tot el xoc anafilàctic. Aquests efectes succeeixen entre 15 i 30 minuts després de la ingestió. La majoria de les reaccions són lleus, però els símptomes greus poden incloure un

estrenyiment de les vies respiratòries i dificultat per respirar i poden requerir tractament d'emergència.

La majoria de les reaccions per la ingesta en excés de sulfits són amb persones amb patologies prèvies de naturalesa respiratòria, però els símptomes de nàusees, diarrea i dolor abdominal també poden succeir a persones sanes.

La determinació de sulfits no és un dels paràmetres que obligatòriament es mirin segons el decret d'aigua potable de l'Estat, però és un indicador interessant, i es considera que quan passa de **50 mg/L** en l'aigua la quantitat comença a ser alarmant.

Tècnica emprada

Per analitzar els sulfits s'utilitzaran les tires reactives. Se submergeix la tira a l'aigua i es donen tres voltes completes. Passats 15 segons es llegeix el resultat mitjançant l'escala de colors. El resultat ve donat en mg/L. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.



Figura 59: Imatge del pot amb tiretes reactives per mesurar sulfits.

7.11. Ferro

El ferro és un metall ferromagnètic, és a dir, amb una permeabilitat magnètica molt elevada (el grau de magnetisme d'un metall respecte a un camp magnètic).

Després de l'alumini, és el metall més abundant a la Terra: constitueix el 5% de l'escorça terrestre. L'organisme humà conté de 4 a 5 grams de ferro, i manifesta una gran tendència a conservar-lo davant qualsevol pèrdua ocasional. Del 60 al 70% d'aquest ferro es troba en l'hemoglobina i la mioglobina.

L'aigua que conté ferro té un gust metàl·lic o a sang bastant desagradable per a tothom en general. Pot causar taques marronoses a la roba o a l'aigüera.

En el moment de la presa de mostra no es poden apreciar les partícules de ferro, però a la que passa un cert interval de temps en l'aigua quieta, els metalls agafen la forma oxidada a causa de l'oxigen i es poden veure petites partícules sòlides flotant a l'aigua.

Sovint trobem el ferro a les fonts on l'aigua ha estat en contacte amb la roca durant més temps o en l'aigua que es troba en pous profunds.

El Decret anteriorment citat no permet valors superiors a **0,6 mg/L** de ferro.

Tècnica emprada

Per analitzar el ferro s'utilitzen tires reactives. Se submergeix la tira 2-3 segons remenant, i després de 30 segons s'expulsa l'aigua i es llegeix el resultat mitjançant l'escala de colors. El resultat ve donat en mg/L. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.



Figura 60: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar ferro.

7.12. Fosfats

Els fosfats són compostos químics que contenen fòsfor i oxigen i es troben en aigües superficials i subterrànies. Normalment aquests compostos provenen de:

- Fertilitzants eliminats del terra per l'aigua o el vent.
- Excrecions humanes i animals.
- Detergents i productes de neteja.

Un dels principals problemes dels fosfats és que són nutrients que condueixen al creixement d'algues a les aigües superficials. En cas de presències molt elevades de fosfats a l'aigua, es pot arribar a produir l'eutrofització, el procés d'acumulació de nutrients que comporta el davallament de l'ecosistema. Una munió d'algues

s'amunteguen a la superfície i es queden tots els nutrients. Llavors es troba una desoxigenació de l'aigua, ocasionant normalment mortalitat de peixos o problemes en tots els caràcters organolèptics de l'aigua. Fins i tot es pot trobar una producció de toxines per determinades algues (dinoflagel·lats – marees vermelles). La qualitat de l'aigua, doncs, queda reduïda a nivells molt baixos impossibilitant tractar-la com a potable.

Només 1 gram de fosfat-fòsfor (PO_4^-) provoca el creixement de fins a 100 g d'algues. Quan moren aquestes algues, els processos de descomposició donen com a resultat una demanda d'oxigen d'uns 150 grams.



Figura 61: Aigües tranquil·les en estat d'eutrofització, amb una munió d'algues a la superfície.

Segons el Decret citat el nivell màxim permès de fosfats a l'aigua per poder-la considerar potable és entre 0,1-0,2 mg/L.

Tècnica emprada

Per analitzar els fosfats s'utilitzen tires reactives. Se submergeix la tira a la mostra durant 1 segon i s'avalua el color que ha pres la tira al cap de 3 minuts. El resultat ve donat en mg/L. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.

Figura 62: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar fosfats.



7.13. Duresa

S'anomena duresa de l'aigua la concentració de compostos minerals que hi ha en una determinada quantitat d'aigua, en particular sals de calci i magnesi. L'aigua

anomenada “dura” té una elevada concentració d'aquestes sals i l'aigua “tova” les conté en molt poca quantitat.

No es coneixen amb claredat els efectes de les aigües toves i dures sobre els consumidors, sembla apuntar que la incidència de malalties cardiovasculars és més gran a les zones de consum d'aigües toves. D'altra banda, les aigües toves són agressives i faciliten la dissolució de metalls de les canonades, provocant, entre altres malalties, saturnisme o intoxicació per plom, tot i que aquest no seria el cas de les fonts, que no passen per canonades. Així doncs, semblaria que una aigua dura seria millor que una tova.

La presència de sals de calci i magnesi a l'aigua depèn fonamentalment de les formacions geològiques travessades per l'aigua de forma prèvia a captar-les. Les aigües subterrànies que travessen aquífers carbonatats (calcàries) són les que presenten més duresa i aquests aquífers estan formats per carbonats de calci i magnesi.

Les aigües subterrànies procedents d'aquífers amb composició majoritàriament silicatada (per exemple els granits) donen lloc a una aigua tova, és a dir, amb quantitats molt baixes de sals de calci i magnesi.

L'efecte més conegut en llocs on l'aigua d'abastament presenta una duresa elevada, és la formació d'incrustacions calcàries (comunament denominades com a calç).

Com que no saben amb certesa els efectes d'aquest paràmetre el valor de referència que dona el Decret és que no sobrepassi els **500 mg/L de CaCO₃**.

Tècnica emprada

Per mesurar aquest paràmetre s'utilitzarà una tira reactiva. Aquesta s'introdueix a la mostra entre 1 i 2 segons i passats 15 segons es llegeix el resultat comparant la tira amb l'escala de colors del pot. Ens dona el resultat de concentració de CaCO₃ (compost més associat a la duresa) en mg/L. En cas de dubte es repeteix el procés i s'intenta afinar al màxim amb l'escala de colors.

Figura 63: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar duresa.



8.2.1. Color

El color en l'aigua potable, pot ser un indicador de la seva seguretat. En principi l'aigua hauria de ser **clara** i **transparent**, sense coloració visible, fet que ens indica que no hi ha partícules suspeses que actuen com a contaminants. Tot i que no sempre ha de ser així, aquestes són algunes de les principals causes del canvi de color a l'aigua:

-Si el color és **groguenc** o **marró** pot ser un senyal de la presència de matèria orgànica, minerals o sediments. Aquest color podria ser causat per la descomposició de fulles, vegetació o altres components naturals, així com per la presència de ferro o manganès dissolts a l'aigua.

-Si el color és **blavós** o **verdós** ens pot indicar la presència de nutrients com nitrats o algues a l'aigua.

-Si el color és **rosat** o **vermell** pot ser un indicati de la presència de ferro o manganès.

-Si el color és **tèrbol** o **blanc** pot ser causat per la turbulència, les obres de construcció o altres factors.

La normativa vigent estableix per al color de l'aigua de consum humà, un valor paramètric màxim de 15 mg/L Pt/Co (platí-cobalt).

Per determinar el color de l'aigua hi ha dos mètodes; per **comparació visual** i per **mètode espectrofotomètric**.

- El mètode per comparació visual es basa a comparar visualment la mostra amb solucions acolorides o discos de vidre de color, que han estat calibrats prèviament. Són una sèrie de patrons de color, que per unitat de mesura simulen el color que produeix 1 ppm de platí (en forma de cloroplatinat) amb determinada quantitat de cobalt afegida, que s'utilitza per igualar el matís del color. Els resultats s'expressen com a unitats platí cobalt (UPC).
- En el mètode espectrofotomètric, el color es determina mitjançant un espectrofotòmetre, instrument capaç de projectar a través de la mostra un feix de llum amb una longitud d'ona única o amb un nombre de certes longituds d'ona, i mesurar la quantitat de llum que és absorbida o transmesa

a través de la mostra. Els resultats obtinguts es comparen amb colors estàndard establerts.

Tècnica emprada

Els paràmetres organolèptics no són imprescindibles per a determinar la potabilitat de l'aigua. La tècnica emprada per a mesurar el color en aquest treball consistirà a posar un full blanc sota el recipient transparent que conté l'aigua i s'identificarà el color. Es detectarà si tendeix cap a alguna coloració determinada que indiqui alguna alteració.

8.2.2. Olor

L'olor en si mateixa no és un indicador de problemes, però sempre s'ha d'estar alerta.

Si l'olor és inusual, pot ser causada per productes químics, substàncies orgàniques descompostes, que ens indiquen contaminants o per la presència de bacteris o altres microorganismes que poden causar malalties. L'olor a l'aigua, també podria ser causada per problemes amb les instal·lacions de distribució d'aigua, com ara canonades corroïdes, dipòsits contaminants o altres problemes estructurals.

Encara que l'olor no sigui perillosa, pot ser molt incòmoda. L'olor forta pot fer que l'aigua sigui desagradable per beure, cuinar, rentar-se les mans i per altres usos quotidians.

Segons el valor que marca el Decret citat, l'olor no pot passar de 3 en l'Índex de Dilució.

L'Índex de Dilució és una mesura que s'utilitza per avaluar la concentració d'una substància en una solució, després de ser diluïda amb una quantitat coneguda de solvent o aigua. Si l'índex de dilució és major que 1, significa que la substància s'ha diluït i la seva concentració ha disminuït. Si és menor que 1, indica una concentració més elevada després de la dilució.

Tècnica emprada

La tècnica emprada per determinar l'olor de la mostra consistirà ràpidament, després de la recollida, fer una percepció olfactiva. Coneixent les característiques i ubicacions de les fonts és més fàcil identificar si hi ha olors peculiars.

8.2.3. Gust

El gust és un altre dels paràmetres organolèptics que s'estudien. Normalment, quan l'aigua té un gust desagradable o inusual, és senyal de problemes de contaminació o de qualitat incorrecte. Alguns dels principals gustos que ens indiquen problemes són:

-**Gust de metall**, indicatiu de la presència de metalls com el ferro o el manganès en concentracions elevades.

-**Gust de clor**, a causa de la desinfecció de l'aigua amb clor per eliminar bacteris i altres contaminants.

-**Gust de terra**, indica la presència de substàncies orgàniques o minerals en l'aigua.

-**Gust de sabó o plàstic**, indicatiu de contaminants químics o la presència de substàncies plastificants en l'aigua.

-**Gust salat o amarg**, concentració excessiva de minerals com el sodi o el sulfat en l'aigua.

Igual que amb l'olor, el màxim permès segons el Decret citat és 3 respecte a l'Índex de Dilució.

Tècnica emprada

La tècnica emprada per determinar el gust de la mostra consistirà ràpidament, després de la recollida, fer una percepció gustativa. Aquesta és una mica més fàcil de dictaminar, ja que normalment són gustos ben diferents de l'aigua embotellada.

8.2.4. Terbolesa

La terbolesa és l'últim dels paràmetres organolèptics a tenir en compte. Quan parlem de terbolesa ens referim a la quantitat de partícules suspeses a l'aigua que poden dispersar la llum i fer que l'aigua es vegi turmentada o entelada. Aquestes partícules poden incloure sediments, argila, matèria orgànica, bacteris i altres sòlids en suspensió.

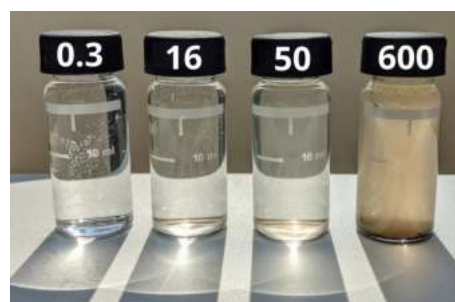
La terbolesa afecta principalment en què proporciona un ambient on els bacteris i altres microorganismes es protegeixen de la desinfecció i proliferen. La terbolesa també pot afectar les reaccions químiques a l'aigua potable i la formació de subproductes no desitjats a conseqüència de la desinfecció.

Normalment, per eliminar la terbolesa, es fa mitjançant processos de tractament de l'aigua, com la coagulació, la floculació, la sedimentació i la filtració per eliminar les partícules en suspensió i assegurar que l'aigua sigui clara i segura per al consum humà.

En principi, el valor màxim permès segons el Decret vigent és de 4 UNF. L'UNF és la unitat de formicina nefelomètrica. S'agafa un estàndard per dictaminar els valors i a partir d'aquí es troben els altres. La UNF és la unitat més utilitzada quan es realitza el mètode de determinació de terbolesa segons la norma europea. Per mesurar els UNFs s'utilitza un turbidímetre, un aparell que mesura la terbolesa de l'aigua mitjançant rajos infrarojos.

El valor màxim d'aptitud, però, és a dir el que no es pot superar sota cap circumstància és de 6 UNF.

Figura 65: Imatge de quatre mostres d'aigua amb els seus respectius valors de terbolesa, mesurats en UNFs.



Tècnica emprada

La tècnica emprada per determinar la terbolesa de la mostra consistirà a fer una observació ocular de la mostra quan li entra la llum i quan a sota hi dipositem un full blanc. En ambdós casos servirà per identificar si hi ha partícules en suspensió.

9. RESULTATS

Per tal de determinar la potabilitat d'una mostra d'aigua cal comparar els resultats de les anàlisis microbiològiques i dels paràmetres fisicoquímics amb uns valors estàndard que figuren al decret anteriorment citat. Tot i que els valors fisicoquímics es varen mesurar en totes les mostres recollides de manera mensual durant deu mesos, les anàlisis microbiològiques es varen dur a terme únicament en la primera mostra recollida el 13 de desembre de 2022. L'objectiu era conèixer les tècniques per a dur a terme les anàlisis i no fer un seguiment exhaustiu de la potabilitat, atesos els recursos de què es disposava. La casuística que afecta la sensible qualitat de les aigües de les fonts naturals, que no són clorades ni reben cap tractament, fan que es denominin fonts sense garantia sanitària. En aquest sentit, doncs, cal tenir en compte que quan al llarg de la recerca es parla de la potabilitat, comprèn només la potabilitat de la mostra que anomenarem *mostra tipus* (13 de desembre de 2022) i no la resta de mostres recollides mensualment i a les quals es mesuren únicament els paràmetres fisicoquímics i organolèptics.

Lectura dels resultats de l'estudi microbiològic

Per a la lectura dels resultats cal tenir en compte que cada taca que es pugui veure es considera una colònia, que haurà aparegut després que un microorganisme hagi aconseguit replicar-se durant la incubació. Aquest microorganisme s'anomenarà Unitat Formadora de Colònia (UFC), que s'utilitzarà com a unitat per donar els valors. No totes les colònies seran necessàriament del microorganisme que estem estudiant, en poden aparèixer d'altres puntuals que no ens interessin. Per això, a continuació es detalla com ha de ser les lectures tenint en compte el criteri del color.

LECTURA de la PRÀCTICA 1: Les colònies d'*E.coli* apareixen amb una coloració verdosa. La resta de coliformes tenen una coloració groga. Les colònies de color rosat indiquen el creixement d'altres microorganismes gram negatiu no fermentadors de la lactosa.

LECTURA de la PRÀCTICA 2: Les colònies de clostridis són de color groc opac. Les colònies que viren a color rosat, després de ser exposades a vapors d'hidròxid amònic durant 20-30 segons, són presumptives de *Clostridium perfringens*. Altres coloracions com ara blava-verdosa, porpra o groga són comunes en altres membres del gènere *Clostridium* i són degudes a les diferents respostes que presenten als factors de diferenciació del medi.

LECTURA de la PRÀCTICA 3: Les colònies sospitoses d'enterococs fecals són de coloració marró o vermellosa. Un cop feta la prova hidròlisi de l'esculina, es confirmen com a enterococs intestinals les colònies que presenten un color de marró a negre en el medi circumdant.

LECTURA de la PRÀCTICA 4: Les colònies d'aerobis mesòfils tenen una coloració groguenca en el medi de la càpsula.

Pel recompte d'aerobis mesòfils, a diferència de les altres pràctiques que es farà a ull nu, s'utilitza un recomptador de colònies perquè acostumen a ser nombres elevats. Si en algun altre paràmetre també es detectés molta presència, seria recomanable utilitzar-lo també. El recomptador incorpora una lupa i amb un retolador es marquen totes les colònies que es poden identificar com a coloracions en forma de punts groguencs sobre la placa. En prémer la lupa automàticament la màquina va fent el recompte.



Figura 66: Imatge del recomptador de colònies.

Els valors paramètrics, és a dir, el valor màxim que poden arribar els diferents paràmetres, s'han explicat anteriorment segons el Decret de l'Estat. A continuació, s'exposa una taula amb els diferents valors resumits. Si, en algun resultat de les anàlisis fetes, el valor d'una mostra no es troba dins els paràmetres, la cel·la corresponent serà ombrejada.

Paràmetre	Valor paramètric
Coliformes totals	100 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml
Clostridis	50 UFC/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	0 UFC/100 ml
Enterococs fecals	0 UFC/100 ml
Aerobis mesòfils	500 UFC/100 ml

Taula 1. Valors paramètrics microbiològics.

Lectura dels resultats de l'estudi dels paràmetres fisicoquímics

Els paràmetres fisicoquímics estan expressats en taules on s'indiquen totes les preses de mostres i el valor de cada paràmetre. A continuació, s'exposa una taula amb els diferents valors paramètrics dels paràmetres fisicoquímics resumits a partir del Decret anteriorment citat. Si, en algun resultat de les anàlisis fetes, el valor d'una mostra no es troba dins els paràmetres, la cel·la corresponent serà ombrejada.

Paràmetre	Valor paramètric
Conductivitat	2500 μ S/cm
pH	6,5-9,5
Concentració d'oxigen	5-12 mg/L
Salinitat	0,05%
Amoni	0,50 mg/L
Nitrats	50 mg/L
Nitrits	0,50 mg/L
Sulfits	50 mg/L
Ferro	0,6 mg/L
Fosfats	0,2 mg/L
Duresa	500 mg/L

Taula 2. Valors paramètrics fisicoquímics.

Lectura dels resultats de l'estudi dels paràmetres organolèptics

Els resultats organolèptics no són indicadors de la potabilitat i no són estrictament necessaris. Per altra banda, però, sí que són indicadors de la qualitat de l'aigua, i el consumidor és el que més percep en tastar l'aigua en qüestió. És per aquest motiu que s'han mesurat en cada mostra i es du a terme una descripció dels resultats obtinguts, tot i que no es tindran en compte en la confirmació o refutació de les hipòtesis.

9.1. Font del Ferro

9.1.1. Estudi microbiològic (13/12/2022)

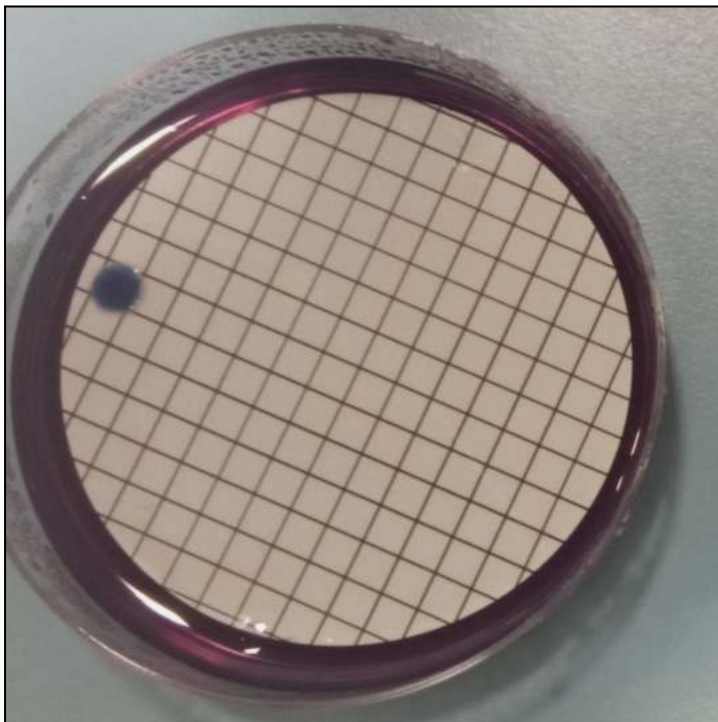


Coliformes totals
<1 UFC

<1→Absència 0

<i>E.coli</i>
<1 UFC

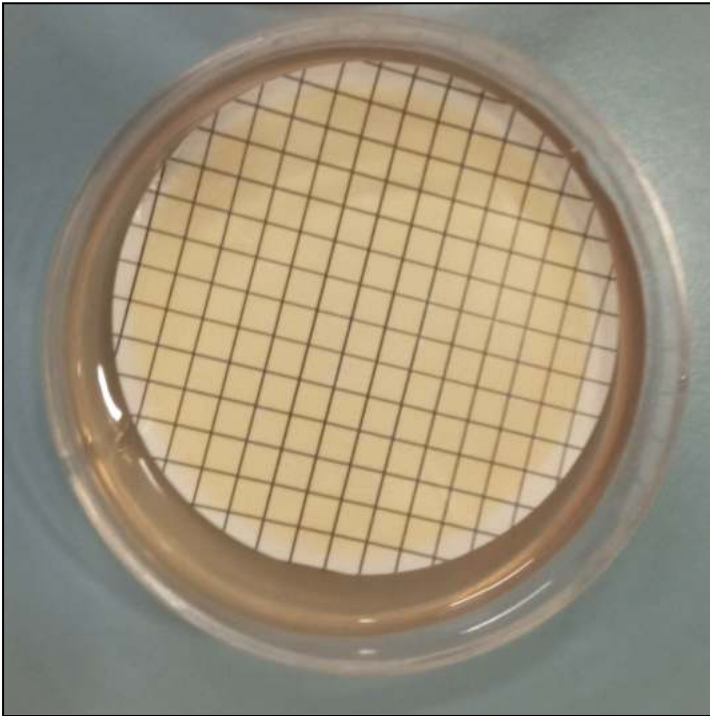
Figura 67: Cultiu coliformes totals Font del Ferro.



<i>Clostridis</i>
<1 UFC

<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC

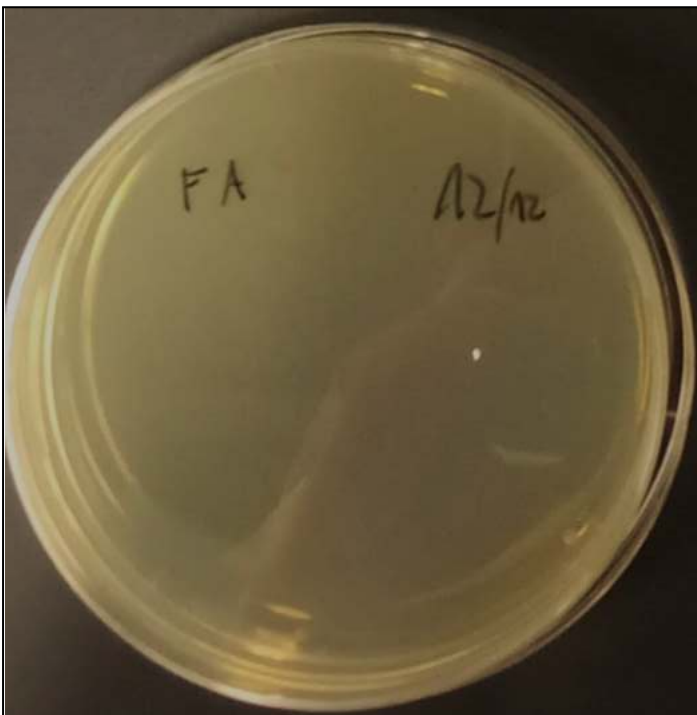
Figura 68: Cultiu clostridis Font del Ferro.



Enterococs fecals presumptius
<1 UFC

Enterococs fecals confirmats
<1 UFC

Figura 69: Cultiu enterococs fecals Font del Ferro.



Aerobis mesòfils mostra A
<1 UFC

Aerobis mesòfils mostra B
<1 UFC

Figura 70: Cultiu aerobis mesòfils Font del Ferro.

9.1.2. Paràmetres fisicoquímics

Data	PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS												
	Cabal (l/s)	T (°C)	Conductivitat (µS/cm)	pH	[O ₂] (mg/l)	Salinitat (%)	Amoni (mg/l)	Nitrats (mg/l)	Nitrits (mg/l)	Sulfits (mg/l)	Ferro (mg/l)	Fosfats (mg/l)	Duresa (mg/l)
13/12/2022	0,19	18,20	1,39	6,98	9,30	0,04	0,25	0	0	10	3	0,05	més de 500
08/01/2023	0,08	14,00	1,42	7,44	8,20	0,02	0	0	0	10	1	0,10	500
16/02/2023	0,17	18,00	1,38	7,57	9,10	0,04	0	0	0,25	10	1	0,05	més de 500
26/03/2023	0,17	17,70	1,38	7,65	9,00	0,03	0,25	50	0	10	1	0,10	més de 500
09/04/2023	0,19	18,90	1,36	7,67	7,90	0,04	0	50	0	10	1	0	més de 500
19/05/2023	0,21	17,90	1,37	7,51	8,20	0,02	0	0	0,25	10	1	0,10	més de 500
18/06/2023	0,20	22,90	1,37	7,72	7,60	0,03	1	0	0	10	2	0,05	més de 500
18/07/2023	0,21	22,60	1,37	7,80	7,80	0,03	0,25	0	0	10	1	0,10	més de 500
04/08/2023	0,19	21,20	1,40	7,23	8,00	0,04	0,25	0	0,25	10	2	0	500
03/09/2023	0,24	21,50	1,34	7,10	7,90	0,04	0	0	0	10	1	0,05	500

Taula 3. Paràmetres fisicoquímics Font del Ferro.

*Les cel·les ombrejades són aquelles les quals superen els valors paramètrics mencionats anteriorment.

9.1.3. Paràmetres organolèptics

Data	PARÀMETRES ORGANOLÈPTICS			
	Color	Gust	Olor	Terbolesa
13/12/2022	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	Bastant tèrbola
08/01/2023	Lleugerament vermellós	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	No tèrbola
16/02/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro (poc)	No s'aprecia	Poc tèrbola
26/03/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	Lleugera olor a ferro	No tèrbola
09/04/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	No tèrbola
19/05/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	Poc tèrbola
18/06/2023	Lleugerament vermellós	Magre, gust a sang, ferro	Lleugera olor a ferro	No tèrbola
18/07/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro (poc)	No s'aprecia	Poc tèrbola
04/08/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	No tèrbola
03/09/2023	Transparent	Magre, gust a sang, ferro	No s'aprecia	No tèrbola

Taula 4. Paràmetres organolèptics Font del Ferro.

Observant les dades obtingudes de la *mostra tipus* del 13 de desembre de 2022 de la Font del Ferro s'observa que els paràmetres microbiològics estan tots dins els valors permesos, sense cap presència dels microorganismes patògens indicadors de contaminació.

Els valors dels paràmetres fisicoquímics de la *mostra tipus* de l'esmentada font es troben dins els límits permesos per a ser potable exceptuant la concentració de

Ferro i la duresa de l'aigua que presenten valors massa elevats. Per aquest motiu es pot afirmar que l'aigua de la *mostra tipus* de la Font del Ferro no pot ser considerada potable.

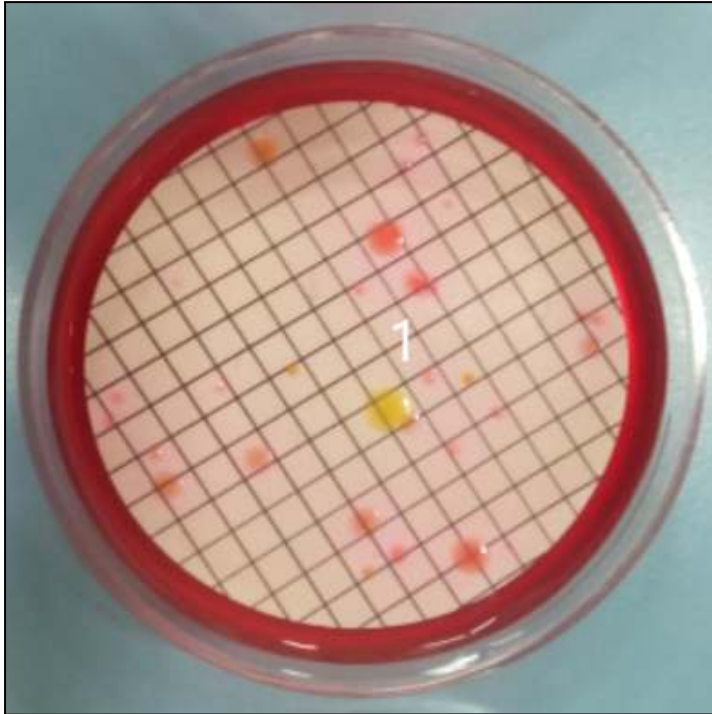
Pel que fa al seguiment al llarg del temps dels resultats fisicoquímics veiem que diversos paràmetres tenen cel·les ombrejades indicant que superen el valor paramètric. La concentració de ferro és massa elevada en tots els mesos, perquè com el nom ja indica, la font conté molt d'aquest metall, a causa de les capes d'argila i margues properes. Els valors obtinguts en la duresa també superen els màxims permesos. Al Pla de l'Estany les aigües són molt dures a causa de la geologia de la conca lacustre. Tampoc són òptims, en algunes mostres, els valors de nitrats i d'amoni, possiblement per contaminació d'origen antropogènic. Malgrat que disposéssim d'un estudi microbiològic que garantís la no presència de microorganismes contaminants, en moltes mostres podem veure que l'aigua no podria ser considerada potable.

Fent referència als paràmetres organolèptics que qualitativament poden indicar anomalies, la Font del Ferro es caracteritza, en totes les mostres, per l'accentuat gust ferrós (gust metàl·lic a sang). De manera qualitativa, aquest fet ja indicaria al consumidor que l'aigua no és apta pel consum humà.

L'olor pràcticament mai s'ha apreciat. El color i la terbolesa s'han mantingut estables.

9.2. Font de Can Puig

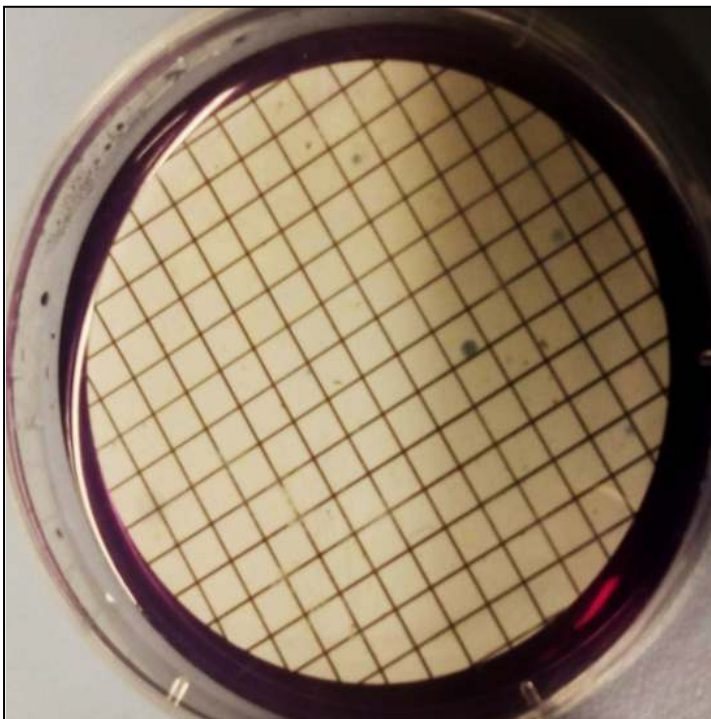
9.2.1. Estudi microbiològic (13/12/2022)



Coliformes totals
1 UFC

<i>E.coli</i>
<1 UFC

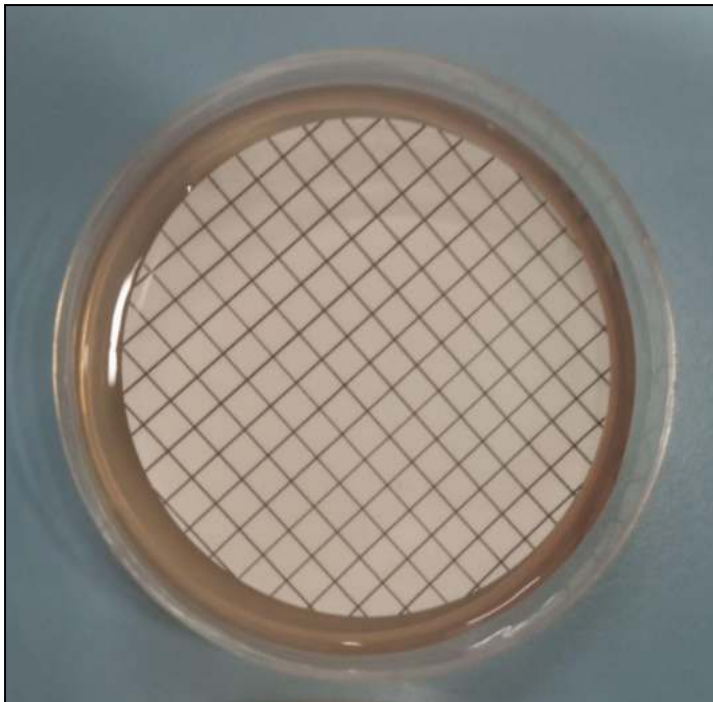
Figura 71: Cultiu coliformes totals Font de Can Puig.



Clostridis
<1 UFC

<i>Clostridium</i> <i>perfringens</i> confirmats
<1 UFC

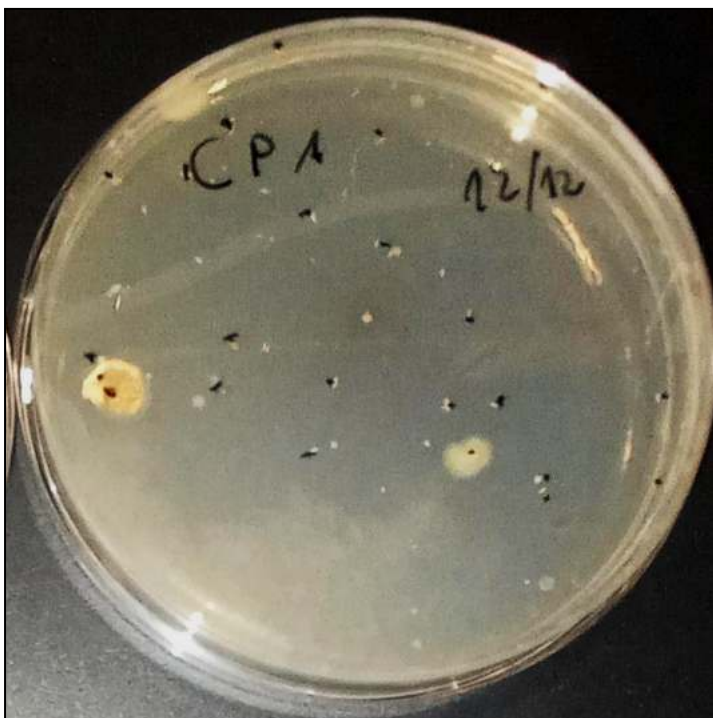
Figura 72: Cultiu clostridis Font de Can Puig.



Coliformes totals
<1 UFC

<i>E.coli</i>
<1 UFC

Figura 73: Cultiu enterococs fecals Font de Can Puig.



Aerobis mesòfils mostra A
25 UFC

Aerobis mesòfils mostra B
14 UFC

Figura 74: Cultiu aerobis mesòfils Font de Can Puig.

9.2.2. Paràmetres fisicoquímics

Data	PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS												
	Cabal (l/s)	T (°C)	Conductivitat (µS/cm)	pH	[O ₂] (mg/l)	Salinitat (%)	Amoni (mg/l)	Nitrats (mg/l)	Nitrits (mg/l)	Sulfits (mg/l)	Ferro (mg/l)	Fosfats (mg/l)	Duresa (mg/l)
13/12/2022	0,06	15,9	0,835	6,90	7,7	0,04	0	100	0,25	10	1	0,10	més de 500
08/01/2023	0,05	18,3	0,852	7,39	7,9	0,04	0,25	50	0,25	10	1	0,05	500
16/02/2023	0,04	16,3	0,848	7,53	9,3	0,04	0	100	0,25	10	0	0	500
26/03/2023	0,04	15,6	0,855	7,65	10,1	0,04	0	100	0	10	0	0,10	500
09/04/2023	0,03	16,3	0,860	7,66	7,9	0,03	0	75	0,25	10	0	0,10	500
19/05/2023	0,03	17,4	0,854	7,52	8,2	0,04	0	75	0,25	10	1	0,05	més de 500
18/06/2023	0,04	17,8	0,876	7,62	8,3	0,04	0,25	50	0	10	1	0	més de 500
18/07/2023	0,03	22,1	0,875	7,41	9,1	0,03	0	100	0	10	1	0,05	més de 500
04/08/2023	0,02	20,1	0,872	7,38	8,1	0,04	0	75	0	10	1	0,05	més de 500
03/09/2023	0,04	19,5	0,869	7,29	8,5	0,04	0	50	0	10	1	0,10	500

Taula 5. Paràmetres fisicoquímics Font de Can Puig.

9.2.3. Paràmetres organolèptics

Data	PARÀMETRES ORGANOLÈPTICS			
	Color	Gust	Olor	Terbolesa
13/12/2022	Sense coloració visible	Lleugerament salat, metàl·lic, desagradable	No s'aprecia	No tèrbola
08/01/2023	Lleugerament groguenc	Lleugerament salat, però més agradable	No s'aprecia	Poc tèrbola
16/02/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	Tèrbola
26/03/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	No tèrbola
09/04/2023	Lleugerament groguenc	Lleugerament salat	No s'aprecia	Poc tèrbola
19/05/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat, però agradable	No s'aprecia	Poc tèrbola
18/06/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat, metàl·lic	No s'aprecia	No tèrbola
18/07/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	Tèrbola
04/08/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	No tèrbola
03/09/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	Poc tèrbola

Taula 6. Paràmetres organolèptics Font de Can Puig.

Les dades de la *mostra tipus* del 13 de desembre de 2022 de la Font de Can Puig mostren que els valors dels paràmetres microbiològics es troben tots dins els màxims permesos, apreciand-se només concentracions molt baixes de microorganismes aerobis mesòfils. Pel que fa als valors dels paràmetres fisicoquímics tant la duresa, com la concentració de nitrats i ferro sobrepassen els màxims tolerats. Podem afirmar, doncs, que l'aigua de la *mostra tipus* de la Font de Can Puig no és apta per al consum humà.

Fixant-nos en el seguiment dels paràmetres fisicoquímics s'observa que hi ha una tendència molt clara a l'alça en la concentració de nitrats, de ferro i la duresa. Possiblement, la concentració elevada de nitrats en totes les mostres, seria indicatiu de l'entrada d'aquest contaminant a les aigües subterrànies que alimenten la font. Aquesta, es troba propera a camps de conreu i els escorriments de fertilitzants poden haver contaminat la deu. La concentració de ferro i la duresa segueixen tendències similars a la Font del Ferro. Podria explicar-ser per a la proximitat i la naturalesa de la conca hidrogeològica on es troben. Malgrat no disposar dels resultats de les anàlisis microbiològiques d'aquest interval de temps, es pot afirmar que, en aquestes mostres, l'aigua de la Font de Can Puig no mostra la qualitat suficient per a ser considerada apta per al consum humà.

Respecte als paràmetres organolèptics s'ha observat que en el període estudiat no mostren una tònica predominant preocupant. No s'ha apreciat mai olor, i tant la coloració com la turbolesa acostumen a ser indetectables, si bé amb algunes excepcions. El gust és lleugerament salat, però no provoca cap mena de repulsió. Aquest fet posa en evidència que els paràmetres mesurats de manera qualitativa no poden ser indicatius de la potabilitat de l'aigua.

9.3. Font del Rector

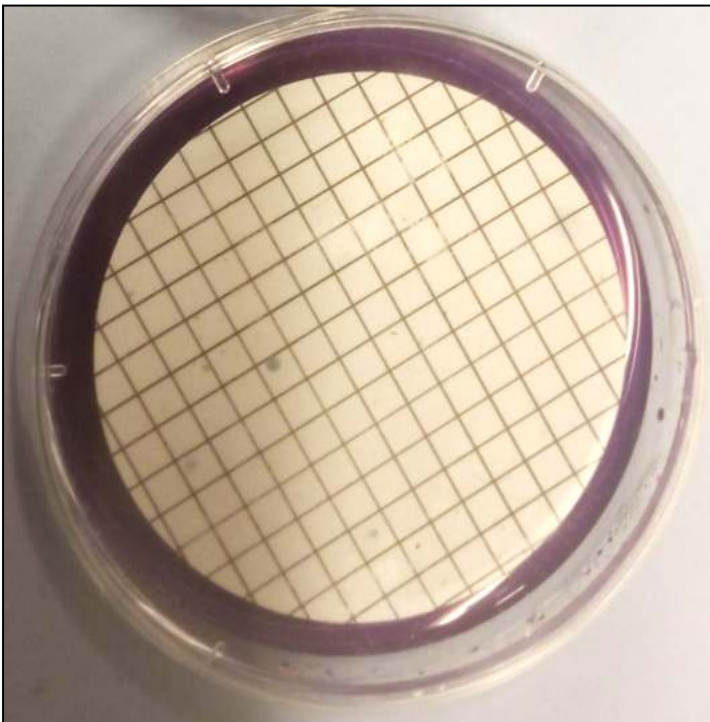
9.3.1. Estudi microbiològic (13/12/2022)



Coliformes totals
2 UFC

<i>E.coli</i>
<1 UFC

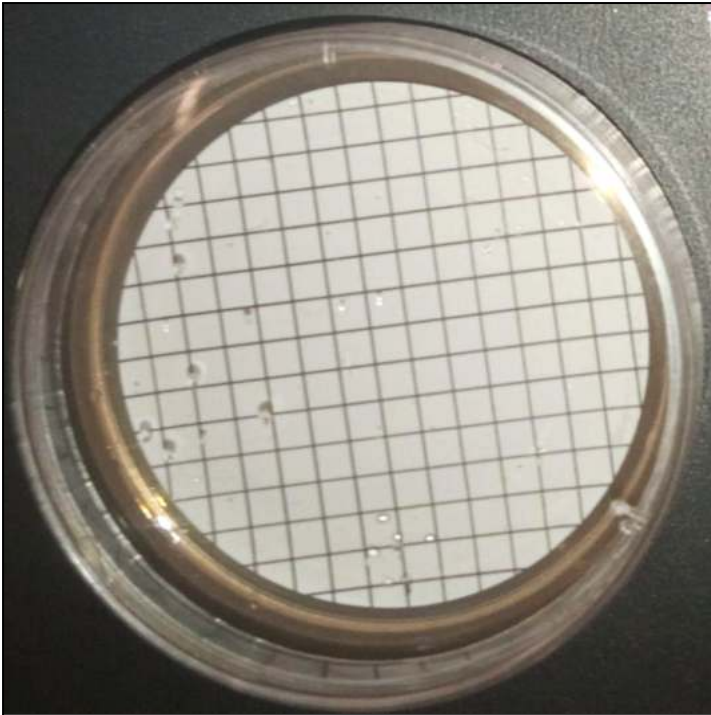
Figura 75: Cultiu coliformes totals Font del Rector.



Clostridis
<1 UFC

<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC

Figura 76: Cultiu clostridis Font del Rector.



Enterococs fecals presumptius
<1 UFC

<i>Enterococs fecals confirmats</i>
<1 UFC

Figura 77: Cultiu enterococs fecals Font del Rector.



Aerobis mesòfils mostra A
<1 UFC

Aerobis mesòfils mostra B
<1 UFC

Figura 78: Cultiu aerobis mesòfils Font del Rector.

9.3.2. Paràmetres fisicoquímics

Data	PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS												
	Cabal (l/s)	T (°C)	Conductivitat (µS/cm)	pH	[O ₂] (mg/l)	Salinitat (%)	Amoni (mg/l)	Nitrats (mg/l)	Nitrits (mg/l)	Sulfits (mg/l)	Ferro (mg/l)	Fosfats (mg/l)	Duresa (mg/l)
13/12/2022	0,01	15,2	1,296	6,92	8,0	0,04	0	10	0,25	10	0,5	0	500
08/01/2023	0,01	12,7	1,420	7,38	8,2	0,03	0	5	0	10	2	0,05	500
16/02/2023	0,02	15,6	1,371	7,31	11,2	0,04	0	0	0,25	10	0	0,1	500
26/03/2023	0,03	14,9	1,347	7,66	10,2	0,04	0,25	25	0	10	0,5	0,05	500
09/04/2023	0,04	16,1	1,369	7,61	8,0	0,03	0	25	0,25	10	1	0,1	500
19/05/2023	0,04	17,9	1,372	7,16	9,1	0,04	0	0	0,25	10	1	0	500
18/06/2023	0,02	16,9	1,387	7,02	8,6	0,03	0,25	10	0	10	1	0,05	500
18/07/2023	NO RAJA												
04/08/2023	NO RAJA												
03/09/2023	0,05	18,4	1,355	7,3	8,2	0,04	0	0	0,25	10	1	0,05	500

Taula 7. Paràmetres fisicoquímics Font del Rector.

9.3.3. Paràmetres organolèptics

Data	PARÀMETRES ORGANOLÈPTICS			
	Color	Gust	Olor	Terbolesa
13/12/2022	Sense coloració visible	Agradable, afrutit	No s'aprecia	Una mica tèrbola
08/01/2023	Lleugerament groguenc	Agradable, afrutit	No s'aprecia	No tèrbola
16/02/2023	Sense coloració visible	Agradable, afrutit	No s'aprecia	No tèrbola
26/03/2023	Sense coloració visible	Agradable, afrutit	No s'aprecia	Una mica tèrbola
09/04/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	Olor d'aigua estancada	Una mica tèrbola
19/05/2023	Sense coloració visible	Agradable, afrutit	No s'aprecia	No tèrbola
18/06/2023	Lleugerament groguenc	Agradable, afrutit	Olor d'aigua estancada	Una mica tèrbola
18/07/2023	NO RAJA			
04/08/2023	NO RAJA			
03/09/2023	Sense coloració visible	Agradable, afrutit	Olor d'aigua estancada	Una mica tèrbola

Taula 8. Paràmetres organolèptics Font del Rector.

Les dades de la *mostra tipus* del 13 de desembre de 2022 de la Font del Rector mostren que els paràmetres microbiològics estan tots dins els valors permesos, trobant concentracions acceptables de coliformes totals. Pel que fa als resultats dels paràmetres fisicoquímics tots els valors es troben dins els valors paramètrics acceptats. Es pot afirmar, aleshores, que l'aigua de la *mostra tipus* de la Font del Rector és apta per al consum humà.

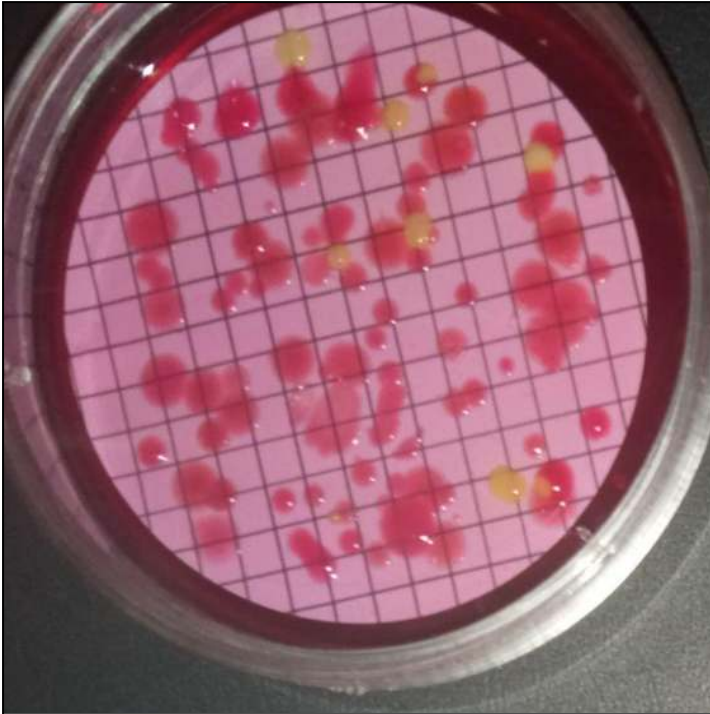
Respecte als valors dels paràmetres fisicoquímics durant el període estudiat, destaca l'elevada concentració de ferro en bastants mostres com ha succeït en els valors de les altres fonts estudiades. S'observa que aquesta tendència pel que fa al ferro es repeteix possiblement per les capes d'argila i margues properes a la font. En bastants mesos, la font no es podria considerar potable per aquest ferro. El valor de la duresa també es troba al límit acceptable. La resta de paràmetres es mouen en rangs adequats.

Des del punt de vista del consumidor, l'aigua de la Font del Rector és la que presenta un gust més acceptable, tot i que a vegades es pot notar certa olor d'aigua estancada. Pel que fa a la turbolesa i la coloració es mantenen força estables. Les mostres recollides de l'esmenada font han disposat d'unes característiques organolèptiques adequades perquè el consumidor se senti còmode.

Cal fer esment al fet que durant els mesos d'estiu, juliol i agost, la font de Rector no rajava i, per tant, no es disposen de dades d'aquest període que permetin un seguiment més exhaustiu de tots els paràmetres.

9.4. Font del Salt Dalmau

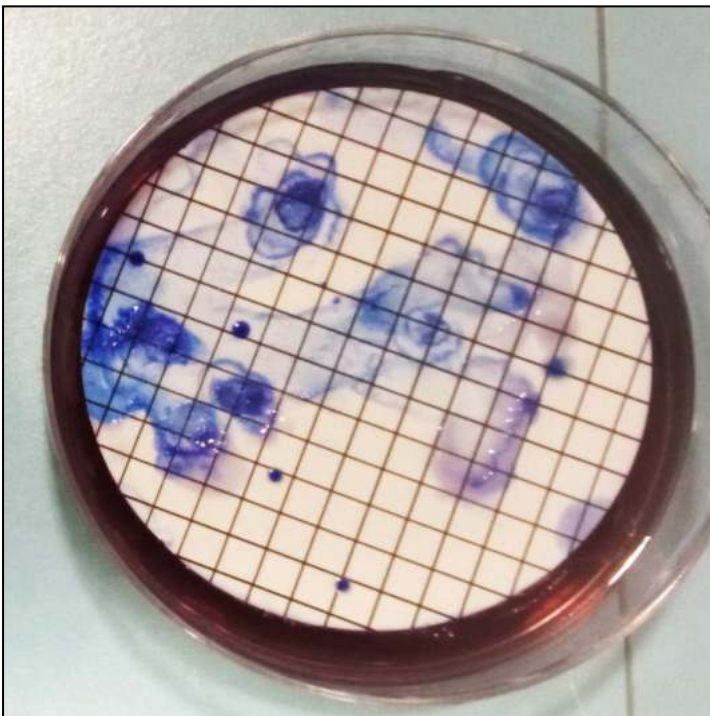
9.4.1. Estudi microbiològic (13/12/2022)



Coliformes totals
7 UFC

<i>Escherichia coli</i>
<1 UFC

Figura 79: Cultiu coliformes totals Font del Salt Dalmau.



<i>Clostridis</i>
7 UFC

<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC

Figura 80: Cultiu clostridis Font del Salt Dalmau.



Enterococs fecals presumptius
<1 UFC

<i>Enterococs fecals confirmats</i>
<1 UFC

Figura 81: Cultiu enterococs fecals Font del Salt Dalmau.



Aerobis mesòfils mostra A
49 UFC

Aerobis mesòfils mostra B
29 UFC

Figura 82: Cultiu aerobis mesòfils Font del Salt Dalmau.

9.4.2. Paràmetres fisicoquímics

Data	PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS												
	Cabal (l/s)	T (°C)	Conductivitat (µS/cm)	pH	[O ₂] (mg/l)	Salinitat (%)	Amoni (mg/l)	Nitrats (mg/l)	Nitrits (mg/l)	Sulfits (mg/l)	Ferro (mg/l)	Fosfats (mg/l)	Duresa (mg/l)
13/12/2022	0,01	15	1,489	7,47	9,1	0,04	0	25	0,25	10	0	0	250
08/01/2023	0,01	15,3	1,560	7,36	9,2	0,03	0	25	0	10	1	0,1	500
16/02/2023	0,02	15,4	1,544	7,54	10,7	0,03	0,25	25	0,25	10	0	0	500
26/03/2023	0,03	15,3	1,615	7,67	9,9	0,04	0	50	0,25	10	1	0,1	500
09/04/2023	0,01	16,8	1,625	7,40	8,1	0,03	0,25	25	0,25	10	1	0,05	500
19/05/2023	0,01	16,4	1,638	7,51	8,0	0,03	0,25	35	0,25	10	1	0,05	500
18/06/2023	0,02	17,2	1,605	7,45	9,1	0,04	0	50	0,25	10	1	0	500
18/07/2023	0,01	22,5	1,789	7,49	8,5	0,03	0	25	0,25	10	1	0,05	500
04/08/2023	0,05	19,3	1,794	7,46	7,8	0,03	0,25	35	0,25	10	0	0,05	500
03/09/2023	0,04	20,5	1,721	7,31	8,2	0,03	0	25	0	10	1	0	500

Taula 9. Paràmetres fisicoquímics Font del Salt Dalmau.

9.4.3. Paràmetres organolèptics

Data	PARÀMETRES ORGANOLÈPTICS			
	Color	Gust	Olor	Terbolesa
13/12/2022	Sense coloració visible	Agradable, normal	No s'aprecia	No tèrbola
08/01/2023	Sense coloració visible	Agradable, normal	No s'aprecia	No tèrbola
16/02/2023	Lleugerament marronós	Agradable, normal	Lleugera olor a terra	No tèrbola
26/03/2023	Sense coloració visible	Agradable	No s'aprecia	Poc tèrbola
09/04/2023	Sense coloració visible	Lleugerament salat	No s'aprecia	Poc tèrbola
19/05/2023	Sense coloració visible	Agradable, normal	No s'aprecia	No tèrbola
18/06/2023	Lleugerament marronós	Agradable	Lleugera olor a terra	Poc tèrbola
18/07/2023	Sense coloració visible	Agradable	No s'aprecia	No tèrbola
04/08/2023	Sense coloració visible	Agradable	No s'aprecia	Poc tèrbola
03/09/2023	Sense coloració visible	Agradable	No s'aprecia	No tèrbola

Taula 10. Paràmetres organolèptics Font del Salt Dalmau

Les dades de la *mostra tipus* del 13 de desembre de 2022 de la Font del Salt Dalmau permeten observar que els paràmetres microbiològics estan tots dins els valors permesos, trobant concentracions molt baixes de coliforms. Pel que fa als valors dels paràmetres fisicoquímics d'aquesta mateixa *mostra tipus* cap d'ells excedeix el líndar dels valors paramètrics. Podem afirmar que l'aigua de la *mostra tipus* de la Font del Salt Dalmau és apta per al consum humà.

Pel que fa als valors dels paràmetres fisicoquímics mesurats mensualment, destaca la concentració de ferro que repeteix segueix la tendència de les altres fonts superant el líndar. Es percep també que durant mesos de març i juny els nitrats passen del límit permès, possiblement per contaminació de les aigües subterrànies que abasteixen la deu, assolint valors de 50 mg/l. A banda d'aquests dos paràmetres, la resta de valors es troben dins el marc acceptat segons el decret, o sigui que és una font amb unes qualitats de l'aigua bastant bones.

La tendència dels paràmetres organolèptics ens indiquen que en general el gust de l'aigua és agradable. En terbolesa, olor i color no es perceben massa variacions en les diferents mostres. Pel que fa a les característiques organolèptiques, l'aigua seria acceptable per als consumidors.

9.5. Comparativa dels paràmetres fisicoquímics

Per tal de veure els canvis produïts en els valors dels paràmetres fisicoquímics s'han elaborat uns gràfics que contenen la informació recollida de totes les fonts, paràmetre a paràmetre.

9.5.1. Cabal

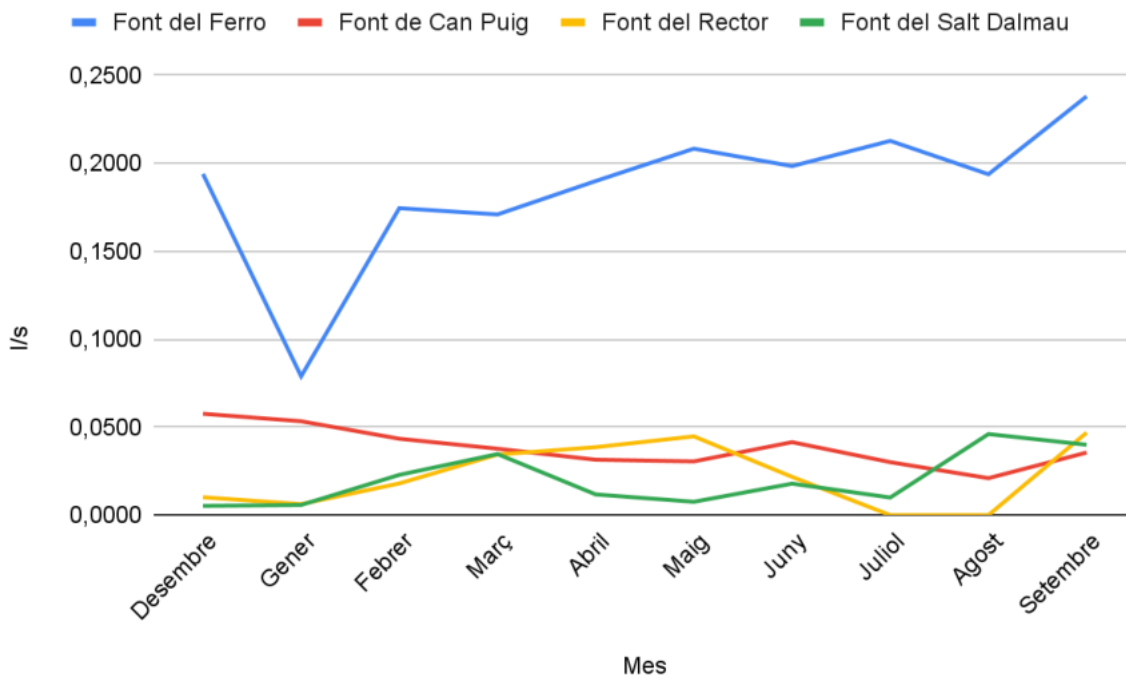


Figura 83: Gràfic comparatiu del cabal.

Pel que fa al cabal destaca que la font del Ferro té un valor d'aquest paràmetre molt més alt que la resta de fonts. Presenta el seu mínim el mes de gener i un pic màxim al setembre, coincidint amb les pluges de finals d'agost d'enguany. Mentre que la Font del Rector, de mitjana, té un cabal menor que la resta, ja que durant dos mesos no va rajar. La Font de Can Puig i la del Salt Dalmau, però, tot i presentar un valor

de cabal més discret, és més regular al llarg de l'interval de temps mesurat, mentre que la Font del Rector i sobretot la Font del Ferro tenen uns valors més irregulars.

9.5.2. Temperatura

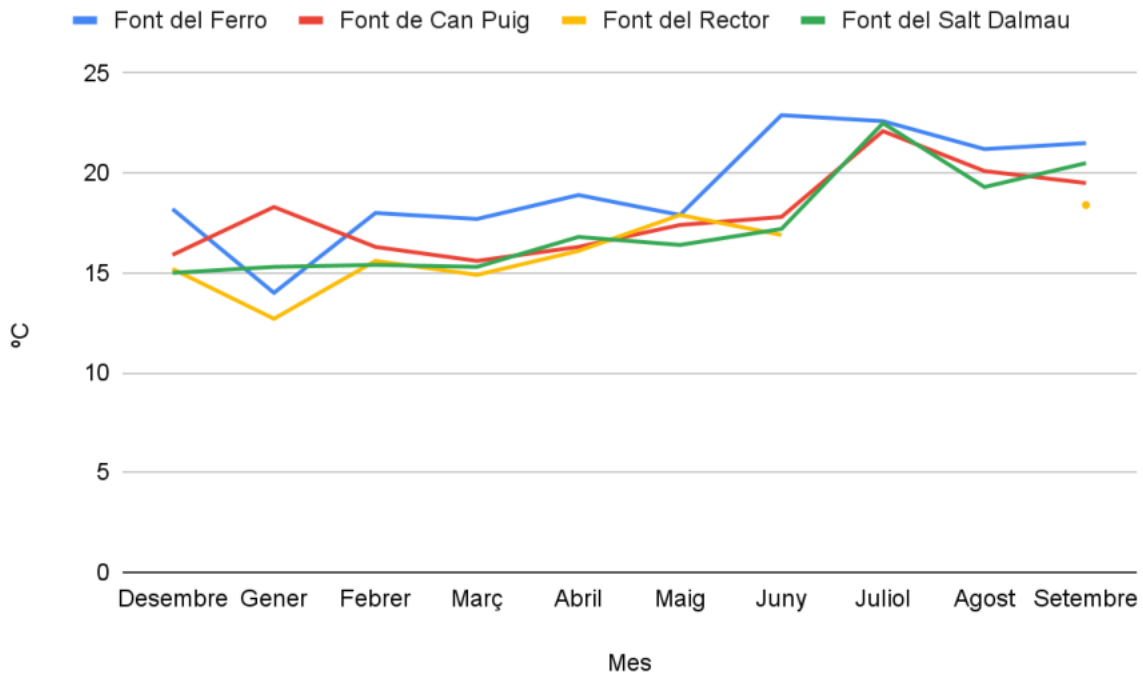


Figura 84: Gràfic comparatiu de la temperatura.

En aquest gràfic es pot apreciar la variació de la temperatura de les quatre fonts al llarg de l'any. El fet més remarcable és que totes elles presenten un mateix patró: temperatures més baixes a l'hivern i primavera i un ascens dels valors a l'estiu. Al setembre s'aprecia un tímid descens, possiblement per tornar als valors de l'hivern anterior. Totes les fonts mantenen pràcticament la seva temperatura entre els 15 i 20 °C. Temperatures més elevades, sobrepasant els 25 °C, no són habituals en l'aigua de les fonts, que acostumen a vorejar els 20 °C.

La Font del Ferro és la que presenta temperatures més altes, possiblement perquè tota l'estructura està feta de metall, que s'escalfa molt ràpidament amb el sol. En estar l'estructura calenta, l'aigua que brolla per allà probablement s'escalfa. Cal remarcar el fet que les mostres estan preses en hores similars.

9.5.3. Conductivitat

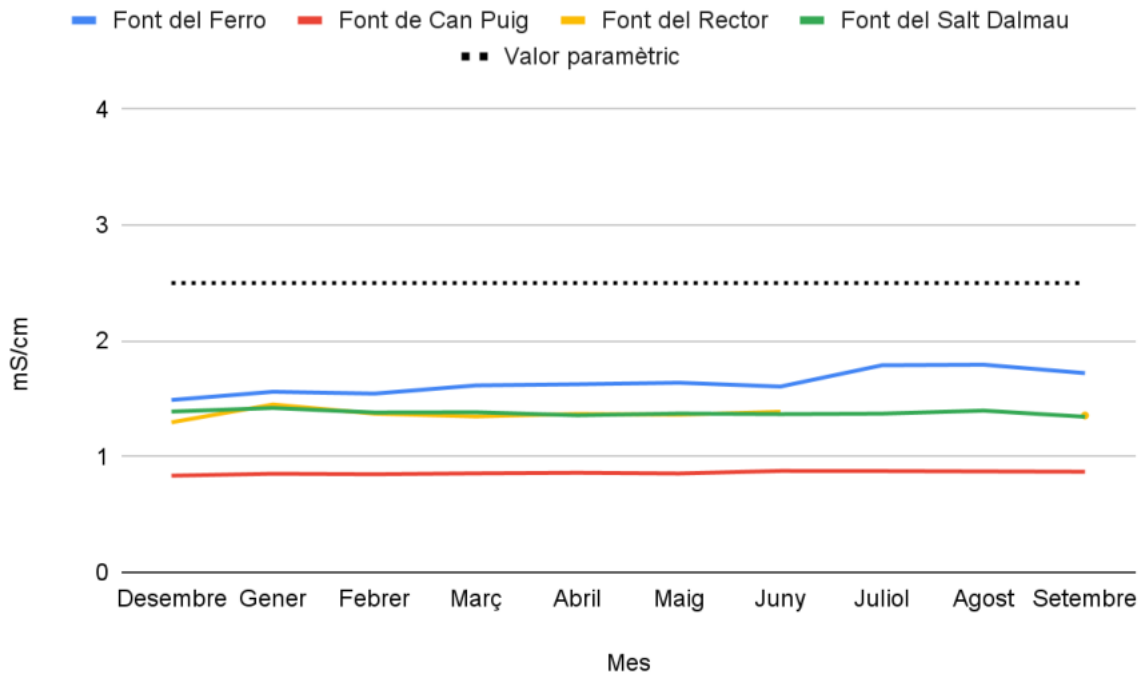


Figura 85: Gràfic comparatiu de la conductivitat.

En el següent gràfic, s'observen els valors de la conductivitat obtinguts de manera mensual. Les línies del gràfic són molt regulars i seguint totes elles la mateixa trajectòria paral·lela. S'observa que la Font de Can Puig, té una conductivitat bastant menor a les altres. Tenint en compte que la Font de Can Puig presenta un entorn agrícola proper, podria ser degut a infiltracions subterrànies d'aigües que alteren les propietats de la deu. La Font del Ferro, per contra, és la que té la conductivitat més alta. Possiblement, es podria explicar per què presenta valors de duresa més elevats i aquesta té una relació directa amb la conductivitat.

En general, els valors obtinguts de conductivitat mostren que totes les fonts estudiades es mantenen dins els valors paramètrics establerts.

9.5.4. pH

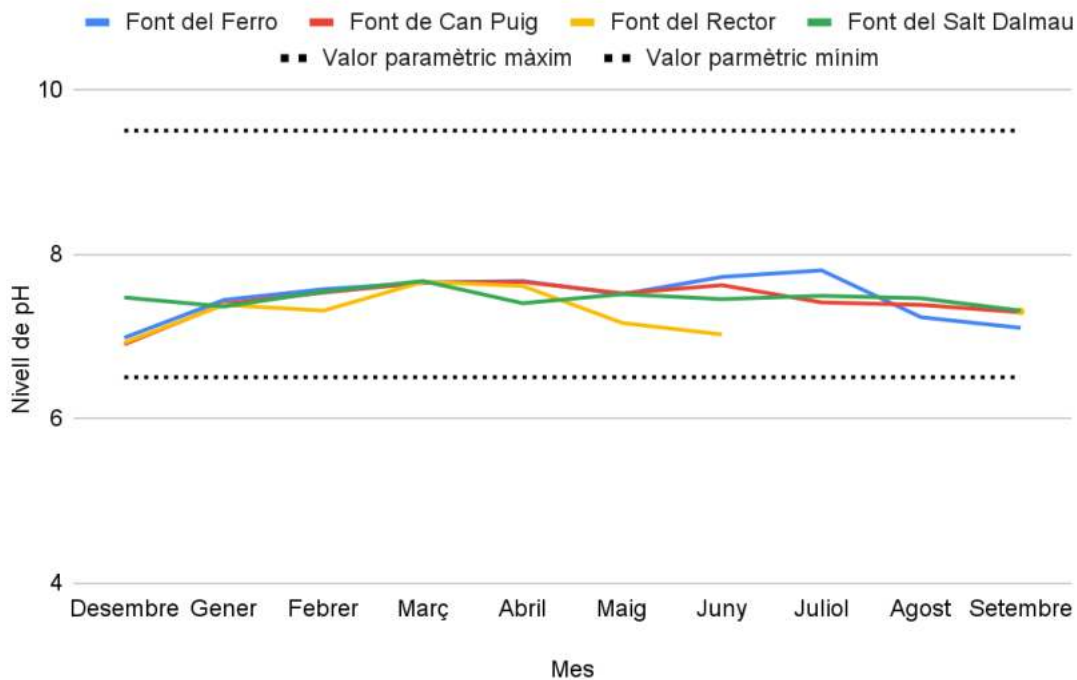


Figura 86: Gràfic comparatiu de pH.

Observant el gràfic del nivell de pH, s'aprecia que el valor és molt similar en totes les fonts i es manté molt constant vorejant el 7. Els valors de pH, segons la normativa, s'haurien de trobar entre 6,5 i 9,5. En gràfic destaca el valor més baix de 6,90 i el més alt de 7,80, de manera que tots els mesos estudiats presenten un valor de pH que es troba dins l'interval acceptable. El valor de pH neutre de l'aigua és 7, però cal recordar que les fonts porten moltes sals i compostos dissolts, que acostumen a fer que els valors siguin una mica superiors a 7, com es dona en aquests casos. El mar, per exemple, acostuma a presentar valors que oscil·len entre 7,5 i 8,4, ja que conté més sals dissoltes.

9.5.5. Concentració d'oxigen

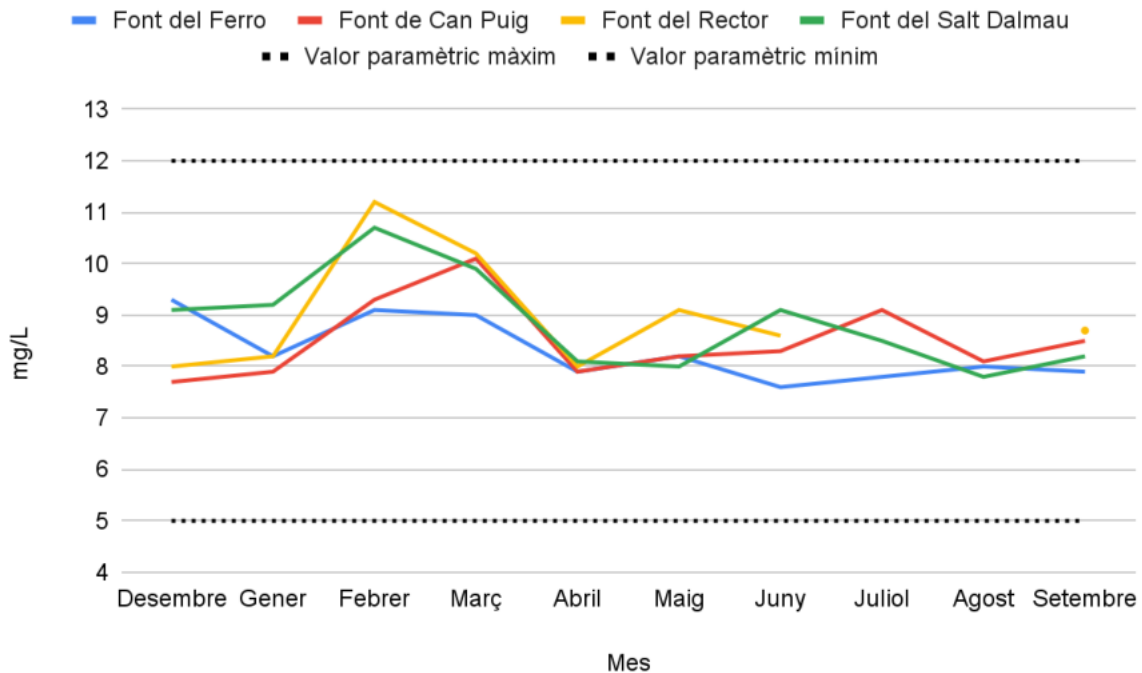


Figura 87: Gràfic comparatiu de concentració d'oxigen.

En el següent gràfic es poden veure les variacions de la concentració d'oxigen de les quatre fonts al llarg dels mesos estudiats. La concentració d'oxigen present a l'aigua depèn de molts factors, entre ells la temperatura. Quan la temperatura de l'aigua baixa, l'oxigen augmenta la seva solubilitat i, per tant, augmenta la concentració. Aquest fet es pot apreciar en el gràfic, ja que s'observa que tots els valors de les fonts mostren una línia general d'augment de la concentració d'oxigen els mesos d'hivern i un descens en arribar la primavera. El valor paramètric és d'entre 5 i 12 mg/L. Es pot veure que en poques mostres la concentració d'oxigen voreja el límit inferior i coincideix amb els mesos de primavera i estiu en els que es dona un d'augment de temperatura.

9.5.6. Salinitat

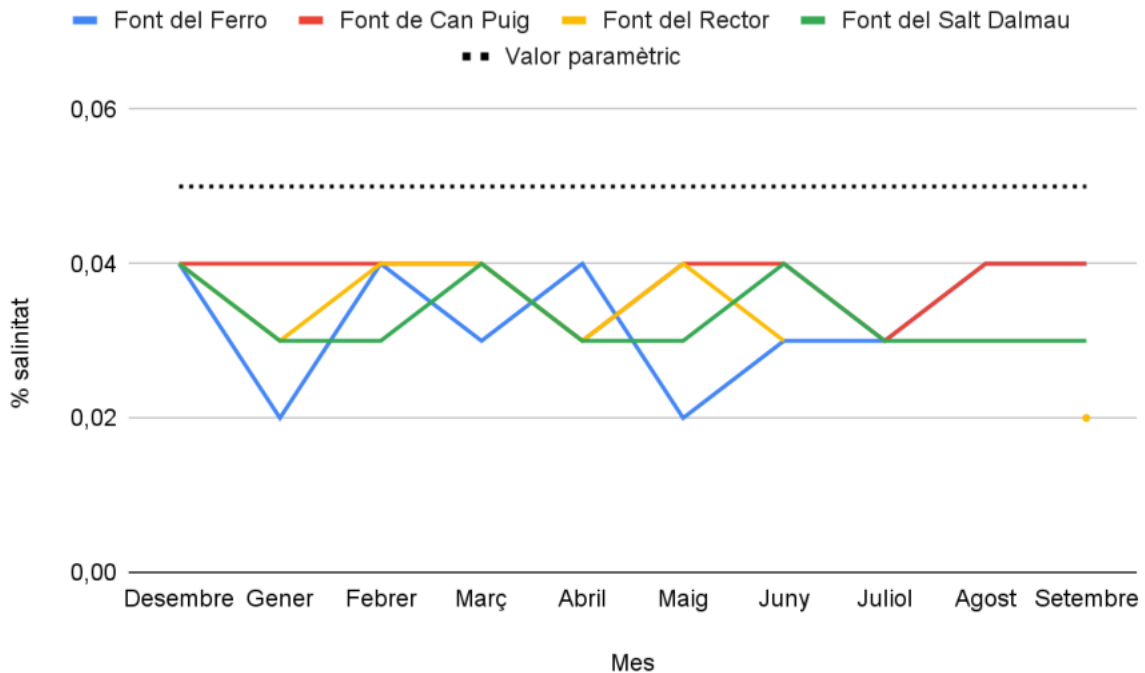


Figura 88: Gràfic comparatiu de salinitat.

En el següent gràfic es poden apreciar les variacions del percentatge de salinitat al llarg dels mesos respecte a les quatre fonts. La salinitat no pot superar el 0,05% si es vol considerar l'aigua com a potable. A partir d'aquest valor ja és considerada aigua salabrosa. És cert que aquestes fonts es troben a la conca lacustre de Banyoles, on hi ha molta presència de roques que deixen anar sediments per culpa de l'erosió de l'aigua, que faran que la salinitat augmenti. És per això que en molts casos veiem que el nivell de salinitat està a prop del límit. La Font del Ferro és la que presenta més irregularitats al llarg de l'any mentre que les altres els valors oscil·len entre 0,03 i 0,04%.

9.5.7. Amoni

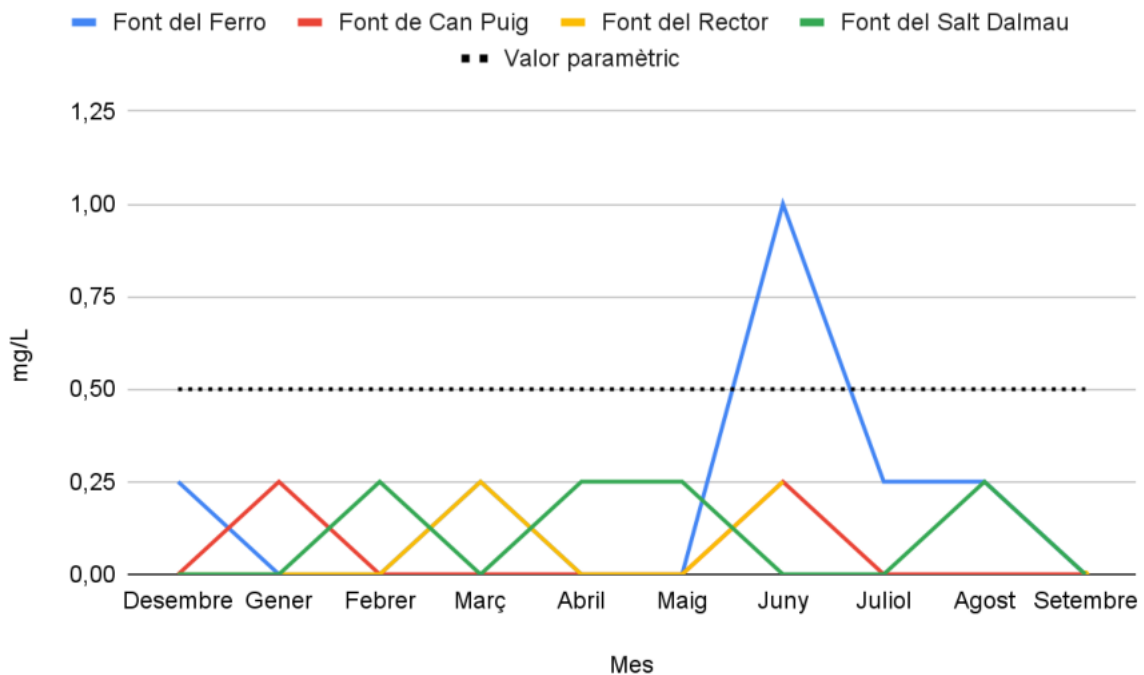


Figura 89: Gràfic comparatiu de concentració d'amoni.

El valor paramètric de l'amoni és de 0,5 mg/L. En el gràfic de la concentració d'amoni mensual es pot observar que, en tots els valors, la concentració d'amoni es troba entre 0 i 0,25 mg/L. Seria indicador d'un bon estat de l'aigua en aquest paràmetre. Ara bé, el mes de juny, a la Font del Ferro, s'observa un repunt d'1 mg/L. Aquest valor tan elevat podria ser degut a diversos motius: abocament d'algun residu proper, fertilitzant... O també podria ser degut a algun residu químic derivat del treball de manteniment de la font. Pel fet que es feien rèpliques de les anàlisis es descarta un error en la presa de mesura. Els primers efectes d'un excés d'amoni en l'aigua serien irritació lleu als ulls o danys a la mucosa, i no es va donar el cas en el moment de la presa i anàlisi de mostres (s'utilitza mig litre aproximadament). Per tant, es podria suposar que aquest valor és més anecdòtic que alarmant.

9.5.8. Nitrats

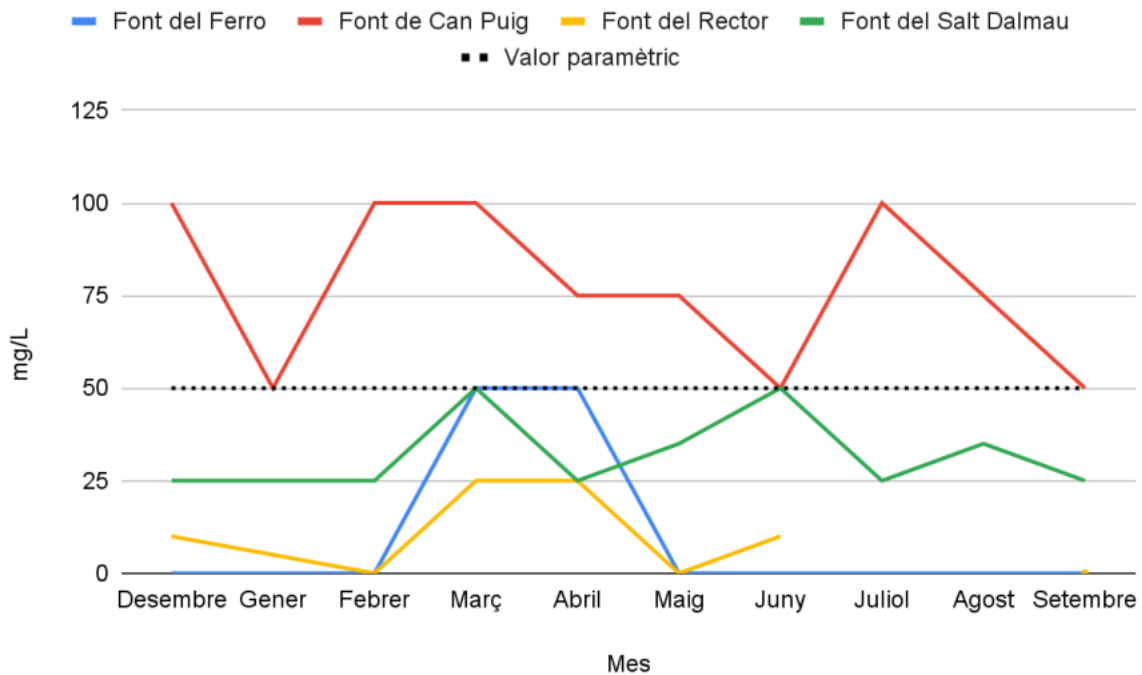


Figura 90: Gràfic comparatiu de concentració de nitrats.

El següent gràfic mostra la concentració de nitrats a les quatre fonts al llarg del temps. La concentració màxima permesa pels valors paramètrics és de 50 mg/L. Les Fonts del Ferro, Font del Rector i Font del Salt Dalmau no superen mai aquest lílindar, en canvi, la Font de Can Puig, passa sempre dels 50 mg/L, arribant al valor de 100 mg/L, que és el doble de la concentració màxima acceptable. Per entendre aquests valors tan anormalment elevats, cal fixar-se en l'entorn proper a la font on hi ha diversos camps de conreu. Segurament aquests camps són fertilitzats en excés amb adobs rics en nitrats. Aquests, si no són absorbits pels conreus, són molt solubles en l'aigua. Aleshores amb l'aigua de la pluja aquests nitrats són rentats (lixiviació) i s'infilren en el terreny fins a arribar a contaminar subterràniament la deu. La Font de Can Puig, per tant, no seria apta per al consum humà a causa d'un excés de concentració de nitrats.

9.5.9. Nitrits

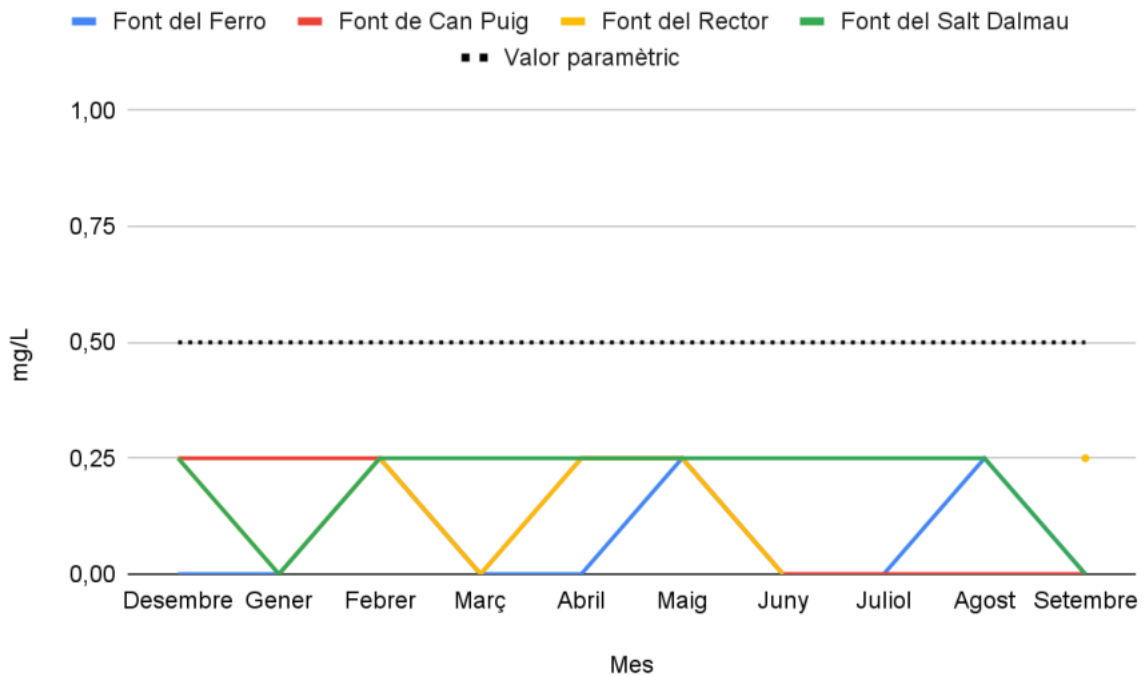


Figura 91: Gràfic comparatiu de concentració de nitrits.

En aquesta gràfica s'observa l'evolució de la concentració de nitrits al llarg dels mesos. Segons el Decret la concentració màxima permessa són 0,50 mg/L. En totes les mesures de les quatre fonts, es van obtenir valors entre 0 i 0,25 mg/L de nitrits indicant que l'aigua de les fonts era apta per a consum humà en aquests paràmetres. Els nitrits van molt lligats amb els nitrats, i els pocs que apareixen també han arribat per lixiviació, s'han infiltrat en les aigües subterrànies i han contaminat la deu.

9.5.10. Sulfit

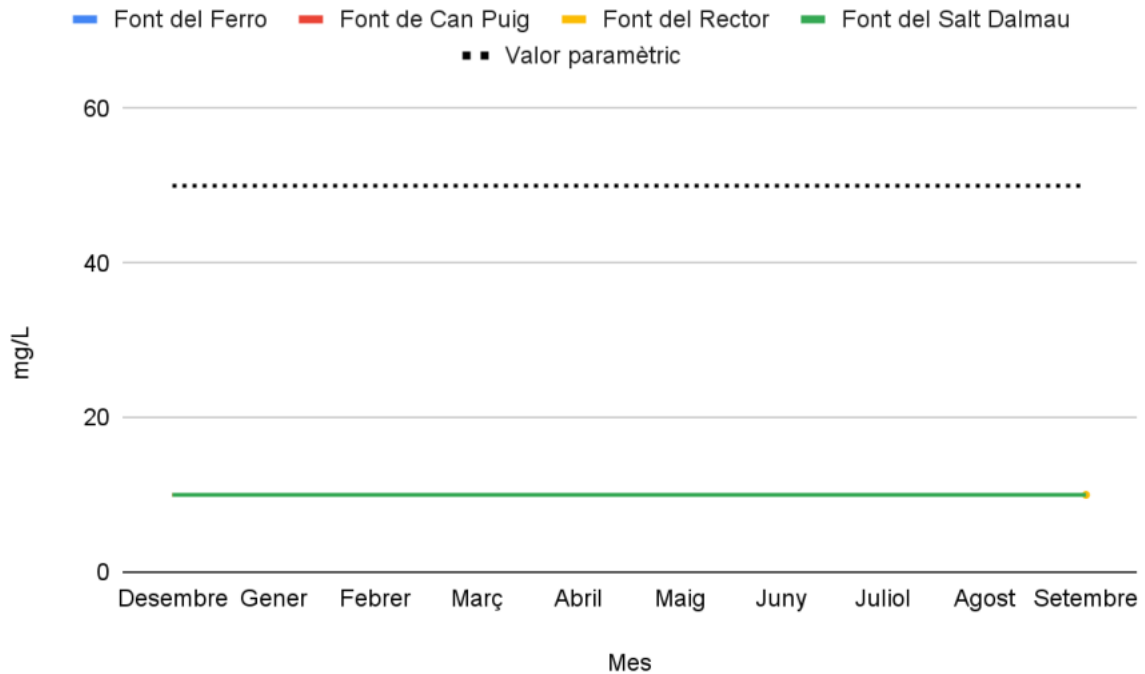


Figura 92: Gràfic comparatiu de concentració de sulfits.

La següent gràfica mostra els valors de la concentració de sulfits a les quatre fonts al llarg de les mostres preses. La concentració màxima permessa, per assegurar que sigui apta per al consum humà, són 50 mg/L. En el gràfic, totalment lineal, s'observa que el valor de concentració de sulfits es manté igual, a 10 mg/L, en totes les fonts i en totes les mostres preses durant l'interval estudiat. Aquest valor és molt inferior al màxim permès i, per tant, l'aigua de les fonts és apta per al consum humà pel que fa a la concentració de sulfits en aquests mesos.

9.5.11. Ferro

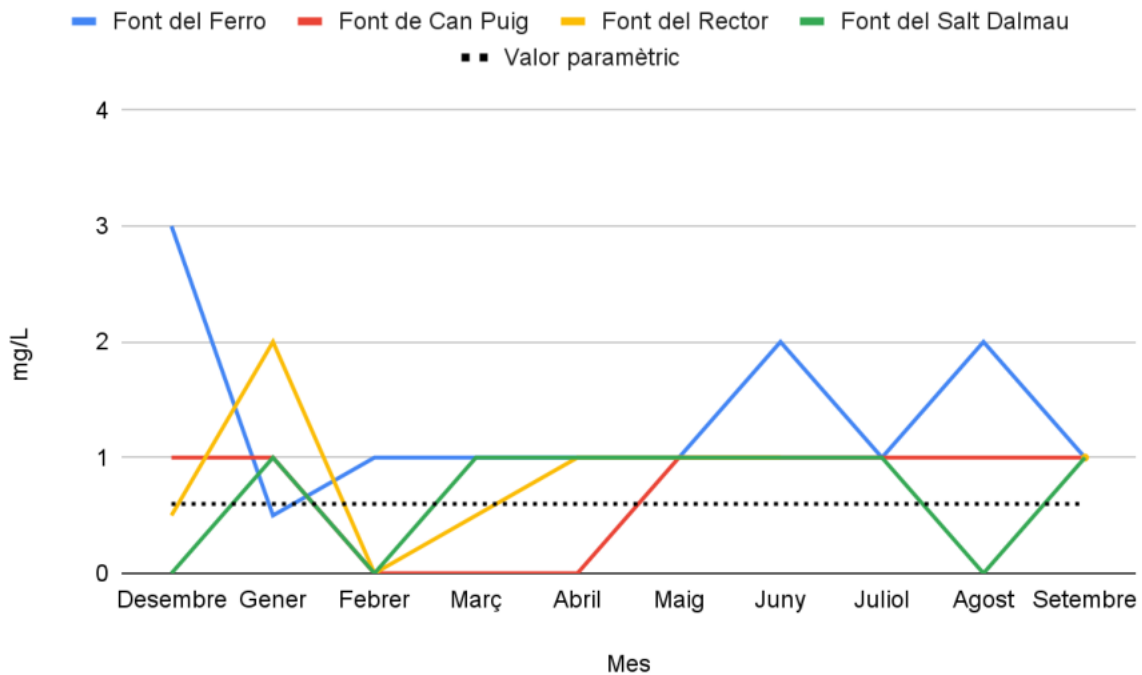


Figura 93: Gràfic comparatiu de concentració de ferro.

En aquest gràfic es pot apreciar la variació de la concentració de ferro en l'aigua de les quatre fonts. Perquè aquesta sigui considerada apta, la concentració de ferro no pot superar el valor de 0,6 mg/l. En totes les aigües de les fonts analitzades, els valors de Fe superen els límits permessos, especialment l'aigua de la Font del Ferro (tal com el seu nom indica) i en una mostra d'aigua de la Font del Rector. La presència de Ferro en l'aigua de fonts naturals és un fet habitual. En aquest cas podria ser degut a la proximitat de margues i argiles. Si la ingesta de ferro fos continuada, podria representar un problema de toxicitat per als humans, però la ingesta puntual no hauria d'ocasionar cap problema greu, tot i que l'aigua, per normativa no es considera apta per al seu consum.

9.5.12. Fosfats

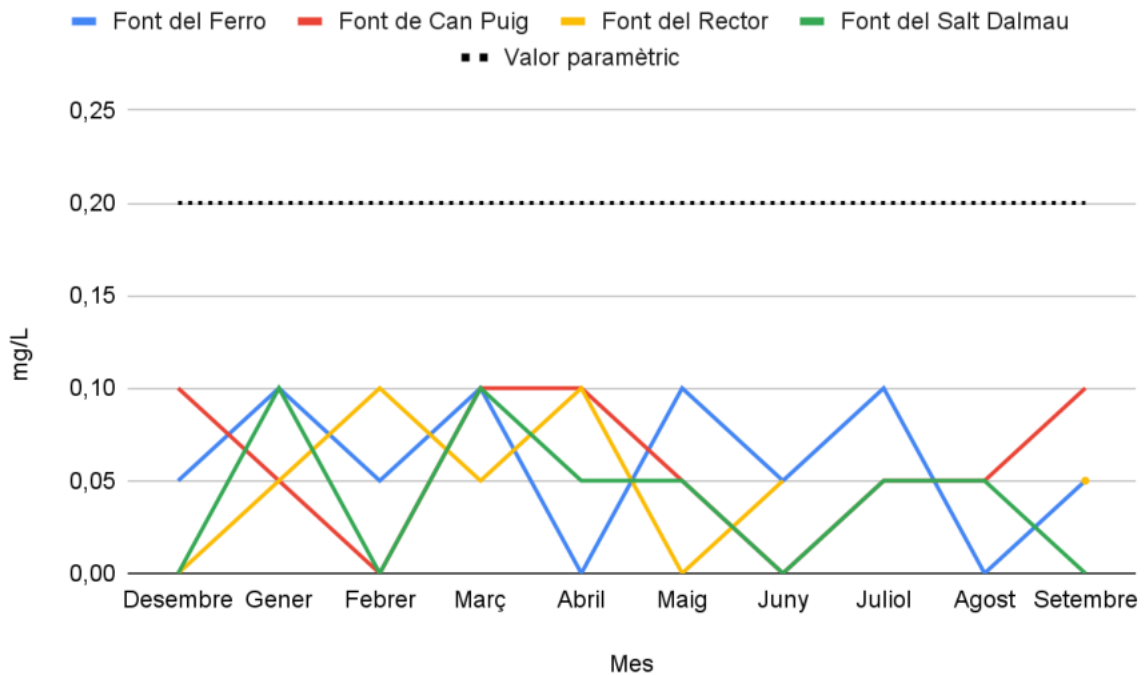


Figura 94: Gràfic comparatiu de concentració de fosfats.

La següent gràfica ens mostra la relació dels fosfats de les fonts al llarg del temps. El límit de potabilitat establert per aquest paràmetre es troba entre 0,1 i 0,2 mg/L de concentració, per tant, es considera que els valors de fosfats que arriben als 0,1 mg/l encara són aigües aptes per al consum humà. La quantitat de fosfats presents a l'aigua està relacionada amb el grau d'eutrofització, característica que poc sovint presentaran les fonts, ja l'aigua d'aquestes està en constant moviment. Els escenaris ideals per l'eutrofització són les aigües estancades. Es pot afirmar, que pel que fa a nivell de fosfats, les aigües analitzades presenten característiques òptimes per al consum humà.

9.5.13. Duresa

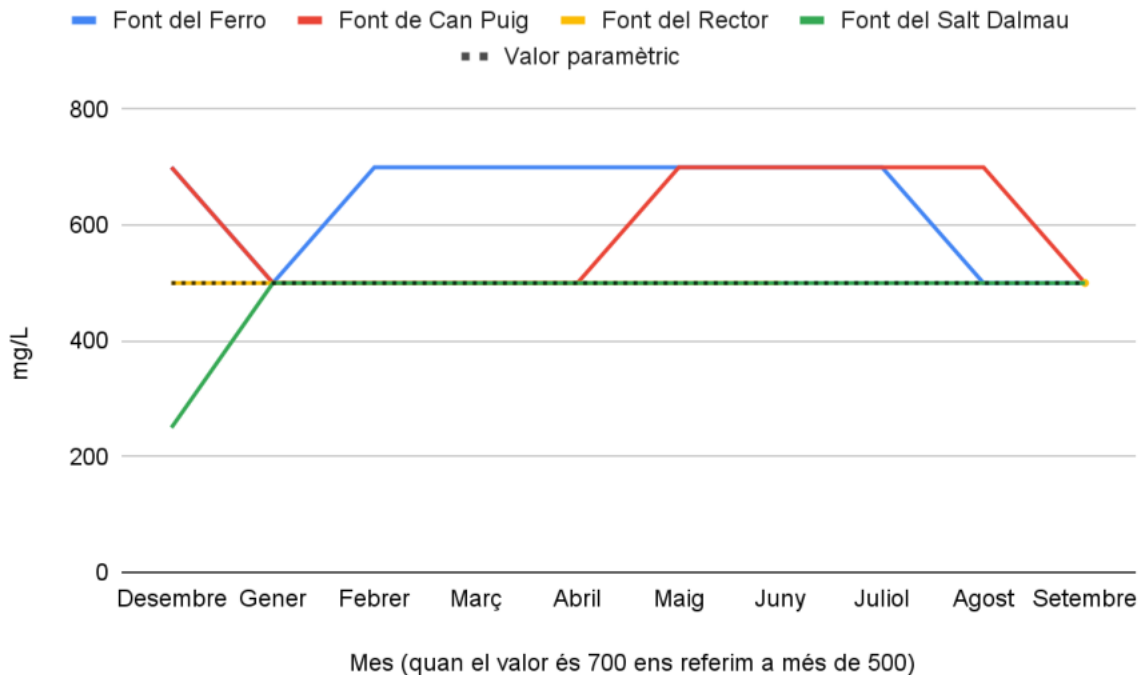


Figura 95: Gràfic comparatiu de duresa.

El valor màxim permès de duresa per a considerar que l'aigua és apta per al consum humà és de 500 mg/L. En el següent gràfic, on es veu representat el valor de la duresa al llarg de l'any en les diferents fonts, s'observa que la Font del Ferro i la Font de Can Puig prenen valors molt elevats, superant en la majoria de casos els 500 mg/L. Les altres dues fonts no superen els 500 mg/L, però també presenten valors molt elevats. Les aigües de tot el Pla de l'Estany presenten un grau de duresa elevat a causa de la geologia de la conca lacustre i la seva mineralització és important. Tot i que no estan clars els efectes a curt i llarg termini de les aigües dures, la normativa no considera potables les que superen el límit ja mencionat.

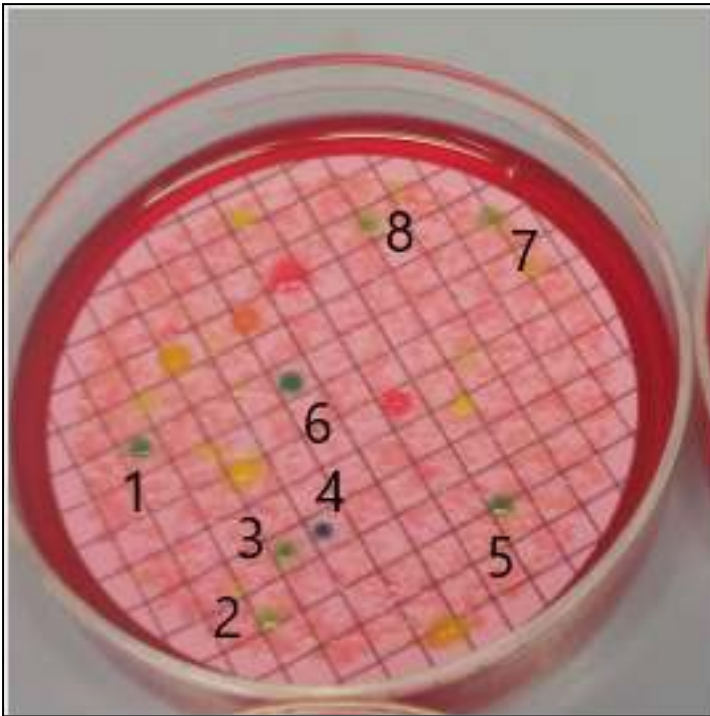
9.6. *Altres resultats microbiològics*

La idea inicial de les pràctiques que es durien a terme en el laboratori era l'anàlisi únicament de les mostres de les quatre fonts estudiades. Pràcticament en tots els recomptes de colònies indicadores de contaminació de l'aigua de les *mostres tipus* el valor era menor a una UFC. Era una molt bona notícia.

Per tal de fer una comparativa per veure quins serien els resultats en aigües realment contaminades, el Dr. Frederic Gich que tutoritzava el treball al laboratori va proposar fer l'anàlisi de mostres d'aigua d'altres indrets amb possible contaminació. Els escollits varen ser dos pous de domicilis particulars situats a Camós i Porqueres i dos punts de l'Estany de Banyoles, on a priori, ja hi havia la presumpció de contaminació microbiològica, ja que es tractava d'aigües més estancades a diferència de l'aigua de les fonts que fluïa.

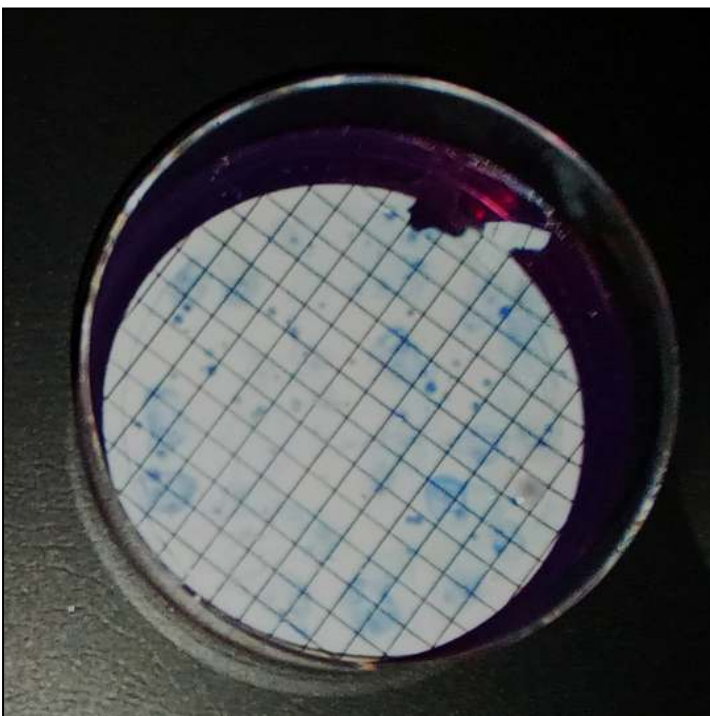
Les mostres de l'Estany i dels pous van ser recollides i analitzades el 14 de desembre de 2022.

9.6.1. Estany (14/12/2022)



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Coliformes totals	Coliformes totals
>200 UFC	>200 UFC
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
6 UFC	8 UFC

Figura 96: Cultiu coliformes totals Estany (mostra 2).



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Clostridis	Clostridis
14	52
<i>Clostridium perfringens</i> confirmats	<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC	<1 UFC

Figura 97: Cultiu clostridis Estany (mostra 2).

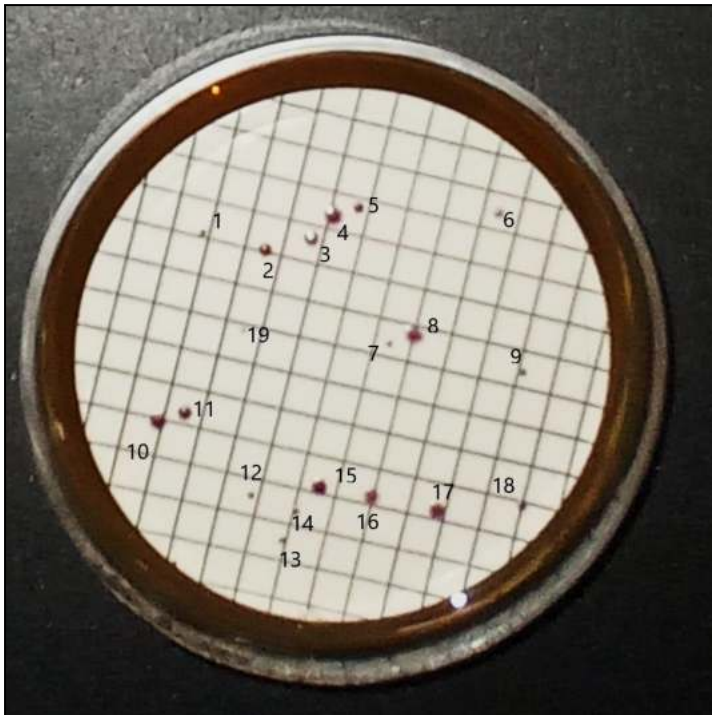


Figura 98: Cultiu enterococs fecals Estany (mostra 2).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Enterococs fecals presumptius	Enterococs fecals presumptius
25	19
Enterococs fecals confirmats	Enterococs fecals confirmats
11	9



Figura 99: Cultiu aerobis mesòfils Estany (mostra 1).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Aerobis mesòfils	Aerobis mesòfils
1098	977

Anàlisi de resultats Estany

A l'Estany s'aboquen molts residus contaminants: la benzina utilitzada per les motores dels esports nàutics, l'aigua de les rieres o recs d'entrada, la població excessiva de gavians, o la poca consciència d'algunes persones en tirar brossa a l'aigua. Aquests i altres agents fan que a l'Estany hi hagi concentracions elevades de compostos orgànics i inorgànics, que són el cultiu ideal per molts microorganismes.

Els resultats dels cultius mostren que pràcticament tots els indicadors de contaminació microbiana superen àmpliament els valors màxims. Les colònies de coliformes són molt abundants i així com abunden les colònies d'*E. Coli*. Altes concentracions d'enterococs fecals i d'aerobis mesòfils, destacant especialment la presència d'aquest segon, on dobla la concentració màxima permesa. L'etiqueta d'aerobis mesòfils inclou moltes espècies de bacteris.

El valor de les colònies de clostridis és més acceptable i en cap de les dues mostres de l'Estany no hi ha presència de *Clostridium perfringens*.

Aquests cultius confirmen que la mostra d'aigua de l'Estany de Banyoles no és apta per al consum humà.

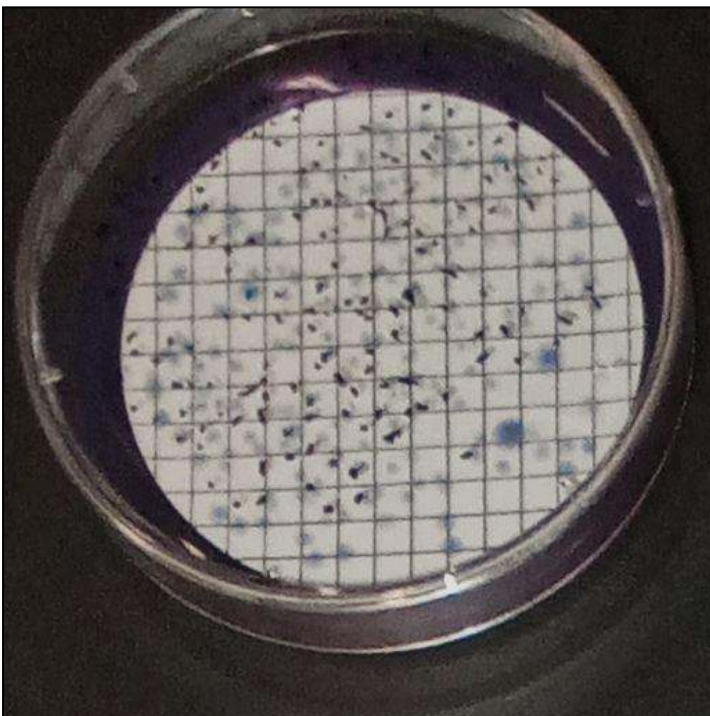
9.6.2. Pous (14/12/2022)

Pou 1 (Carrer Vilarnau, Camós) - David



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Coliformes totals	Coliformes totals
>200 UFC	>200 UFC
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
1 UFC	1 UFC

Figura 100: Cultiu coliformes totals Pou 1 (mostra 1).



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Clostridis	Clostridis
116	207
<i>Clostridium perfringens</i> confirmats	<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC	3 UFC

Figura 101: Cultiu clostridis Pou 1 (mostra 1).

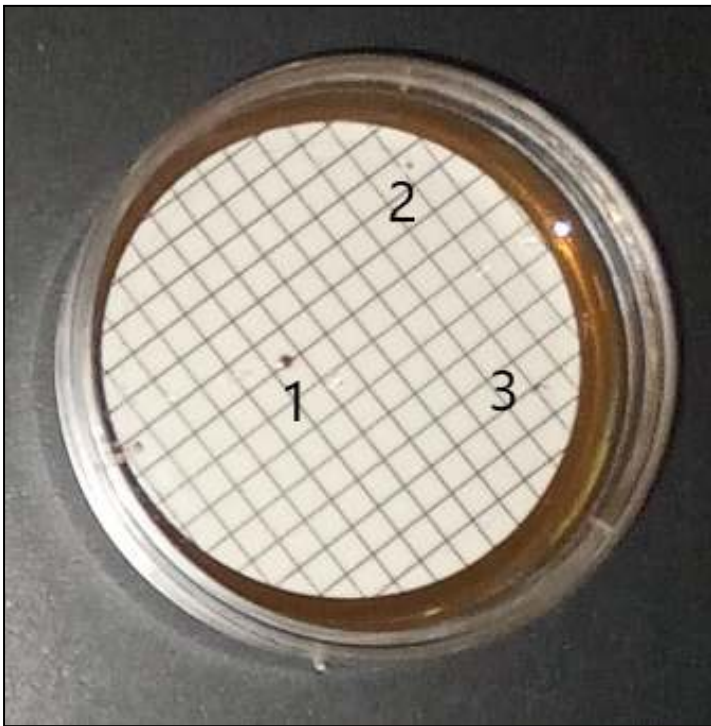


Figura 102: Cultiu enterococs fecals Pou 1 (mostra 2).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Enterococs fecals presumptius	Enterococs fecals presumptius
11	9
Enterococs fecals confirmats	Enterococs fecals confirmats
2	3



Figura 103: Cultiu aerobis mesòfils Pou 1 (mostra 2).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Aerobis mesòfils	Aerobis mesòfils
445	514

Anàlisi de resultats Pou 1

L'estancament de les aigües en els pous que no estan tractats fan preveure que, en realitzar cultius, la concentració de microorganismes indicadors de contaminació que es puguin trobar siguin, inevitablement, molt elevades.

Els resultats dels cultius mostren que pràcticament tots els indicadors de contaminació microbiològica estan molt per sobre del límit permès. Igual que a l'Estany les colònies se sobreposen unes amb les altres pel que fa als coliformes totals, tot i que no hi ha presència d'*E. coli*. Els enterococs fecals i els aerobis mesòfils superen també els valors màxims permesos però no tan accentuadament com a les aigües de l'Estany. El més preocupant és l'elevat nombre de colònies de clostridis, i especialment la presència de *Clostridium perfringens*, que cal recordar que és un bacteri molt perjudicial. L'anàlisi microbiològica de les mostres d'aigua del pou 1 indica que tampoc són aptes per al consum humà.

Pou 2 (Carretera de Camós, Porqueres) - Joan



Figura 104: Cultiu coliformes totals Pou 2 (mostra 1).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Coliformes totals	Coliformes totals
>200 UFC	>200 UFC
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
1 UFC	<1 UFC

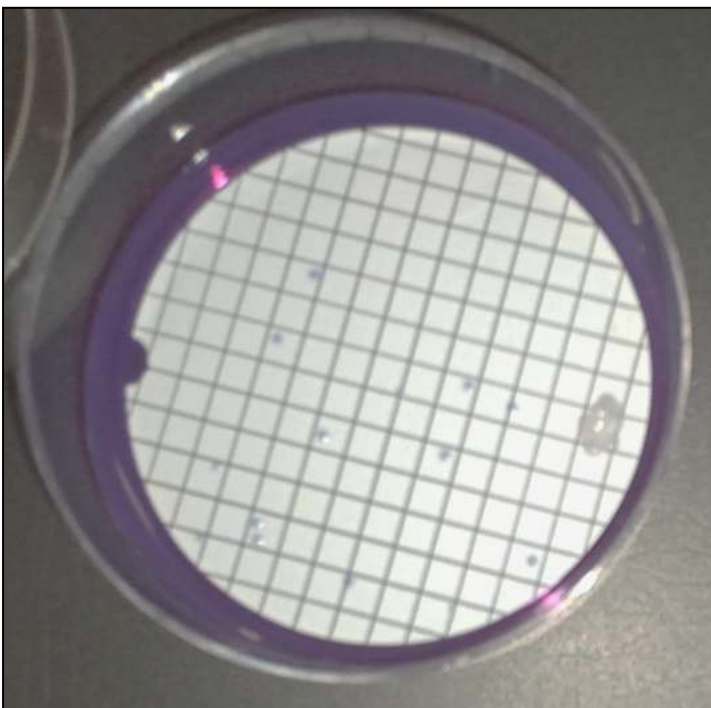
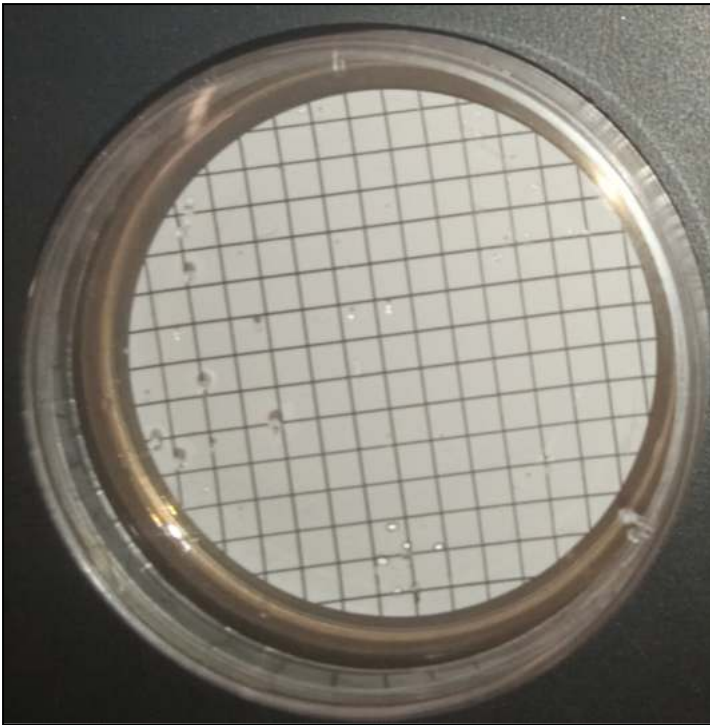


Figura 105: Cultiu clostridis Pou 2 (mostra 2).

MOSTRA 1	MOSTRA 2
Clostridis	Clostridis
22	18
<i>Clostridium perfringens</i> confirmats	<i>Clostridium perfringens</i> confirmats
<1 UFC	<1 UFC



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Enterococs fecals presumptius	Enterococs fecals presumptius
<1 UFC	<1 UFC
Enterococs fecals confirmats	Enterococs fecals confirmats
<1 UFC	<1 UFC

Figura 106: Cultiu enterococs fecals Pou 2 (mostra 1).



MOSTRA 1	MOSTRA 2
Aerobis mesòfils	Aerobis mesòfils
509	563

Figura 107: Cultiu aerobis mesòfils Pou 2 (mostra 1).

Anàlisi de resultats Pou 2

Els resultats de l'estudi microbiològic del pou 2 es preveien similars als resultats del pou 1, pel fet que tots dos són pous amb característiques similars d'aigües estancades i no tractades.

S'observa també la presència d'aerobis mesòfils superant el valor màxim permès de 500 UFC, però els valors no són tan elevats com en el pou 1. La concentració de coliformes totals també és molt elevada, superant els màxims permesos.

Pel que fa als clostridis, inclòs *Clostridium perfringens*, els valors són negatius. No es detecta la presència d'enterococs fecals. Això possiblement és pel fet que no es detecten filtracions d'aigües contaminades fecals o animals properes al pou 2, però no es poden descartar al pou 1.

L'anàlisi microbiològica del pou 2 indica que en aquest cas les mostres d'aigua tampoc són aptes per al consum humà.

CONCLUSIONS

Una vegada finalitzada la recerca bibliogràfica i a partir dels resultats obtinguts en la fase experimental es pot concloure respecte a les hipòtesis plantejades a l'inici de l'estudi:

HIPÒTESI 1:

Potser pertànyer a la mateixa conca hidrogràfica determina moltes similituds en les característiques fisicoquímiques de l'aigua de les fonts estudiades.

Els resultats de les anàlisis dels paràmetres fisicoquímics mostren que, tot i que alguns paràmetres presenten algunes variacions (nitrats i ferro), es pot afirmar que les característiques de l'aigua de les fonts estudiades, en general, són molt similars. Aquest fet, tal com es detalla en el marc teòric, és degut a pertànyer a la mateixa conca lacustre que determina la hidrogeologia característica de l'Estany i les fonts.

Hipòtesi confirmada

HIPÒTESI 2:

Potser les aigües de les fonts estudiades presenten una duresa molt elevada pel fet que es troben en una conca lacustre d'origen càrstic.

Es pot apreciar en el gràfic de duresa, que en general totes les fonts presenten uns valors molt elevats, similars o superiors als 500 mg/l (valor paramètric). Aquest elevat valor s'explica per l'origen càrstic de la conca, tal com s'ha assenyalat en el marc teòric. L'aigua subterrània que sorgeix a la superfície alimentant les fonts ha ascendit des de les roques calcàries del subsol dissolent els guixos de les capes intermèdies i ha sigut determinant per explicar aquesta elevada duresa.

Hipòtesi confirmada

HIPÒTESI 3:

Potser els valors dels paràmetres fisicoquímics de les fonts presenten variabilitat durant l'interval de temps estudiats.

Observant els resultats dels diferents paràmetres així com els diferents gràfics es pot apreciar que hi ha variacions significatives al llarg del temps dels diferents valors.

Els valors de pH, conductivitat i sulfits per exemple presenten una variabilitat menor i es pot apreciar molta variabilitat per exemple en les concentracions d'oxigen, nitrats i ferro. L'origen de la variabilitat rau possiblement en diferents factors com ara la pluviositat, el període vegetatiu dels cultius, la fertilització dels camps, la temperatura atmosfèrica, etc.

Hipòtesi confirmada

HIPÒTESI 4:

Potser la temperatura de l'aigua de les fonts estudiades presenta un augment significatiu durant els mesos d'estiu.

El gràfic de temperatura de les diferents fonts ens permet apreciar que durant els mesos de juny i juliol l'aigua assoleix un elevat valor de temperatura respecte als mesos anteriors. A l'agost i setembre es detecta un lleuger descens però mantenint-se dins un rang elevat de temperatures. El valor de temperatura durant els mesos d'estiu és superior als 20 °C, mentre que durant la resta de l'any oscil·la entre els 15 i 20 °C.

Hipòtesi confirmada

HIPÒTESI 5:

Potser la Font del Ferro presentarà una concentració més elevada d'aquest element.

Pot advertir-se, en les taules i els gràfics que fan referència a la concentració del ferro que, aquesta, és molt més elevada a la Font del Ferro que a la resta de fonts. Malgrat tot, la presència de Ferro en l'aigua de fonts naturals és un fet habitual. S'aprecia que en la resta de fonts estudiades el valor oscil·la al voltant d'1 mg/L en molts casos, i especialment en la Font de Rector, que és la més propera la Font del Ferro. Ambdues es troben en contacte amb les margues i argiles, origen del ferro.

Hipòtesi confirmada**HIPÒTESI 6:**

Potser l'aigua de les fonts estudiades és apta per al consum humà.

Els resultats de les *mostres tipus* del 13 de desembre de 2023 obtingudes a partir de l'estudi microbiològic i dels paràmetres fisicoquímics mostren que l'aigua de la Font del Rector i la Font del Salt Dalmau són aptes per al consum humà, ja que no superen en cap cas els valors paramètrics.

L'aigua de la Font del Ferro no és apta perquè la quantitat de ferro era de 3 mg/L i la de la duresa de més de 500 mg/L, superant doncs en aquests paràmetres el límit autoritzat.

Per altra banda, la Font de Can Puig no és potable perquè superava els límits permesos pel que fa als nitrats, amb 100 mg/L, el ferro, amb 1 mg/L i la duresa, amb més de 500 mg/L.

Hipòtesi confirmada en el cas de la Font del Rector i la Font del Salt Dalmau.

Hipòtesi refutada en el cas de la Font del Ferro i la Font de Can Puig.

HIPÒTESI 7:

Potser l'aigua de les fonts estudiades presenta contaminació d'origen antropogènic.

Els compostos nitrogenats presents a l'aigua de les fonts: amoni, nitrats i principalment nitrats, són els indicadors de contaminació d'origen antropogènic.

Es pot apreciar en els gràfics que aquests compostos, principalment els nitrats, superen en alguns casos els límits permessos, indicant contaminació. En les fonts de Can Puig i del Salt Dalmau, fonts més properes a camps de conreus, es fa més evident aquest fet.

Per contra, a les fonts del Rector i del Ferro, en general, no es detecta que els valors dels compostos nitrogenats superin els valors paramètrics, tot i presentar-ne quantitats reduïdes.

Hipòtesi confirmada en el cas de la Font de Can Puig i la Font del Salt Dalmau.

Hipòtesi refutada en el cas de la Font del Rector i la Font del Ferro.

HIPÒTESI 8:

Potser a les fonts hi ha menys microorganismes contaminants que a l'Estany i als pous perquè és aigua corrent en lloc d'estancada.

S'observa que a les *mostres tipus* de les fonts, tots els valors de l'estudi microbiològic estan dins els límits permessos. De fet, la majoria de cultius no presenten cap colònia. En canvi, en les mostres d'aigua de l'Estany i dels pous hi ha molta més presència de microorganismes contaminants. El fet de ser aigua estancada, podria ser una de les causes d'aquests valors tan alts, ja que proporciona unes condicions més adequades per la proliferació d'aquests tipus de microorganismes. Les *mostres tipus* de les fonts són totes potables pel que fa a l'estudi microbiològic, contrastant amb les mostres de l'Estany i pous, que cap és adequada per al consum humà.

Hipòtesi confirmada

VALORACIÓ FINAL

Quan vaig iniciar el projecte de recerca sobre les Fonts del Pla de l'Estany feia 4t d'ESO i no podia arribar a imaginar el llarg camí que recorreria aquella llavor.

Per dur a terme aquest projecte, han calgut més hores de dedicació i paciència del que hom pensa que necessitarà inicialment. Descobrir el funcionament de l'aparell per analitzar les mostres, centenars d'anàlisis, cada mes, moltes hores als laboratoris de la UdG i moltes tardes intentant esbrinar les propietats d'aquest compost tan especial, l'aigua. I una vegada totes les dades recollides, donar forma a aquell munt d'informació. Tot plegat ha fet que aquest projecte hagi sigut el meu company de viatge aquests gairebé dos anys.

Mesurar els paràmetres fisicoquímics estava al meu abast, però l'estudi microbiològic, amb medis selectius i aparells especials, no es trobava inicialment dins les meves possibilitats. Sortosament, em va aparèixer l'oportunitat de realitzar aquests estudis als laboratoris de la UdG. Em va permetre conèixer les tècniques per a realitzar els estudis microbiològics i dur-les a terme.

Si hagués disposat de més temps i recursos m'hauria agradat realitzar també l'estudi microbiològic de forma mensual, per tenir un seguiment de la potabilitat, però no va ser possible.

Al llarg del treball també m'han aparegut noves qüestions les quals m'hagués agradat poder-hi prestar atenció com ara: **“Quin és el recorregut que ha fet l'aigua fins a arribar a les fonts?”** o **“Quines diferències fisicoquímiques i microbiològiques presenten les fonts naturals respecte a les fonts que estan connectades a la xarxa pública?”**

També m'hauria agradat dut a terme un estudi estadístic comparant els resultats obtinguts en les meves anàlisis i els resultats cedits per Aigües de Banyoles, que consten a la bibliografia, per veure amb quin marge d'error es treballa quan els instruments i materials de mesura no són els utilitzats en un laboratori professional.

Malgrat tot, les anàlisis cedides m'han ajudat a comprovar que els valors obtinguts en els mostrejos eren similars.

No obstant les possibles millores, quan veig totes les pàgines que hi ha darrere d'aquesta valoració, no puc evitar enorgullir-me de la feina feta. Aquella llunyana idea ha esdevingut una realitat, reflectida en aquest treball.

Durant la realització he adquirit coneixements, he après mètodes per fer unes pràctiques seguint procediments apropiats, per extreure conclusions que s'adeqüin a la realitat, així com experimentar què significa treballar en un laboratori científic i sobretot, a adaptar-me al que tinc, buscar noves solucions, aprofitar allò de què dispo, i a tenir molta paciència quan les coses no surten com un hauria desitjat.

Per tots els fronts que han quedat oberts i els que encara manquen per descobrir, el treball mereix tenir una continuïtat per esbrinar una mica més sobre aquest element tan comú als nostres paisatges, però que moltes vegades cau en l'oblit: les nostres fonts.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

A continuació trobareu les referències bibliogràfiques d'on s'ha extret la informació pel treball. Estan citades seguint l'Estil APA proposat per la Universitat de Girona.

WEBGRAFIA:

Agua fría (2015) *Historia de las fuentes de agua*
<https://www.aguafria.es/blog/historia-de-las-fuentes-de-agua/>

[Data de consulta: 28/02/2023]

Ambientalys (s.d) *Parámetros microbiológicos controlados en agua de consumo: enterococos*
<https://www.ambientalys.com/parametros-aguas-enterococos>

[Data de consulta: 15/08/2023]

Ambientum (2022) *Dureza de las aguas*
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/dureza_de_aguas.asp#:~:text=La%20reglamentaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20sanitaria%20espa%C3%B1ola,mq%2F%20CaCO3%2C%2050%C2%BAf

[Data de consulta: 20/03/2023]

BOE (2023) *Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.*

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-628

[Data de consulta: 29/06/2023]

Brusi, David (s.d) *Hidrogeología y dinámica sedimentaria del sistema lacustre de Banyoles.*

Geocamp

<http://www.geo-camp.net/geologuies/llistat/hidrogeologia-y-dinamica-sedimentaria-del-sistema-lacustre-banyoles>

[Data de consulta: 25/05/2023]

Camos.cat (s.d) *La riera Matamors*

<https://camos.cat/coneix/llocs-dinteres/el-riu-matamors/>

[Data de consulta: 10/08/2023]

Carbotecnia (2021) *Bacterias coliformes en el agua potable*

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>

[Data de consulta: 10/02/2023]

Cuidate más (2023) *Qué son los sulfitos y porque se añaden a los alimentos*

<https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/nutricion/2019/03/25/son-sulfitos-anaden-alimentos-169909.html>

[Data de consulta: 14/07/2023]

Dane.gov (s.d) *FICHA TECNICA Sistema de Información del Medio Ambiente*

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Odisuelto.pdf>

[Data de consulta: 12/06/2023]

Digesa (s.d) *Parámetros organolépticos*

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

[Data de consulta: 12/05/2023]

Enciclopèdia.cat (s.d) *Aigua*

<https://www.enciclopedia.cat/gran-enciclopedia-catalana/aigua-0>

[Data de consulta: 11/04/2023]

Gencat (s.d) *La conca lacustre de Banyoles-Besalú*
https://mediambient.gencat.cat/web/contenut/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/inventari_despais_dinteres_geologic/consulta_de_les_fitxes_descriptives_dels_eig/documentos/211_descrip.pdf

[Data de consulta: 15/09/2023]

Hach (s.d) *Amoniaco y amonio*
<https://es.hach.com/parameters/ammonia>

[Data de consulta: 16/09/2023]

Ibancovichi, Andrea (2015) *¿Sabes que les pasa a las monedas que lanzas a una fuente?* The Happening
<https://thehappening.com/que-pasa-monedas-de-fuente/>

[Data de consulta: 16/03/2023]

Idescat (2022) *Anuari estadístic meteorologia i temperatura*
<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15192&lang=es>

[Data de consulta: 09/08/2023]

Idescat (2021) *Pluviometria. Precipitació mensual i anual*
<https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=15195&t=202100>

[Data de consulta: 10/08/2023]

Interempresas (2010) *Eliminación y determinación de fosfato*
<https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>

[Data de consulta: 19/06/2023]

Labprocess (s.d) *¿Cuáles son las unidades de la Turbidez?*

<https://www.labprocess.es/cuales-son-las-unidades-de-la-turbidez>

[Data de consulta: 07/07/2023]

Limnos (2020) *L'aigua que bevem (1a part)*. L'Ham
<https://lham.net/aigua1/>

[Data de consulta: 13/05/2023]

Luckonchang, Emaad (2019) *Gangrena gaseosa*. Slideshare
<https://es.slideshare.net/EmaadLuckonchang/gangrena-gaseosa-slideshare-151622626>

[Data de consulta: 20/05/2023]

Mundo estudiante (2023) *Enlace covalente polar y apolar*
<https://www.mundoestudiante.com/enlace-covalente/> [Data de consulta: 14/04/2023]

Museus de Banyoles (s.d) *La conca lacustre de l'Estany*
<https://www.museusdebanyoles.cat/darder/Descobrieix-el-Patrimoni/La-conca-lacustre-de-l'Estany/Estany-de-Banyoles>

[Data de consulta: 25/12/2022]

Quimica.es (s.d) *Coliforme*
<https://www.quimica.es/enciclopedia/Coliforme.html>

[Data de consulta: 20/08/2023]

Quimica.es (s.d) *pH*
<https://www.quimica.es/enciclopedia/PH.html>

[Data de consulta: 14/07/2023]

Setembre (2019) *L'estat de les fonts d'Osona i el Lluçanès, en caiguda lliure*
<https://www.elsetembre.cat/noticia/668/estat/fonts/osona/llucanes/caiguda/lliure>

[Data de consulta: 21/01/2023]

UCM (s.d) *Quemaduras químicas*
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/420-2014-02-07-QUEMADURAS-QUIMICAS-8Enero-2013.pdf>

[Data de consulta: 25/02/2023]

Universitat de Girona (s.d) *Guió_MTA_2022-23*
<https://docs.google.com/document/d/13GZ1L5LTMCRWbR8itKsLVnhFhgieDxGG/edit?usp=sharing&oid=110797831522943692454&rtpof=true&sd=true>
[Data de consulta: 15/09/2023]

Xtec (s.d) *Salvem la Terra*

<http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/dol%E7a2.htm>

[Data de consulta: 15/11/2023]

Xtec (s.d) *Tensió superficial: Explicacions*
<http://www.xtec.cat/~mgisbert/f2/nlena/tsexplic.htm>

[Data de consulta: 03/06/2023]

LLIBRES:

- Armengol, J, Costa, E, Soriano, T (2007) *El Pla de l'Estany Entorn lacustre i patrimoni*. Competium

- Casadevall, R, Pontacq, J (2017) *Les fonts del Pla de l'Estany Volum II*. Rigau Editors

- Estragués, E, Estragués, G (2014) *Les fonts del Pla de l'Estany Volum I*. Rigau Editors

- Schlegel, H (1997) *Microbiologia General*. Omega

- Armengol, J, Hereu, M (2006) *Microorganismes de l'Estany de Banyoles*. Lith Gràfiques

CARPETA AMB LES ANÀLISIS DE LES FONTS CEDIDES PER AIGÜES BANYOLES:

[Anàlisis Aigües Banyoles](#)



FIGURES

Figura 1: Ciutat de Londres emergida al costat del riu Tàmesi.

<http://andreslorenzo.com/reino-unido-puertas-que-se-abren-cerca-de-espana>

Figura 2: Representació de la molècula d'aigua.

<https://docplayer.es/30525566-Los-bioelementos-c-h-o-n-p-s-primarios-secundarios-ca-na-k-bioelementos-i-fe-li-oligoelementos-biomoleculas-s.html>

Figura 3: Representació de la molècula d'aigua en els diferents estats.

<https://www.pinterest.es/pin/350788258453960721/>

Figura 4: Ponts d'hidrogen de la molècula d'aigua.

https://es.wikiversity.org/wiki/F%C3%ADsica_Biol%C3%B3gica_PCLF/El_agua

Figura 5: Canvis d'estats de l'aigua.

<http://biomonquer.blogspot.com/2014/04/canvis-des-tat.html>

Figura 6: Gràfica de la densitat de l'aigua

(considerant-la destil·lada) respecte a la temperatura.

https://www.researchgate.net/figure/Density-variation-of-pure-water-as-a-function-of-the-temperature-obtained-with-the_fig1_251277722

Figura 7: Imatge d'espècies vivint sota la protecció del gel.

https://www.chemistryworld.com/podcasts/antifreeze-glycoproteins/7627_article

Figura 8: Dos sabaters, insectes que aprofiten la tensió superficial per desplaçar-se per damunt de l'aigua.

<https://www.wikiwand.com/es/Heteroptera>

Figura 9: Gràfiques sobre la distribució d'aigua.

<https://es.slideshare.net/pacozamora1/tema-4-la-hidrosfera>

Figura 10: Imatge d'un abocament en un riu.

<https://www.pinterest.es/pin/679058450054247929/>

Figura 11: Bomba d'extracció d'aigua subterrània.

<https://consultoraderiegos.com/>

Figura 12: Jar Test per fer proves de coagulants i floculants.

<https://www.aigues.net/el-tratamiento-de-potabilizacion/>

Figura 13: Decantador d'Aigües de Barcelona.

<https://www.aigues.net/el-tratamiento-de-potabilizacion/>

Figura 14: Ozonitzador en una ETAP.

<https://www.aigues.net/el-tratamiento-de-potabilizacion/>

Figura 15: Estació de bombament.

<https://www.aigues.net/el-tratamiento-de-potabilizacion/>

Figura 16: Imatge aèria de la depuradora de Cornellà del Terri.

<https://www.abm.cat/proj/eliminacio-biologica-de-nutrientes-i-ampliacio-del-tractament-de-la-depuradora-de-banyoes/>

Figura 17: Pantà de Sau, un dels principals embassaments a Catalunya.

https://www.65ymas.com/ocio/viajes/10-pueblos-de-espana-sumergidos-bajo-el-agua_3296_102.html

Figura 18: Estat de les reserves d'aigua als embassaments en data 23 de setembre del 2023.

<https://sequera.gencat.cat/ca/estat-actual/estat-de-es-reserves-daigua-als-embassaments/>

Figura 19: Gràfica amb les dades del nivell de l'Estany de Banyoles des del 2005 fins al 2020, preses pel Meteobanyoles.

<https://www.meteobanyoles.com/nivell.htm>

Figura 20: Zona de dessalinització del Baix Llobregat, la principal de tot Catalunya.

https://www.atl.cat/es/desalinizadora-del-llobregat_2458

Figura 21 : Imatge de l'Estany de Banyoles, on es diferencia a la banda dreta Banyoles i a la banda esquerra Porqueres.

https://es.wikipedia.org/wiki/Lago_de_Ba%C3%B1olas#/media/Archivo:Aerea_estany_de_banyoles.png

Figura 22: Dibuix del funcionament del sistema càrstic del Pla de l'Estany.

<https://www.museusdebanyoles.cat/darder/Descobrir-el-Patrimoni/La-conca-lacustre-de-l'Estany/El-sistema-carstic>

Figura 23: Imatge de l'Estanyol de la Cendra.

<https://www.museusdebanyoles.cat/EL-TERRITORI/Patrimoni-natural/Hidrografia/Estanyols-de-la-Cendra-i-Montalt>

Figura 24: Imatge de l'Estanyol de Can Sisó als anys 90.

<https://www.museusdebanyoles.cat/darder/Descobrir-el-Patrimoni/La-conca-lacustre-de-l'Estany/El-sistema-carstic-i-el-color-de-l'aigua>

Figura 25: Imatge de l'Estany d'Espolla, un fenomen de la naturalesa.

<https://turisme.plaestany.cat/rutes-3/rutes-de-senderisme/>

Figura 26: Imatge del Salt Dalmau, Camós. A la dreta es troba la font.

<https://camos.cat/coneix/llocs-dinteres/font-de-sant-dalmau/>

Figura 27: Font de l'Hort del Clot, Sant Miquel de Campmajor. Fotografia extreta del llibre Fonts del Pla de l'Estany Volum II.

Figura 28: Font de Garrabà, Camós. Fotografia extreta del llibre Fonts del Pla de l'Estany Volum II.

Figura 29: Mina de Can Paperina, Crespià. Fotografia extreta del llibre Fonts del Pla de l'Estany Volum II.

Figura 30: Font de Ritort, Sant Miquel de Campmajor. Fotografia extreta del llibre Fonts del Pla de l'Estany Volum II.

Figura 31: Representació del nombre de fonts per municipi del Pla de l'Estany. Font: pròpia.

Figura 32: Ubicació de les fonts estudiades del Pla de l'Estany sobre mapa. Font: pròpia.

Figura 33: Font del Ferro. Font: pròpia.

Figura 34: Font de Can Puig. Font: pròpia.

Figura 35 i 36: Font del Rector. Font: pròpia.

Figura 37: Font del Salt Dalmau. Font: pròpia.

Figura 38 i 39: Font Pudosa. Font: pròpia.

Figura 40: Fotografia de les zones vulnerables de la demarcació de Girona segons el Punt Avui.

<https://www.elpuntavui.cat/societat/article/5-societat/1647384-els-nitrats-dels-purins-envaeixen-el-pla-de-l-estany.html>

Figura 41: Imatge de la font de la Nejarine, a Fes, Marroc, on un infant emplena l'aigua.

https://www.paesionline.it/marocco/foto-immagini-foto/105201_fontaine_nejarine

Figura 42: Fotografia del bacteri *E.coli* en un medi de cultiu.

<http://www.info-farmacia.com/microbiologia/bacterias-multirres>

Figura 43: Imatge d'una colònia d'*Enterococcus faecalis*.

https://es.wikipedia.org/wiki/Enterococcus_faecalis

Figura 44: Bacteris mesòfils en un medi aquós.

<https://esa.animalia-life.club/bacterias-mes%C3%B3filas>

Figura 45: Embut de filtració. Font: pròpia.

Figura 46: Vapor d'hidròxid d'amoni. Font: pròpia.

Figura 47: Medis de cultiu i filtres. Font: pròpia.

Figura 48: Ús de la macropipeta. Font: pròpia.

Figura 49: Fotografia de l'ampolla d'1 litre utilitzada per mesurar el cabal. Font: pròpia.

Figura 50: Fotografia pròpia de l'aparell utilitzat per mesurar la temperatura i el seu sensor. Font: pròpia.

Figura 51: Fotografia pròpia de l'aparell utilitzat per mesurar la conductivitat i el seu sensor. Font: pròpia.

Figura 52: Imatge d'alguns valors comuns que pren el pH en diferents substàncies.

<https://sciencelab.prateducacio.com/2020/05/indicadors-naturals.html>

Figura 53: Fotografia de l'aparell utilitzat amb el sensor de pH. Font: pròpia.

Figura 54: Fotografia de l'aparell utilitzat per mesurar la concentració d'oxigen i el seu sensor. Font: pròpia.

Figura 55: Aparell utilitzat per mesurar la salinitat i el seu sensor. Font: pròpia.

Figura 56: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar l'amoni. Font: pròpia.

Figura 57: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar nitrats. Font: pròpia.

Figura 58: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar nitrits. Font: pròpia.

Figura 59: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar sulfits. Font: pròpia.

Figura 60: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar ferro. Font: pròpia.

Figura 61: Aigües tranquil·les en estat d'eutrofització, amb una munió d'algues a la superfície.

<https://www.pinterest.es/pin/597852919257834388/>

Figura 62: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar fosfats. Font: pròpia.

Figura 63: Imatge del pot amb tires reactives per mesurar duresa. Font: pròpia.

Figura 64: Imatge de la roda creada per la IWA.

http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_olors_y_sabores.htm

Figura 65: Imatge de quatre mostres d'aigua amb els seus respectius valors de terbolesa, mesurats en UNFs.

<https://crfinstruments.com/aplicaciones/agua-potable/>

Figura 66: Imatge del recomptador de colònies. Font: pròpia.

Figura 67: Cultiu coliformes totals Font del Ferro. Font: pròpia.

Figura 68: Cultiu clostridis Font del Ferro. Font: pròpia.

Figura 69: Cultiu enterococs fecals Font del Ferro. Font: pròpia.

Figura 70: Cultiu aerobis mesòfils Font del Ferro. Font: pròpia.

Figura 71: Cultiu coliformes totals Font de Can Puig. Font: pròpia.

Figura 72: Cultiu clostridis Font de Can Puig. Font: pròpia.

Figura 73: Cultiu enterococs fecals Font de Can Puig. Font: pròpia.

Figura 74: Cultiu aerobis mesòfils Font de Can Puig. Font: pròpia.

Figura 75: Cultiu coliformes totals Font del Rector. Font: pròpia.

Figura 76: Cultiu clostridis Font del Rector. Font: pròpia.

Figura 77: Cultiu enterococs fecals Font del Rector. Font: pròpia.

Figura 78: Cultiu aerobis mesòfils Font del Rector. Font: pròpia.

Figura 79: Cultiu coliformes totals Font del Salt Dalmau. Font: pròpia.

Figura 80: Cultiu clostridis Font del Salt Dalmau. Font: pròpia.

Figura 81: Cultiu enterococs fecals Font del Salt Dalmau. Font: pròpia.

Figura 82: Cultiu aerobis mesòfils Font del Salt Dalmau. Font: pròpia.

Figura 83: Gràfic comparatiu del cabal. Font: pròpia.

Figura 84: Gràfic comparatiu de la temperatura. Font: pròpia.

Figura 85: Gràfic comparatiu de la conductivitat. Font: pròpia.

Figura 86: Gràfic comparatiu de pH. Font: pròpia.

Figura 87: Gràfic comparatiu de concentració d'oxigen. Font: pròpia.

Figura 88: Gràfic comparatiu de salinitat. Font: pròpia.

Figura 89: Gràfic comparatiu de concentració d'amoni. Font: pròpia.

Figura 90: Gràfic comparatiu de concentració de nitrats. Font: pròpia.

Figura 91: Gràfic comparatiu de concentració de nitrats. Font: pròpia.

Figura 92: Gràfic comparatiu de concentració de sulfats. Font: pròpia.

Figura 93: Gràfic comparatiu de concentració de ferro. Font: pròpia.

Figura 94: Gràfic comparatiu de concentració de fosfats. Font: pròpia.

Figura 95: Gràfic comparatiu de duresa. Font: pròpia.

Figura 96: Cultiu coliformes totals Estany (mostra 2). Font: pròpia.

Figura 97: Cultiu clostridis Estany (mostra 2). Font: pròpia.

Figura 98: Cultiu enterococs fecals Estany (mostra 2). Font: pròpia.

Figura 99: Cultiu aerobis mesòfils Estany (mostra 1). Font: pròpia.

Figura 100: Cultiu coliformes totals Pou 1 (mostra 1). Font: pròpia.

Figura 101: Cultiu clostridis Pou 1 (mostra 1). Font: pròpia.

Figura 102: Cultiu enterococs fecals Pou 1 (mostra 2). Font: pròpia.

Figura 103: Cultiu aerobis mesòfils Pou 1 (mostra 2). Font: pròpia.

Figura 104: Cultiu coliformes totals Pou 2 (mostra 1). Font: pròpia.

Figura 105: Cultiu clostridis Pou 2. Font: pròpia.

Figura 106: Cultiu enterococs fecals Pou 2. Font: pròpia.

Figura 107: Cultiu aerobis mesòfils Pou 2. Font: pròpia.

ANNEXOS

Annex A

Guió de pràctiques UdG

1. ANÀLISI MICROBIOLÒGICA DE L'AIGUA

L'anàlisi microbiològica de les aigües, ja siguin aigües continentals o de consum, és de gran importància sanitària ja que la presència de bacteris patògens en l'aigua és un risc sempre present, que s'incrementa en les àrees de major densitat humana, i pot ser la causa d'un seguit de malalties infeccioses (febres tifoïdes, disenteria, còlera, etc.). Per tant, la realització d'anàlisis microbiològiques de forma rutinària en les aigües destinades a consum humà (ja sigui de fonts, rius, conduccions municipals, pous o aigües de bany) és imprescindible i regulat explícitament per la llei. Aquestes anàlisis permeten determinar la qualitat ambiental de l'aigua des del punt de vista microbiològic i poden ser complementades amb altres anàlisis biològiques o químiques.

Les anàlisis es realitzen sobre una sèrie de grups o espècies microbianes escollides (anomenats indicadors o índex) davant la impossibilitat de fer un control rutinari de tots els patògens d'importància sanitària. Aquests organismes són els coliformes totals, coliformes termotolerants, *E. coli* i *Enterococcus faecalis*.

Els microorganismes indicadors reuneixen les següents característiques:

- a) són fàcils d'aïllar i cultivar en el laboratori
- b) són relativament inocus per a l'home i animals
- c) la seva concentració és proporcional a la quantitat de microorganismes patògens presents en l'aigua.
- d) no es reproduïxen en el medi aquàtic i tenen un temps de supervivència igual o superior al dels patògens
- e) tenen una resistència als tractaments als que són sotmesos semblant a la dels patògens als quals acompanyen

Els coliformes són bacils gramnegatius, no esporulats, oxidasa negatius, anaerobis facultatius, capaços de créixer en presència de sals biliars, i capaços de fermentar la lactosa amb producció de gas i acidosa en 48 h a una temperatura de 36–37 °C ($\pm 0,5$). El grup de coliformes està format pels gèneres *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* i *Edwardsiella*. Tots els coliformes poden existir com a sapròfits independents o com a microorganismes intestinals a excepció d'*Escherichia* que només té origen intestinal. Els coliformes (o coliformes totals) indiquen contaminació de l'aigua però no l'origen d'aquesta. Dels gèneres esmentats anteriorment, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, algunes soques de *Citrobacter freundii* i *Enterobacter cloacae* tenen la capacitat de fermentar la lactosa, no només a les temperatures abans indicades, sinó també a 44,5 °C. Aquests coliformes es coneixen com a coliformes fecals (CF) o coliformes

termotolerants, i indiquen contaminació fecal de les aigües. Tot i així, es poden trobar algunes excepcions, algunes soques de *E.coli* no poden créixer a 44,5 °C. Els protocols d'anàlisi ha evolucionat cap a la utilització de medis que incorporen un substrat cromogènic específic per a *E.coli* el qual permet diferenciar aquesta espècie de la resta de coliformes (totals). Actualment la normativa no explicita la detecció de coliformes fecals, sinó la d'*E. coli* com a indicador de contaminació fecal.

Els enterococs fecals (EF) (*Enterococcus faecalis*, i d'altres *Streptococcus* sp. inclosos tots ells en els grups D i Q de Lancefield) es troben normalment a l'intestí dels mamífers i serveixen d'indicadors complementaris de la contaminació fecal. Cal tenir en compte que alguns enterococs que es troben a les aigües poden ser originaris d'altres hàbitats diferents que l'intestí.

La presència de *Clostridium perfringens* al igual que els indicadors clostridis sulfit-reductors indica que l'aigua problema procedeix d'un receptacle amb elevat temps de residència, i per tant baixa taxa de renovació de l'aigua. El valor paramètric inclou també la determinació de les espores tal com exigeix la normativa.

El recompte d'aerobis mesòfils, que inclou una àmplia diversitat microorganismes cultivables, pot ser útil per a l'avaluació de l'estat dels recursos d'aigua subterrànies i de la l'eficàcia dels processos de tractament de l'aigua; a la vegada que aporten informació de la higiene i estat dels sistemes de distribució. El principal interès d'aquest recompte recau en la possibilitat de detectar canvis en relació als nombres esperats –basats en un control freqüent i a llarg termini-. Qualsevol augment sobtat del nombre obtingut pot ser representatiu de la existència d'un focus seriós de pol·lució i per tant requereix una investigació immediata.

En aquesta pràctica s'analitzaran quatre mostres obtingudes de diferents trams del riu Brugent amb diferent afectació antròpica. Les mostres problema (100 ml) es filtraran a través d'una membrana de 0,45 µm de diàmetre de porus, i s'incubaran en medis selectius pels grups de bacteris següents:

- **Coliformes Totals i *Escherichia coli*:** Agar MLGA (ferm. de lactosa a 37°C i activitat β-Glucuronidasa específica d'*E.coli*). El medi incorpora un substrat cromogènic específic per a *E.coli* el qual permet diferenciar aquesta espècie de la resta de coliformes (totals) a una temperatura d'incubació de 37°C.
- ***Enterococcus faecalis*:** Agar M-Enterococcus (reducció del TTC a 37°C) i per la confirmació dels sospitosos en Agar Bilis i Esculina (hidròlisi de l'Esculina a 37°C).
- ***Clostridis sulfit reductors (Clostridium perfringens)*:** Agar m-CP (Absència de activitat β-D-glucosidasa, fermentació de la sacarosa i activitat àcid fosfatasa a 45°C)

La tècnica d'anàlisi per filtració en membrana considera aptes per al recompte els filtres amb un nombre de colònies entre 20 i 200. En cas que les mostres continguessin sòlids en suspensió que dificultessin la filtració, la tècnica analítica utilitzada hauria de ser la del Nombre Més Probable.

Per a l'enumeració de microorganismes cultivables (aerobis mesòfils) es sembrarà 1 ml de la mostra per la tècnica de sembrar per abocament (*pour plate*):

- **Aerobis mesòfils a 22°C:** Agar PCA (Medi nutritiu indicat per a l'enumeració de microorganismes en aigua i aliments en general)

El protocol sobre el qual està basada aquesta pràctica es troba recollit a les normes:

- UNE EN ISO 6222:1999. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.
- ISO 9308-1:2000: Water quality -- Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliforme bacteria -- Part 1: Membrane filtration method.
- UNE EN ISO 7899-2:2001. Detección y recuento enterococos intestinales. Parte 2: Método de filtración de membrana.
- REAL DECRETO 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.
- REAL DECRETO 902/2018, de 20 de julio, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y las especificaciones de los métodos de análisis.

MATERIAL

- Sistema de filtració i bombes de buit
- Pinces estèrils
- Filtres de 0,45 µm estèrils
- Agar MLGA, SB, M-CP i Agar PCA
- Gerra d'anaerobiosi i sistema generador d'atmosfera reductora (*Anaerocult*)
- Estufes a 22°C, 37°C i 45°C
- Bany a 50°C

PROCEDIMENT

Treball previ a l'inici de les pràctiques

Presa de mostres

1. Per prendre les mostres d'aigua a analitzar cal seguir les recomanacions següents en funció del tipus de mostra:
 - Es poden emprar ampolles de vidre de borosilicat o una ampolla de polipropilè no tòxic i autoclavable. El volum ha de ser superior a 350 ml. Cal eliminar les fonts de contaminació complementària per a la presa de mostres, utilitzar per tant material estèril
 - Si la mostra es pren d'una aixeta cal (1) treure tots els tubs amortidors, tubs adaptats i juntes de goma; (2) flamejar l'aixeta, almenys durant 1 minut amb cotó amarat d'alcohol i agafat amb pinces estèrils; (3) obrir l'aixeta i deixar que l'aigua corri durant 5 minuts i (4) agafar el flascó i omplir-lo totalment.
 - Si la mostra és d'un riu, riera, etc., no s'ha d'agafar de la vora. S'ha de destapar l'ampolla de mostratge a uns 20 cm de profunditat en una zona apartada de la vora i deixar que s'ompli.
 - Si la mostra problema conté clor residual s'ha d'afegir una quantitat equivalent de tiosulfat sòdic per neutralitzar-lo. Generalment és suficient afegir 0,1 ml de tiosulfat sòdic al 10% en una mostra de 120 ml d'aigua.

2. Després de la recollida, les mostres s'han de conservar a una temperatura inferior a 10°C i **processar-les preferentment abans de 6 hores**.

1^{er} Dia (Dilluns) Processament de les mostres

Filtració

Els volums a filtrar són variables en funció de la qualitat microbiològica esperada de la mostra d'aigua. Normalment es filtren 100 ml però aquest volum pot variar, sent menor en casos en els quals la contaminació de l'aigua és evident. L'objectiu d'aquest canvi de volum és facilitar el recompte de les colònies sobre el filtre i evitar possibles interaccions en les respostes diferencials de cadascun dels medis utilitzats en situacions on el nombre de colònies és molt elevat. Si el volum filtrat està entre 25 i 100 ml, es filtra la mostra directament sobre el filtre. Quan s'han de filtrar volums inferiors a 25 ml, és convenient diluir la quantitat d'aigua triada en 50 ml de solució de Ringer estèril i filtrar-ho conjuntament. En qualsevol cas, s'han d'utilitzar tants filtres com calgui fins que el volum final de mostra analitzada sigui de 100 ml.

1. Cal escollir, tenint en compte les indicacions anteriors, els volums per a cada una de les anàlisis que es realitzaran a la mostra recollida: coliformes totals (CT), *E.coli* (EC), *Clostridium perfringens* (CP) i enterococs fecals (EF). En mostres normals de fonts, pous, aixetes, etc..., el volum és sempre de 100 ml per filtre. En el cas d'analitzar mostres d'aigua en què s'observa un alt contingut de sòlids en suspensió, el volum per filtre ha de ser inferior (generalment de 25 a 50 ml/filtre en aigües de bassa o de riera, en aquests casos caldran 4 o 2 filtres per anàlisi, respectivament).
2. **Recompte de Coliformes Totals (CT) i *E. coli*:** Incubar el filtre col·locant-lo en la placa de **medi MLGA** amb la superfície on s'han retingut els bacteris cap amunt i incubar durant 24 h a una temperatura de 37±1°C.
3. **Recompte d'Enterococs Fecals (EF):** Incubar el filtre col·locant-lo en la placa de **medi SB** amb la superfície on s'han retingut els bacteris cap amunt i incubar durant 48 h a una temperatura de 37±1°C.
4. **Recompte de clostridis sulfit reductors (*Clostridium perfringens*, CP):** Incubar el filtre col·locant-lo en la placa de **medi M-CP** amb la superfície on s'han retingut els bacteris cap amunt i incubar durant 24 h a una temperatura de 44±1°C. Aquest medi s'incubarà en condicions d'anaerobiosi dins una gerra hermètica amb presència de saquets per generar una atmosfera anaeròbica (*Anaerogen*). Una vegada obert l'*Anaerogen* es tancarà immediatament la gerra i es col·locarà dins l'estufa a la temperatura adequada.
5. **Recompte d'aerobis mesòfils:** Per a l'enumeració d'aerobis mesòfils cal sembrar per duplicat i per la tècnica de *pour-plate*. Aquesta tècnica consisteix en posar un volum determinat de la mostra a quantificar (1ml de la mostra directe) en una placa de petri buida, i afegir 20 ml de medi PCA fos a 45°C. Remeneu lleugerament per a homogeneïtzar la distribució dels microorganismes presents. Deixeu solidificar. Incubeu les plaques a 22°C durant 68 ± 4 hores.

6. Condicions d'incubació

Medi	Temp. (°C)	Temps (h)
m-MLGA (Coliformes Totals i <i>E. coli</i>)	37±1	24
SB (Enterococs Fecals)	37±1	48
m-CP (<i>Clostridium perfringens</i>)	44±1	24

PCA (Aerobis Mesòfils)

22±1

68±4*

(*) Es farà una primera lectura a les 48 h que es podrà repetir a les 72 h per comprovar les diferències.

2^{on} Dia (Dimarts)**Recompte CT, E.coli i CP**

7. **Coliformes Totals i E. coli.** (Medi MLGA). Lectura i recompte de les incubacions. Reconegeu les colònies sospitoses i compteu-les.

LECTURA: Les colònies d'*E.coli* apareixen amb una coloració verdosa. La resta de coliformes fan les colònies de coloració groga. Les colònies de color rosat indica el creixement d'altres microorganismes gram negatiu no fermentadors de la lactosa.

8. **Clostridis sulfit reductors (Clostridium perfringens).** (Medi m-CP). Lectura i recompte de les incubacions. Reconegeu les colònies sospitoses i compteu-les.

LECTURA: les colònies sospitoses són de color groc opac. Exposeu les plaques a vapors d'hidròxid amònic durant 20-30 segons. Les colònies que viren a color rosat són presumptives *Clostridium perfringens*. Altres coloracions com ara blava-verdosa, propra o groga són comunes en altres membres del gènere *Clostridium* i són degudes a les diferents respostes que presenten als factors de diferenciació del medi. **ATENCIÓ:** En cas d'obtenir un positiu per a un presumptiu *Clostridium perfringens* segellar immediatament la placa.

3^{er} Dia (Dimecres)**Confirmació CF i E. coli i recompte EF**

9. **Enterococs fecals.** Lectura i recompte de les incubacions. Compteu les colònies sospitoses en les plaques de SB.

LECTURA: Les colònies sospitoses són de coloració marró o vermellosa.

- Si és necessari, es pot realitzar una confirmació realitzant la **prova hidròlisi de l'esculina**. Transferiu la membrana amb les colònies, i sense invertir, a una placa d'agar Bilis-Esculina (**BEA**) prèviament escalfada a 45°C. Utilitzeu unes pinces estèrils per a l'operació. Incubeu a 45°C durant 2 h i procediu a la lectura del resultat.

LECTURA: Es confirmen com a enterococs intestinals les colònies que presenten un color de marró a negre en el medi circumdant.

10. Per avaluar la qualitat microbiològica de l'aigua que heu analitzat, apliqueu la normativa vigent. Catalogueu la mostra d'aigua analitzada com a **Potable** o **No Potable** des del punt de vista microbiològic.

Annex B

Guió utilitzat per la presa de mostres

MATERIAL: 6 TIRES REACTIVES, APARELL MESURADOR, POTS D'ORINA I AMPOLLA D'1 L, FULL EN BLANC.

PARÀMETRES A MESURAR:

Concentració d'oxigen: Primer paràmetre a mesurar. Mirar amb aparell i cable DO. Agitar tota l'estona fins a estabilitzar valor. Valor en mg/L.

Temperatura: Mirar amb l'aparell i cable Temperatura. Agitar fins a estabilitzar valor. Donarà en °C.

pH: Mirar amb cable de pH. Anar remenant fins a estabilitzar valor.

Conductivitat: Mirar amb cable CD. Donarà en microsiemens. Remenar fins a estabilitzar valor.

Cabal: Cronometrar quant tarda a emplenar-se una ampolla d'un litre.

Ferro: Submergir 2-3 segons remenant, i després de 30 segons expulsar aigua i llegir. El resultat és en mg/L.

Duresa: Immersió la tira reactiva a la solució de prova durant 1-2 segons. Immediatament, o en 15 segons, comparar el color. Valors en mg/L.

Nitrits i nitrats: 2-3 segons submergit. Agitar excés de líquid i llegir després de 30 segons. La tira de dalt és nitrit i la de baix és nitrat. Dos valors en mg/L.

Sulfits: Submergir la tira de prova a la solució de prova i girar 3 vegades. Després de 15 segons llegir resultat. En mg/L.

Amoni: 5 segons submergida, agitar excés aigua i llegir després d'un minut. Resultat en mg/L.

Fosfat: Submergir la tira reactiva a la solució a provar durant un segon i avaluar el color de la tira amb l'escala de color després de tres minuts. Resultats en mg/L.

Paràmetres organolèptics: Color, olor, gust, terbolesa.

