



DESCOBREIX LES FONTS DE LA RIBAGORÇA

(estudi fisicoquímic i creació d'una
pàgina Web)





ÍNDEX

| | |
|--|----|
| RESUM/ABSTRACT | 3 |
| 0. INTRODUCCIÓ..... | 4 |
| 1. L'AIGUA: PROPIETATS I DINÀMICA..... | 6 |
| 1.1. CICLE DE L'AIGUA | 6 |
| 1.2. PROPIETATS DE L'AIGUA | 7 |
| 1.3. ELS ORGANISMES QUE HI VIUEN | 8 |
| 1.4. USOS DE L'AIGUA | 9 |
| 2. LES FONTS D'AIGUA..... | 12 |
| 3. ÀREA D'ESTUDI..... | 14 |
| 3.1. MUNICIPI DE VILALLER | 15 |
| 3.2. POBLE DE MONTANUY | 16 |
| 4. FONTS ANALITZADES..... | 17 |
| 4.1. CRITERIS DE SELECCIÓ | 17 |
| 4.1.1. Localització | 17 |
| 4.1.2. Comprovació de les creences populars..... | 17 |
| 4.1.3. Substrat geològic..... | 17 |
| 5. DESCRIPCIÓ DE LES FONTS..... | 21 |
| 6. TREBALL DE CAMP..... | 32 |
| 6.1. METODOLOGIA DE MOSTRATGE..... | 32 |
| 6.2. PARÀMETRES MESURATS..... | 32 |
| 7. TREBALL DE LABORATORI..... | 35 |
| 7.1. TÈCNiques ANALÍTIQUES | 36 |
| 7.1.1. Volumetria..... | 36 |
| 7.1.2. Colorimetria..... | 36 |
| 7.1.3. Fotometria de flama..... | 36 |
| 7.1.4. Conductivitat | 37 |
| 8. PARÀMETRES ANALITZATS..... | 38 |
| 8.1. ALCALINITAT TOTAL | 38 |
| 8.2. CARBONI INORGÀNIC..... | 39 |
| 8.3. pH..... | 39 |
| 8.4. CALCI..... | 41 |
| 8.5. CONDUCTIVITAT | 42 |
| 8.6. MAGNESI | 42 |



| | | |
|-------|---|----|
| 8.7. | SODI I POTASSI | 43 |
| 8.8. | CLORURS..... | 43 |
| 8.9. | SULFURS | 45 |
| 8.10. | NITRATS | 45 |
| 8.11. | NITRITS..... | 45 |
| 9. | ANÀLISI QUÍMICA DE LES MOSTRES D'AIGUA..... | 46 |
| 9.1. | TAULA DE DADES..... | 46 |
| 9.2. | ANÀLISI DE RESULTATS PER VARIABLES..... | 47 |
| 10. | CREACIÓ D'UNA PÀGINA WEB: DESCOBREIX LES FONTS DE LA RIBAGORÇA..... | 57 |
| 10.1. | PROCÉS DE CREACIÓ DE LA PÀGINA WEB | 57 |
| 11. | CONCLUSIONS | 62 |
| 12. | FONTS D'INFORMACIÓ..... | 64 |
| 13. | ANNEXOS..... | 66 |



RESUM

Una font és una surgència d'aigua subterrània. Les fonts tenen un gran valor ambiental, social i cultural en els diferents pobles, ja que anys enrere en molt d'ells eren l'únic proveïment d'aigua. El meu treball té com a objectius localitzar i descriure les fonts del municipi de Vilaller i el poble de Montanuy, analitzar-les químicament i crear una pàgina Web en forma d'inventari perquè totes elles quedin recollides i catalogades. A partir del treball de camp i dels resultats obtinguts en les diferents anàlisis químiques he elaborat una taula de dades i una sèrie de gràfiques que comparen les característiques de les diverses aigües. Finalment, he pogut constatar que la composició química de l'aigua generalment està condicionada pel substrat geològic pel qual circula l'aigua de l'aqüífer. Pel que fa a les seves característiques, les aigües analitzades són, en general, fredes, netes i de mineralització dèbil, perquè tenen poques sals dissoltes.

ABSTRACT

Drinking springs have a great environmental, social and cultural value in different places. There are different reasons, but one of the most important is that springs were the main water supply for many villages. Nowadays, both social and technical knowledge about springs is lost. The main objective of this work is to locate and describe the springs in the municipality of Vilaller and in Montanuy. To do the different characterizations I have developed: situation of the spring, a small description of the site, and different physical and chemical analysis. Finally, in order to catalogue all the collected information I have developed a Website. From field work, I have concluded that groundwater chemical composition is mainly determined from geologic substrate. In general the analysed groundwater presents weak mineralization which is typical from water from high mountains.



0. INTRODUCCIÓ

Les fonts formen part del patrimoni dels pobles. A la comarca han estat fins no fa tants anys l'única manera de proveir-se d'aigua, i encara avui dia moltes d'elles segueixen sent molt populars. Tot hi haver moltes fonts a la zona on visc, aquest és un terreny poc explorat i poc estudiat i, per tant, no hi ha cap recull que parli d'elles. El meu treball de recerca es centra, doncs, en l'estudi de les fonts del municipi de Vilaller i el poble de Montanuy.

Aquest tema té molts avantatges des del meu punt de vista: és un tema científic amb una bona part pràctica, interessant, ambiciosa i que està al meu abast. A més, les dades obtingudes seran noves: analitzant diverses variables de les fonts podré saber l'estat dels aqüífers, la influència de les estacions de l'any, els impactes antropològics sobre elles, etc.

Així doncs, l'objectiu principal d'aquest projecte és crear un inventari-catàleg que deixi constància documental, fotogràfica i d'anàlisi química de les diferents fonts del municipi de Vilaller i el poble de Montanuy. Per una altra banda, el treball també té una part recopilatòria amb la qual es pretén ajuntar-hi els dos estudis fets anteriorment de les fonts de la Vall de Boí i del Pont de Suert, els anys 2008 i 2009 respectivament, per tal que finalment s'obtingui un recull de les fonts de tota l'Alta Ribagorça i Montanuy. He decidit que el format d'aquest catàleg sigui una pàgina Web.

Per aconseguir aquest objectiu general, se'n generen els següents d'específics:

- Analitzar químicament les diferents aigües.
- Crear una pàgina Web que sigui el catàleg.
- Determinar l'origen de les diferents aigües i la influència del substrat geològic.
- Esbrinar la influència de l'activitat humana sobre les aigües.
- Localitzar les diferents fonts d'una manera exacta gràcies a la tecnologia GPS.

En la realització d'aquest treball, s'ha seguit una metodologia basada en la recerca, l'anàlisi de dades i la resolució dels objectius plantejats. També s'ha delimitat la zona d'estudi que centra tota la recerca i l'anàlisi de les aigües en el municipi de Vilaller i el poble de Montanuy.

El primer de tot va ser la tria de les fonts que volia analitzar, van ser un total d'11. Un cop seleccionades i localitzades les diferents fonts, va començar el treball de camp que va consistir en localitzar les fonts amb el GPS, observar el substrat geològic, mesurar la temperatura, el cabal, fer fotografies... Més endavant vaig fer dos mostres, un al mes de maig i l'altre al setembre. Al començament, aquesta tasca va ser difícil perquè tenia poca informació sobre les fonts, la zona i la seva localització. Un cop fets els mostres vaig fer l'anàlisi química de les diferents aigües.

Finalment, vaig crear la pàgina Web, que era el nucli del meu treball de recerca, ja que en ella es trobaria tota la informació referent a les diferents fonts estudiades. No va ser una tasca fàcil, ja que mai n'havia creat cap. En aquesta vaig incloure les meves fonts i les dels treballs que s'havien fet prèviament.

Així doncs, el treball consta de diverses parts: els fonaments teòrics, el treball de camp, el treball de laboratori i la creació de la pàgina Web.



La primera part és la teòrica, per realitzar-la, he utilitzat la informació bibliogràfica de pàgines Web, revistes i llibres. Després d'una àmplia recerca, vaig realitzar una lectura crítica i una revisió de tota la informació trobada, finalment vaig seleccionar i extraure la informació i les dades més rellevants. En aquesta part es fa una introducció al tema de l'aigua i de les fonts.

A la segona part explico el treball de camp i la metodologia utilitzada.

I finalment en la tercera part és on explico l'anàlisi química duta a terme al laboratori, els materials utilitzats, les tècniques i les variables estudiades. Després exposo els resultats de l'anàlisi, els comento i n'extrec unes conclusions. I per últim trobem el punt on explico com ho he realitzat i l'estructura de la pàgina Web que he creat.

Una altra dificultat que em va sorgir va ser concentrar en un únic treball tots els resultats i la informació obtinguda en el treball pràctic, evitant que explicacions complexes poguessin fer inútil l'objectiu d'aproximar el coneixement del medi hidrogeològic a les persones interessades en aquest tema.

L'elaboració d'aquest treball ha resultat una experiència positiva per a mi, ja que he après moltes coses, com confeccionar un treball d'aquest tipus, agafar confiança amb el material del laboratori, a començar a conèixer el món de la creació de pàgines Web...

Per acabar, tan sols em queda donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat en la realització d'aquest treball.

Primer de tot, agrair l'ajuda de les persones que m'han acompanyat i ensenyat les diferents fonts estudiades. Per suposat, a Concha Maestro, tutora del meu treball de recerca, per tots els seus consells, per corregir-me, escoltar-me i ajudar-me en tot moment. A la Isabel Reynal i al Josep Maria Serrano, professor del Camp d'Aprenentatge de la Vall de Boí, per haver-me guiat en tot moment i deixar-me accedir al laboratori per poder fer les anàlisis.

També vull donar les gràcies a l'Eric Ruiz i al Josep Bringué per deixar-me a l'abast la informació dels seus treballs de les aigües del municipi de la Vall de Boí i del Pont de Suert.

Per últim, m'agradaria donar les gràcies als meus pares per haver-me portat als llocs on havia d'anar, i per confiar en mi en tot moment. A més a més, a la meva germana i a la meva cosina Paula Rodríguez per tots els seus consells i per haver estat sempre disposades a ajudar-me en tot.

A tots ells, mil gràcies.



1. L'AIGUA: PROPIETATS I DINÀMICA

La vida a la Terra depèn de l'aigua, aquesta és imprescindible per a tots els éssers vius. Malgrat que el nostre planeta es caracteritza per contenir una gran quantitat d'aigua (representa un 70% de la superfície del planeta), només el 3% d'aquests recursos hídrics són d'aigua dolça. Aquesta es troba majoritàriament en estat sòlid als casquets polars i les glaceres. També trobem aigua en forma de vapor a l'atmosfera i la resta és líquida i la trobem, en aigües subterrànies, als aqüífers i, en aigües superficials, als llacs, rius i torrents.

1.1. CICLE DE L'AIGUA

La Terra és un sistema tancat respecte de l'aigua. Aquest recurs resulta inesgotable en conjunt perquè l'aigua segueix un cicle, és a dir, intervé en un conjunt de fenòmens naturals que es produeixen d'una manera contínua. L'aigua dels oceans i els mars s'evapora gràcies a l'escalfor del sol, ja que es produeix el procés d'**evaporació** i les gotes d'aigua, en forma de vapor, puguen a l'atmosfera. Un cop a l'atmosfera, aquesta aigua es condensa gràcies a les bosses d'aire fred (procés de **condensació**). En aquest moment, es formen unes gotes petites, les quals s'ajunten i formen els núvols. Quan aquests es saturen d'aigua es produeix el procés de **precipitació** i l'aigua acaba tornant a la terra en forma de pluja, neu o calamarsa. La major part d'aquesta aigua cau als oceans i als mars, la resta s'infiltra al sòl (per formar els aqüífers subterranis i les fonts) o pot circular en superfície fins unir-se a un riu, el qual acabarà desembocant al mar i el cicle tornarà a començar (veure Figura 1.1).

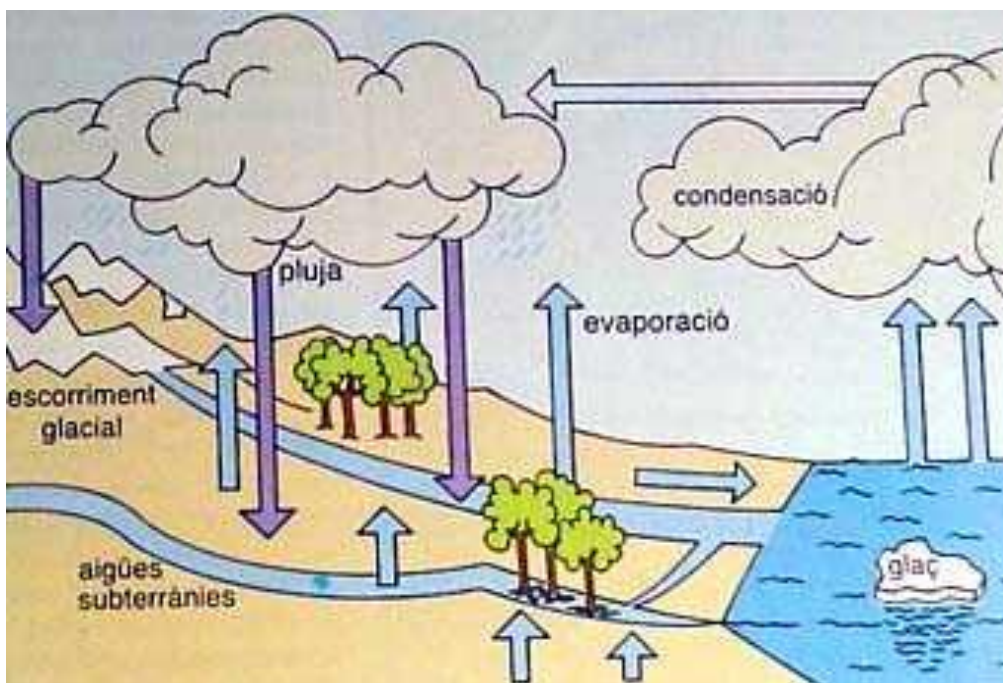


Fig. 1.1. Cicle de l'aigua.



1.2. PROPIETATS DE L'AIGUA

L'aigua és un compost inorgànic, inodor, insípid i incolor. Té una estructura química particular formada per dos àtoms d'hidrogen i d'un oxigen central que estan units per enllaços febles anomenats **ponts d'hidrogen**. A causa d'aquesta estructura presenta unes característiques físiques especials; té una temperatura d'ebullició i fusió alta comparada amb altres substàncies químiques similars, com l'amoniac i el metà, el punt de fusió és de 0°C i el punt d'ebullició és de 100°C, també té una *capacitat calorífica*¹ alta; 1 cal/g. L'aigua també és un bon dissolvent a causa de la seva polaritat. Les substàncies que es dissolen bé en l'aigua són les anomenades **hidròfiles** i les que no són les **hidròfobes**. També té una alta *tensió superficial*² que és de 72,8 mN/m a temperatura ambient (Figura 1.2), causada per la cohesió entre molècules; es tracta de la més alta entre els líquids no metàl·lics. L'aigua es pot dividir en els seus element constituents, oxigen i hidrogen, passant el corrent elèctric a través d'ella. Aquest procés s'anomena electròlisi.



Fig. 1.2. Imatge on es pot observar l'alta tensió superficial de l'aigua.

A la natura no trobem aigua pura, ja que la trobem barrejada amb altres substàncies provinents dels medis que travessa: porta sals del contacte amb el terreny (sodi, calci, magnesi, etc.), gasos (O₂ i CO₂) del contacte amb l'atmosfera, substàncies orgàniques i minerals del metabolisme dels éssers vius i substàncies de l'activitat humana.

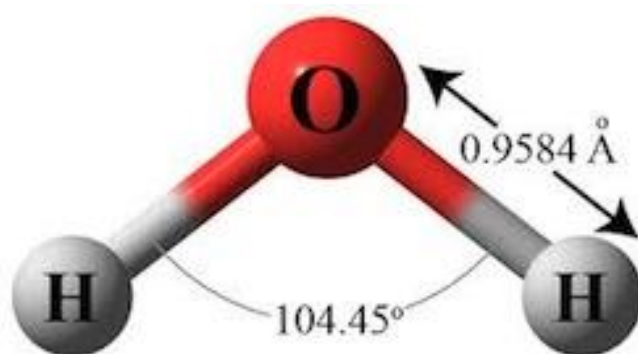


Fig. 1.3. Estructura de l'aigua.

L'aigua pot tenir diferents sals dissoltes depenent del recorregut que realitza per la superfície o per l'interior de la terra, del substrat geològic, del clima, de la vegetació, de la seva acció erosiva respecte al terreny... Les roques sedimentàries són les que aporten major nombre d'ions a la solució, que seran diferents en funció de la composició mineral de la roca. Les sals més abundants que podem

¹**Capacitat calorífica:** és la magnitud física mesurable que caracteritza la quantitat de calor necessària per canviar la temperatura d'una substància en una quantitat determinada.

²**Tensió superficial:** és la membrana de tensió que presenta la superfície qualsevol líquid.



trobar a l'aigua són sulfat de calci (CaSO_4) present en els guixos, carbonat de calci (CaCO_3) en roques calcàries i en les evaporites es troba sal gemma (NaCl) i potassa (KCl).

Les aigües continentals normalment tenen una concentració de sals molt baixa ($<1\text{g/L}$) i per això són anomenades aigües dolces. El component més abundant sol ser el bicarbonat de calci. En funció del seu contingut en sals (ió clorur) distingirem entre aigües dolces ($<0,2\text{ g/L}$) i aigües salobres ($>0,2\text{g/L}$).

1.3. ELS ORGANISMES QUE HI VIUEN

En els medis aquàtics continentals viuen una gran diversitat d'organismes, que poden anar des d'éssers unicel·lulars (bacteris, fongs, protozous, algues...) a pluricel·lulars, com animals vertebrats (amfibis, peixos...) i invertebrats (larves d'insectes, cucs, crustacis, etc.) i plantes. A més d'aquest organismes també hi ha animals i plantes que, tot i que no viuen al interior de l'aigua, depenen d'ella: animals que necessiten un alt grau d'humitat, aus i mamífers que s'alimenten de peixos, animals que tenen el cau prop de l'aigua, etc. Així doncs, la diversitat de formes de vida que trobem a l'aigua és molt gran.

Per poder valorar la qualitat de l'aigua és important conèixer els organismes que trobem en ella, ja que aquests poden donar moltes dades i informació sobre l'estat, les característiques i la qualitat de l'aigua que analitzem.

Així doncs, en estudiar els organismes aquàtics, observem que principalment hi ha de dos tipus. Uns que es troben en quasi tots els ambients i que per tant són organismes poc exigents, capaços de viure en amplis marges de variabilitat de temperatura, d'oxigen, de presència de matèria orgànica, etc. Aquests poden viure en molts tipus d'aigües i per això la seva presència no ens indicarà cap característica concreta de la qualitat de l'aigua. Com a exemple, els **sabaters** o els **escorpins d'aigua** (Figura 1.4.).



Fig. 1.4. L'escorpí d'aigua és un organisme que pot viure en molts tipus d'aigües.

Per altra banda n'hi ha uns altres que només es troben en determinades condicions. Aquests s'anomenen **organismes indicadors**, estan molt especialitzats i molt ben adaptats a ambients concrets i per això són incapaços de resistir condicions adverses. Com per exemple els **teixidors**, que viuen en aigües molt netes i tranquil·les; el **cranc de riu**, que necessita aigües ben oxigenades enriquides en sal i temperades; l'**ancil** (mol·lusc) que necessita aigües una mica enriquides en carbonats, etc.

Per tant, la presència d'aquests organismes és indicadora d'alguna o algunes característiques de l'aigua i s'utilitza per elaborar les taules d'índexs biològics emprades en els estudis de qualitat d'aigües. Els índexs més utilitzats són el **FBILL** (*Índex biològic del Besos i el Llobregat*) i el **BMWPC** (*Biological Monitoring Working Parry*) adaptat per a rius de Catalunya.



Aquests índexs biològics són una eina senzilla que permet conèixer l'estat de l'aigua. D'altra banda, són índexs més integradors que els estrictament físics o químics, ja que en comptes de mesurar paràmetres, mesuren les espècies que reben els impactes.

Cadascun d'aquests índexs té uns trets propis però tots comparteixen característiques comunes:

- Exigeixen classificar els organismes almenys fins al nivell de família.
- Exigeixen fer mostratges de diferents perfils transversals de la llera del riu.
- Es basen en els tipus d'organismes **macroinvertebrats** que viuen a les aigües: larves d'insectes, cucs, crancs, sangoneres, crustacis..., i que ens donaran una bona indicació de la qualitat de l'aigua.



Fig.1.5. Tricòpter amb capsca, les larves viuen sota les pedres o entre la vegetació submergida.

Fig. 1.6. Bivalbes, viuen en aigües amb poc corrent. Són filtradors.

Les aigües molt contaminades són aquelles que tenen una concentració d'oxigen molt baixa o nul·la i s'anomenen **polieutròfiques**. Hi habiten larves que respiren oxigen atmosfèric. Les aigües amb un cert grau de contaminació són pobres en oxigen i riques en matèria orgànica, fosfats, etc. Són aigües **mesotròfiques**; en elles hi podem trobar moltes algues i organismes amb hemoglobina en els seu medi intern. Les aigües netes són riques en oxigen i pobres en matèria orgànica i s'anomenen **oligotròfiques**; en elles és on trobem la màxima diversitat d'organismes, amb menys algues que a les **mesotròfiques**. Si, a més a més, són riques en bicarbonats, hi trobem molts organismes amb closca.

1.4. USOS DE L'AIGUA

Els principals usos que els humans fem de l'aigua poden influir en la composició final d'aquesta.

- **Activitat ramadera i agrícola:** tot i la importància de la ramaderia a la zona d'estudi, ja que hi ha explotacions bovines, ovines i porcines, aquest sector en general utilitza poca aigua, encara que durant l'hivern, els animals es tanquen a les granges i es gasta aigua pel seu abeurament. Els purins, que vénen a ser l'aigua residual de les granges, són útils per abonar els conreus, però abocats sense control poden contaminar de manera difusa els aquífers i el substrat, especialment per l'alt contingut en nitrogen. En general, les explotacions de la zona no tenen gairebé impacte en les aigües perquè es



duen a terme molts controls, a més a més, els ramaders han de disposar de sistemes de recollida de purins en fosses sèptiques. D'aquesta manera s'eviten les contaminacions puntals. L'activitat agrícola de la zona és de farratge, l'aigua s'utilitza per regar alguns horts i prats a l'estiu, la seva influència en la qualitat de l'aigua és mínima.

- **Activitat industrial:** a la nostra comarca no hi ha molta activitat industrial que pugui contaminar les nostres aigües. La indústria més important que trobem és la hidroelèctrica, un gran recurs econòmic des de mitjans del segle XX, que aprofita la força de l'aigua i el desnivell per generar electricitat. Aquest procés pot alterar el cabal dels rius i per tant la dinàmica de l'aigua però no la composició química. A Senet, dins de la zona d'estudi, es troba la central hidroelèctrica de Moralets. A la figura 1.7. es mostra un esquema del funcionament d'una central hidroelèctrica.

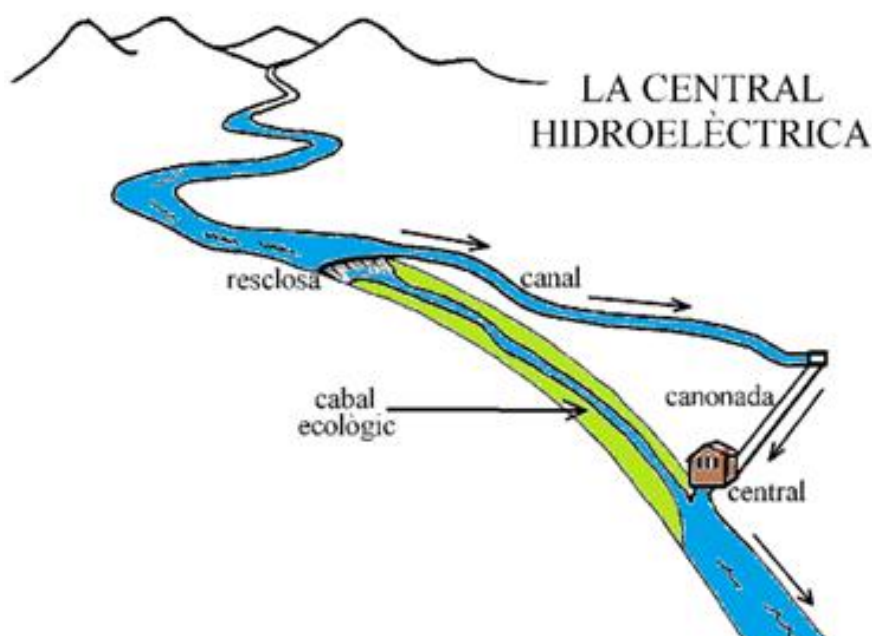


Fig. 1.7. Funcionament d'una central hidroelèctrica.

- **Activitats de lleure:** les activitats de lleure relacionades amb l'aigua que podem trobar en l'àrea d'estudi són les piscines que trobem a Vilaller i Senet. Aquestes agafen l'aigua directament del riu i un cop utilitzada l'aboquen directament a la Noguera Ribagorçana, això pot provocar un puntual increment de la concentració de clor en el riu que desapareix d'immediat per la capacitat auto depuradora de l'aigua.

- **Activitat domèstica:** les aigües domèstiques són aquelles que utilitzem per al consum propi, és a dir, les que gastem per beure, cuinar, rentar la roba... Avui en dia, a totes les cases arriba aigua potable, que prové de barrancs, rius o aqüífers, situats al costat de cada població. Aquesta aigua abans d'arribar a les cases es transporta fins les plantes de potabilització, on es sotmet a una sèrie de processos físics i químics, per tal d'eliminar tots els microorganismes nocius per als éssers humans. I un cop tractada, l'aigua arriba als habitatges per les xarxes de distribució. Dins de l'activitat domèstica també s'inclou l'aigua que es gasta en els pobles: fonts, per regar jardins, netejar carrers, etc. Per tant, l'aigua de les fonts només la consumeixen aquells que volen beure o



utilitzar aigua sense tractar. Fa uns anys era totalment diferent, ja que aquesta aigua es feia servir en les activitats domèstiques.

Una vegada utilitzada, l'aigua residual va cap a la xarxa de clavegueram i des d'allà va a les depuradores o cap a un riu. Les depuradores, mitjançant uns tractaments biològics, físics i químics, eliminen de l'aigua les impureses que ha anat acumulant en el seu ús (Figura 1.8.). Tot aquest procés es realitza per tal que aquestes aigües es puguin retornar al medi natural amb el mínim risc i impacte mediambiental. En general totes les aigües tenen una gran capacitat auto depuradora, és a dir, d'eliminar totalment o parcialment la contaminació que pateixen mitjançant processos de filtració, oxidació i l'acció de bacteris, insectes... però les plantes depuradores són necessàries quan els abocaments superen aquesta capacitat. En el nostre cas, un cop depurada, l'aigua retorna al riu Noguera Ribagorçana, els ecosistemes fluvials es mantenen en bon estat i per tant no reben gaire impacte. A l'àrea d'estudi trobem les depuradores de Vilaller i Senet.

En aquest camp, fa bastant impacte la tirada de sal a les carreteres a l'hivern quan hi ha nevades fortes, això pot provocar que en les aigües properes a les carreteres s'hi trobin nivells més alts de clor i sodi.

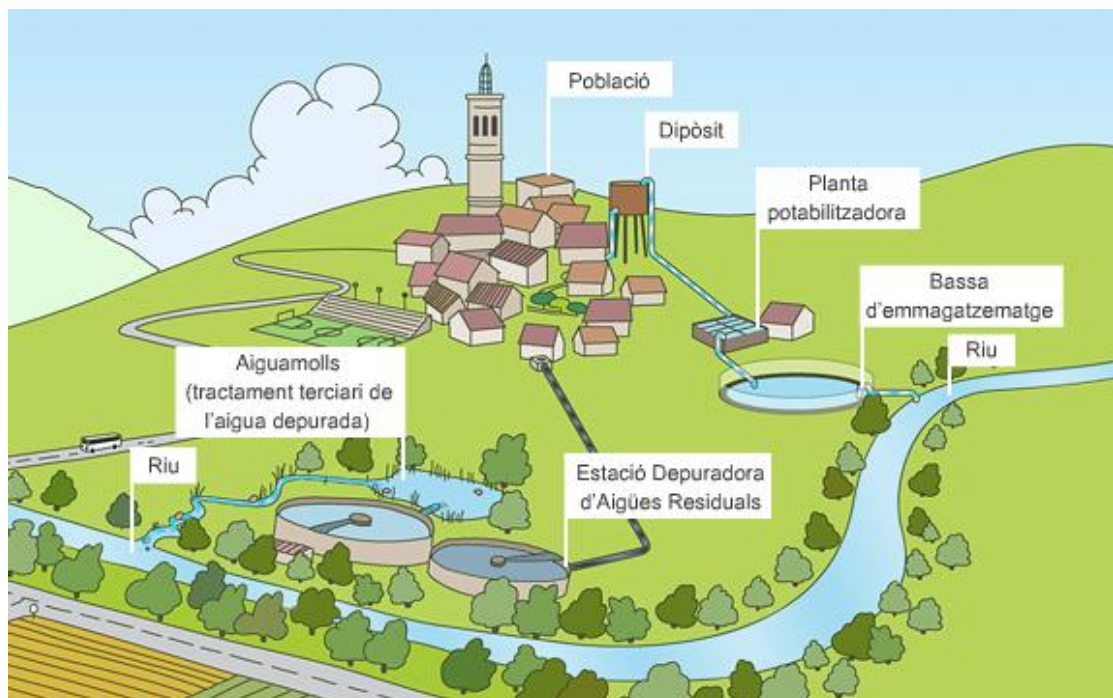


Fig. 1.8. Cicle de l'aigua domèstica



2. LES FONTS D'AIGUA

Per tenir presència d'aigües subterrànies és necessari que hi hagi roques calcàries o evaporites, ja que aquestes al ser solubles permeten el pas de l'aigua que les va modificant. Les roques s'erosionen per la dissolució produïda per l'aigua i es poden erosionar per l'exterior o per l'interior a través de cavitats o esquerdes que contingui la roca. El paisatge i les formes d'erosió resultants s'anomenen carst.

En el cas de les roques calcàries, al ser roques bastant compactes, l'aigua penetra per esquerdes i fissures, que poc a poc es van fent més grans, de manera que la quantitat d'aigua que s'infiltra va augmentant ja que les esquerdes es van fent més grosses, fins que arriba un moment en què l'escolament superficial és nul perquè tota l'aigua s'ha infiltrat cap a l'interior de les roques.

L'aigua circula per l'interior del porus i altres discontinuïtats de la roca (falles, cavitats...) en forma de corrents subterranis, que poden desembocar al mar o en un riu. En aquest recorregut, transporten ions procedents de la dissolució de roques.

Per tant, una part de l'aigua de pluja, quan arriba a la superfície terrestre, s'infiltra i passa a formar part dels aqüífers. Un **aqüífer** és una capa de roca subterrània saturada d'aigua portada a través de roques permeables o materials sense consolidar (grava, sorra o llim) des de la qual aquesta aigua pot ser extreta i utilitzada fent servir un pou (veure Figura 2.1).

La capacitat d'infiltració depèn de la permeabilitat i de la porositat del substrat geològic sobre el que cau. Les roques que formen un aqüífer poden tenir dos tipus de porositat: la primària, que és aquella que s'ha originat al mateix temps que la roca i és la de les sorres, argiles, conglomerats... I la secundària, que és aquella en què els porus s'originen després de la roca (calcàries, guixos...).

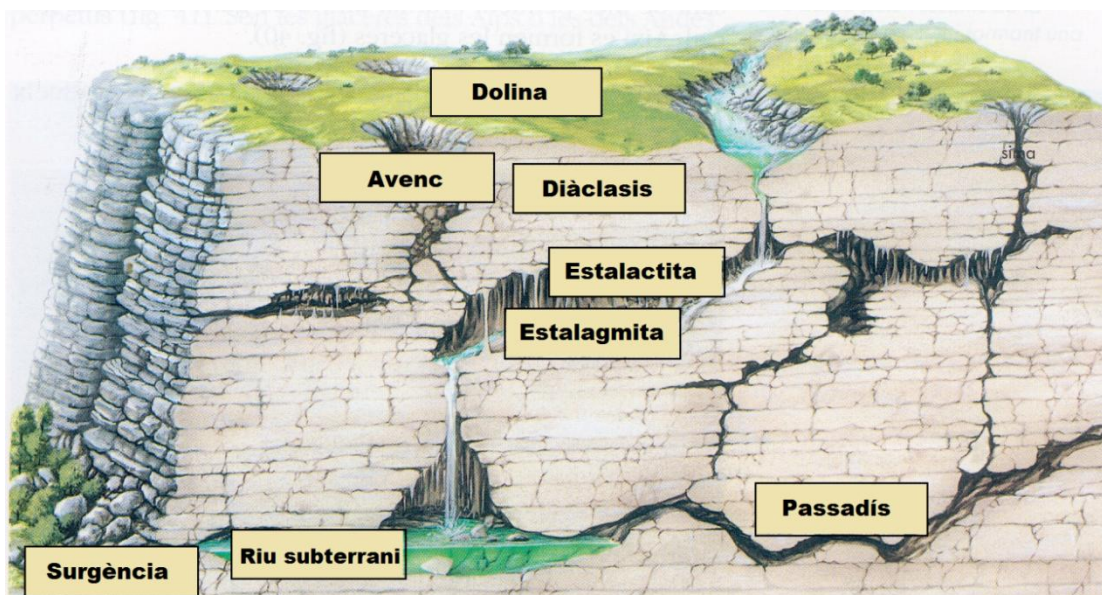


Fig. 2.1. Part de l'aigua superficial s'infiltra en trobar terrenys permeables i porosos fins a topa amb roques impermeables i forma rius subterranis.



Els aqüífers es poden classificar segons la naturalesa geològica del substrat que els limita, hi ha els **aqüífers lliures**, que són aquells que no tenen cap capa impermeable per sobre d'ells, l'aigua hi entra lliurement des de la totalitat de la superfície de l'aqüífer i està sotmesa a la pressió atmosfèrica, i els **aqüífers confinats**, aquells que estan a major pressió perquè estan limitats per dues capes impermeables, tenen una àrea de càrrega (per on entra l'aigua) i una de descàrrega (Figura 2.2.).

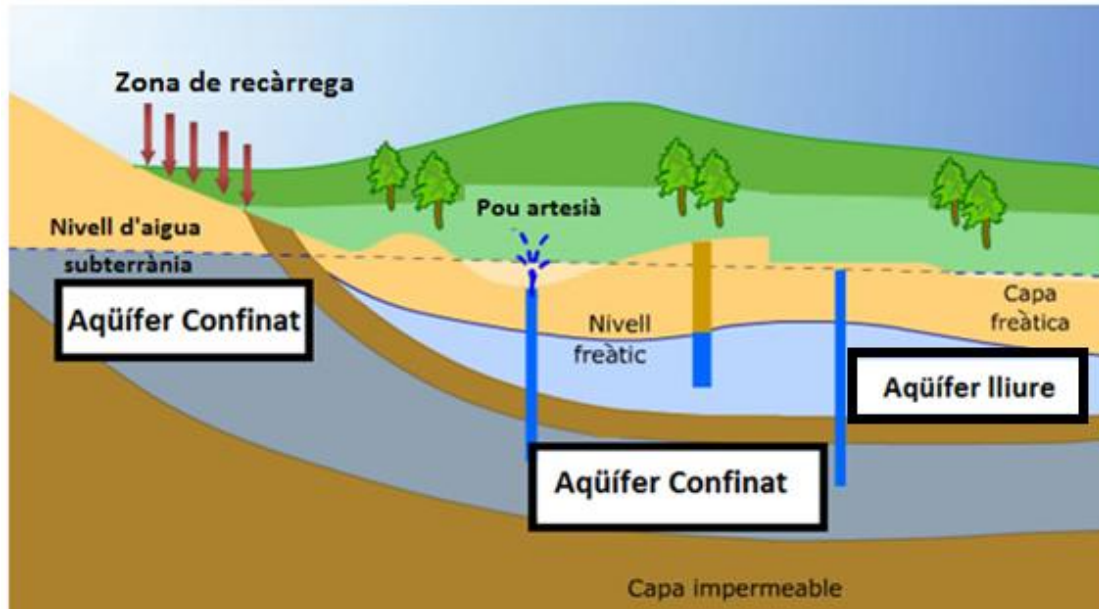


Fig. 2.2. Aqüífer confinat amb zona de recàrrega.

L'aigua subterrània es reincorpora al cicle a través de les fonts i els pous. Els pous artesianos van lligats als aqüífers confinats, són un tipus de pous dels quals l'aigua emergeix espontàniament: l'aigua subterrània arriba directament a la superfície sense cap ajuda mecànica. Quan l'aigua de l'aqüífer surt a l'exterior en un punt de menor altitud d'aquell per on s'ha escolat, es forma **una font**. Per tant, una font és una sortida natural i localitzada d'aigua subterrània. Les fonts es poden classificar de diferents maneres; segons el període anual en què brollen podem trobar les **fonts temporals**, que són aquelles que no brollen tot l'any per qüestions de sequera, i les **fonts permanents**, aquelles que brollen durant tot l'any, amb un cabal més o menys estable. Per altra banda es poden classificar en **potables**, aptes pel consum humà, o **no potables**, quan per la seva composició no són aptes per al consum.



Fig. 2.3. Font d'aigua



3. ÀREA D'ESTUDI

La meua primera intenció va ser buscar i estudiar les fonts dels dos municipis, Vilaller i Montanuy, però aviat vaig veure que era una zona massa extensa, de 226,9 km² (52,9 km² del terme de Vilaller més 174 Km² del de Montanuy), així doncs, vaig decidir reduir-la. L'àrea d'estudi comprèn el municipi de Vilaller, i el poble de Montanuy i voltants.

La zona d'estudi està situada a la Ribagorça. Vilaller es troba a la part catalana (comarca de l'Alta Ribagorça, Figura 3.1) i Montanuy a la part aragonesa (comarca de la Ribagorça Oriental). Les dues comunitats autònomes estan separades pel riu Noguera Ribagorçana. Així, a la banda dreta (riu avall) es troba l'Aragó i a la banda esquerra Catalunya.



Fig. 3.1. Situació de l'Alta Ribagorça dins l'estat espanyol.

El clima de la Ribagorça és Mediterrani Pirinenc Occidental. Els hiverns són llargs i freds, amb mitjanes de temperatura molt baixes. Sovint es produeixen fenòmens d'inversions tèrmica, que fan que a les valls les temperatures siguin inferiors a les de zones més altes. És per això que les temperatures són més altes als vessants (on es troba situat Montanuy) que al fons de les valls (Vilaller). Per altra banda, els estius són suaus i poc plujosos. La temperatura mitjana anual és de 10,1°C i la mitjana anual de precipitació, en forma de pluja o de neu, és de 922,3 mm.

El paisatge que emmarca la zona d'estudi es caracteritza pels prats, els boscos i un abrupte relleu d'alta muntanya. A la tardor s'observa la multitud de colors que acullen els boscos, des de verd a marró passant per roig i groc, amb els cims nevats al fons.

És d'especial interès la gran varietat de fauna i flora de muntanya que conviu en aquest territori, entre moltes espècies destaquen el trençalòs i la marmota.

El riu Noguera Ribagorçana travessa la comarca de nord a sud, recorre la Vall de Barravés i passa per Vilaller i El Pont de Suert. Té un cabal irregular, depenent de les diferents estacions, que arriba al seu màxim a l'abril-maig, a causa del desgel. Per altra banda, els mesos que registren el cabal més baix són de desembre a febrer, a causa



que hi ha menys precipitacions i que aquestes són en forma de neu i s'acumulen a les muntanyes.

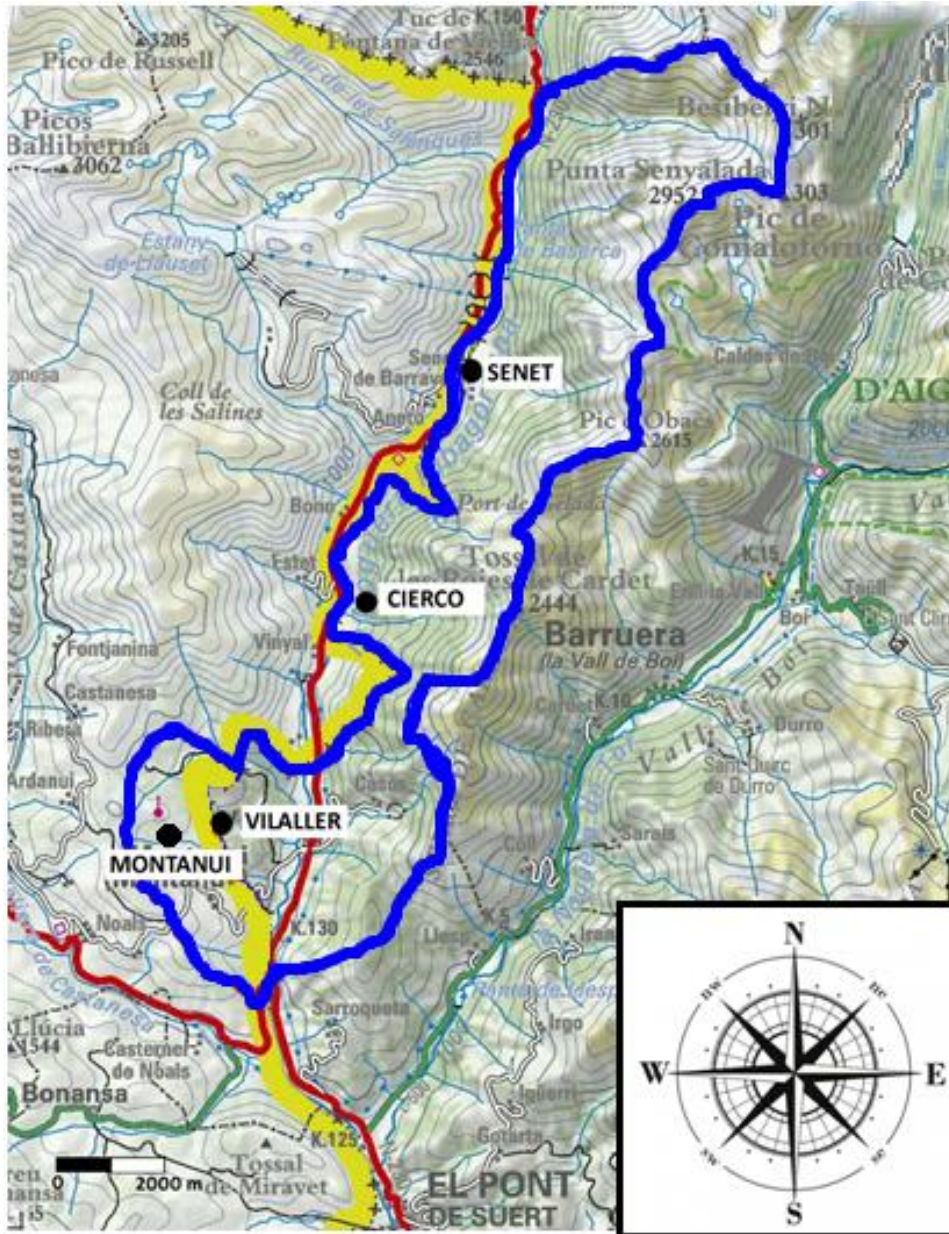


Fig. 3.2. Àrea d'estudi formada pel municipi de Vilaller i poble de Montanuy.

3.1. MUNICIPI DE VILALLER

Vilaller (pronunciat Virallé en ribagorçà, Figura 3.3), a 981 m d'altitud, és la capital del municipi que juntament amb el del Pont de Suert i la Vall de Boí formen l'Alta Ribagorça, comarca pirinenca de la província de Lleida. Està situat al peu de la carretera N-230, al Km 132.

El municipi de Vilaller té una extensió de 52,9 Km² i una població de 696 habitants. A part del poble de Vilaller (Figura 3.3.), al municipi hi ha dos pobles més: **Cierco**, antiga quadra i masia situada a l'esquerra de la Noguera Ribagorçana i **Senet de Barravés**. Senet és una localitat situada a l'esquerra del riu Noguera Ribagorçana, al Km 137, a pocs quilòmetres de la boca sud del túnel de Vielha. Està a 1340 m d'altitud i té una



població de 50 habitants. A sobre del poble es troba la presa de Senet, que condueix l'aigua cap a la central hidroelèctrica de Moralets.



Fig. 3.3. Poble de Vilaller.

3.2. POBLE DE MONTANUY

Montanuy (Figura 3.4) és un poble d'Osca situat al municipi que rep el mateix nom. És un dels 35 municipis que formen la Ribagorça Oriental. Té una extensió de 174 Km². Limita al Nord amb la Vall d'Aran i Benasc, al Sud amb Bonansa i El Pont de Suert, i a l'Oest amb Laspauils. Està dividit en dues valls: la Vall de Baliera, amb 10 pobles, i la Vall de la Noguera Ribagorçana, amb 7 pobles, formant un total de 17 nuclis: Aneto, Ardanuy, Benifons, Bono, Castanesa, Castarné, Escané, Estet, Erbera, Fonchanina, Forcat, Ginast, Montanuy, Noals, Ribera, Señiu i Viñal. El poble de Montanuy està ubicat a 1205 m en un replà del vessant dret, per sobre del riu Noguera Ribagorçana, amb bones terres pel cultiu i amb unes grans vistes. Montanuy té una població de 35 habitants. L'estructura demogràfica es caracteritza per un considerable envelliment de la població, una disminució de la taxa de natalitat i un augment de la població masculina (Figura 3.4.)



Fig. 3.4. Poble de Montanuy.



4. FONTS ANALIZADES

4.1. CRITERIS DE SELECCIÓ

Per a realitzar el treball i posteriorment dur a terme l'anàlisi de les diferents aigües, he hagut de fer una selecció entre totes les fonts de l'àrea. Per fer aquesta selecció he seguit uns criteris: **la localització i el substrat geològic**, que poden ser determinants en la qualitat de l'aigua. A més a més, he tingut en compte altres criteris que també m'han ajudat a fer aquesta tria final, com ara el coneixement popular i la facilitat d'accés. Així doncs, he procurat que les característiques de les fonts triades siguin variades pel que fa a aquests factors. Finalment he triat un total de 11 fonts.

4.1.1. Localització

La localització de les fonts és un factor important a tenir en compte, ja que pot fer variar la composició de l'aigua. En agafar fonts situades en diferents zones, la temperatura, la humitat, els contaminants, la matèria orgànica... poden variar, i per tant els resultats de les anàlisis no seran iguals. Per altra banda, he volgut triar fonts disseminades per tota la zona d'estudi.

4.1.2. Comprovació de les creences populars

- **La seva popularitat:** és un factor que també he tingut en compte en la meua elecció. Com a exemple tenim la Font Vella, lloc on molta gent de Montanuy va a buscar aigua per beure, ja que és considerada la millor aigua de la zona. Una altra font popular és la Font de Viuerri, on cada any es realitza un romeria i es beu aigua d'aquesta font per purificar els cossos dels creients.

- **Propietats de l'aigua que brolla de les fonts:** hi ha diferents fonts de l'àrea d'estudi que són conegudes per les seves propietats i qualitats, he triat aquest criteri ja que m'ha semblat interessant i curiós. Alguns exemples d'aquestes fonts que més endavant s'explicaran són la Font del Calvari, que es coneguda per les seves qualitats medicinals, i la Font Xelada, que com el seu nom indica es caracteritza per la seva baixa temperatura.

4.1.3. Substrat geològic

Aquest factor té un paper molt important en la composició química de l'aigua perquè segons el tipus de substrat poden variar la qualitat i el tipus de sals alliberades. Per exemple, una *litologia*³ caracteritzada per una presència elevada de calcàries enriquirà l'aigua en bicarbonats (veure figures 4.1, 4.2, 4.3).

³**Litologia:** Naturalesa de les roques d'una unitat geològica.





Fig. 4.1. i 4.2. Localització de les fonts estudiades dins d'un mapa topogràfic i geològic. Es troben dins del poble de Montanuy, la font de Viuerri (1), la font del Calvari (2), la font Vella (3) i la font de la Borda (4); dins del municipi de Vilaller situem la font del Cornaso (5), la font dels Estanyons (6), la font dels Escamps (7), la font de Ribaleres (8), la font de Cierco (9), la font Xelada (10) i la font del Fontanal (11). La part que surt en negre, és la part aragonesa no estudiada per l'Institut Cartogràfic de Catalunya.



| Geologia | Descripció i mineralogia | Imatge |
|--|--|---|
| <p>Dipòsits col·luvials. Argiles amb còdols angulosos de l'Holocè. Qco.</p> | <p>Materials del Triàsic i del Pèrmic que formen part del Mantell de les Nogueres, trobem afloraments de materials rogencs constituïts per gresos del Permotrias, també coneguts com "red beds". Aquest nom es deu al caràcter rogenc que ofereixen els òxids de ferro presents en aquestes roques. Dins d'aquesta zona hi destaca una petita mina d'urani. També trobem pissarres, roques sedimentàries detrítiques i calcàries dolomitzaes.</p> |  |
| <p>Formació de Pissares del Devonià mitjà. Dpb.</p> | <p>La zona de Vilaller està constituïda per pissarres del Devonià deformades durant l'orogènia herciniana. És tracta d'una roca metamòrfica d'origen sedimentari, de textura granular fina i homogènia. És d'estructura laminar o foliada, cosa que permet obtenir-ne lloses planes i primes. També trobem calcàries dolomitzaes.</p> |  |
| <p>Blocs i gravetes. Vessat d'esbaldregats d'Holocè. Qve.</p> | <p>A la zona de Cierco trobem mineralitzacions filonianes de plom i zinc amb una excepcional abundància mineral entre la que destaquen la galena argentífera, l'esfalerita, la baritina, la calcita, etc.</p> <p>A Senet trobem calcosquistos, pissarres, quarsites, mabres, esquistos motejats i pòfirs.</p> |  |



Fig. 4.3. Resum del substrat geològic de la zona d'estudi.



5. DESCRIPCIÓ DE LES FONTS

| 1. FONT XELADA | | | |
|---|---|--|--|
| Altitud: 1250m | UTM X 31T0315626 | UTM Y 4714210 | |
| Situació: situada al mig del poble de Senet. |  | | |
| Accés: molt accessible, es pot arribar amb el cotxe fins al davant de la font. | | | |
|  | <p>Fig. 5.1. Situació de la font Xelada.</p> | | |
| | <p>Característiques: fa uns anys era la font d'abastiment del poble de Senet. La font té dues sortides: una per on brolla l'aigua de manera natural i l'altra sortida al com, abeurador on beuen els ramats ovins i bovins de la zona. Popularment es diu que és una aigua molt freda.</p> | | |
| <p>Fig. 5.2. Font Xelada.</p> | | <p>Vegetació: no hi ha vegetació als voltants, ja que la font està situada al mig del poble. Únicament hi ha una mica de molsa al lloc on raja l'aigua a causa de la humitat.</p> | |
| <p>Substrat geològic: calcosquistos, quarsites i pissarres.</p> | | | |



| 2.FONT DEL FONTANAL | | |
|--|--|----------------------|
| Altitud: 1285m | UTM X 31T 031526 | UTM Y 4714241 |
| Situació: situada a la part alta del poble de Senet, al costat del dipòsit i de la piscina. |  | |
| Accés: fàcilment accessible, temps a peu des del poble de Senet 4 minuts. | | |
|  | <p>Fig. 5.3. Situació de la Font del Fontanal.</p> <p>Característiques: l'aigua, que és utilitzada pel proveïment del poble de Senet, omple el dipòsit que hi ha situat al costat i també un com que serveix per abeurar els ramats.</p> <p>Vegetació: es troba envoltada d'horts i camps. També hi ha grèvols, boixos, roures i freixes.</p> | |
| Substrat geològic: pissarres del Devonianà. | | |



3.FONT DE CIERCO

Altitud: 983m

UTM X 31T 0310402

UTM Y 4704221

Situació: com diu el seu nom, està situada al costat de la N-230 al quilòmetre 137 direcció Vall d'Aran, al costat del pont sobre el riu Noguera Ribagorçana que porta a la borda de Cierco.

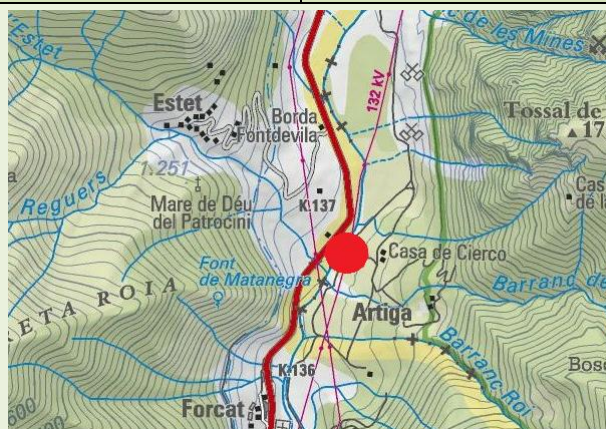


Fig. 5.5. Situació de la Font de Cierco.



Fig. 5.6. Font de Cierco.

Accés: temps a peu des de la carretera 1 min. Fàcilment accessible, es pot deixar el cotxe a l'esplanada al costat de la font.

Característiques: la font brolla a l'interior del tronc d'un avellaner. Aquesta font ha estat utilitzada des de fa molts anys pels ramaders transhumants que pujaven les vaques cap a la muntanya, ja que és una de les poques fonts que es troba a la cabanera⁴. Una de les característiques importants és que es troba a prop de les mines de plom, això pot influir en la composició química de l'aigua.

Vegetació: en aquesta font hi localitzem molts avellaners, a més a més es troba en una esplanada tota rodejada de camps utilitzats per alimentar els ramats de la zona.

Substrat geològic: es troba sobre materials de l'Holocè concretament sobre blocs i graves i també trobem granodiorites.

⁴**Cabanera:** Xarxa de camins per on el bestiar pot transitar sense ocasionar ni patir problemes.



4.FONT DELS ESTANYONS

Altitud: 1104m

UTM X 31T0711534

UTM Y 470651

Situació: la font es troba pujant per la carretera de Vilaller a Montanuy, s'ha d'agafar la pista de terra situada a mà dreta que porta a Sant Urbà (ermita del poble de Vilaller).



Fig. 5.7. Situació de la Font dels Estanyons.

Accés: dificultat mitjana, perquè si vols accedir amb vehicle cal un tot terreny, es tarda uns 15 minuts des de Vilaller, i a peu, 45 minuts.



Fig. 5.8. Font dels Estanyons.

Característiques: es tracta d'una font privada, situada en un prat del mateix nom, que brolla durant tot l'any i que té dues sortides: una cap a un bassa que s'utilitza per regar els prats i l'altra que brolla una mica més per sobre de la bassa. En aquest prat també es troba un com que s'emplena amb l'aigua de la font i que és utilitzat per l'abeurament dels ramats.

Vegetació: roures i freixes.

Substrat geològic: pissarres del Devonian i calcàries dolomitades.



5.FONT DEL CORNASO

Altitud: 1053m

UTM X 31T 03311673

UTM Y 4705322

Situació: es troba situada a un lateral de la pista de terra que porta fins a Sant Urbà.⁵ A aquesta pista s'accedeix des de la carretera de Vilaller a Montanuy.



Fig. 5.9. Situació de la font del Cornaso.

Accés: és de dificultat mitjana, ja que es necessita un tot terreny si vols accedir amb cotxe i si es vol anar caminant des del poble de Vilaller hi ha uns 30 minuts.



Fig. 5.10. Font del Cornaso.

Característiques: la font brolla a través d'un tub metàl·lic col·locat en un petit mur de pedra. És visitada per veïns de Vilaller, ja que diuen que l'aigua és molt bona, també per boletaires i ciclistes, perquè és zona de pas.

Vegetació: trobem roures i boixos.

Substrat geològic: està constituïda per pissarres que són roques metamòrfiques del Devonià.

⁵Sant Urbà és una ermita situada al municipi de Vilaller on cada 25 de maig es celebra una romeria en honor aquest sant. Segons la tradició Sant Urbà cura el mal de cap i les migranyes.



| 6.FONT DELS ESCAMPS | | |
|--|--|----------------------|
| Altitud: 966m | UTM X 31T 0312589 | UTM Y 4705309 |
| <p>Situació: es troba al poble de Vilaller, just a la sortida en direcció a Casós, darrere d'uns contenidors.</p> |  | |
| <p>Accés: fàcilment accessible, pots parar el cotxe al costat, ja que està al costat de la carretera.</p> | | |
|  | <p>Fig. 5.11. Situació de la font dels Escamps al poble de Vilaller.</p> | |
| | <p>Característiques: es tracta d'una font que brolla la major part de l'any i no es sap d'on prové l'aigua. És freqüentada pels veïns de la zona. Es troba al costat de la carretera, factor que podria fer variar la quantitat de clorurs de la font, ja que a l'hivern es tira sal per desfer el gel.</p> | |
| <p>Vegetació: no hi ha vegetació al seu voltant, però just al darrere hi ha un conjunt de prats.</p> | | |
| <p>Substrat geològic: pissarres del Devonianà.</p> | | |



7.FONT RIBALERES

Altitud: 997m

UTM X 31T 0312028

UTM Y 4706061

Situació: es troba en un prat situat al costat d'un camí de terra que surt a mà esquerra de la carretera que va del poble de Vilaller al Seminari de Vilaller.



Fig. 5.13. Situació de la Font de Ribaleres

Accés: dificultat mitjana, es necessita un tot terreny per poder accedir a la font, ja que cal passar per una pista de terra que es troba en males condicions i travessar un petit barranc amb el cotxe. A l'hivern és difícil accedir amb el cotxe, ja que el barranc es troba molts cops gelat. Temps a peu des del poble de Vilaller 25 minuts.



Fig. 5.14. Font de Ribaleres.

Característiques: aquesta font es troba en una propietat privada i l'aigua omple una bassa que serveix per regar els prats propers.

Vegetació: està rodejada de roures, cirerers i freixes.

Substrat geològic: està constituït per pissarres del Devonian deformades durant l'orogènia herciniana i també trobem calcàries dolomitades.



8.FONT DEL CALVARI

Altitud: 1263m

UTM X 31T 0310018

UTM Y 4704914

Situació: localitzada a dos quilòmetres de Montanuy en direcció a l'ermita de Viuerri i al costat del "com del calvari" on beuen els ramats bovins.



Fig.5.15. Situació de la Font del Calvari.

Accés: un cop passat el poble de Montanuy pujant des de Vilaller apareix un camí de terra a mà esquerra que porta cap a Erta (prat de grans dimensions). Temps amb cotxe des del poble de Montanuy, 10 minuts.



Fig. 5.16. Font del Calvari.

Característiques: font que brolla d'un tub de plàstic. Té aquest nom perquè antigament es realitzava durant la Setmana Santa el Calvari, que és com s'anomena a Montanuy el *Via Crucis*. És freqüentada per la gent de la zona ja que popularment es diu que té propietats medicinals.

Vegetació: a causa de la humitat hi trobem moltes falgueres i molses. Als voltants també hi ha boixos, roures i pins.

Substrat geològic: gresos del Triàsic i del Pèrmic i pissarres.





| 9.FONT DE LA BORDA | | |
|--|---|----------------------|
| Altitud: 1073m | UTM X 31T 0311273 | UTM Y 4704426 |
| <p>Situació: la font està al costat de la granja bovina de Joanot, situada al lateral de la carretera de Montanuy a Vilaller.</p> |  <p>Fig.5.17. Situació de la font de la Borda.</p> | |
| <p>Accés: fàcilment accessible, temps a peu 3 minuts des de la carretera de Montanuy.</p> | | |
|  <p>Fig. 5.18. Font de la Borda.</p> | <p>Característiques: és una font privada que brolla tot l'any. L'aigua de la font s'utilitza per regar els prats propers durant l'estiu i per abeurar les vaques de la granja, característica important que pot influir en la composició química de l'aigua.</p> | |
| | <p>Vegetació: al costat de la font es troba un noguer centenari, que li dóna molta ombra i fins hi tot a l'estiu l'aigua està ben fresca. A més a més aquesta font es troba envoltada d'altra vegetació</p> | |
| <p>Substrat geològic: trobem afloraments de materials rogencs constituïts per gresos, també coneguts com "red beds".</p> | | |



| 10.FONT VIUERRI | | |
|---|--|----------------------|
| Altitud: 1231m | UTM X 31T 0310516 | UTM Y 4704221 |
| Situació: la font es troba en un camí que surt del poble de Montanuy en direcció a l'ermita de Viuerri. |  | |
| Accés: si es vol anar caminant des del poble són 30 minuts. També es pot accedir amb cotxe fins al costat, i després caminar 2 minuts. | | |
|  | <p>Fig. 5.19. Situació Font de Viuerri.</p> <p>Característiques: a uns metres de la font, podem trobar l'ermita de Viuerri, la qual li dona el nom. En aquesta ermita cada any per la segona Pasqua, es celebra una Romeria on es porta el sant fins el lloc i és típic menjar xocolata i beure aigua de la font per “purificar” l'ànima dels creients. L'aigua de la font s'utilitza per abeurar els ramats bovins durant l'estiu quan pasturen els prats de la zona. També és freqüentada per excursionistes que s'aturen a beure i per alguns veïns de pobles propers que hi van a dinar o berenar.</p> | |
| Fig. 5.20. Font de Viuerri. | <p>Vegetació: a causa de la humitat de la zona hi trobem moltes molses. La font està envoltada per camps i bosc. També hi trobem gran afluença de boixos.</p> | |
| <p>Substrat geològic: trobem afloraments de materials rogencs constituïts per gresos, també coneguts com “red beds”. També trobem pissarres i esquistos.</p> | | |



| 11.FONT VELLA | | |
|--|--|----------------------|
| Altitud: 1127m | UTM X 31T 0310522 | UTM Y 4704248 |
| <p>Situació: dins del poble de Montanuy, està ubicada al carrer de la Font (anomenat així a causa de la Font Vella).</p> |  | |
| <p>Accés: molt fàcil de trobar i d'accedir-hi, 1 minut a peu des de la plaça de l'església, també s'hi pot arribar en cotxe.</p> | <p>Fig. 5.21. Situació de la Font Vella al poble de Montanuy.</p> | |
|  | <p>Característiques: antigament era utilitzada pel poble per poder beure, aquesta font brolla tot l'any i no es sap d'on prové l'aigua. Durant l'estiu l'aigua és utilitzada per regar els horts propers. Hi ha una placa sobre la qualitat de l'aigua col·locada per l'ajuntament, on posa "Aigua no tractada", ja que no es realitza cap tipus de control sanitari de l'aigua d'aquesta font.</p> | |
| <p>Fig. 5.22. Font Vella.</p> | <p>Vegetació: no hi ha flora als voltants, ja que es troba situada al mig del poble.</p> | |
| <p>Substrat geològic: està situada en zona de dipòsits col·luvials. Argiles amb còdols angulosos dispersos de l'Holocè. També trobem afloraments de materials rogencs constituïts per gresos.</p> | | |



6. TREBALL DE CAMP

Després d'escollir les 11 fonts, he decidit fer dos mostratges. El primer l'he fet a la primavera al mes de maig (2014) i el segon l'he fet al setembre del mateix any. He escollit aquests mesos per tal de fer l'estudi en dues condicions diferents (a priori): època més plujosa (primavera) i època més seca (tardor).

Els mostratges han consistit en la presa d'aigua en les condicions adequades i en la mesura de diverses variables de la font *in situ*: temperatura, cabal i situació geogràfica.



Fig. 6.1. Material utilitzat en el treball de camp.

6.1. METODOLOGIA DE MOSTRATGE *IN SITU*

El mostratge s'ha realitzat amb ampolles d'1,5 L de plàstic, omplint tota l'ampolla i guardant-la en una cambra fosca fins el moment de la seva anàlisi.

6.2. PARÀMETRES MESURATS

a. Cabal

El cabal és la magnitud que expressa la quantitat de fluid que travessa una secció per unitat de temps. Les fonts tenen un cabal que pot variar durant l'any, tant per les precipitacions com pel desgel. Així, el cabal s'espera que sigui superior durant la primavera, que és quan ocorre el desgel i hi ha més precipitacions.

Per mesurar el cabal he posat un ampolla de plàstic d'un litre i mig sota l'aigua de la font i alhora he engegat el cronòmetre. Quan el recipient s'ha emplenat, he aturat el cronòmetre. He anotat el temps que tarda en emplenar-se l'ampolla i he passat les dades a L/min. A l'hora de mesurar-lo he tingut un inconvenient, ja que la majoria de fonts no estan canalitzades, és a dir, que brollen de manera natural. I per tant no he pogut agafar tota l'aigua que brolla i no he pogut calcular el cabal de la font de Cierco, els Estanyons i Viuerri.



Fig. 6.2. Mostratge a la font del Calvari (maig 2014).



Per calcular el cabal, per tant, he utilitzat la següent fórmula:

$$\text{CABAL} = \text{VOLUM} / \text{TEMPS}$$

b. Temperatura

La temperatura és una magnitud que mesura la calor o l'energia tèrmica de les partícules d'una substància. Actualment s'utilitzen tres escales per mesurar-la: l'escala **Celsius**, que és la que gairebé tot el món utilitza; la **Fahrenheit**, que és la que s'utilitza en els països anglosaxons; i l'escala **Kelvin**, que és la del sistema internacional.

El procediment que he utilitzat per mesurar la temperatura ha consistit en posar l'ampolla sota la font i un cop aquesta s'ha omplert, he submergit el termòmetre de manera que el sensor quedés totalment cobert per l'aigua. He esperat 1 minut i he anotat el resultat en graus Celsius (Figura 6.3. i 6.4.).

També he mesurat la temperatura ambient que hi havia en el moment del mostratge, ja que pot influir en la temperatura de l'aigua. Un altra dada que he considerat important és anotar l'hora del mostratge.



Fig. 6.3. i 6.4. Mesura de la temperatura de l'aigua.



c. Localització GPS

He localitzat geogràficament les diferents fonts que es troben al municipi de Vilaller i al poble de Montanuy per tal que quedin situades d'una manera exacta mitjançant la tecnologia GPS. Així, qualsevol persona hi podrà accedir gràcies a les coordenades.

El sistema de posicionament global conegut com GPS (Global Positioning System) és un sistema de navegació per satèl·lit que permet determinar amb molta precisió la situació geogràfica d'una persona o un vehicle, en qualsevol lloc de la Terra.

Aquest sistema va ser creat pel departament de defensa dels Estats Units. El GPS funciona mitjançant una xarxa de satèl·lits que orbiten al voltant de la Terra. Quan es vol saber la posició en què ens trobem, el GPS localitza automàticament com a mínim tres satèl·lits de la xarxa, dels quals

rep uns senyals indicant la posició de cadascun d'ells. Mitjançant la triangulació, l'aparell calcula la posició en què aquest es troba. L'antiga Unió Soviètica va crear un sistema similar anomenat GLONASS, gestionat actualment per la Federació Russa.

Per tal de determinar la localització de les diferents fonts i l'altitud, he engegat el GPS al costat de les diferents fonts i he esperat uns minuts fins que l'aparell trobés un mínim de tres satèl·lits. Un cop trobats els tres satèl·lits apareixen les coordenades geogràfiques. N'apareixen dos, anomenades UTMX i UTM Y (Figura 6.5. i 6.6.).



Fig.6.5. Localització de les fonts amb GPS.



Fig. 6.6. Localització de la font Xelada.



7. TREBALL DE LABORATORI

L'anàlisi de les 22 mostres (11 de la primavera i 11 de la tardor) s'ha dut a terme al laboratori del Camp d'Aprenentatge de Barruera.

En primer lloc, he numerat les diferents ampolles per portar un ordre i que no hi hagi confusions ni errades entre les aigües de les diferents fonts.

La següent taula recull els paràmetres que s'han analitzat al laboratori, així com les tècniques analítiques utilitzades, els materials i els reactius utilitzats.

| Paràmetre a analitzar i unitat | Tècnica analítica emprada | Reactius utilitzats | Material utilitzat |
|--------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Alcalinitat total (mg/L) (AT) | Volumetria | Ataronjat de metil Àcid sulfúric 0.01M | Vas de precipitats Comptagotes Bureta |
| Carboni inorgànic (mg/L) | Càlcul | | Gràfic que relaciona pH amb l'AT |
| pH | Colorimetria | Fenolftaleïna Roig de cresol Blau de bromotimol | Tub de vidre Comptagotes |
| Clorurs (mg/L) | Volumetria | Nitrat de plata 0.01M Cromat potàssic | Proveta Vas de precipitats Bureta |
| Conductivitat (μ S) | Conductimetria | | Conductímetre Vas de precipitats |
| Potassi i sodi (mg/L) | Fotometria | | Fotòmetre de flama |
| Calci (mg/L) | Volumetria | Hidroxid sòdic Murexida Sal disòdica de l'etilen-diaminotetracèti 0,0025 M (EDTA-Na ₂) | Vas de precipitats Espàtula Bureta |
| Magnesi (mg/L) | Determinació indirecta amb càlcul | | |
| Soluts totals(mg/L) | Determinació indirecta amb càlcul | | |
| Nitrats i nitrits (mg/L) | Colorimetria | | Kit |

Fig. 7.1. Resum de les variables analitzades al laboratori



7.1. TÈCNiques ANALÍTIQUES

Per tal de fer l'anàlisi química he utilitzat una sèrie de tècniques analítiques que són les següents:

7.1.1. Volumetria

La volumetria és un mètode quantitatiu d'anàlisi química que permet determinar la concentració d'una substància (reactiu valorat) afegint un volum d'una segona substància (agent valorant) de concentració coneguda i que reacciona amb la primera. En una valoració convencional, l'agent valorant es col·loca en una bureta i es va afegint gota a gota a la dissolució del reactiu valorat en el qual se li afegeix un indicador (substància que canvia de color en el punt final de la valoració) fins que la reacció és completa. A partir del volum consumit, i tenint en compte l'*estequiometria*⁶ de la reacció, es pot calcular la concentració del reactiu valorat.

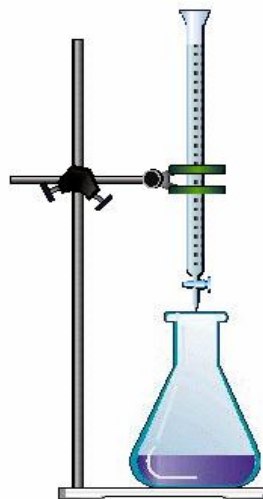


Fig. 7.2. Valoració amb la bureta.

7.1.2. Colorimetria

És un mètode analític que es basa en la capacitat que tenen algunes substàncies (indicadors) de virar el seu color segons la quantitat de substància a analitzar de la solució. Segons la quantitat de substància present en la dissolució manifestarà un color o un altre. Aquest color cal comparar-lo amb les solucions de referència de la mateixa substància i de concentració coneguda (Figura 7.3.).



Fig. 7.3. Anàlisi del pH amb colorimetria que requereix una determinació visual.

7.1.3. Fotometria de flama

Un **fotòmetre de flama**, és un aparell usat en l'anàlisi de metalls alcalins (sodi, liti i potassi) els quals, quan són sotmesos a altes temperatures, com qualsevol altre element químic, emeten llum.

⁶**Estequiometria:** és el càlcul de les relacions quantitatives entre reactius i productes en el transcurs d'una reacció química.



La mostra o substància problema s'analitza amb el fotòmetre, segons la intensitat de la flama i el seu color, determina la concentració de l'element estudiat. La intensitat de la llum emesa és directament proporcional a la concentració de la substància problema.

En la fotometria de flama, només es poden analitzar substàncies inorgàniques, pel fet que la mostra es sotmet a la flama de 1700°C i les substàncies orgàniques es cremen quedant només cendres. Aquesta tècnica s'utilitza per analitzar elements que es troben en molt baixes concentracions (Figura 7.4.).

Amb aquest fotòmetre he analitzat el sodi i el potassi.



Fig. 7.4. Fotòmetre de flama que permet mesurar la concentració del sodi i el potassi.

7.1.4. Conductivitat

Els conductímetres són aparells digitals proveïts d'un sensor capaç de determinar la resistència elèctrica de l'aigua. Per tant he mesurat la conductivitat amb el conductímetre (Figura 7.5.)



Fig. 7.5. Imatge d'un conductímetre.



8. PARÀMETRES ANALITZATS

8.1. ALCALINITAT TOTAL

L'alcalinitat total o duresa total, es defineix com la quantitat de carbonat càlcic que té l'aigua i s'expressa en mg/L o en graus francesos ($1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg/L}$). Mesura la concentració de carbonats en l'aigua, majoritàriament de calci i de magnesi.

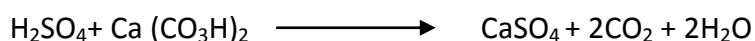
a. Tècnica analítica

Determinaré l'alcalinitat total (AT) amb àcid sulfúric, que és un àcid molt fort però es-tarà molt diluït, 0.01 M, fins que l'indicador (ataronjat de metil) canviï de groc a rosat. S'utilitza un pH baix perquè així tenim la seguretat que ja no hi ha bicarbonats.

b. Metodologia

1. Mesurar amb una proveta 50 mL de l'aigua que es vol analitzar.
2. Abocar-los en un vas de precipitats de 200 mL.
3. Afegir 5 gotes de solució alcohòlica d'ataronjat de metil.
4. Valorar amb l'àcid sulfúric 0.01 M, amb l'ajuda de la bureta afegir lentament l'àcid gota a gota, remenant contínuament, fins que s'observi un canvi de color del groc al rosat (Figura 8.1. i 8.2.).

c. Reacció química



d. Càlculs

$$\text{AT (mg/L)} = \text{mL H}_2\text{SO}_4 \times 2\text{M} \times 1000$$

Alcalinitat total (AT) = mL àcid sulfúric gastat x 20



Fig. 8.1. i 8.2. Valoració de l'alcalinitat. Quan l'ataronjat de metil canvia de color groc a rosat, s'atura el procés i s'anoten els mL d'àcid sulfúric utilitzats.



8.2. CARBONI INORGÀNIC

Aquesta variable és el resultat de la suma del C procedent del CO_2 , el H_2CO_3 , el H^+CO_3^- i el CO_3^- presents a l'aigua. Representa el carboni que tenen les plantes aquàtiques per dur a terme la fotosíntesi. Amb el gràfic següent es calcula el carboni inorgànic total a partir del pH i de l'alcalinitat.

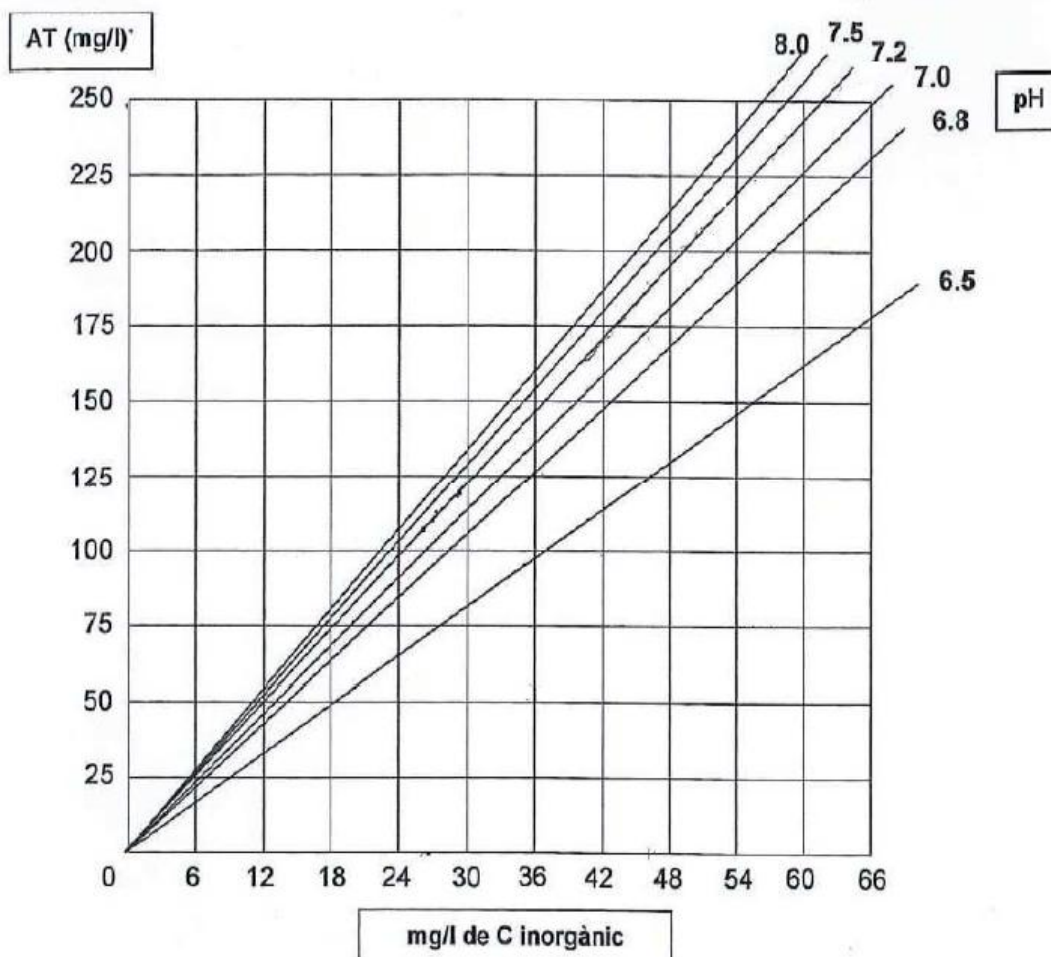


Fig. 8.3. Gràfic que permet obtenir el carboni inorgànic mitjançant la relació de pH i alcalinitat

8.3. pH

El pH ens diu la mesura exacta de l'acidesa o alcalinitat d'una solució. Ens indica per tant la quantitat de protons (H^+) que es troben en una substància determinada. Hi ha una escala que va des de l'1, que determina una substància àcida, aquella que pot cedir un protó, a una altra, fins al 14, que és una base i accepta protons de qualsevol altra substància (Figura 8.4.). Les aigües dolces acostumen a ser lleugerament alcalines. L'aigua ideal pel consum humà ha de tenir un pH de 7.5 aproximadament. L'aigua de mar té un pH proper a 8.2. El de l'aigua de pluja és més àcid, perquè les gotes d'aigua estan en contacte amb el CO_2 atmosfèric.

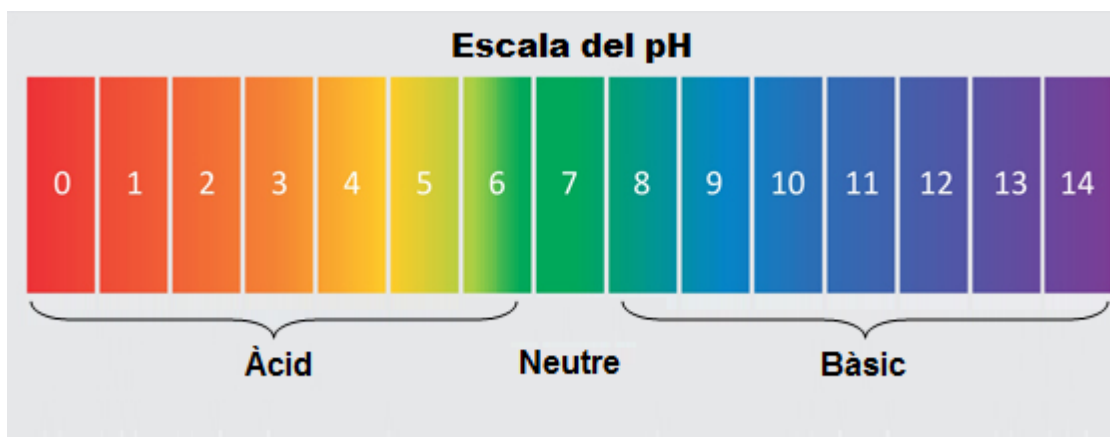


Fig. 8.4. Escala del pH.

a. Tècnica analítica

Per calcular el pH he utilitzat un mètode colorimètric. Hi havia 13 tubs prèviament preparats que serveixen de patrons, és a dir, cadascun contenia una solució de pH conegut, a la qual se li havien posat dues gotes d'un indicador mixt (format per la barreja a parts iguals de tres substàncies indicadores: fenolftaleïna, roig de cresol i blau de bromotimol). Cada solució pren un determinat color característic, diferent de tots els altres, i passa poc a poc, del groc al lila.

b. Metodologia

Primer de tot cal posar la mostra d'aigua a analitzar en un tub d'assaig, després cal afegir a la mostra dos o tres gotes de la solució indicadora mixta. Un cop fet aquest procés cal sacsejar una mica perquè l'indicador es barregi amb la mostra d'aigua i deixar reposar uns dos minuts. El tub d'assaig prendrà un color característic que caldrà comparar-lo amb els patrons per tal de determinar el pH de l'aigua analitzada (Figura 8.6).



Fig. 8.5. i 8.6. Anàlisi del pH mitjançant una determinació visual.



8.4. CALCI

El calci és un dels elements més abundants a l'escorça de la Terra, representa un 3,6 % del total. Es troba en els silicats de les roques ígnies. Només una petita part és constitutiva de les roques carbonàtiques, però com que aquestes són molt més solubles, gran part del calci que es troba a les aigües dolces prové d'aquestes roques.

a. Tècnica analítica

Per analitzar el calci he aplicat una tècnica volumètrica. He utilitzat el EDTA (una substància que reté ions) per a retenir els ions del calci fins l'extrem que els indicadors específics del calci donen negatiu i l'aigua canvia de color gràcies a l'indicador que haurem afegit prèviament: la murexida (substància química). També necessitem un controlador de pH (treballarem a pH molt alcalí), que pot ser una solució d'hidròxid sòdic 1 M, per precipitar el Mg^{++} que interfereix.

b. Metodologia

1. Mesurar 50 mL de l'aigua a analitzar amb una proveta i posa'ls en un vas de precipitats de 200 mL.
2. Afegir 10 mL de solució 1 M d'hidròxid sodi (NaOH).
3. Afegir una punta d'espàtula de murexida.
4. Enrasar la bureta que conté una dissolució d'EDTA- Na_2 (0.0025M).
5. Valorar lentament fins al viratge del rosa al violeta. El viratge ha de ser total, és a dir, el color final completament violeta (Figura 8.7. i 8.8.).

c. Càlcul

$mg/L \text{ de } Ca^{++} = mL \text{ EDTA} \times M \times P \text{ atòmic } Ca \times 1000 / mL \text{ mostra}$

$mg/L \text{ de } Ca^{++} = mL \text{ EDTA} \times 0.0025 \times 40 \times 1000/50$

$$Ca^{2+} \text{ (mg/L)} = 2 \times mL \text{ EDTA}$$



Fig. 8.7. i 8.8. Valoració del calci amb la qual es veu un viratge de rosa a violeta.



8.5. CONDUCTIVITAT

La conductivitat és la capacitat de transmetre el corrent elèctric i ens indica el grau de mineralització de l'aigua. Aquesta mineralització o concentració d'ions depèn del substrat geològic. Amb valors superiors als 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es considera que l'aigua pot estar afectada per abocaments d'aigües residuals i no es considera apta per al consum humà. Per mesurar-la utilitzaré el conductímetre (Figura 8.9.), el qual està format per una sonda i



Fig. 8.9. Conductímetre

un indicador digital calibrat en microSiemens (μS) o mil·lisiemens, segons l'escala. Aquesta dada ens donarà una idea de la quantitat de substàncies que té dissoltes l'aigua, com més substàncies tingui, més alta serà la conductivitat.

a. Concentració total de soluts

Al conèixer la conductivitat podré saber aproximadament la concentració total de totes les sals i elements que estan dissolts a l'aigua. Per aigües de conductivitat inferiors a 1000 μS , la concentració total de soluts es pot calcular de manera aproximada mitjançant la següent fórmula:

$$\text{Soluts totals (mg/L)} = 0.75 \times \text{conductivitat } (\mu\text{S})$$

8.6. MAGNESI

El magnesi és el vuitè element més abundant en l'escorça terrestre, també està molt present en roques magmàtiques. En les roques sedimentàries, és freqüent trobar-lo en les calcàries dolomitzaes. La dolomitació és el procés de substitució progressiva de calci per magnesi per la circulació de l'aigua entre les roques calcàries.

a. Tècnica analítica

Un cop tenim calculada l'alcalinitat total (carbonat de calci) i el calci, es pot fer una estimació aproximada de la quantitat de magnesi que pot tenir la mostra d'aigua. Això només es pot fer en aquelles aigües continentals amb poca mineralització i no massa riques en sulfats, com les de la zona.

b. Càlcul

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/L)} = 0.288 (\text{AT} - 2.25 \times \text{Ca}^{2+})$$

AT= alcalinitat total expressada en mg/L

Ca⁺⁺= calci expressat en mg/L



8.7. SODI I POTASSI

Per a calcular la concentració de sodi (Na^+) i potassi (K^+) utilitzaré el fotòmetre de flama (Figura 8.10.) i a través de la intensitat del color de la flama podré saber la concentració exacta d'aquests ions en l'aigua analitzada.

a. Metodologia

1. Engegar l'aparell i encendre la flama amb una espurna.
2. Posar el filtre corresponent a l'element que es vol analitzar (sodi o potassi).
3. Ajustar a 0.00 el marcador digital i a continuació calibrar l'aparell utilitzant patrons de calibratge, els quals contenen una quantitat (mg/L) ja determinada de sodi (2 mg/L) o de potassi (5 mg/L).
4. Introduir l'aigua a analitzar sota la sonda i anotar els resultats.



Fig. 8.10. Fotòmetre de flama utilitzat per mesurar el sodi i el potassi.

Per poder treballar en la zona lineal de la flama, serà necessari diluir la mostra amb aigua destil·lada quan ens adonem que som davant d'una aigua que pot presentar una concentració elevada Na^+ , K^+ o Li^+ , per això cal realitzant abans la prova de la conductivitat.

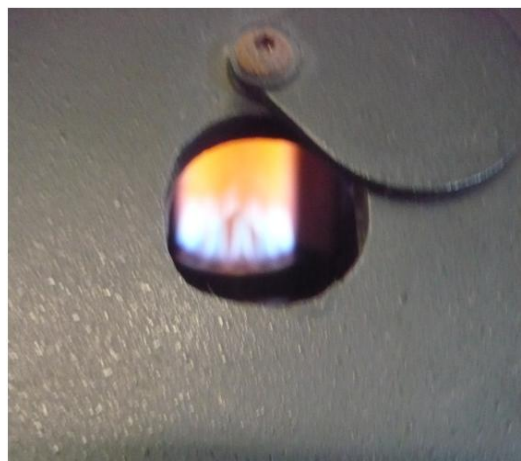


Fig. 8.11. i 8.12. Flama violeta produïda pel potassi i flama taronja produïda pel sodi.

8.8. CLORURS

Les aigües dolces acostumen a tenir una concentració inferior a 1 g/L de clorurs, mentre que les aigües salades tenen concentracions de 19 g/L. Les aigües dolces que discorren per sediments salins i per conques àrides tenen una concentració elevada de clorurs, per tant, el tipus de substrat per on circulen les aigües té una gran importància en el contingut de clorurs. A l'àrea d'estudi no es troben sediments d'aquestes característiques, per això espero trobar concentracions baixes en clorurs.



a. Tècnica analítica

Els ions plata Ag^+ es combinen amb els ions Cl^- , i es forma un precipitat d' AgCl . Per tal de mesurar els clorurs utilitzaré una sal soluble de plata, el nitrat, d'una concentració coneguda, i un indicador. Faré servir el nitrat de plata 0.01 M. L'indicador que utilitzaré és el cromat potàssic. Aquesta sal dóna un color groc llimona a la dissolució. Quan s'ha acabat tot el clorur en la mostra, queden ions Ag^+ lliures i es forma el cromat de plata, que és de color vermellós. Quan el color comenci a canviar pararé la valoració.

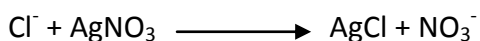
b. Metodologia

1. Mesurar 100 mL de l'aigua a analitzar amb una proveta i abocar en un vas de precipitats de 200 mL.
2. Afegir 3 gotes de cromat potàssic.
3. Enrasar la bureta que conté la dissolució de nitrat de plata 0.01 M.
4. Afegir gota a gota el nitrat de plata 0.01 M a la mostra fins que canviï de color groc a taronja (Figura 8.13.).
5. Mesurar el volum de nitrat de plata 0.01M gastat.



Fig. 8.13. i 8.14. Valoració dels clorurs que passa de color groc llimona al groc orina.

c. Reacció química



d. Càlculs

$\text{mg/L de Cl}^- = \text{mL de nitrat de plata gastats} \times M \times \text{PM}(\text{Cl}^-) \times 1000 / \text{mL (mostra)}$

com $M = 0.01$ Pes molecular (Cl^-) = 35.45 $\text{mL (mostra)} = 100$

$$\text{Cl}^- (\text{mg/L}) = \text{mL d'AgNO}_3 \times 3.545$$



8.9. SULFURS

La presència de sulfurs en les aigües potables és un signe de contaminació domèstica o industrial i no haurien de tenir-ne en absolut.

8.10. NITRATS

Generalment, els ambients aquàtics són oxidants i l'aigua conté nitrats, que poden procedir dels substrats geològics pels quals circula l'aigua (sòls guixencs, per exemple) o bé són d'origen domèstic per oxidació de la matèria orgànica. Per a aquesta variable hem utilitzat un *kit* comercial (Figura 8.15. i 8.16.), ja preparat i amb instruccions concretes, el qual dóna el resultat directament en forma d'escala de color, és a dir, que la concentració de nitrats ve donada per la intensitat del color després d'haver fet els passos que demana. És doncs un mètode colorimètric.



Fig. 8.15. i 8.16. *Kit* utilitzat per mesurar els nitrats.

8.11. NITRITS

En general, l'aigua no conté nitrits. Quan hi són presents es pot sospitar de la presència d'enterobacteris, perquè aquest transformen els nitrats presents a l'aigua en nitrits. S'utilitza el mateix procés que en els nitrats però amb reactius i passos diferents. En aquests *kits* (Figura 8.17. i 8.18) no hi figura el nom de cap reactiu. Aquesta variable només ha estat analitzada quan sortia alta la concentració de nitrats. Els nitrits estan estretament relacionats amb els nitrats i la seva aparició en l'aigua pot ser un signe de contaminació procedent d'activitats humanes.



Fig. 8.17. i 8.18. *Kit* utilitzat per mesurar els nitrits.



9. ANÀLISI QUÍMICA DE LES MOSTRES D'AIGUA

9.1. TAULA DE DADES

Un cop al laboratori, he analitzat les mostres mitjançant tècniques de volumetria, colorimetria i fotometria (Fig. 9.1)

Fig. 9.1. Resultats de les analítiques durant els mostratge de maig (M) i setembre (S) n.m. vol dir no mesurat.

| | Xelada | | Fontanal | | Cierco | | Estanyons | | Cornaso | | Escamps | | Ribaleres | | Calvari | | Borda | | Viuerri | | Vella | |
|------------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S |
| Temperatura (°C) | 8 | 8.6 | 9.3 | 9.6 | 10 | 9.9 | 11 | 14.5 | 10.8 | 11.1 | 10.2 | n.m. | 9.8 | 10 | 9.7 | 10.6 | 10 | 13.8 | 9.8 | 12.2 | 11,8 | 12 |
| Alcalinitat total(mg/L, (mmol/L)) | 344 (5,6) | 108 (1,8) | 362 (5,9) | 116 (1,9) | 286 (4,7) | 154 (2,5) | 452 (7,4) | 258 (4,2) | 186 (3) | 134 (2,2) | 196 (3,2) | n.m. | 364 (6) | 235 (3,9) | 312 (5,1) | 300 (4,9) | 250 (4,1) | 202 (3,3) | 110 (1,8) | 96 (1,6) | 264 (4,3) | 156 (2,6) |
| Carboni inorgànic (mg/L, (mmol/L)) | 80 (6,7) | 25 (2,1) | 84 (7) | 28 (2,3) | 70 (5,9) | 38 (3,2) | 106 (8,8) | 6.6 (5,5) | 46 (3,8) | 33 (2,8) | 52 (4,3) | n.m. | 83 (6,9) | 56 (4,7) | 76 (6,3) | 78 () | 90 (7,5) | 66 () | 27 (2,3) | 24 (2) | 74 (6,2) | 37 (3,1) |
| pH | 7.4 | 7.2 | 7.4 | 7.2 | 7.3 | 7.2 | 7.6 | 7.2 | 7.1 | 7.2 | 7 | n.m. | 7.5 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 6.6 | 6.6 | 7 | 7.2 | 6.8 | 7.1 |
| Clorurs (mg/L, (mmol/L)) | 14.3 (0,41) | 3.9 (0,11) | 17.5 (0,5) | 3.6 (0,1) | 41.6 (1,2) | 14.2 (0,4) | 30.6 (0,87) | 3.9 (0,11) | 11.5 (0,33) | 5 (0,14) | 25.2 (0,7) | n.m. | 10.5 (0,3) | 7.5 (0,21) | 13.1 (0,37) | 6.4 (0,18) | 13.5 (0,39) | 10.3 (0,29) | 5.5 (0,16) | 4.3 (0,12) | 9.3 (0,27) | 8.9 (0,25) |
| Conductivitat (µS) | 263 | 136 | 248 | 137 | 293 | 237 | 300 | 311 | 141 | 172 | 156 | n.m. | 248 | 323 | 247 | 280 | 277 | 339 | 90 | 126 | 215 | 239 |
| Potassi (mg/L, (mmol/L)) | 0.53 (0,01) | 0.29 (0) | 0.44 (0,1) | 0.3 (0) | 0.9 (0,2) | 0.61 (0,2) | 0.22 (0) | 0.84 (0,2) | 0.1 (0) | 0.13 (0) | 0.2 (0) | n.m. | 0.35 (0) | 0.26 (0) | 0.35 (0) | 0.31 (0) | 0.36 (0,01) | 0.52 (0,01) | 0.7 (0,02) | 0.6 (0,02) | 0.47 (0,1) | 0.47 (0,1) |
| Calci (mg/L, (mmol/L)) | 61 (3,1) | 33.2 (1,7) | 55 (2,8) | 30.8 (1,5) | 59 (2,9) | 51 (2,6) | 76.2 (3,8) | 63.2 (3,2) | 33.6 (1,7) | 37.4 (1,9) | 32.4 (1,6) | n.m. | 61.4 (3,1) | 72.2 (3,6) | 52.8 (2,6) | 57.6 (2,9) | 60 (3) | 67 (3,4) | 19.4 (1) | 24 (1,2) | 44.4 (2,2) | 24 (1,2) |
| Magnesi (mg/L, (mmol/L)) | 55.2 (2,3) | 7.2 (0,3) | 64.7 (2,7) | 11.2 (0,47) | 39.9 (1,67) | 7.6 (0,31) | 75.3 (3,14) | 28,8 (1,2) | 29.9 (1,25) | 11.7 (0,48) | 33.1 (1,38) | n.m. | 45.5 (1,9) | 15.7 (0,65) | 51.8 (2,16) | 44.9 (1,87) | 28.8 (1,2) | 9.9 (0,41) | 17.7 (0,74) | 10.4 (0,43) | 44.1 (1,8) | 13.1 (0,55) |
| Soluts totals(mg/L) | 197.3 | 178 | 186 | 103 | 219.8 | 178 | 225 | 233 | 105.8 | 129 | 117 | n.m. | 186 | 242 | 184.3 | 210 | 207.8 | 254 | 67.5 | 94.5 | 67.5 | 94.5 |
| Sodi(mg/L, (mmol/L)) | 2.5 (0,11) | 0.7 (0,03) | 2 (0,09) | 0.6 (0,03) | 9.2 (0,4) | 3.3 (0,14) | 2.4 (0,1) | 1.9 (0,08) | 1.5 (0,07) | 1.2 (0,05) | 1.3 (0,06) | n.m. | 1.9 (0,08) | 1.4 (0,06) | 2 (0,08) | 1.5 (0,06) | 1.7 (0,07) | 1.4 (0,06) | 0.06 (0) | 0.16 (0) | 1.6 (0,07) | 1.1 (0,05) |
| Nitrats i Nitrits (mg/L) | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | 0 | 0 | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. |



9.2. ANÀLISI DE RESULTATS PER VARIABLES

Per tal d'analitzar les dades de la taula 9.1. he utilitzat un seguit de gràfiques que mostren els resultats d'una variable o bé en relacionen dos. Així doncs, hi ha gràfiques de dos tipus: diagrames de barres simples, que mostren en diferent color les dades de maig i setembre, i rectes de regressió. Aquestes són les rectes que millor s'ajusten a un diagrama de dispersió i ens donen una idea de com de relacionades estan dues variables. El coeficient de correlació, R^2 , de les rectes determinarà la qualitat de l'ajust. En les rectes de regressió, quan la R^2 és igual a 0, no hi ha correlació entre les variables i quan R^2 és igual a 1 hi ha una correlació absoluta. Per tant, a valors propers a 1 hi haurà una alta correlació entre les variables.

Les unitats més adients per aplicar les rectes de regressió són els mmol/L. Per passar de mg/L a mmol/L he fet els següents càlculs:

En els elements: Concentració (mg/L) = mmol/L x pes atòmic (mg/mmol)

En els compostos: Concentració (mg/L) = mmol/L x pes molecular (mg/mmol)

Les fonts estan ordenades per les diferents zones: la font Xelada i la del Fontanal localitzades al poble de Senet; la font de Cierco situada al costat de la borda de Cierco; la font dels Estanyons, del Cornaso, dels Escamps i de Ribaleres situades al poble de Villaller; i la Font Vella, la del Calvari, la de la Borda i la de Viuerri situades al poble de Montanuy. La font dels Escamps no rajava al setembre, per tant, no vaig poder fer la segona anàlisi.

a) TEMPERATURA

La temperatura no varia gaire entre la primavera i la tardor (Figura 9.2), encara que sí podem destacar el canvi tèrmic de la font de la Borda, gairebé 4°C (sent més alta la temperatura al setembre). Les temperatures de totes les aigües estan dins del rang mitjà de temperatures d'aigües subterrànies en zones temperades (entre 10 i 15°C), excepte per la font Xelada, que està durant els dos mostrejos al voltant de 8°C. Probablement, el nom d'aquesta font fa referència a la seva temperatura tan freda. La baixa temperatura podria ser causada perquè la font es troba en una zona obaga i es troba a una alçada de 1250 m. Al setembre, les temperatures són lleugerament superiors, ja que l'aigua s'ha escalfat durant tot l'estiu.

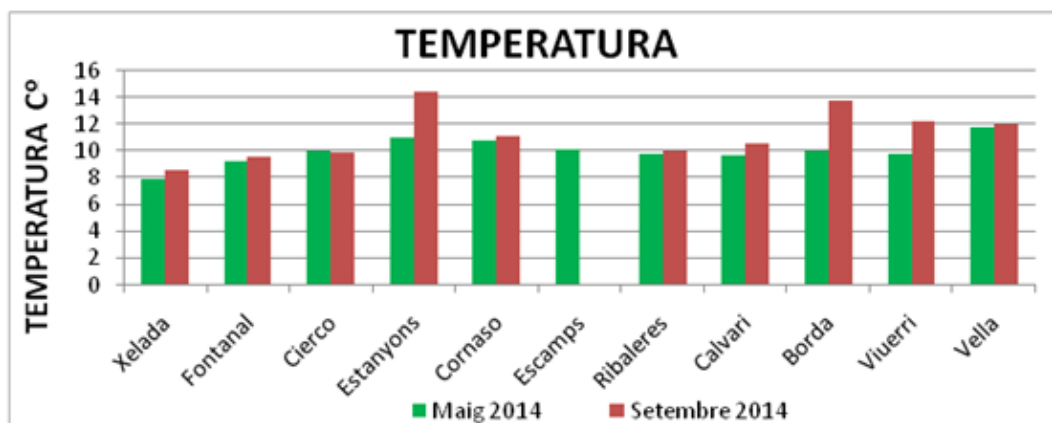


Fig. 9.2. Comparació de la temperatura mesurada a totes les fonts durant els dos mostratges.



b) CABAL

Al fer la recollida de dades hi va haver diversos problemes que no em van permetre mesurar el cabal d'algunes fonts. Les font Viuerri, Cierco i Estanyons no estan canalitzades, per tant no vaig poder mesurar el cabal perquè no podia recollir tota l'aigua.

El cabal pot variar durant l'any. Tal i com havia previst a la majoria de fonts, el cabal és major al mostreig fet al maig (primavera) a causa del desgel i les precipitacions (Figura 9.3). Hi ha d'altres fonts que tenen un cabal més o menys regular al llarg dels dos mostrejos. Les fonts que tenen major cabal són la Font Vella i la del Fontanal. La font dels Escamps sí que està canalitzada, però té molt poc cabal, segurament té pèrdues perifèriques de cabal. Això passa quan la paret que acumula l'aigua té alguna esquerda, per la qual l'aigua s'escapa, i per tant no tot el cabal surt pel tub. En el segon mostreg no rajava i per això no vaig poder mesurar el cabal, això podria ser perquè tota l'aigua de la font surt per les fissures, i pel tub no raja ni una gota. Sovint la causa d'aquest problema és que les arrels de plantes obstrueixen el tub. La font del Calvari també té un cabal baix, ja que està canalitzada cap a una bassa per donar de beure al bestiar.

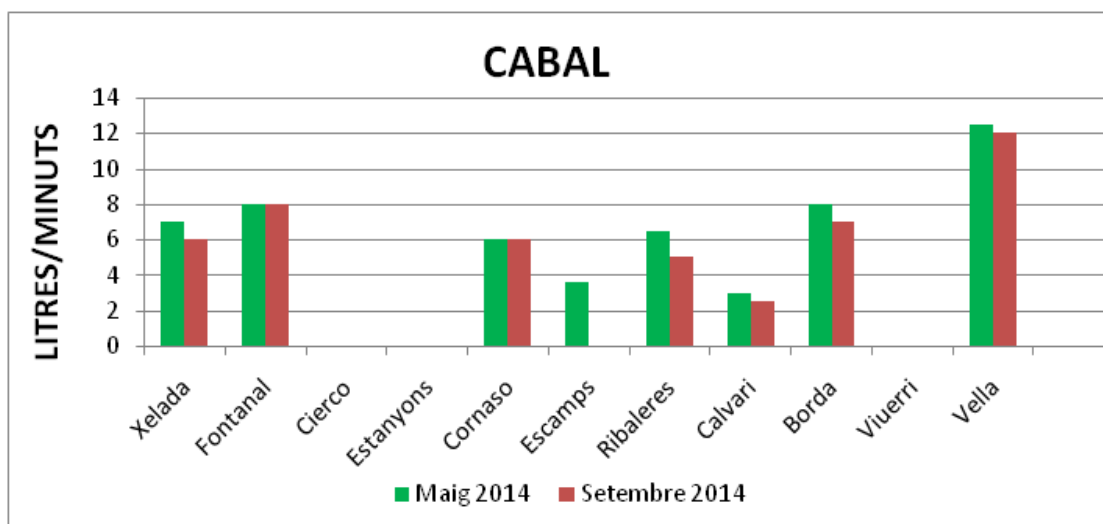


Fig. 9.3. Comparació del cabal mesurat a les fonts durant els dos mostrejos.

c) ALCALINITAT, CALCI I MAGNESI

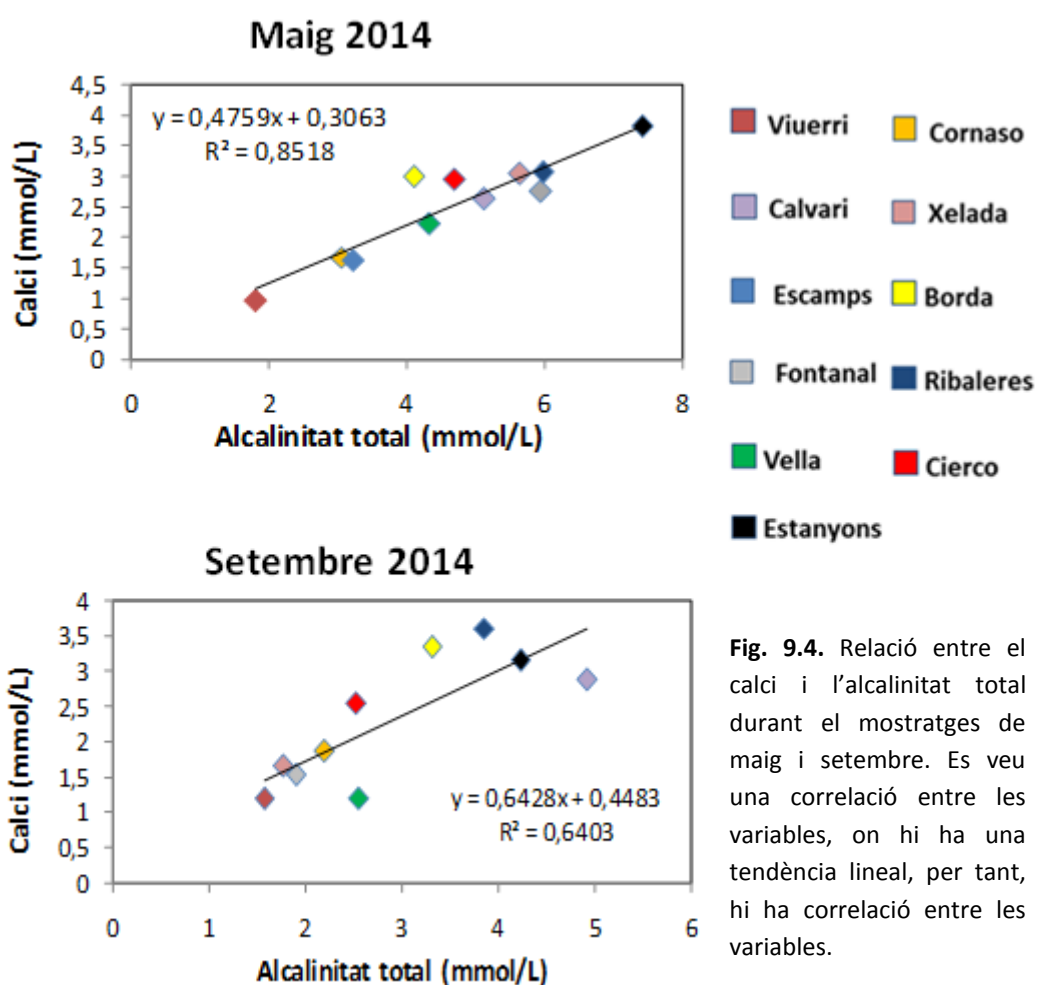
La calcita és carbonat de calci, per tant, si el calci prové de la calcita, hauria d'estar relacionat amb l'alcalinitat (que està determinada per la concentració de bicarbonats i carbonats). Així, en la següent figura (9.4) podem veure la relació del calci amb l'alcalinitat. Segons aquesta gràfica, el calci i l'alcalinitat estan molt relacionats. Aquesta relació es pot veure en el fet que totes les dades tenen una tendència lineal (sobretot a la gràfica del primer mostreig), per tant, podem deduir que tot el calci que s'observa a les fonts prové de la calcita. En canvi, els resultats del segon mostreig no són tan lineals. A l'anàlisi del setembre ha sortit més elevada la concentració de calci perquè probablement a l'estiu hi ha hagut una aportació extra de calci, potser adobs als camps (nitrats, fosfats...).



En aquestes gràfiques també podem observar que les fonts que tenen més calci són la dels Estanyons, Ribaleres i Fontanal. En canvi les que en tenen menys són la de Viuerri, Cornaso i Escamps.

El substrat geològic de la zona d'estudi està format bàsicament per pissarres, argiles i calcosquistos. Per tant, el carbonat de les aigües probablement prové dels calcosquistos.

Les aigües bicarbonatades són aquelles que tenen una alcalinitat superior als 600 mg/L, són una mica dures i perjudiquen molt les canonades, màquines... però són bones per beure perquè estimulen la digestió i neutralitzen l'acidesa de l'estómac. De les fonts estudiades no en trobem cap que tingui aquests valors.



A la gràfica 9.5. podem veure la relació que hi ha entre l'alcalinitat i el magnesi.

El calci també està relacionat amb el magnesi, ja que de vegades es produeix la dolomitització, procés de substitució progressiva de calci per magnesi quan una aigua és rica en magnesi i circula per calcàries i es transforma la calcita en dolomita. El magnesi l'he calculat de manera indirecta a partir d'aquestes variables: calci i alcalinitat. A la zona



d'estudi hi ha **calcàries dolomitades**, potser per aquesta raó la quantitat de magnesi és elevada.

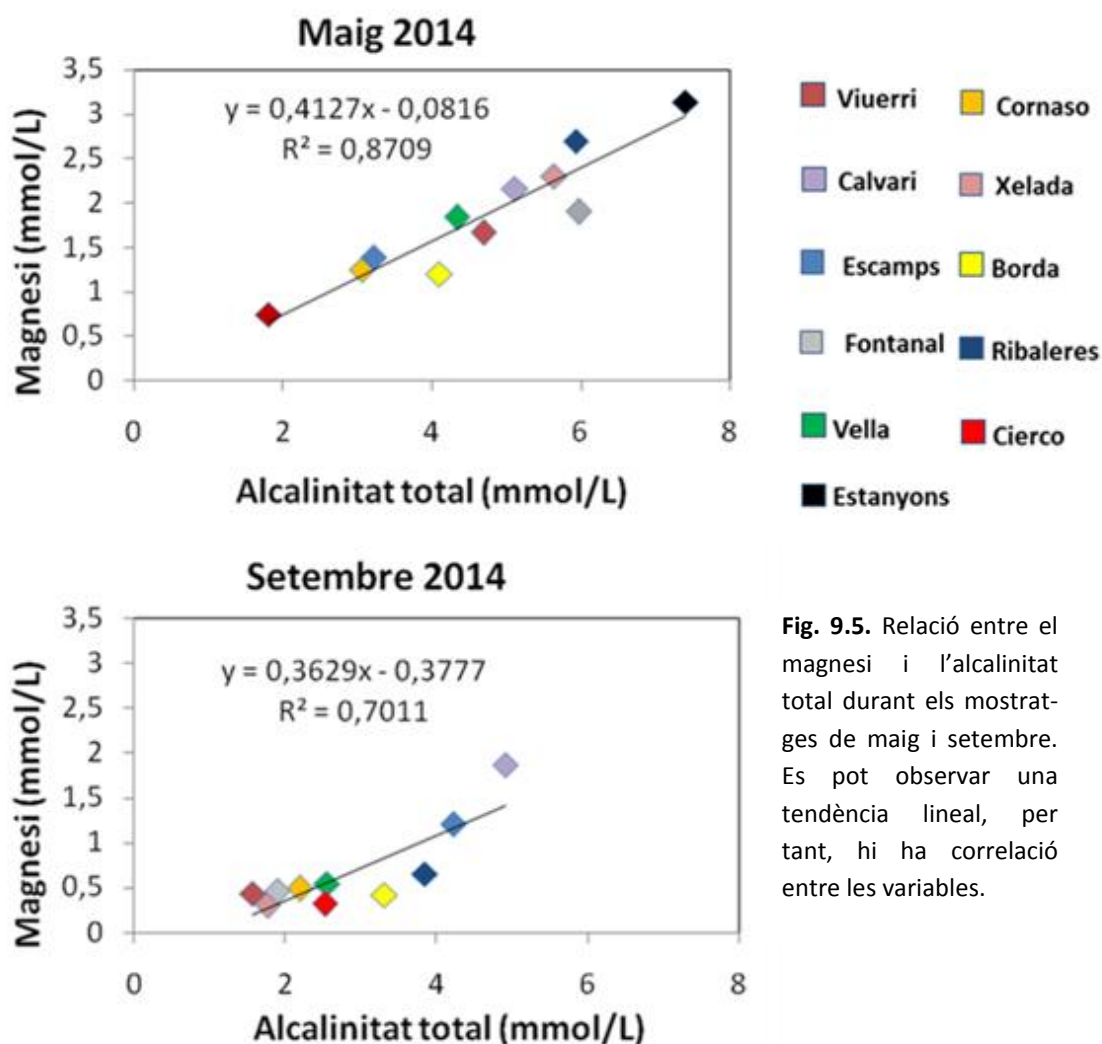


Fig. 9.5. Relació entre el magnesi i l'alcalinitat total durant els mostratges de maig i setembre. Es pot observar una tendència lineal, per tant, hi ha correlació entre les variables.

La taula 9.6. ens indica els valors de magnesi i calci que determina la qualitat de l'aigua per al consum humà segons el Reial Decret del 7 de febrer 2003.

Podem apreciar que totes les fonts, respecte a la variable del calci, es troben en el tram de qualitat, ja que cap supera els 100 mg/L.

En el cas del magnesi trobem aigües que sobrepassen els valors tolerables segons la normativa espanyola. La font Xelada, la dels Estanyons, la del Calvari i la del Fontanal (al mostreig del maig), superen el valor de 50 mg/L.

Les aigües calciques i magnèsiques són aquelles que tenen valors superiors a 150 mg/L i contribueix a la mineralització d'ossos i dents. Dins de les aigües estudiades no s'observen valors tan alts.



| QUALITAT DE L'AIGUA SEGONS EL REAL DECRET | | |
|---|----------|------------|
| Paràmetre | Qualitat | Tolerables |
| CALCI | 100 mg/L | 200 mg/L |
| MAGNESI | 30 mg/L | 50 mg/L |

Fig. 9.6. Valors de qualitat del calci i magnesi en les aigües segons el Reial Decret del 7 de febrer de 2003

d) CARBONI INORGÀNIC I PH

El carboni inorgànic és tot el carboni present a l'aigua i disponible per a la fotosíntesi (CO_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ i H_2CO_3) es pot calcular mitjançant la relació entre el pH i l'alcalinitat.

Aquest carboni l'utilitzen els vegetals aquàtics per dur a terme la fotosíntesi. Per tant, a les aigües amb alts continguts de carboni inorgànic podem deduir que hi haurà una productivitat més alta de vegetals.

La font que té menys carboni inorgànic és la de Viuerri, 27 mg/L al mes de maig i 24 mg/L al mes de setembre, tal com podem veure a la figura 9.7.

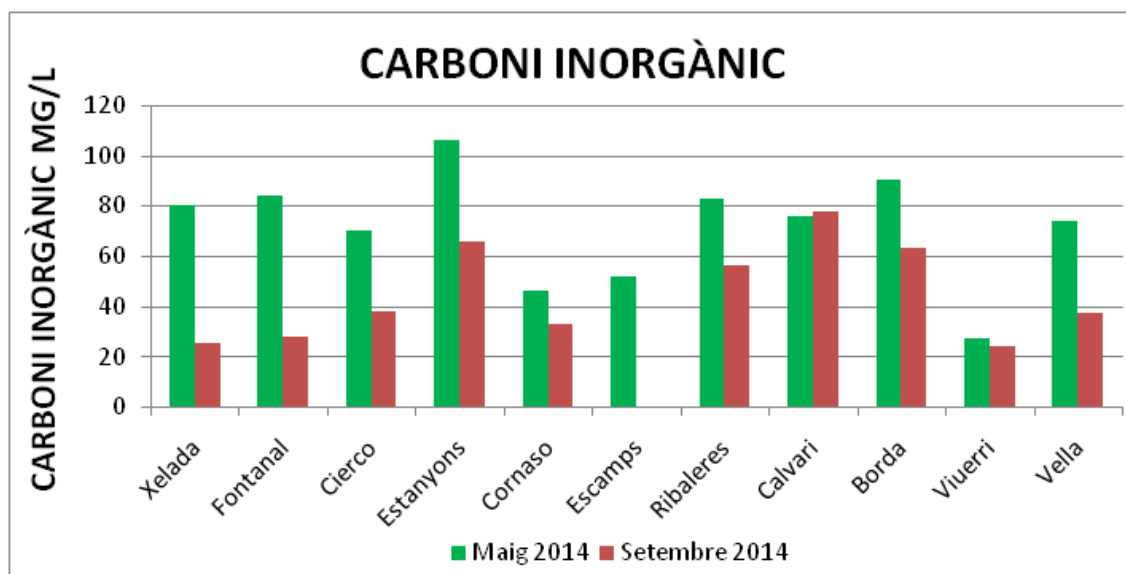


Fig. 9.7. Comparació dels resultats del carboni inorgànic durant els dos mostratges

El pH ens indica l'acidesa o basicitat d'una aigua. Les fonts analitzades són, en general, de pH neutre i aptes per al consum pel que fa a aquesta variable. L'aigua ideal per al consum humà ha de tenir un pH proper a 7,5.

La Font de la Borda és la més àcida (6,6), les més bàsiques són la Font dels Estanyons (7,6) i la font de Ribaleres (7,5). Tots les fonts tenen un pH al voltant de 7, és a dir, neutre. El pH mitjà és 7,14, la qual cosa ens indica una mineralització dèbil de les aigües de la zona.

A la segona analítica les aigües de les fonts han sortit més àcides que a la de maig, això ha pogut ser perquè durant l'estiu i el mes de setembre va ploure molt i la pluja té un



pH més àcid (5,5) que el dels aqüífers (6,5-8). El fet de barrejar-se les dues aigües ha pogut provocar l'augment de l'acidesa, ja que hi ha més mobilització d'ions.

El pH està molt relacionat amb el substrat geològic. Els substrats granitoides i esquistosos determinen, en general, pH més baixos (o més àcids) que els substrats calcaris.

Les fonts de Ribaleres i els Estanyons es troben sobre calcàries dolomitades i pissarres, potser per aquesta raó el pH és més bàsic. Els aqüífers de la font de la Borda i del Cornaso deu estar sobre substrats de granitoides o esquistosos, per aquesta raó el seu pH és àcid.

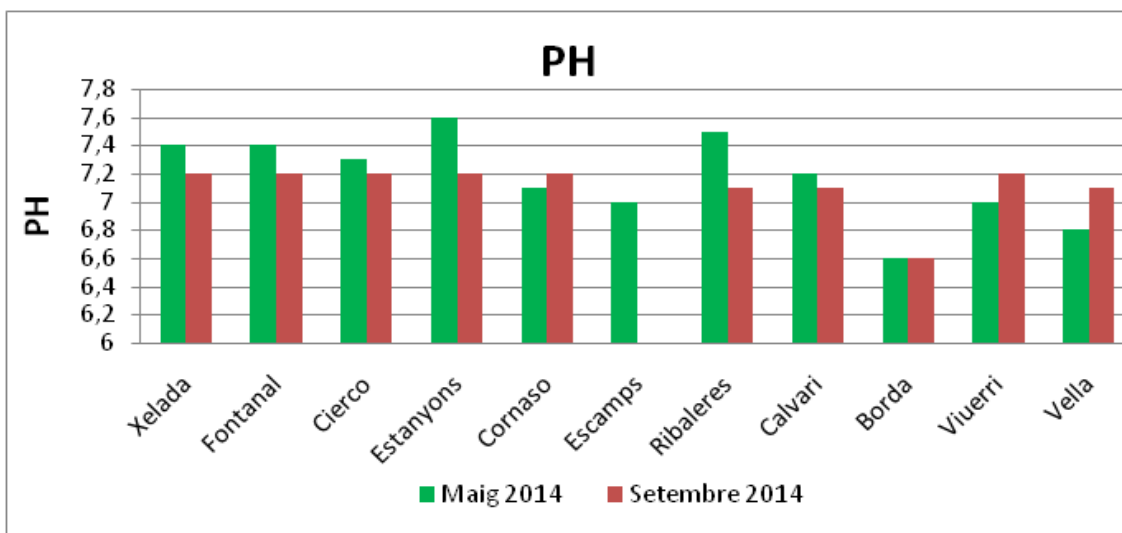


Fig. 9.8. Comparació del pH durant els dos mostratges.

e) CLORURS, SODI I POTASSI

Les aigües clorurades són aquelles que tenen valors de clorurs superiors a 200 mg/L. Els clorurs poden provenir de sals com NaCl (Halita), del KCl (Silvina), del sulfat de sodi (NaSO₄) o d'aigües residuals (ramaderes, domèstiques sense depurar...); les fonts analitzades tenen valors baixos.

Dins del nostre territori, els clorurs també poden venir de la sal emprada a la carretera durant les èpoques de gelades. Principalment, la sal que s'empra és el clorur sòdic (NaCl). Aquesta és probablement la causa que en la Font de Cierco el sodi i els clorurs siguin molt alts, sobretot a l'anàlisi realitzada al maig (2014), ja que aquesta font es troba al costat de la carretera.

En la gràfica 9.9. també es pot apreciar que les fonts dels Estanyons i Ribaleres tenen també una quantitat més alta de clorurs respecte a la resta de fonts, cosa que ens pot fer pensar que aquestes fonts es troben en un substrat geològic diferent de la resta. Això podria ser ja que aquestes dues fonts es troben sobre calcàries.

El sodi i el potassi són dos elements químics vitals. En general, els organismes no han desenvolupat cap sistema de retenció de sodi en el seu cos perquè aquest element és molt abundant en el medi. El potassi és molt menys abundant i els organismes el rete-



nen, per la qual cosa sempre és més abundant en la matèria viva que en el medi que l'envolta; així doncs, a les aigües hi ha poc potassi.

La gràfica 9.9 també mostra els nivells de sodi que contenen les fonts analitzades. Cal destacar l'alta concentració de sodi en la font de Cierco, sobretot al mes de maig, amb una concentració que quadruplica la resta. Les aigües sòdiques són aquelles que tenen valors superiors a 200 mg/L, no són aconsellades per a infants, persones grans, o dietes amb control de sodi.

Les fonts estudiades tenen valors inferior a 200 mg/L i són recomanables per a dietes baixes amb sodi.

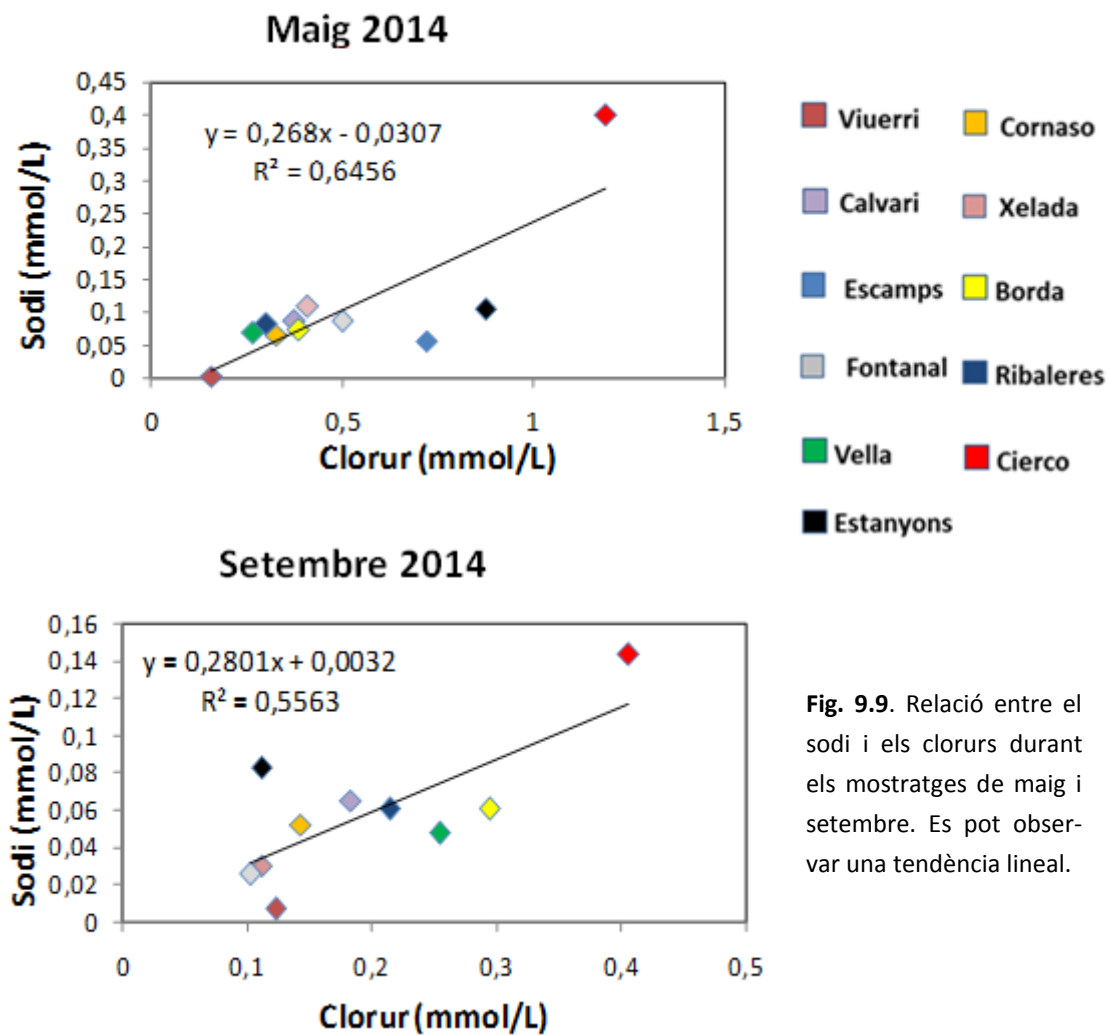


Fig. 9.9. Relació entre el sodi i els clorurs durant els mostratges de maig i setembre. Es pot observar una tendència lineal.

La gràfica 9.10. ens mostra la relació que hi ha entre el potassi i els clorurs. En general el potassi és un element que es troba en molt poca quantitat en l'aigua, perquè els organismes tendeixen a acumular-lo dins del seu cos tal com hem dit anteriorment. A la gràfica no es veu una relació clara entre el potassi i els clorurs, ja que no té una tendència lineal. Per tant podem deduir que en la zona estudiada hi ha altres components diferents del clorurs lligats al potassi. Les fonts que tenen més potassi són la de Cierco (0,53 mg/L) i la font de la Borda (0,52 mg/L). La que té una menor concentració de potassi és la font del Cornaso (0,1 mg/L).

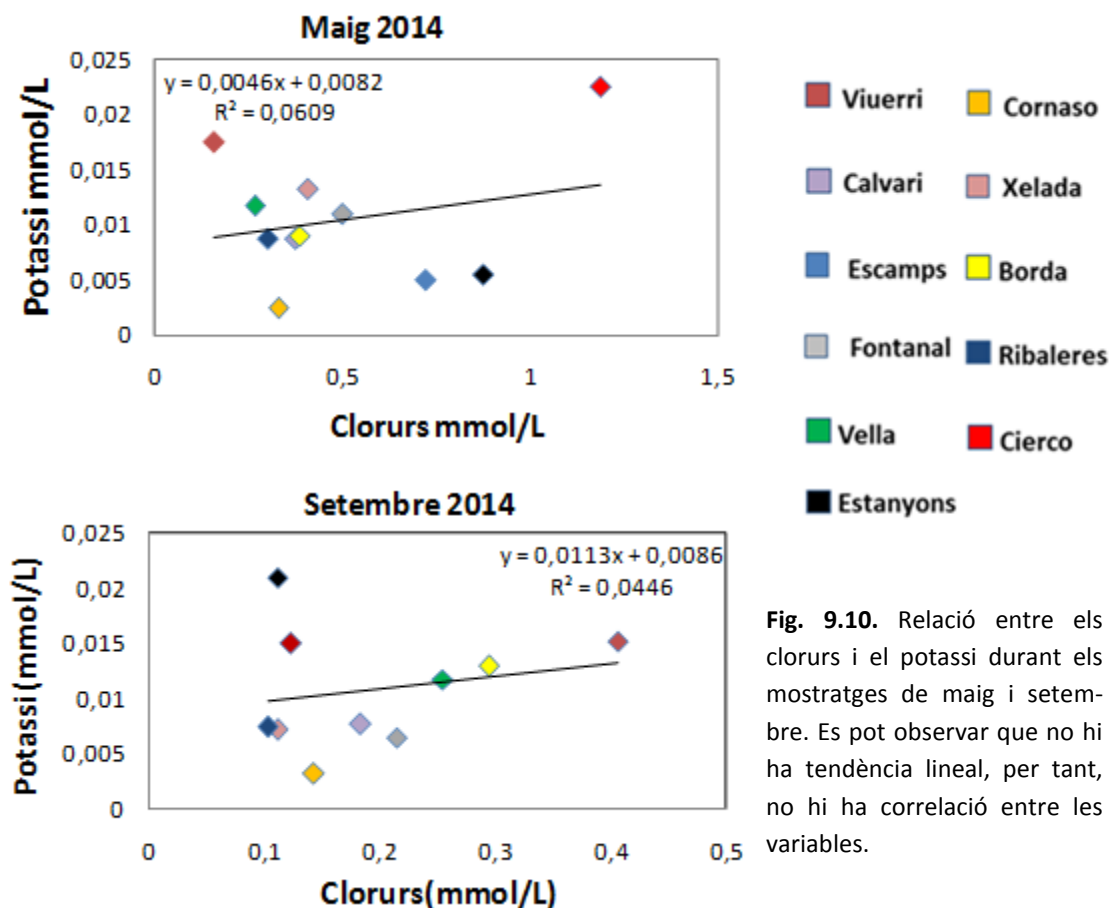


Fig. 9.10. Relació entre els clorurs i el potassi durant els mostratges de maig i setembre. Es pot observar que no hi ha tendència lineal, per tant, no hi ha correlació entre les variables.

f) SOLUTS TOTALS I CONDUCTIVITAT

La conductivitat, tot i estar expressada en una unitat elèctrica, ens dóna una idea de la quantitat de soluts (substàncies inorgàniques dissoltes en aigües) que porta l'aigua. Com més soluts conté l'aigua, més alta és la conductivitat.

La conductivitat ens serveix per conèixer el grau de mineralització de cada aigua, per la seva relació amb la concentració de sals. Per saber el grau de mineralització de cada aigua hem utilitzat la taula (9.10).

| Conductivitat elèctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Mineralització de les aigües |
|---|------------------------------|
| Conductivitat < 100 microsiemens/cm | Molt dèbil |
| Entre 100 i 200 microsiemens/cm | Dèbil |
| Entre 200 i 666 microsiemens/cm | Mitjana |
| Entre 666 i 1000 microsiemens/cm | Important |
| Conductivitat > 1000 microsiemens/cm | Excessiva |

Fig. 9.10. Relació entre la conductivitat i la mineralització de les aigües segons el Reial Decret del 7 de febrer de 2003.

En el gràfic dels soluts totals podem comprovar com aquests estan directament relacionats amb la conductivitat, ja que es calculen a partir d'aquesta.

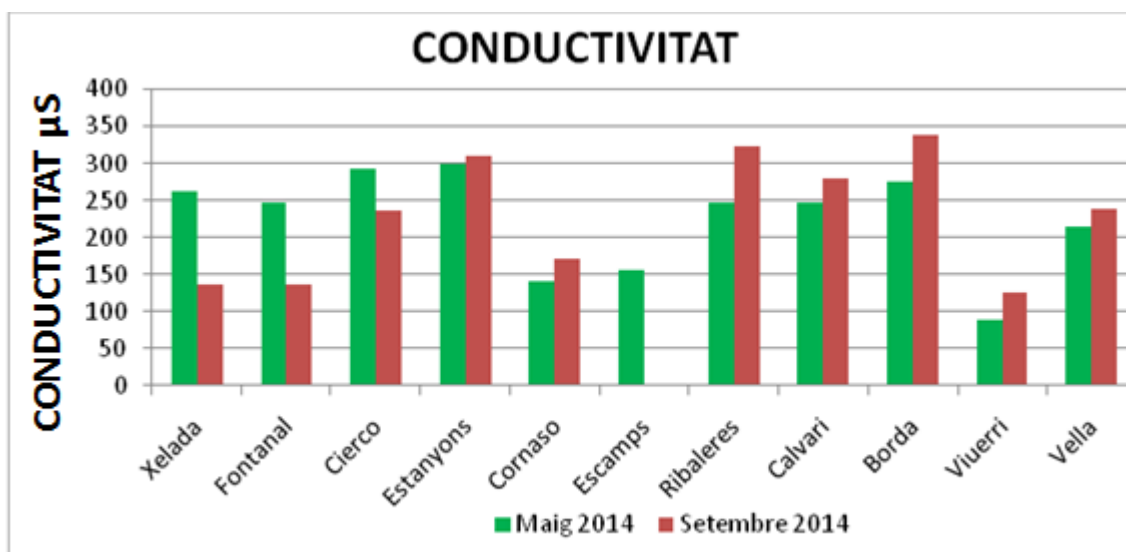


Fig. 9.11. Comparació de la conductivitat durant els dos mostratges.

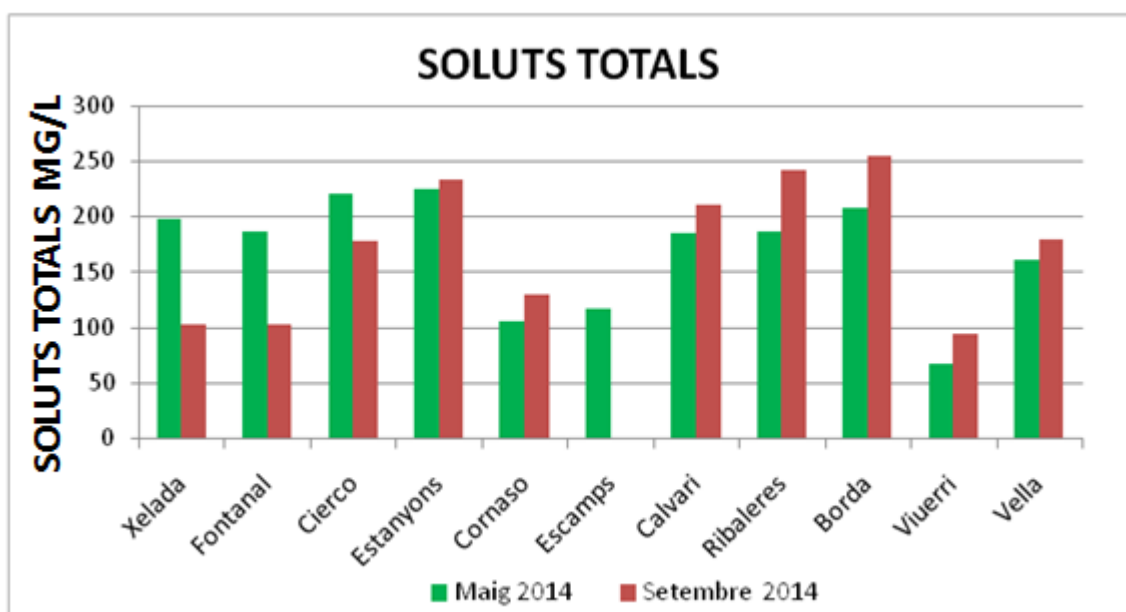


Fig. 9.12. Comparació del soluts totals durant els dos mostratges.

La conductivitat també està molt relacionada amb l'alcalinitat. Aquesta relació es pot veure en el fet que les dades tenen una tendència lineal (sobretot a la gràfica del primer mostreig). En canvi, els resultats del segon mostreig no són tan lineals.

Podem veure que en el nostre cas la majoria de les fonts tenen una mineralització dèbil o mitjana; entre els valor de 126 i 340 µS. La font de la Borda és la que té una mineralització més alta, en el mostratge de setembre tenia un valor de 339 µS, per tant podem dir que aquesta font és de mineralització mitjana. La Font de Viuerri té molt po-



ques sals, ja que la seva conductivitat és de $90\mu\text{S}$. Per tant la seva composició química és pobre en soluts i en alcalinitat, és a dir, poc mineralitzada.

Així doncs les fonts estudiades són de mineralització dèbil. Gràcies a aquests valors aquest tipus d'aigües afavoreixen la diüresis, és a dir, la producció d'orina. També són indicades per a la preparació d'aliments infantils i per a les dietes de control de sodi, problemes de càlculs i insuficiència renals o retenció de líquids.

g) CONDUCTIVITAT I ALCALINITAT

Una de les sals més abundants dissoltes en l'aigua dolça és el bicarbonat, per això la conductivitat també està relacionada amb l'alcalinitat tal com s'observa en el gràfic 9.13.

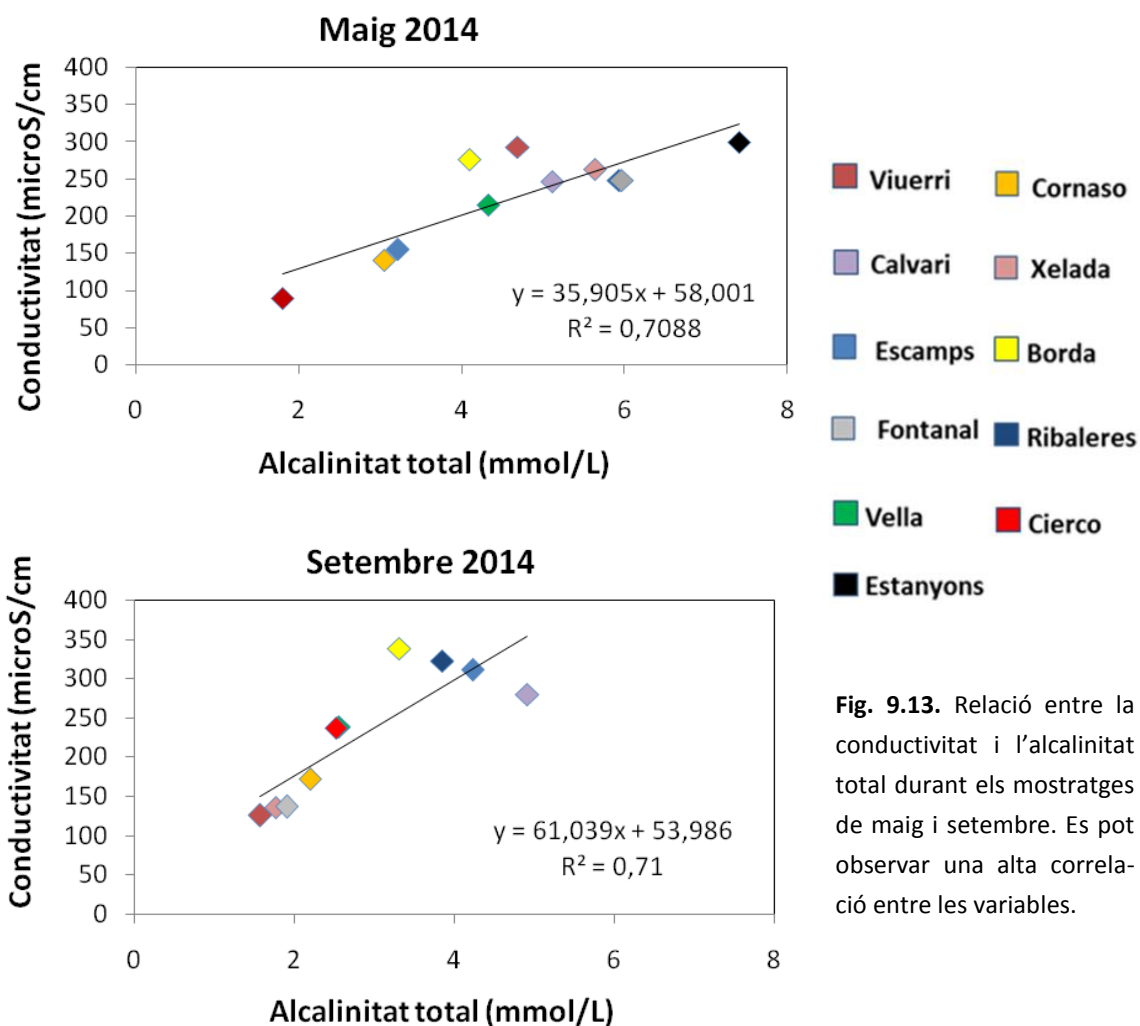


Fig. 9.13. Relació entre la conductivitat i l'alcalinitat total durant els mostratges de maig i setembre. Es pot observar una alta correlació entre les variables.



10. CREACIÓ D'UNA PÀGINA WEB: DESCOBREIX LES FONTS DE LA RIBAGORÇA

Uns dels objectius principal d'aquest treball és crear un inventari-catàleg obert, que deixi constància documental i fotogràfica de les diferents fonts de l'Alta Ribagorça i del poble de Montanuy i voltants. Es tracta d'una iniciativa col·laborativa que vol alimentar-se d'altres iniciatives similars per tal d'augmentar el coneixement, la sensibilitat i el respecte cap a les diferents fonts i el propi territori. Per tal de fer aquest inventari de fonts el format escollit és una pàgina Web.

Una **pàgina Web** és un document electrònic *online*. El seu contingut es coneix com hipertext, que significa que la informació de la pàgina conté enllaços, també denominats hipervincles, per facilitar la navegació d'una pàgina o secció a una altra.

Qualsevol pàgina Web té dues zones:

una de caràcter públic i l'altra de caràcter privat. La primera és la Web en sí, és a dir, el disseny gràfic, el que qualsevol usuari veurà al accedir a la Web, els serveis, la informació, els enllaços, etc. L'altra part és l'anomenada Zona d'Administració, és una Web apart que és d'accés restringit i on s'administren tots els serveis de la Web.

10.1. PROCÉS DE CREACIÓ DE LA PÀGINA WEB

Des de tota la vida m'ha apassionat el món d'Internet i la creació de pàgines Web. Per això he decidit crear-ne una per primera vegada amb motiu d'aquest treball de recerca. La idea principal és realitzar una pàgina Web organitzada, accessible per a tothom, visualment atractiva i amb les últimes tecnologies Web. Cal utilitzar la gran varietat de recursos que ofereix Internet per tal de crear interès en els usuaris i atreure visitants. No s'ha d'abusar de la informació textual sinó que cal utilitzar també imatges, vídeos, àudios... per tal de no avorrir al lector cal proporcionar una informació d'interès, clara i de confiança.

Així doncs, he pretès crear una pàgina dinàmica, és a dir, composta per text, taules, imatges i enllaços codificats en codi HTML. Al mateix temps he procurat que el disseny sigui atractiu, cridaner, i que la informació estigui ben organitzada i sigui fàcil d'entendre per tota mena d'usuaris.

Per tal de crear la meua pàgina Web he decidit utilitzar el creador *Wix.com*. Aquest creador és una plataforma online que permet crear Webs amb la tecnologia Flash i HTML i que permet publicar el resultat a la xarxa de manera gratuïta. També permet crear atractives i efectives pàgines Web i dóna l'opció d'afegir qualsevol tipus de contingut (textos, gràfics, àudios en mp3, animacions, mapes...)



Fig. 10.1. Logotip de Wix pàgina amb la que he creat la meua Web.



Un cop he triat l'eina de construcció, he començat a fer esbossos en paper i preparant l'estructuració de la Web: quantes seccions tindrà, què inclourà en cadascuna...

La pàgina Web està estructurada en diferents parts, que són les següents:

- ❖ **L'inici o portada:** És la pàgina de benvinguda, des de la qual es pot accedir a la resta d'apartats.



Fig. 10.2. Portada de la pàgina Web.

- ❖ **Presentació:** Dóna la benvinguda a la pàgina Web, també n'explica el funcionament i convida els lectors a que col·laborin enviant informació sobre les fonts d'aigua que coneguin. Hi ha un vídeo sobre les fonts i també un mapa que permet entrar a les diferents zones estudiades.



Fig. 10.3. Presentació de la Web.



- ❖ **Àrea d'estudi:** A l'hora de presentar les fonts, les he agrupat en els diferents municipis: Vilaller, Pont de Suert, Vall de Boí i poble de Montanuy. En aquesta secció està tota la informació referent a la zona d'estudi (mapa de les diferents zones).



Fig. 10.4. Area d'estudi: informació sobre la zona.

- ❖ **Les Fonts:** Secció on apareixen les diferents fonts de cada municipi i on es pot accedir a les fitxes de cadascuna d'elles (veure ANNEX 1).

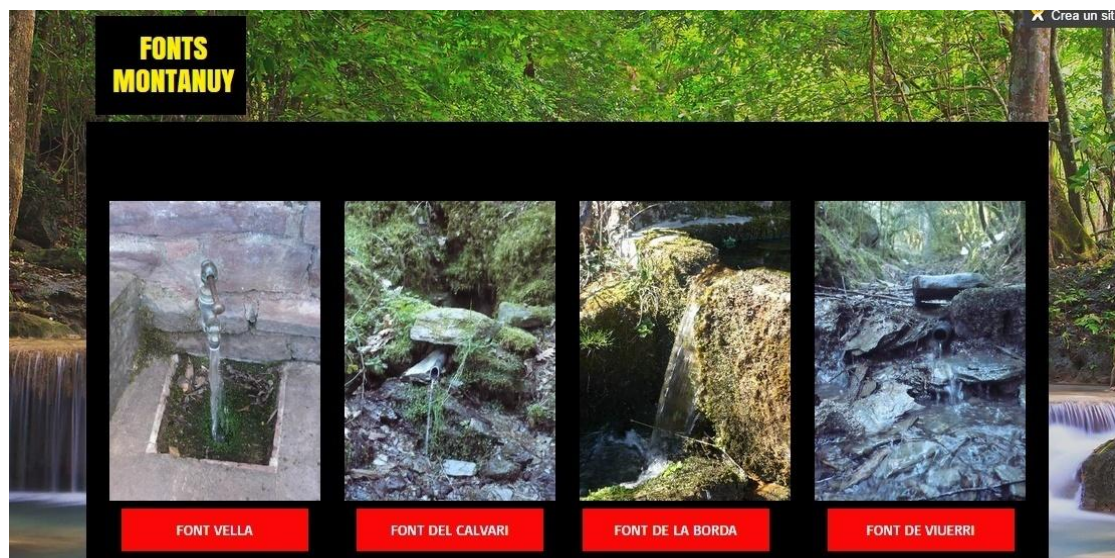


Fig. 10.5. Les fonts, en aquest apartat es poden veure les fotos de les diferents fonts i accedir a la fitxa.



- ❖ **Fitxa de les fonts:** Fitxes de les diferents fonts amb la següent informació: accés, substrat geològic, localització, coordenades, vegetació, situació, característiques generals...

FONT DE CIERCO



| 11.FONT DE CIERCO | | |
|--|-------------------|---------------|
| Altitud: 983m | UTM X 31T 0310402 | UTM Y 4704221 |
| <p>Situació: com diu el seu nom, està situada al costat de la N-230 al quilòmetre 137 direcció Vall d'Aran, al costat del pont sobre el riu Noguera Ribagorçana que porta a la borda de Cierco.</p> | | |
|  <p style="font-size: small;">Fig. 5.20: Situació de la Font de Cierco</p> | | |
| <p>Accés: temps a peu des de la carretera 1 min. Fàcilment accessible, es pot deixar el cotxe a l'esplanada al costat de la font.</p> | | |
| <p>Característiques: la font brolla a l'interior del tronc d'un avellaner. Aquesta font ha estat uti-</p> | | |

| CIERCO | Maig | Setembre |
|--------------------------|------|----------|
| Temperatura (°C) | 10 | 9,9 |
| Alcalinitat total (mg/L) | 286 | 154 |

Fig. 10.6. Fitxa de les diferents fonts on surt tota la informació

- ❖ **Formulari Online:** Serveix perquè aquelles persones que coneguin alguna altra font puguin publicar-la a la pàgina Web (veure ANNEX 2).

FORMULARI FONT

Si coneixes alguna font que creguis que ha d'estar en aquest catàleg, primer de tot comprova que no s'hagi publicat prèviament.

En el cas que no estigui, omple i envia online el formulari que es troba just a sota. En el cas que estigui inclosa, pots aportar noves dades o suggerir correccions.

FORMULARI ONLINE

Nom de la Font *

Poble *

COORDENADES UTMX *

COORDENADES UTM Y *

Cabal..... MOLT BAIX sí

Fig. 10.7. Formulari online que permet la publicació de noves fonts.



- ❖ **Contacte:** En aquest apartat, hi ha l'opció d'enviar un missatge al creador de la Web per tal de fer propostes o suggeriments de millora. S'han d'omplir una sèrie de dades i enviar-les per correu electrònic.

The image shows a contact page titled "CONTACTE" in a yellow box. The background is a photograph of a waterfall in a forest. On the left, there is a close-up of water flowing from a log. On the right, there is a contact form with the following fields: "Nombre", "Email", "Asunto", and "Mensaje". Below the "Mensaje" field is a yellow "Enviar" button. In the top right corner, there is a small text "Crea un sitio W".

Fig. 10.8. Pàgina de contacte que permet fer propostes de millora per a la pàgina Web.



11. CONCLUSIONS

A partir dels resultats del treball de camp i de les anàlisis químiques de l'aigua he pogut arribar a les següents conclusions:

- El substrat geològic influeix directament en la composició química de les aigües, com es pot comprovar en les següents aportacions:
 - Les aigües que circulen per terreny calcari presenten una concentració més alta de carbonats i calci que les que circulen per altres substrats.
 - L'elevada concentració de magnesi en algunes de les fonts estudiades pot ser deguda a la presència de calcàries dolomititzades en el substrat per on circula l'aigua.
 - En general, els valors de clorurs són baixos, ja que les aigües no circulen per substrat salins. Els elevats valors de sodi i clorurs de la font de Cierco, situada al costat de la carretera, són probablement causats per la sal que s'hi tira durant l'hivern.
 - El pH és molt similar a totes les fonts: al voltant de 7, és a dir, neutre. El valor més àcid el trobem a la font de la Borda (6,6). Això pot ser perquè aquesta font es troba sobre un substrat granitoide. El pH en el substrats granitoides i esquistosos normalment és més aviat àcid. Els valors més bàsics els trobem a la font Ribaleres (7,5) i a la dels Estanyons (7,6). Això podria ser perquè es troben en un substrat de calcàries.
 - L'alcalinitat està relacionada amb la conductivitat perquè el bicarbonat és una de les sals més abundant a les aigües dolces.
 - El calci està relacionat amb el magnesi, ja que de vegades es produeix la dolomitització, procés de substitució progressiva de calci per magnesi quan una aigua és rica en magnesi i circula per calcàries, es transforma la calcita en dolomita.
 - En les fonts estudiades es veu una correlació entre el sodi i els clorurs, ja que l'origen principal dels clorurs és probablement el NaCl (Halita).
- La temperatura màxima mesurada és la de l'aigua de la font dels Estanyons (14°C), potser perquè aquesta aigua és canalitzada per un tub superficial que s'escalfa amb el sol. Les temperatures més baixes corresponen a les fonts situades a més altitud. Destaca la baixa temperatura de la font Xelada (8°C).
- Pel que fa al cabal, és difícil arribar a una conclusió global. He observat fonts com la Font Vella que mantenen un dels cabals mesurats més alts (12L/min). D'altres fonts, com la font de la Calvari (3L/min), tenen un cabal insignificant malgrat les pluges abundants caigudes el darrer any. La font dels Escamps al setembre no rajava ja que el nivell freàtic de la font probablement havia baixat.
- L'estat de conservació de la vegetació que es troba a l'entorn de les fonts és bo, mantenint una bona estructura de bosc. La presència de les fonts propicia l'aparició d'espècies típiques d'ambients humits: molses, falgueres...
- Tots els resultats d'aquest treball s'han penjat a una pàgina Web, en forma de catàleg que recull la majoria de les fonts de l'Alta Ribagorça (veure annex) i el poble de



Montanuy. Aquest catàleg ha estat creat perquè es conegui la riquesa i la diversitat de les fonts ribagorçanes. És la primera vegada que la informació es posa a l'abast de tothom i aquesta pàgina permet ampliar-la i actualitzar-la a l'adreça:

<http://fontsdelaribagorza.wix.com/fontsaltaribagorza>

- Per acabar, cal remarcar que la varietat de fonts de l'àrea d'estudi és molt gran, igual que la diversitat de substrats geològics que determinen les característiques dels aqüífers que circulen per aquests substrats. Les fonts estudiades han tingut una gran importància en els diferents pobles de la comarca fins no fa molts anys. Per això, tenen un gran valor ambiental, cultural i social, i cal conservar-les i protegir-les.



12. FONTS D'INFORMACIÓ

AGUILAR, M. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales*. [Murcia]: Universidad de Murcia. [Consulta: Juliol 2014].

Bcn.cat, (2014). *Font artística de la plaça de las madres de la plaza de mayo*. [en línia]. http://www.bcn.cat/parcsijardins/fonts/artistica_madres_mayo.html [Consulta: Febrer 2014].

CARRERAS MARTÍ, J. (1981). *Gran Enciclopèdia Catalana*. Enciclopèdia catalana S.A. Barcelona. [Consulta: Febrer 2012].

Catalunya, I. (2014). *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*. [en línia] [icc.es](http://www.icc.es/). <<http://www.icc.es/>> [Consulta: Març 2014].

Centre d'estudis de la neu i de l'alta muntanya d'Andorra. Les aigües subterrànies del Principat d'Andorra. CENMA. Govern d'Andorra. Andorra la Vella. [Consulta: Febrer 2014].

COL-LABORADORS DE WIKIPÈDIA. *Agua* [en línia]. Wikipèdia, L'enciclopedia lliure, 2011. < <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>> [Consulta: Febrer 2014].

Enciclopediadelagua.es, (2014). *Enciclopedia del Agua*. [en línia] <<http://www.enciclopediadelagua.es>> [Consulta: Març 2014].

FAGUNDO CASTILLO, J. (1996). *Contribuciones a la hidrogeología y medio ambiente en Cuba*. Castelló de la Plana : Publicacions de la Universitat Jaume I. [Consulta: Agost 2014].

NAVARRO, Francesc. *La Enciclopèdia*. Editorial Salvat. Madrid 2003. [Consulta: Març 2014].

COSTA, Marcel (et al.). *Ciències de la terra i el medi ambient*. Editorial Castellnou. Barcelona. 2008. [Consulta: Febrer 2014].

Nacional, I. (2014). *Instituto Geográfico Nacional*. [en línia]. [ign.es](http://www.ign.es).

<<http://www.ign.es/ign/main/index.do>> [Consulta: Març 2014]

Real Decreto 140/2003, p., PRESIDENCIA, M. and 2013, V. (2014). *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano* [en línia] Noticias Jurídicas. http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd140-2003.html#anexo1 [Consulta: Juny 2014].

RODIER, J. (1978). *Análisis de las aguas*. Ed. Omega, Barcelona. [Consulta: Març 2014]

SERRANO, J.M.; REYNAL, I.; FRESNEDA, X. i FONT, M. A. (1992). *Hidrobiología de la Vall de Boí*. A.G. Molino, S.L. Mollerusa. [Consulta: Febrer 2014].



Wix.com, (2014). *Wix Login*. [en línia] <<http://www.wix.com/my-account/sites>> [Consulta: Febrer 2014].

Xtec.cat, (2014). *L'aigua: un be escàs*. [en línia]

<<http://www.xtec.cat/~mferna99/projecte/aigua.htm>> [Consulta: Març 2014]



13.ANNEXOS



ANNEX I: LLISTAT DE LES DIFERENTS FONTS INCLOSES A LA PÀGINA WEB

MUNICIPI DE LA VALL DE BOÍ

1. Font del Planell Gran
2. Font del Forn de la Pega
3. Font de Sant Martí
4. Font del Ferro (Toirigo)
5. Font de la Tartera
6. Font del Bou
7. Font Titus II
8. Font de Santa Llúcia
9. Font Avellaner
10. Font del Ferro (la Farga)
11. Font de Boi
12. Font de l'Aspedana
13. Font de Durro

MUNICIPI DEL PONT DE SUERT

14. Font dels Horts de Ventolà
15. Font dels Acantilats
16. Font del Límit de Província
17. Font d'Escales
18. Font del Ronyó
19. Font d'Abella
20. Font de l'Abadia
21. Font de La Canal
22. Font Calent
23. Font de Canarillo
24. Font de Malpàs
25. Font de La Mena

MUNICIPI DE VILALLER

26. Font de Cierco
27. Font Xelada
28. Font del Fontanal
29. Font de Cornaso
30. Font de Ribaleres
31. Font dels Estanyons

POBLE DE MONTANUY

32. Font de la Borda
33. Font Vella
34. Font de Viuerri
35. Font del Calvari



ANNEX II: FORMULARI PÀGINA WEB

FORMULARI ONLINE

Nom de la Font *

Poble *

COORDENADES UTMX *

COORDENADES UTM Y *

Cabal..... MOLT BAIX SÍ
Control sanitari: es fa un control de l'aigua de BAIX NO
forma regular. * ALT NS/NC
 NS/NC

-Descripció general: -Tipus de brollador: dir si la font disposa de tub o brolla directament de la roca.
.....
-Color: si és transparent o té color.
.....
-Gust: a clor, sense gust.
.....
-Olor: de productes químics, d'aigües residuals, sense olor. *

SUBSTRAT GEOLÒGIC

Ús de l'aigua * Ramader Regadiu
 Sense ús NS/NC

VEGETACIÓ