

Treball de recerca

Nivells de nitrats en les aigües subterrànies de Cardedeu.

Llinars del Vallès, 4 d'octubre de 2019

Índex

1	Introducció: motivacions, objectius i metodologia	6
2	Nitrats	8
2.1	Què són els nitrats?	8
2.2	Cicle del nitrogen:	8
2.3	Tipus de nitrogen:	9
2.4	Límits de concentració de nitrats en aigües. Normativa i polítiques mediambientals 10	
2.5	Zones vulnerables a Catalunya:	11
2.6	Efectes dels nitrats	13
2.6.1	A la salut	13
2.6.2	A la natura, eutrofització	15
3	Aigües subterrànies	17
3.1	Què són les aigües subterrànies	17
3.2	Origen dels nitrats en aigües subterrànies	17
4	Zona de treball	18
4.1	Urbanisme	19
4.2	Marc geològic	20
4.3	Marc hidro-geològic:	22
4.3.1	Hidrodinàmica	23
5	Treball de camp	24
5.1	Material	24
5.2	Programa utilitzat	26
5.3	Inventari de punts d'aigua	27
5.3.1	Treballs realitzats	27
5.3.2	Resultats d'inventari de punts d'aigua	27
5.4	Piezometria	30
5.5	Procediment de recollida i anàlisi de mostres:	31
6	Resultats de l'estudi	33
6.1	Resultats de nivells d'aigua	34
6.2	Resultats de nitrats	36
7	Conclusions	40
7.1	Nivells	40
7.1.1	Pujada de nivells	40
7.1.2	Baixada i manteniment de nivells	41

7.2	Nitrats	42
7.2.1	Pujada de nitrats.....	42
7.2.2	Baixada i manteniment de nitrats	43
7.3	Recomanacions	43
8	Referències bibliogràfiques.....	44

1 Introducció: motivacions, objectius i metodologia

La idea inicial del treball se'm va presentar arran de l'existència d'un pou al pati de casa meva. Es tracta d'un pou construït fa més de 80 anys pels meus besavis i que havia estat una font per abastir d'aigua la casa durant molt de temps, tant per al consum humà com per regar. Des de fa ja uns anys, creiem que l'aigua d'aquest pou està contaminada i no és apta per al consum humà tot i no haver-ho comprovat mai. De fet, només la fem servir per regar. És per això que he decidit investigar sobre un dels possibles contaminants del pou, els nitrats, per a saber com de perillosos són i si realment ni ha a Cardedeu.

Els nitrats són un problema força important a tota la zona de Catalunya. L'objectiu del meu estudi és analitzar els nivells de nitrats en les aigües de Cardedeu. Per això he agafat mostres durant quatre mesos de deu pous i una font d'aigua de Cardedeu, localitzats en diferents punts de la població, i n'he observat, com a dades més rellevants, les quantitats de nitrats i el nivell freàtic. He realitzat tres campanyes de recollida de mostres separades en el temps al llarg dels quatre mesos, tenint en compte també la pluviositat que s'ha donat.

La part teòrica del meu treball consisteix en definir què són els nitrats i com afecten les aigües subterrànies, a la salut i a la natura. També he investigat què són les aigües subterrànies, com s'originen i com hi arriben els nitrats.

L'objectiu pràctic del treball és investigar els processos geoquímics dels nitrats i comparar els seus nivells amb els impactes teòrics sobre la salut humana i el medi ambient. També m'agradaria crear consciència del problema mediambiental que els nitrats poden comportar. És per això que he consultat la legislació en relació als nitrats i les polítiques de sostenibilitat que s'estan portant a terme.

Pel que fa a la metodologia del treball, ha partit de la localització de 22 pous, de 10 dels quals n'he obtingut mostres. També he localitzat i analitzat una font. He realitzat fitxes amb dades predefinides de tots aquests punts d'aigua (veure annex 1).

L'objectiu ha estat analitzar les dades de nivells de nitrats en els pous i en les fonts per poder veure si es donen correlacions.

He situat la recollida de dades en una zona delimitada de Cardedeu. N'he estudiat l'urbanisme i el marc geològic i hidro-geològic.

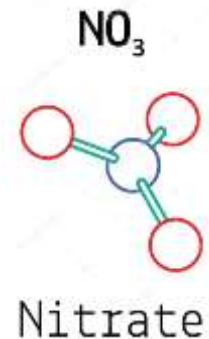
Per recollir i analitzar les mostres he utilitzat bàilers, una sonda de nivell i aparells de mesura de pH i nitrats. Aquest material me l'han deixat.

També he après a utilitzar un programa informàtic que et permet la creació de mapes de tot tipus en l'àmbit geogràfic i geològic, *ArcGIS*. Amb aquest programa he pogut fer tots els mapes necessaris per dur a terme la recerca. (veure annex 2)

2 Nitrats

2.1 Què són els nitrats?

Són una sal química derivada del nitrogen i es formen per descomposició de l'àcid nítric. Aquesta sal està formada per un àtom de nitrogen (N) i tres d'oxigen (O) i el seu símbol químic és (NO_3^-). Els nitrats són molt reactius, sobretot en l'atmosfera. Es troben de manera natural en baixes quantitats a l'aigua i al sòl, tot i que també es fabriquen artificialment per produir adobs i altres substàncies com ara conservants per als aliments. En els fems i purins produïts per la indústria ramadera es troben en alts nivells.



Els nitrats es troben de manera natural en les aigües per conseqüència del cicle del nitrogen. El problema és que hi ha zones on aquest cicle és alterat per la utilització d'adobs que augmenten la concentració de nitrats.

2.2 Cicle del nitrogen:

El cicle del nitrogen és un dels cicles biogeoquímics més importants en el qual els bacteris són els actors principals. Aquest cicle és vital per als éssers vius ja que necessiten el nitrogen per a la formació de compostos orgànics com les proteïnes o àcids nucleics.

El cicle comença quan l' N_2 de l'atmosfera es transforma en amoni al sòl per acció dels bacteris fixadors de nitrogen. Després els bacteris nitrificants transformen l'amoni en nitrit a partir de nitrificació. Aquest mateix bacteris passen els nitrits a nitrats i a partir d'aquest punt poden passar dues coses: la primera és que aquests nitrats tornin a l'atmosfera en forma d' N_2 per acció de bacteris des-nitrificants; i la segona és que els nitrats dissolts en aigua siguin assimilats per les plantes. En aquest cas aquests nitrats passaran després als animals heteròtrofs els quals al des-composar-se tornaran el nitrogen en forma d'amoni al sòl perquè aquest torni a nitrificar-se.

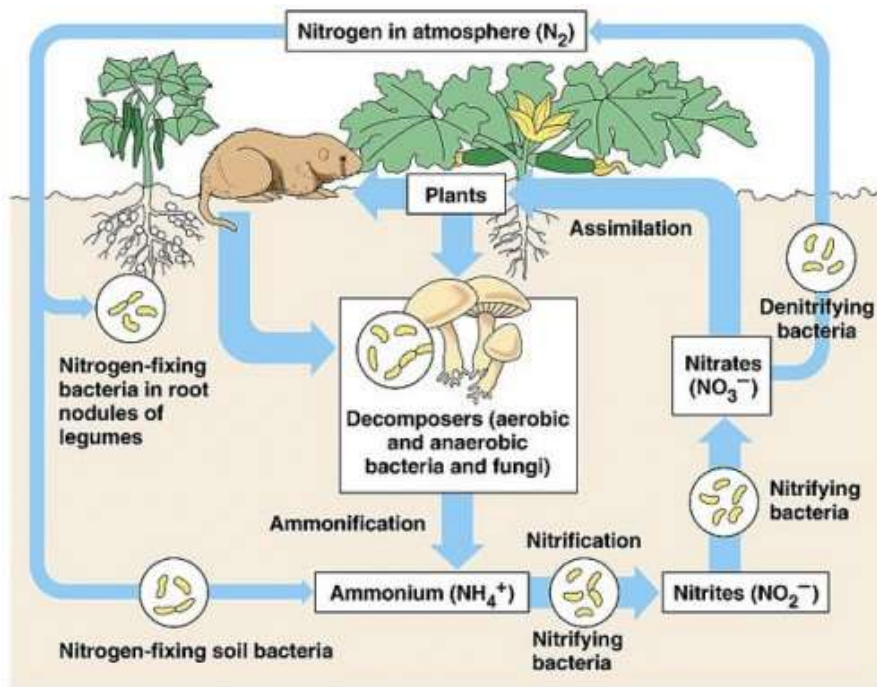


Figura 2.1 Cicle del nitrogen

Font: <http://lifeofplant.blogspot.com/2011/03/nitrogen-cycle.html>

2.3 Tipus de nitrogen:

-Nitrogen gasós: és el més abundant de l'atmosfera i representa un 78% dels gasos de l'atmosfera

-Nitrogen orgànic: representa aproximadament un 98% del nitrogen que hi ha al sòl on és retingut durant molt de temps. Forma part de les proteïnes i els àcids nucleics.

-Nitrogen inorgànic: és només un 2-3% del nitrogen del sòl i es presenta en diferents formes: nitrats (NO_3^-) i nitrits (NO_2^-) o amoni (NH_4^+).

Els nitrats (forma majoritària) són producte de l'oxidació bioquímica de l'amoni utilitzant nitrit (forma minoritària) com a intermediari. Aquest procés es coneix com a nitrificació.

En la natura els nitrats són la principal font de nitrogen de les plantes. Es troben al sòl i l'aigua. En excés poden causar alteracions a l'aigua causant creixements excessius de les plantes. Els nitrits són tòxics tant per a plantes com animals.

L'amoni pot ser retingut pel sòl i pot transformar-se en amoníac (NH_3) un gas tòxic per a les persones.

2.4 Límits de concentració de nitrats en aigües. Normativa i polítiques mediambientals

L'any 1995 el JEFCA [Comitè mixt d'experts en additius alimentaris de la Food and Agriculture Organization (FAO) i l'Organització Mundial de la Salut (OMS)] va confirmar la ingesta diària admissible (IDA) dels nitrats, establint-la en un límit màxim de 3,65 mg/kg de pes corporal i dia. De manera que per a una persona de 60 kg la ingesta de nitrats màxima admissible seria de 219 mg al dia. Aquesta IDA no s'ha d'aplicar en infants menors a 4 mesos d'edat ja que aquests són més susceptibles a patir els seus efectes perjudicials.

L'OMS estableix el límit de nitrats a l'aigua per al consum humà en 50 mg/l. A la Unió Europea es va aprovar aquesta directiva l'any 2000. L'any 2004, finalment l'OMS confirma aquest valor màxim de 50 mg/l de nitrats en l'aigua de consum.

Les aigües que superen en 50 mg/l de nitrats poden ser utilitzades per a altres funcions. Per exemple aquesta aigua es pot utilitzar per rentar, regar o dutxar-se sense problema. Com al bullir l'aigua els nitrats no desapareixen, per cuinar només la poden utilitzar les persones que estan fora dels grups de risc (nadons, dones embarassades, etc.)

Aquestes directrius es van aprovar per fer front als problemes comportats per la contaminació de nitrats d'origen agrari i té com a objectiu protegir la salut humana, els recursos vius i els ecosistemes aquàtics.

A través d'aquestes directives s'estableix que tots els Estats membres de la UE han de:

- Identificar les aigües afectades o potencialment afectades per la contaminació de nitrats.
- Designar zones vulnerables als nitrats.
- Establir programes d'acció respecte a les zones vulnerables designades.
- Elaborar codis de bones pràctiques agràries.
- Elaborar i executar programes de control, per tal d'avaluar l'eficàcia dels programes d'acció i designar, modificar o ampliar la llista de zones vulnerables.
- Realitzar revisions periòdiques, almenys cada quatre anys, de la designació de les zones vulnerables i dels programes d'acció.
- Elaborar i presentar a la Comissió de la Unió Europea un informe de situació cada quatre anys.

També es consideren com a aigües afectades:

- Totes les aigües dolces superficials.
- Totes les aigües subterrànies amb més concentració de nitrats de 50 mg/l.

Aquest mes d'agost de 2019 el Banc Mundial ha publicat un informe (*Qualityunknown: the invisible water crisis. Washington, DC: World Bank*) en què adverteix que els nitrats, la salinitat i els residus plàstics, que són els tres indicadors de qualitat més importants de l'aigua, continuen sense estar ben regulats pels països. Avisa que el risc de contaminació de l'aigua a Europa és elevat i continua creixent entre d'altres factors per la intensificació de l'agricultura, els canvis en els usos de la terra, els canvis dels patrons de pluja a causa del canvi climàtic i la creixent industrialització. L'informe també diu que malgrat que els països de la Unió Europea depuren les aigües residuals, els nitrats procedents dels fertilitzants agrícoles segueixen estant a nivells massa elevats. A Espanya, per exemple, a prop de 170 de les 700 masses subterrànies d'aigua que hi ha, contenen nitrats, segons un estudi del Instituto Geológico Minero de España.

2.5 Zones vulnerables a Catalunya:

L'any 2001 el govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar una llei (Decret 119/2001, de 2 de maig, pel qual s'aproven mesures ambientals de prevenció i

correcció de la contaminació de les aigües per nitrats) en què indicava les zones vulnerables del territori i les polítiques de prevenció.

En aquest decret s'estableixen com a zones vulnerables:

Alt Empordà	Baix Penedès	Selva
Baix Empordà	Anoia	Vallès Occidental
Pla d'Estany	Conca de Barberà	Vallès Oriental
Gironès	Garrigues	Bages
Maresme	Noguera	Berguedà
Selva	Segarra	Solsonès
Osona	Urgell	Ribera d'Ebre
Alt Camp	Pla d'Urgell	Baix Ebre
Baix Camp	Segrià	Montsià
Tarragonès	Garrotxa	
Alt Penedès	Gironès	

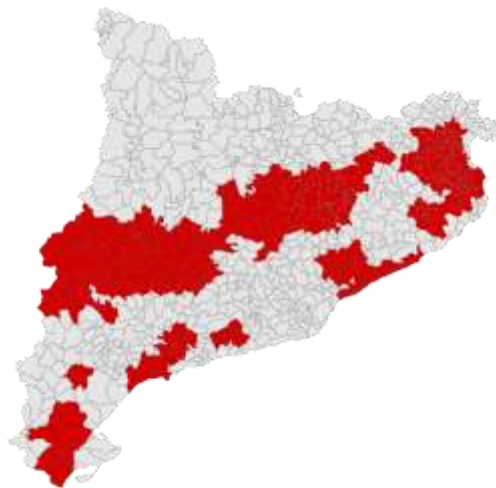


Figura 2.2 Mapa de zones vulnerables a al contaminació per nitrats.

Font: https://ca.wikipedia.org/wiki/Zona_vulnerable_per_nitrats

El desembre de 2006 el síndic de greuges de Catalunya va publicar un *Informe sobre la contaminació provocada per purins* en què adverteix que les polítiques de prevenció de nitrats no estan funcionant prou bé ja que les granges ramaderes no acaben de respectar la normativa del reciclatge de purins.

2.6 Efectes dels nitrats

2.6.1 A la salut

Els nitrats poden ser ingerits pels éssers humans no només a través de l'aigua. Hi ha molts vegetals com per exemple l'enciam o els espinacs que acumulen molts nitrats del sòl i l'aigua que agafen. A part les sals sòdiques i potàssiques dels nitrats també s'utilitzen com a conservants d'aliments com embotits i altres productes carnis. La ingesta mitjana de nitrats a través de la dieta és d'uns 50 mg/dia

2.6.1.1 Metahemoglobinèmia

Els nitrats directament no són tòxics per a la salut humana sinó que ho són quan es redueixen a nitrits. El principal problema per a la salut causada pels nitrats és la formació de metahemoglobina.

La metahemoglobinèmia és una alteració en l'hemoglobina que fa que aquesta no pugui transportar l'oxigen correctament, provocant nivells baixos d'oxigen en la sang o hipoxèmia. Un dels símptomes més visibles quan la metahemoglobina ja es troba en elevades quantitats en el cos és la tonalitat blavosa de la pell (cianosi). També provoca mal de cap, fatiga, marejos o pèrdues de coneixement, entre altres, ja que hi ha una falta de transport d'oxigen als teixits (hipòxia tissular).

2.6.1.2 Formació de la metahemoglobina

L'hemoglobina està sotmesa constantment a processos oxidants que la transformen en metahemoglobina però en els eritròcits existeixen sistemes reductors que la reconverteixen en hemoglobina funcional (veure figura 2.3). Quan aquests sistemes queden desbordats davant l'exposició a agents oxidants, creix la quantitat de metahemoglobina que serà tòxica.

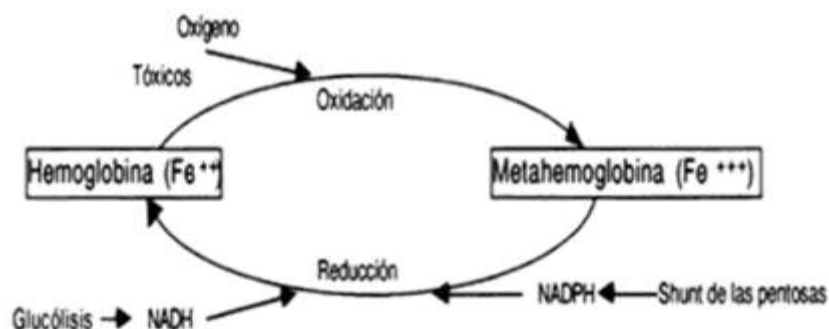


Figura 2.3. Oxidació-reducció de l'hemoglobina

Font: Labandeira Pazos, Jesús Manuel. Metahemoglobinemia.

Al ser una reacció que es dona de manera natural tothom té al voltat d'un 1% de metahemoglobina en la seva sang. Quan aquesta supera el 20-30% de l'hemoglobina total en sang, pot començar a causar problemes. Un nivell de més del 50% ja pot causar símptomes severos i si passes del 70% pot ser fatal. La cianosi es detecta clínicament a partir del 8-12% de metahemoglobina en sang.

2.6.1.3 Població de risc

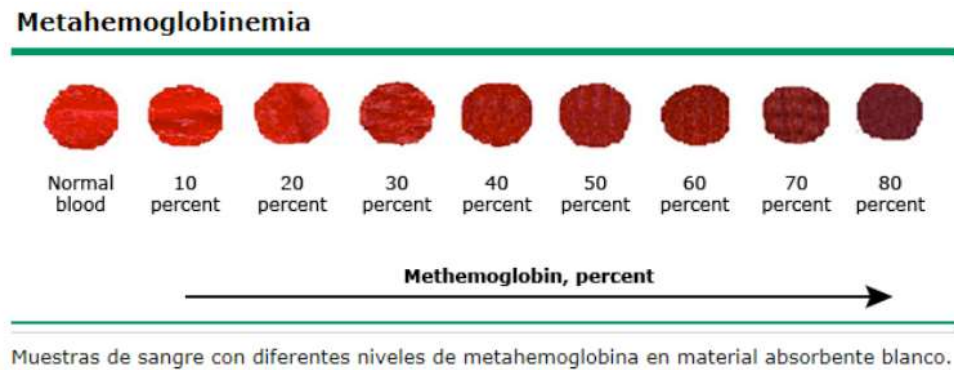
Aquesta malaltia afecta sobretot nadons de menys de quatre mesos ja que aquests tenen encara hemoglobina fetal més sensible a l'oxidació i els sistemes reductors dels eritròcits poc madurs. Això fa que l'hemoglobina s'oxidi més fàcilment i no pugui reduir-se per tornar a la normalitat. A partir dels quatre mesos aquesta susceptibilitat desapareix ja que els sistemes de reducció maduren i es tornen similars als dels adults i es substitueix l'hemoglobina fetal per hemoglobina normal.

A l'Índia on gran part dels aqüífers estan contaminats, s'ha vist que els nens que van estar consumint aigua contaminada els primers mesos de vida tenen una alçada inferior a la resta de nens.

Pel que fa a la població adulta, és important ressaltar que no s'ha trobat cap relació entre la ingesta de nitrats i el càncer.

2.6.1.4 Diagnòstic

La coloració de la sang és anormal. La foscor de la sang és més gran quanta més metahemoglobina tens:



*Figura 2.4. Mostres de sang amb metahemoglobinèmia
Font: Labandeira Pazos, Jesús Manuel. Metahemoglobinemia.*

2.6.1.5 Tractament

Si els nivells de metahemoglobina són menors del 20% no es necessita cap tractament, a part de suspendre el consum de les substàncies que en poden ser causants.

Si els nivells de metahemoglobina són superiors del 20% s'ha de donar oxigen i a vegades s'administra blau de metilè, un preparat químic per disminuir els nivells de metahemoglobina i així retornar als nivells normals d'hemoglobina.

La metahemoglobinèmia aguda ha de ser considerada una emergència mèdica.

2.6.2 A la natura, eutrofització

A part de la salut humana, un dels efectes més importants que tenen els nitrats sobre la natura és l'eutrofització. L'eutrofització és un procés en el que les plantes absorbeixen massa nutrients (nitrats i fosfats) i creixen desmesuradament. Això que en un principi podria semblar positiu, ja que implica més aliment i més vegetació en les aigües, serà un problema quan aquestes es descomposin. Gran part de l'oxigen de l'aigua se'n va quan els bacteris aeròbics descomponen la vegetació. Al perdre's

gran part de l'oxigen, molts dels éssers vius de l'aigua moren i sobreviuen només els que poden aguantar en medis molt poc oxigenats. Un cop els bacteris aeròbics han actuat apareixen els bacteris anaeròbics que podreixen les restes orgàniques que han quedat, creant així mala olor i mal gust. Tot aquest procés fa que l'aigua sigui inutilitzable tant per a la vida, el consum o per a finalitats recreatives.



Figura 2.5. Riu afectat per eutrofització.

Font: <https://imatgesitextosdeciencies.blogspot.com/2013/04/eutrofitzacio-quan-l-enriquiment-de.html>

3 Aigües subterrànies

3.1 Què són les aigües subterrànies

Les aigües subterrànies són aquelles que es troben sota la superfície de la terra i normalment s'acumulen en aqüífers. Són importants per diversos motius. Per exemple constitueixen una reserva natural d'aigua dolça que regula el cabal dels rius i la humitat del sòl. A la costa limiten l'entrada d'aigua marina, permetent així l'existència d'aiguamolls i zones amb arbres al costat de la costa.

A Catalunya les aigües subterrànies representen un 35% del total dels recursos hídrics utilitzats tant per a l'abastament d'aigua potable com per a la indústria. El problema és que moltes d'aquestes aigües superen el límit de 50 mg/l de nitrats i per tant no són aptes per al consum humà. I a part, moltes vegades aquestes aigües contaminades tampoc s'utilitzen per a altres usos per als quals no serien perjudicials, com per exemple el reg.

3.2 Origen dels nitrats en aigües subterrànies

Origen natural: els nitrats geològics presents als minerals poden filtrar-se a l'aigua subterrània a causa de pluja o irrigació per part de l'home.

També el nitrat acumulat al sòl dels boscos pot anar a l'aigua subterrània per culpa de la desforestació o alteració en el bosc.

Origen residual o contaminació puntual: són els nitrats produïts per la xarxa de clavegueram, aigües residuals no tractades, fangs de depuradores d'aigua i escombraries i residus urbans.

Origen agrícola o contaminació dispersa: per excés de fertilitzants nitrogenats, aplicació inadequada de fems animals en el sòl, concentracions massa grans de bestiar en àrees reduïdes i cultiu de llegums que afavoreixen la fixació del nitrogen al sòl. També per la mala gestió de les dejeccions animals, com fems i purins.

4 Zona de treball

La zona de treball de la meva recerca es situarà a la zona sud-est de Cardedeu. Cardedeu és una vila i municipi del Vallès Oriental amb una població d'uns 18.000 habitants que està situat a uns 40 km al Nord de Barcelona (veure figures 4.1 i 4.2).



Figura 4.1: Localització de la zona de treball



Figura 4.2: Localització de la zona de treball. Font: (<http://www.icc.cat/vissir3/>)

4.1 Urbanisme

De cara a determinar l'origen dels nitrats que trobarem en les aigües subterrànies del subsol de la zona de treball definida, el factor clau a tenir en compte són els usos del sòl.

Hi ha dos factors a tenir en compte, d'una banda, la classificació que indica si una zona és urbanitzable o no urbanitzable (veure figura 4.3). Això determina quin ús es fa a quina zona i per tant el possible origen dels nitrats. De l'altra banda, la qualificació (veure figura 4.4), que en aquest cas ens mostra el grau de desenvolupament de l'urbanisme i aproxima els tipus d'ús reals.

A la zona de treball, tal i com mostren les figures 4.3 i 4.4, hi ha tres tipus de zones segons l'activitat que es desenvolupa i les implicacions que pot tenir en aquest treball de recerca:

- Zones agrícoles, on es preveu la presència de nitrats d'origen agrícola
- Zones forestals, on només es preveu la presència de nitrats d'origen natural
- Zones urbanes urbanitzades, on es preveu la presència de nitrats d'origen residual

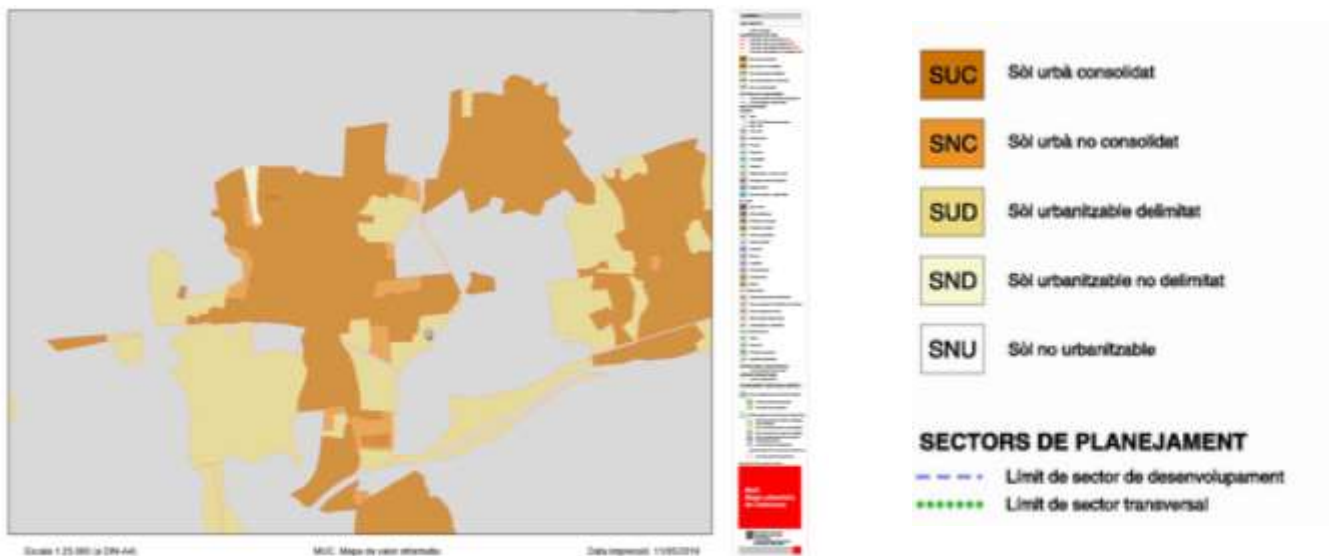


Figura 4.3 Urbanisme

(Font: <http://dtes.gencat.cat/muc-visor/AppJava/home.do>)

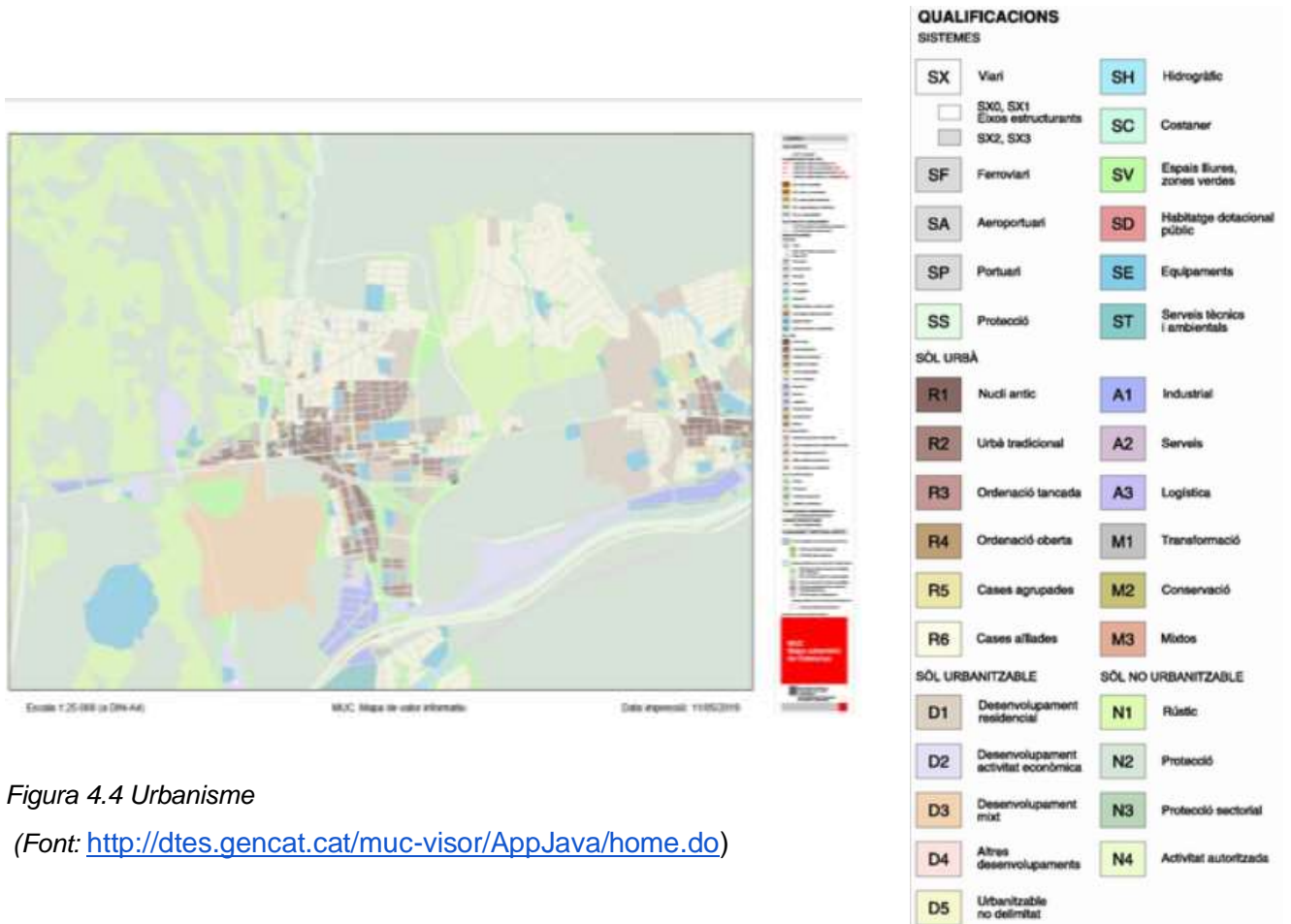


Figura 4.4 Urbanisme

(Font: <http://dtes.gencat.cat/muc-visor/AppJava/home.do>)

4.2 Marc geològic

Cardedeu té una extensió d'uns 12,89 km² i està situat a la depressió prelitoral entre la serralada litoral i el massís del Montseny.



Figura 4.5 Geologia de la zona de treball

Font pròpia

Tipus de materials:

QHt₁(blanc): són graves, sorres i llims. El grau de cimentació de la unitat és nul i presenta color grisenc. S'ha localitzat a gairebé tots els fons de valls de rieres. La profunditat màxima és de 15 metres i se situa entre 2 o 3 metres sobre nivell fluvial actual.

QPac₃(verd clar): són graves i sorres del quaternari. La unitat està constituïda per graves arrodonides mal seleccionades amb matriu sorrenca-llimosa de color vermell que presenten un grau de cimentació variable. El gruix mitjà de la unitat és d'uns 10 metres però pot arribar a un màxim de 25 metres.

QPv₄ (verd fosc): són graves i llims formades durant el quaternari amb un grau de cimentació variable. La unitat està constituïda per graves subarrodonides mal seleccionades amb matriu sorrenca i llimosa de color vermell i el seu gruix màxim és de 20 metres.

NMsa (groc): Són sorres arcòsiques amb intercalacions de graves i lutites formades al neogen més concretament durant el miocè. Les sorres solen ser de gra groller i coloració ocre i inclouen gran quantitat de graves. El grau de cimentació generalment és baix tot i que localment pot ser elevat. Els clasts que contenen són de pissarres, fil·lites, cornianes, granitoides, pòrfirs i quars.

4.3 Marc hidro-geològic:

Cardedeu està situat a l'aqüífer de l'àrea de la depressió del Vallès (groc en el mapa). Les formacions hidro-geològiques que s'hi troben són dipòsits detrítics quaternaris i dipòsits detrítics miopliocens.

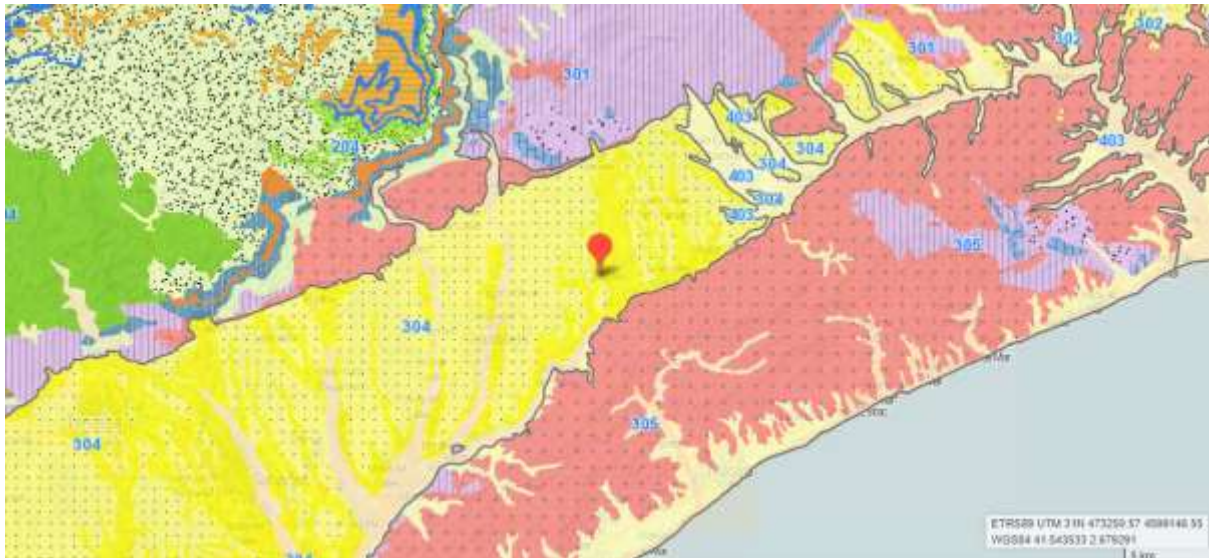


Figura4.6 Hidrogeologia de la zona.

(Font:https://acaweb.gencat.cat/aca/documents/ca/fitxes_masses_aigua_subterranea/mas_16_def.pdf)

A Cardedeu l'aigua subterrània queda a diferents profunditats depenent de la zona en què es troba. Això es pot comprovar fàcilment utilitzant com a exemple les obres i noves construccions que s'estan fent en alguns punts de Cardedeu (veure imatges adjuntes Obra1 –figura 4.7– i Obra2 –figura 4.8–). En aquestes dues obres, que en l'actualitat s'estan duent a terme a Cardedeu, s'ha excavat més o menys la mateixa profunditat, una mica més de 3 metres, però mentre que l'Obra1 manté sec el terra, a l'Obra2 s'hi poden veure basses. Això és degut a què s'ha excavat fins al nivell freàtic de l'aigua. Ara en aquest lloc s'haurà de baixar el nivell de l'aigua amb el bombament d'un pou que han fet per tal de no tenir el terreny inundat. Fent això aconseguiran poder treballar en un terreny sec de moment, però a la llarga pot comportar problemes.



*Figura 4.7. Obra 1, seca
Cruïlla Dolors Granés – Mare de
Déu del Pilar; 03/03/19 (font pròpia)*



*Figura 4.8. Obra 2, amb aigua
Cruïlla Carretera de Dosrius-Av. Del
ferrocarril; 12/06/19 (font pròpia)*

Això és un exemple que ens mostra que el nivell al que es troba l'aigua subterrània és diferent en cada zona i una manera de veure aquestes diferències és mesurant els nivells d'aigua de cada pou.

4.3.1 Hidrodinàmica

4.3.1.1 Recàrrega de l'aqüífer

La recàrrega es produeix a partir de:

- la pluja directa sobre l'extensió aflorant de l'aqüífer.
- les riudes que contribueixen significativament a la recàrrega d'aigua .
- els retorns de reg de cultius i jardins, és a dir l'aigua sobrant de les plantes que s'infiltra cap a l'aqüífer.
- les pèrdues de les xarxes d'abastament i clavegueram.
- aportacions laterals de l'aqüífer Miocè del Vallès.

4.3.1.2 Descàrrega de l'aqüífer

La descàrrega es produeix a partir de:

- L'extracció d'aigua dels pous
- Les fonts, rius i altres zones on el nivell freàtic intercepta la superfície

5 Treball de camp

5.1 Material

Bàiler: Un bàiler és un tub buit utilitzat en hidrogeologia per a extreure aigua subterrània. Els bàilers es lliguen a una corda per poder ser enfonsats a la màxima profunditat possible. Dins del tub hi ha una bola que baixa fins a la part inferior i que a l'entrar en contacte amb l'aigua flota fins a l'altra punta del bàiler, però quan aquest és estirat cap amunt la bola torna a baixar tapant així la sortida de l'aigua.



Figura 5.1. Bàiler (Font pròpia)

Mesurador de pH / conductivitat elèctrica / quantitat de sòlids dissolts / temperatura: aquest aparell analitza el pH de l'aigua, la seva conductivitat, la quantitat de sòlids que hi ha dissolts i la temperatura a la que està. Això funciona gràcies a la punta de l'aparell que a l'entrar en contacte amb l'aigua pot determinar tots aquests paràmetres. Per assegurar que el funcionament és correcte s'utilitzen unes solucions de les que ja es saben les característiques químiques i així es pot calibrar l'aparell.



Figura 5.2. Mesurador de pH i conductivitat t(Font pròpia)

Sonda de nivell: la sonda de nivell és una cinta graduada que pot ser de diferents llargades i la qual porta dos cables a l'interior que connecten amb una punta d'acer. Quan aquesta punta toca aigua envia un senyal fins a un bronzidor que hi ha a la base de l'aparell i l'activa. Això permet saber en quin moment has tocat aigua en un pou i així poder mesurar-ne la profunditat amb exactitud.



Figura 5.3 Sonda de nivell (Font pròpia)

Mesurador de nitrats: és un aparell que a partir d'una mostra d'aigua t'indica la quantitat de nitrats que conté en ppm (parts per milió) o mg/l. Igual que en el mesurador de pH s'utilitzen dissolucions de característiques químiques conegudes per a calibrar l'aparell.



Figura 5.4. Mesurador de nitrats (Font pròpia)

5.2 Programa utilitzat

Per portar a terme la part pràctica d'aquest treball s'ha utilitzat un programa informàtic que ha permès la modificació de mapes i emmagatzematge de dades. El programa utilitzat ha estat un GIS, més concretament ArcGIS. Un GIS (sistema d'informació geogràfica) és un sistema capaç d'integrar, emmagatzemar, editar, analitzar, compartir i mostrar informació geogràficament referenciada. Un GIS permet realitzar operacions entre capes, i així obtenir resultats en imatge o en taules. Tots aquests resultats poden utilitzar-se per a l'elaboració d'anàlisis i models. Per tant no s'ha de considerar els GIS com una eina només de captura, emmagatzematge i presentació de mapes. Existeixen molt GIS diferents com poden ser: ArcGIS, QGIS, postGIS, gvSIG...

En aquest cas el que s'ha fet ha estat descarregar mapes geològics, topogràfics, ortofotomapes de la pàgina de l'Institut Cartogràfic de la Generalitat de Catalunya (ICGC) i el WMS (World Map Service) de la zona de Cardedeu.

Tots aquests mapes han estat modificats per tal de mostrar la informació que es volia, com ara coordenades o zones concretes.

5.3 Inventari de punts d'aigua

5.3.1 Treballs realitzats

Entre els mesos de maig i setembre s'ha portat a terme la localització de diferents punts d'aigua (pous i fonts) dins de la zona de treball. Aquest punts han estat localitzats de dues maneres: a partir del treball de camp i a partir del Visor de l'ACA (http://sig.gencat.cat/visors/VISOR_ACA.html).

En el primer cas, s'han localitzat 22 pous i una font dels quals. S'ha pogut accedir a 10 pous (veure taula 1 i figura 5.4) i a la font coneguda com a Font del Viver que es troba situada a l'inici del nou polígon industrial de Llinars del Vallès, tocant a Cardedeu.

Per l'altra part, amb els visor de l'ACA se n'han localitzat 19 més, però no s'ha accedit a cap (veure taula 2 i figura 5.5).

Cal destacar que tot i ser la mateixa zona, en els dos mètodes de localització cap dels pous ha coincidit.

A partir de la localització feta per treball de camp s'ha fet una tria dels punts d'aigua accessibles i més ben situats per a la zona de treball i que a priori es pensava que podrien resultar més interessants per la seva ubicació hidro-geològica. Dels pous trobats al camp s'han fet fitxes (veure annex 1) indicant característiques com la localització, el quimisme i l'aqüífer en què es troben.

5.3.2 Resultats d'inventari de punts d'aigua

Pous de camp:

Taula 1: Topònim i coordenades UTM dels pous localitzats durant el treball camp

TOPÒNIM/CODI	UTM X	UTM Y
Can Safont	446760	4610109
Can Manent Molí	447368	4609896
Pla Marcell Molí	447230	4609408

Pla Marcell 1	447430	4609216
Pla Marcell 2	447704	4609159
Pla Marcell 3	447143	4609318
Pla Marcell 4	447183	4609385
Can Manent Nord	447487	4610210
Can Calçaplè	447644	4609459
Can Ricós	446749	4609665
Can Clos	447146	4609576
Can Turó	447056	4609185
Can Turó Nord-Est	447159	4609228
Can Turó Nord-Oest	446994	4609287
Taponat del Poble Sec	447215	4609056
Torrent del Pla	447048	4608659
Can Pujades	447279	4608429
Can Gatosa	447035	4609097
Pla de Palau	447044	4608982
Ester	446855	4610112
Can Polls	446776	4609325
Obres	446717	4609460

Pous del Visor ACA:

Taula 2: Codi i coordenades UTM dels pous localitzats a partir del visor de l'ACA

TOPÒNIM/CODI	UTM X	UTM Y
08046-0060	447087	4610044
08046-0043	447391	4610320
08046-0073	447373	4610298
08046-035	447665	4610088
08046-0032	446987	4609958
08046-0012	446653	4609840
08046-0066	446433	4609730
08046-001	446807,5	4609638
08046-0025	446767	4609596

08046-0046	446783	4609554
08046-0034	447111	4609596
08046-0050	447723	4609524
08046-0049	446409	4609516
08046-0047	446894	4609207
08106-0049	447684	4608697
08046-0037	446539	4608393
08106-0109	447591,5	4608425
08046-0031	446851	4608595
08046-0062	446595	4608479

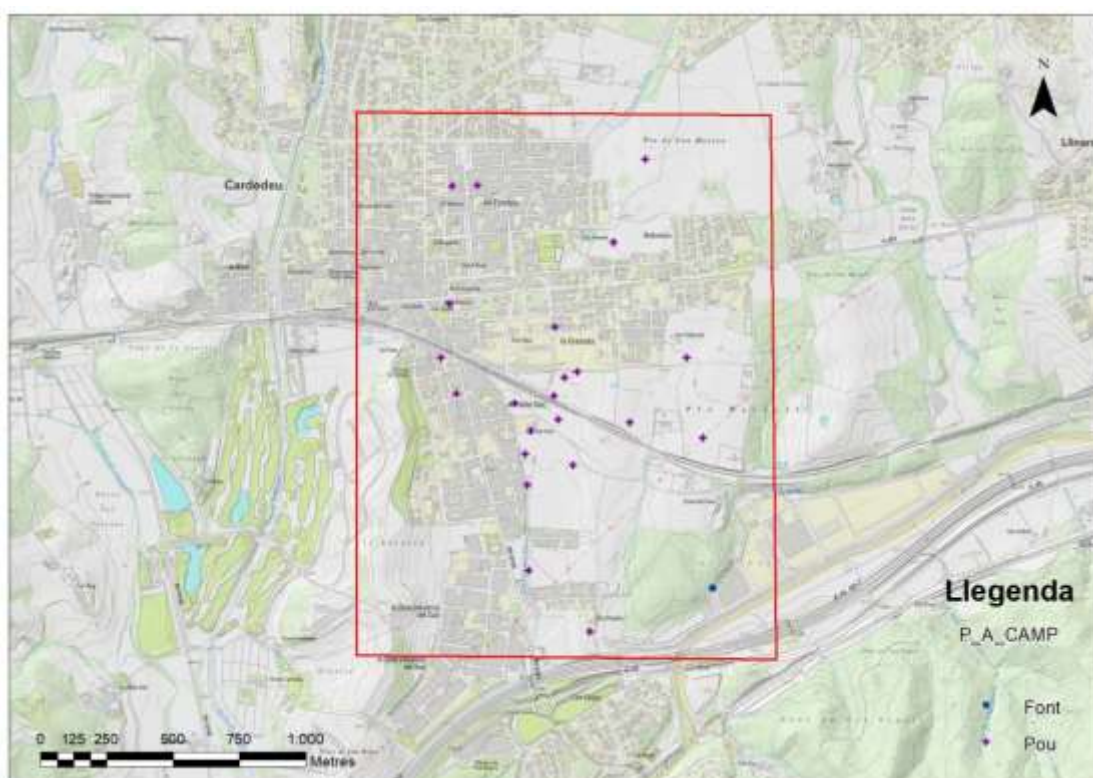


Figura 5.4: Pous localitzats durant el treball de camp

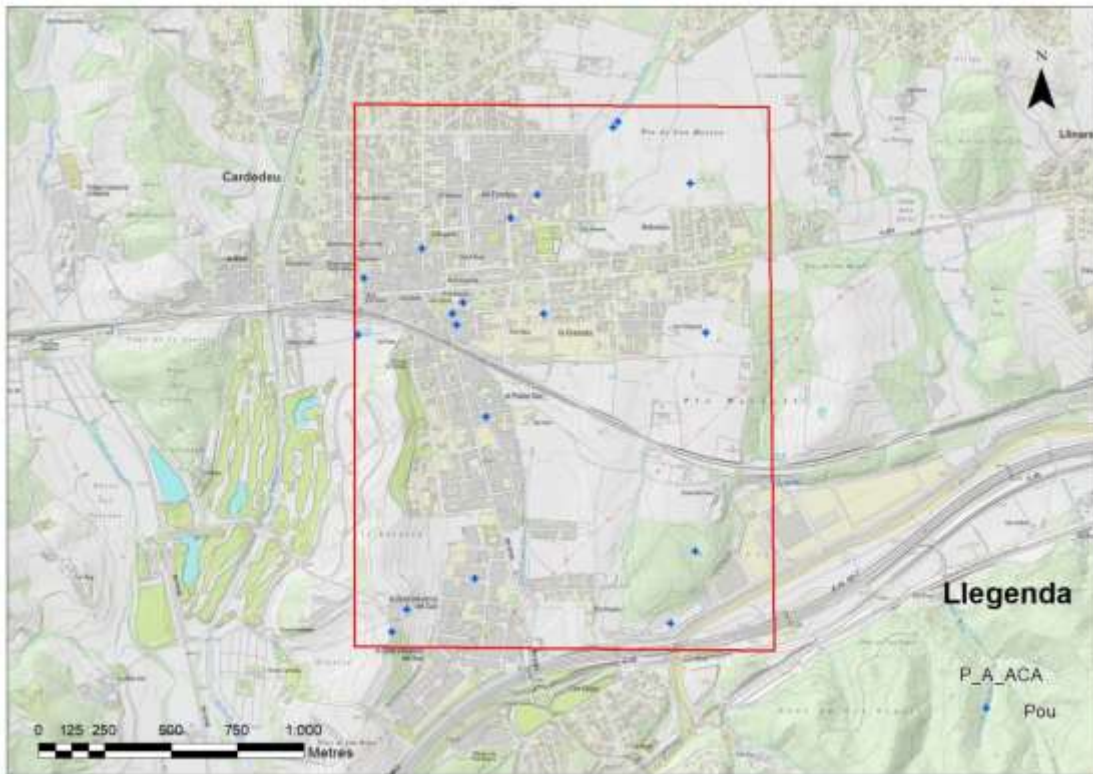
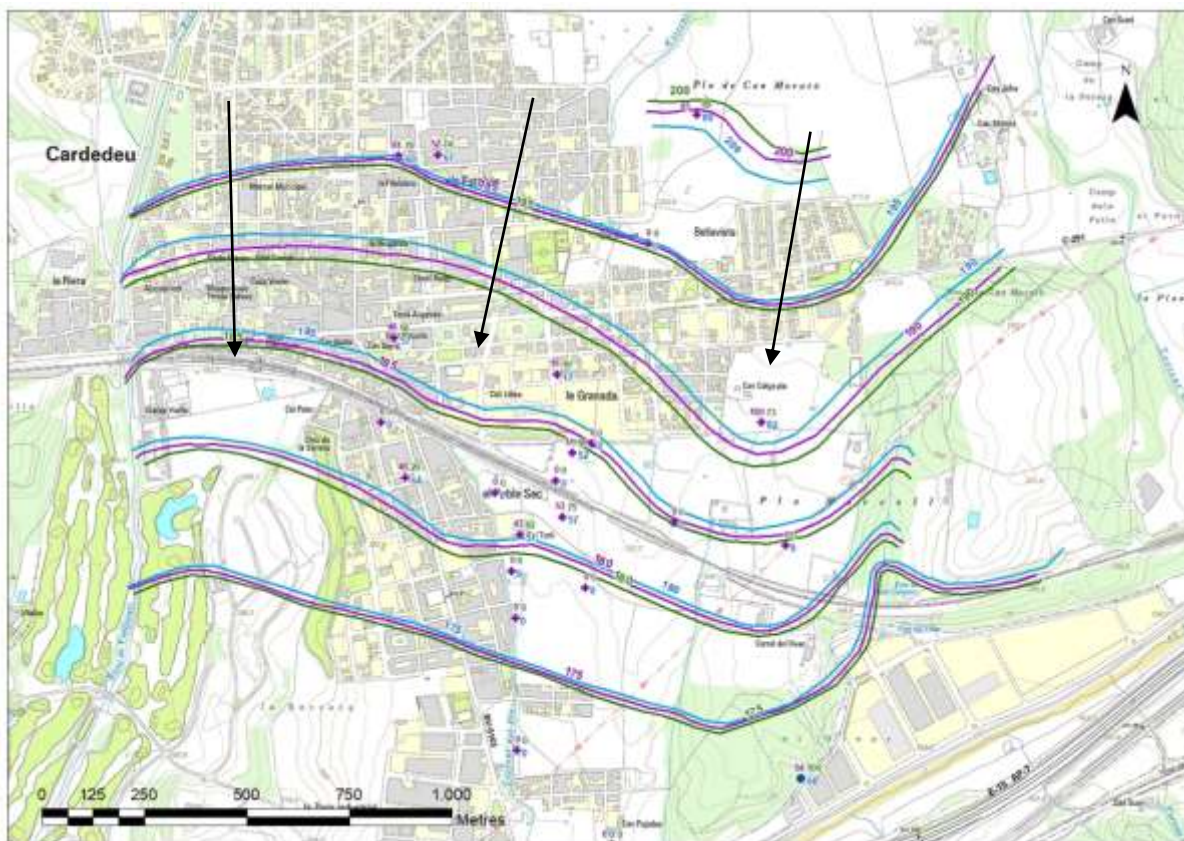


Figura 5.5: Pous localitzats a partir del visor ACA

5.4 Piezometria

Una piezometria és el que s'utilitza per a representar la superfície piezomètrica que és el lloc geomètric dels punts que senyalen l'altura piezomètrica de cada una de les porcions d'un aquífer referides a una determinada profunditat. La piezometria es representa amb línies d'igual alçada piezomètrica, de manera similar a la representació d'una superfície topogràfica amb corbes de nivell. Aquestes corbes s'anomenen isolínies.

La piezometria et permet extreure diverses dades com, per exemple, la direcció del flux d'aigua (indicat amb fletxes, figura 5.6) juntament amb el que pugui contenir. Per tant, en aquest treball permet saber d'on provenen els nitrats i on van a parar.



*Figura 5.6. Piezometries de les diferents campanyes
Blau: Campanya 1, Lila: Campanya 2 i Verd: Campanya 3
Font pròpia*

5.5 Procediment de recollida i anàlisi de mostres:

Com ja s'ha comentat la recollida de dades s'ha dut a terme en tres campanyes.

La primera campanya s'ha fet entre el 19/06 i el 10/07 tenint en compte que l'última mesura es va fer més tard ja que es va afegir un últim pou a l'estudi, el de Can Polls, per cobrir una zona que a priori semblava que podia donar resultats interessants i que no s'havia inclòs en la planificació inicial.

La segona campanya s'ha fet entre el 06/08 i el 18/08. En aquesta segona recollida de dades, l'última mesura es va acabar fent més tard per les complicacions de contactar amb el propietari del pou de Can Calçaplè, ja que és un pagès que anava a

regar l'hort i té uns horaris imprevisibles. Vaig haver de buscar el seu telèfon per poder contactar amb ell.

La tercera campanya afortunadament s'ha pogut fer en un sol dia, el 02/09.

El procediment de recollida de mostres ha consistit en la mesura del nivell d'aigua dels pous amb la sonda de nivell i després l'extracció d'una mostra d'aigua per l'aixeta en els pous amb bomba i amb un bàiler en els que no en tenen.

En un dels pous sense bomba hi va haver una petita complicació ja que la profunditat del pou era superior a l'esperada, la qual cosa em va obligar a buscar una corda de més longitud. En una altra extracció vaig perdre un bàiler perquè es va desfer el nus de la corda.

L'anàlisi de mostres s'ha fet amb els aparells de pH i nitrats en les diferents mostres d'aigua. En el cas del pou de Can Polls en què a la segona campanya el nivell de nitrats havia baixat de manera sorprenent, se'm va plantejar el dubte de si els resultats que donava el mesurador eren correctes. Per assegurar el funcionament correcte de l'aparell de nitrats, es va mesurar una aigua mineral del supermercat que portava les quantitats de nitrats a l'etiqueta i es va poder verificar que les xifres eren correctes.

6 Resultats de l'estudi

S'han analitzat 10 pous i una font en 3 campanyes de recollida de dades, és a dir en tres moments diferents de l'any entre juny i setembre. La taula a continuació resumeix tots els resultats.

POU	DATA	NIVELL (m)	NITRATS (mg/L)	pH	CONDUCTIVITAT
Can Calçaplè	19/06	9	82	7,54	0,96
	18/08	7,8	100	7,8	1,15
	02/09	7,2	73	7,12	0,87
Can Manent Nord	19/06	8,80	80	7,78	0,85
	06/08	10,78	83	7,24	1
	02/09	11,3	100	7,16	0,81
Can Manent Molí					
Pla Marcell Molí					
Pla Marcell 1					
Pla Marcell 2					
Pla Marcell 3					
Pla Marcell 4	19/06	2	52	7,5	0,83
	06/08	1,35	51	7,41	0,85
	02/09	1,55	80	7,14	0,68
Can Safont	19/06	5,6	60	7,1	0,77
	06/08	5,52	61	6,58	0,72
	01/09	5,57	78	6,63	0,81
Can Turó	19/06	3,1	51	7,56	0,88
	07/08	2,31	43	7,38	0,9
	02/09	2,28	75	7,01	0,88
Can Turó Nord-est	19/06	3	57	6,75	1,52
	06/08	2,31	53	7,38	0,9
	02/09	2,28	75	7,01	0,88
Can Turó Nord-oest					
Pou Taponat Poble Sec					

La

Torrent del Pla					
Can Pujades					
Can Polls	10/07	4,95	64	7,43	1,22
	06/08	4,4	48	7,6	0,68
	02/09	4,36	20	7,1	0,85
Pla de Palau					
Pou Can Clos	23/06	2,41	17	7,43	1,09
	07/08	2,4	16	7,75	1,6
	02/09	2,42	18	6,96	1,07
Pou Can Ricós	21/06	4,80	57	7,6	0,94
	09/08	4,55	48	7,5	1,5
	02/09	4,23	56	7,41	0,6
Pou Ester	26/06	5,53	67	7,19	2,47
	07/08	5,53	52	7,39	0,76
	02/09	5,55	74	7,38	0,8
Font	08/07		60	7,1	1,39
	11/08		54	7,44	0,79
	02/09		100	7,27	0,66

taula expressa els nivells d'aigua, nitrats, pH i conductivitat durant els diferents dies d'anàlisi de mostres.

6.1 Resultats de nivells d'aigua

En 8 dels 10 pous analitzats el nivell de l'aigua va pujar entre 0,45m i 1,8m entre la primera i tercera campanya de recollida de dades. En un pou el nivell es va mantenir igual i en l'altre va disminuir 2,5m. Aquests resultats han estat contraris al que s'esperava, que era que al ser estiu s'estimava que hauria de disminuir el nivell d'aigua en tots ells.

Les figures 7.1 i 7.2 mostren l'augment del nivell d'aigua en 2 dels 10 pous estudiats (punts vermells).

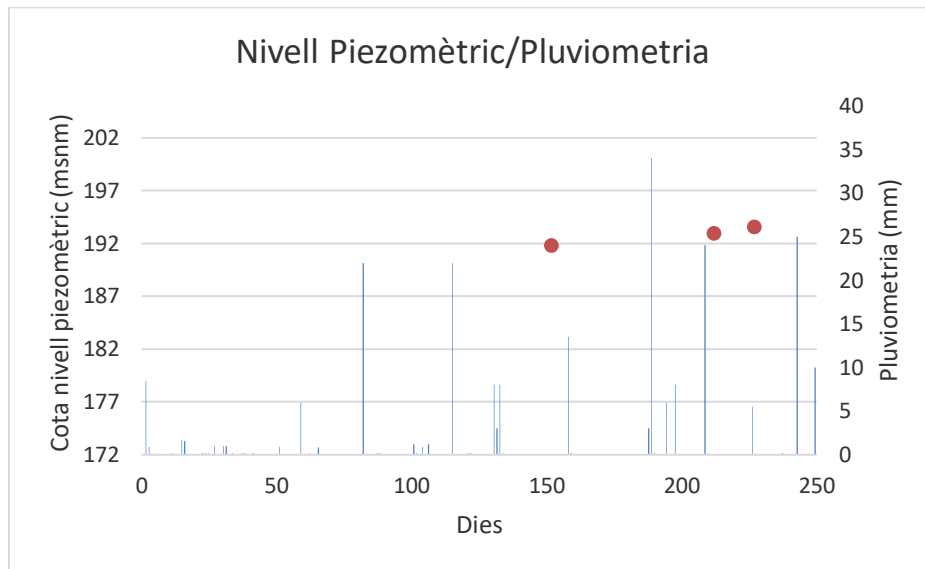


Figura 7.1 Pou Can Calçaplè

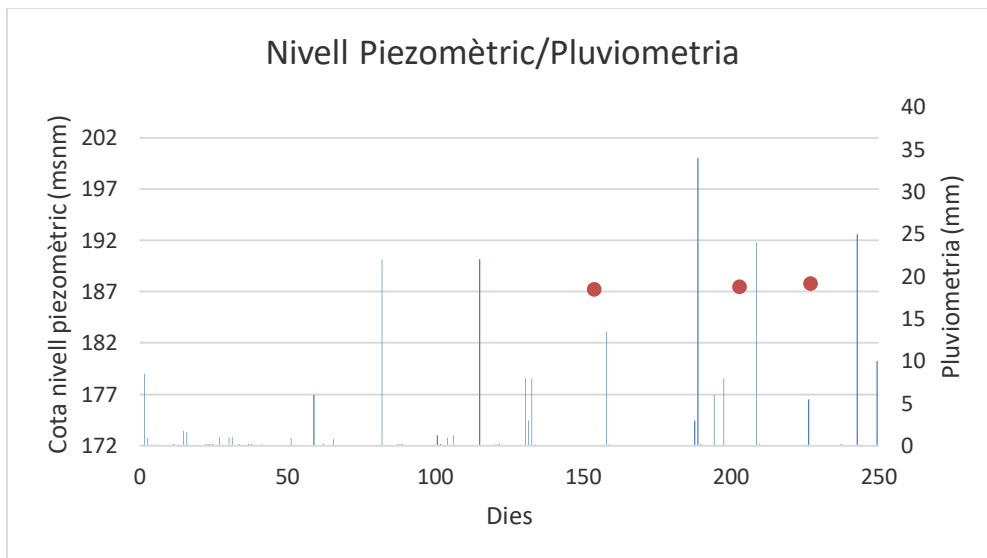


Figura 7.2 Pou Can Ricós

Un dels deu pous ha estat baixant progressivament el seu nivell d'aigua, tal com s'hauria esperat que passés també en els altres (veure figura 7.3). Aquest pou ha disminuït 2,5m.

L'últim dels deu pous no ha variat el seu nivell en cap de les campanyes (veure figura 7.4).

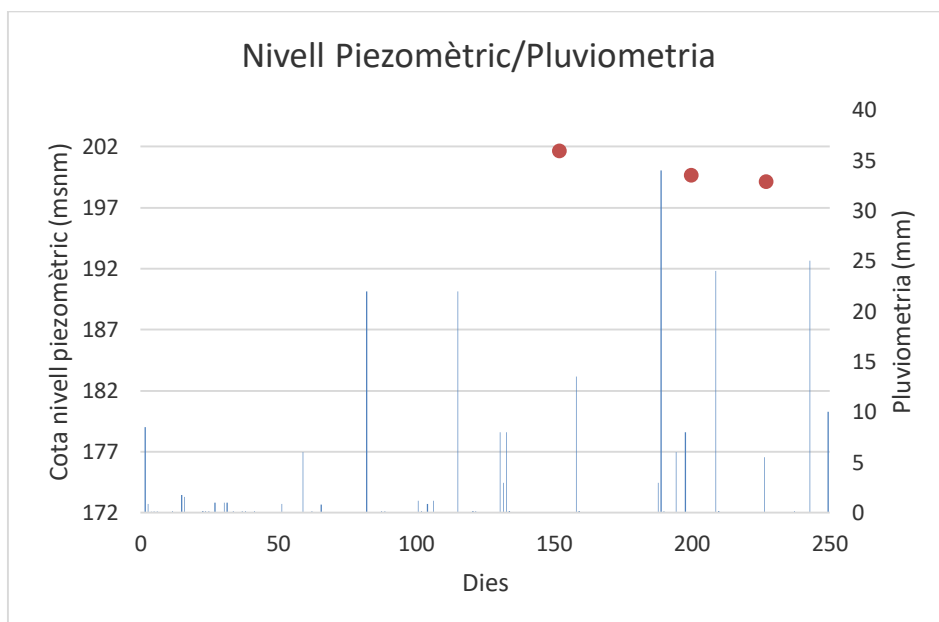


Figura 7.3. Pou Can Manent Nord

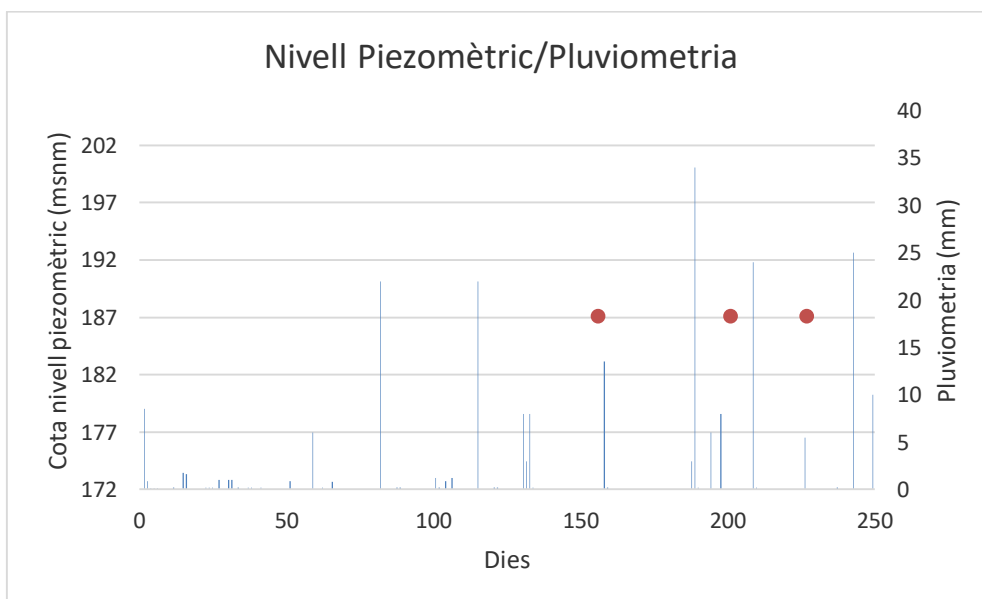


Figura 7.4. Pou Can Clos

6.2 Resultats de nitrats

Els resultats de nitrats han mostrat un augment de la quantitat en 8 de 10 pous, tot i que en 6 d'aquests 8 hi ha hagut una baixada a la 2a campanya. També han augmentat en la font analitzada.

Les figures 7.5 i 7.6 mostren l'augment dels nitrats en 2 dels 8 pous.

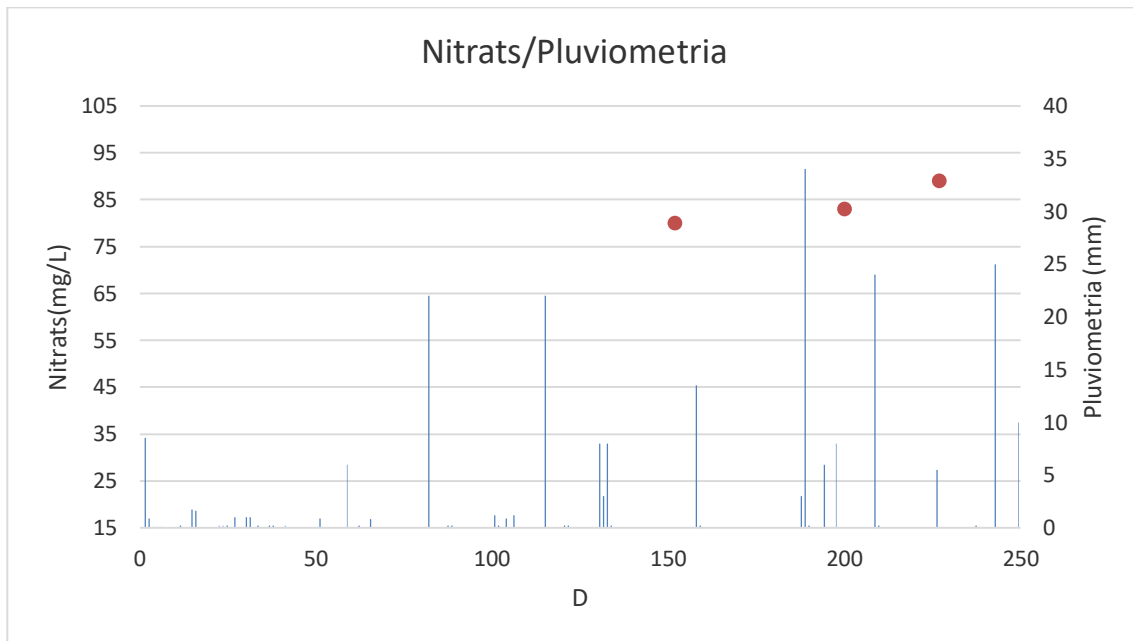


Figura 7.5. Pou Can Manent Nord

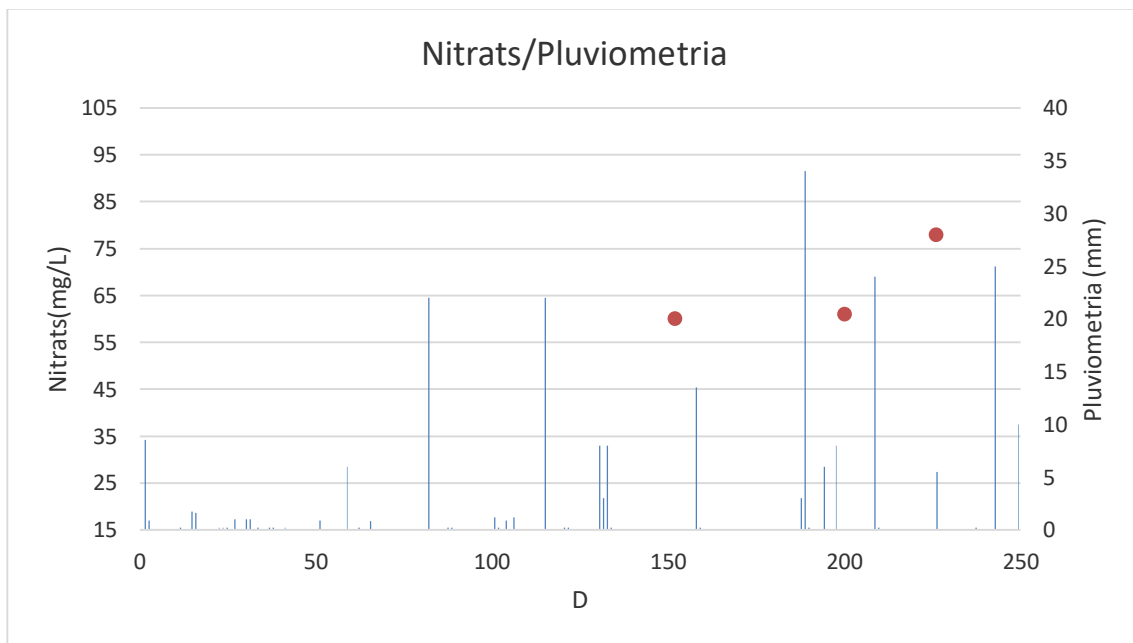


Figura 7.6. Pou Can Safont

S'ha observat que hi ha dos pous, un dels que ha augmentat i el que ha disminuït, que han tingut sempre una quantitat més alta de nitrats que els altres (veure figura 7.5 i 7.7).

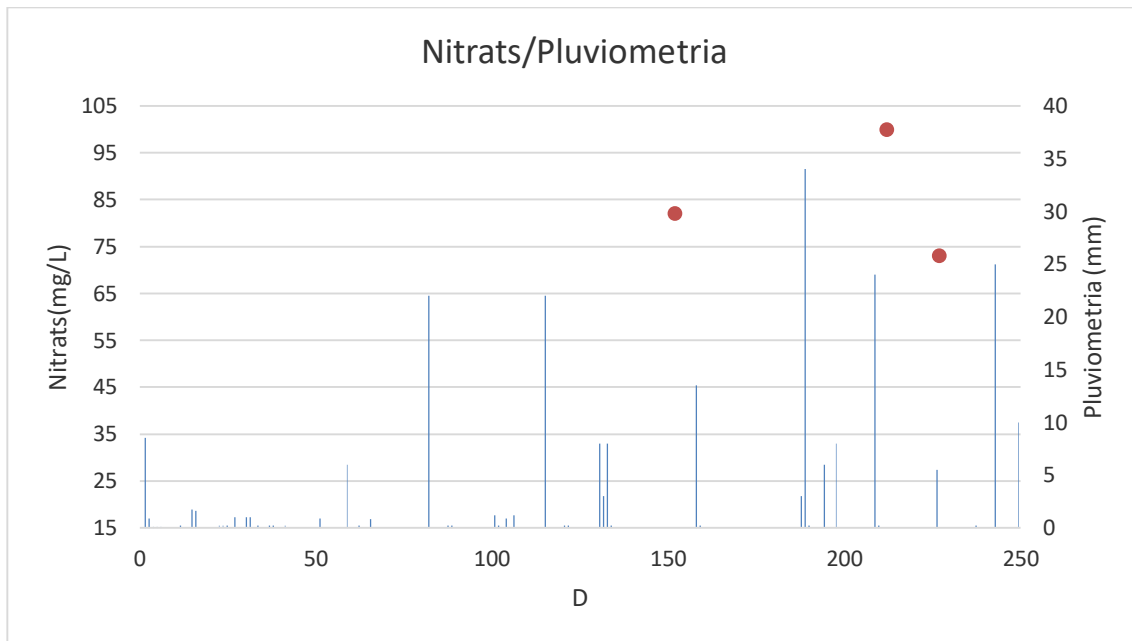


Figura 7.7. Pou Can Calçaplè.

A més hi ha 2 pous que han evolucionat de manera completament diferent a la majoria. Un ha mostrat una baixada constant del nivell de nitrats (veure figura 7.8).

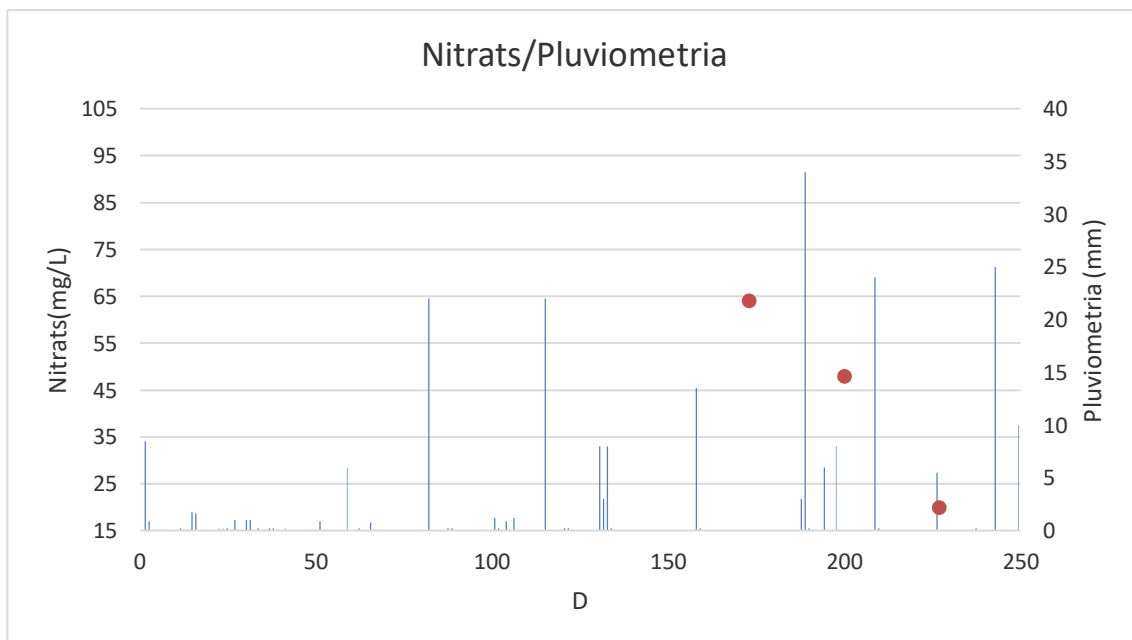


Figura 7.8. Pou Can Polls.

L'altre pou s'ha mantingut igual durant totes les campanyes (veure figura 7.9).

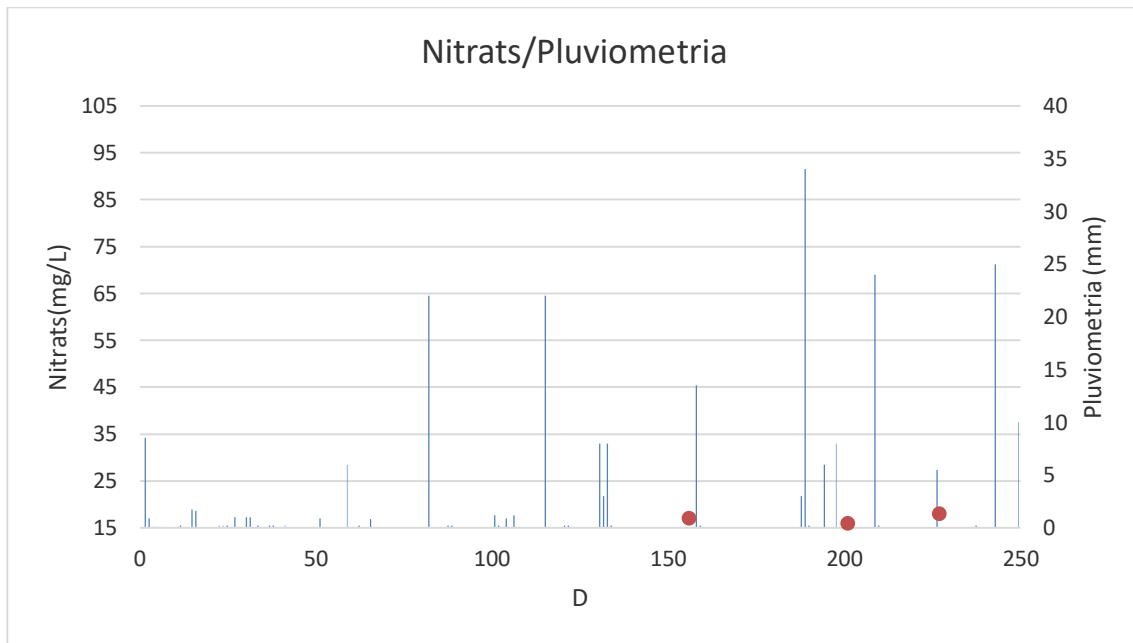


Figura 7.9. Pou Can Clos.

7 Conclusions

La conclusió principal i que confirma les sospites inicials és que la gran majoria de pous de Cardedeu incloent la font analitzada sobrepassen els nivells de nitrats permesos (50 mg/l). Això porta a pensar que gran part de les aigües subterrànies de la zona també ho fan.

La tendència sembla ser que, excepte en algun cas concret, els nitrats estan en constant pujada però faria falta un estudi de més llarga durada per assegurar-ho.

Una altra de les coses que s'han pogut veure és que les pujades i baixades de nitrats no coincideixen amb les de nivells d'aigua per tant no sembla ser que tinguin alguna relació.

7.1 Nivells

7.1.1 Pujada de nivells

Com ja s'ha vist en els resultats, 8 de 10 pous mesurats han augmentat en nivell d'aigua. Això és un resultat contrari al que caldria imaginar ja que al ser estiu el normal seria que, per falta de pluges i més utilització d'aigua, aquests baixessin. Aquest augment en els nivells podria explicar-se amb l'arribada d'aigua als aqüífers per pèrdues de la xarxa i el clavegueram, o a través del reg excessiu.

Tant la xarxa d'aigua potable com el clavegueram perden aigua que es filtra i va a parar als aqüífers augmentant-ne així el nivell. Això també passa amb el reg excessiu quan s'utilitza aigua que no prové de l'aqüífer.

El primer cas és l'aigua potable tractada que és transportada a les cases. Aquesta aigua va a alta pressió cosa que facilita el trencament de les canonades i per tant les pèrdues d'aigua. Tot i això al ser una xarxa important aquesta és reparada i revisada sovint, fet que en redueix la probabilitat de pèrdua.

En canvi el clavegueram és una xarxa que porta l'aigua residual sense cap pressió afegida per tant, tot i trencar-se les canonades amb menys freqüència, el fet de no ser revisades n'augmenta les pèrdues d'aigua ja que els trencaments no són reparats.

El segon cas és el reg excessiu. Quan les plantes són regades agafen l'aigua que necessiten i la retenen però quan ja no en necessiten més simplement es filtra cap a l'aqüífer. Això, quan les plantes son regades amb aigua provinent del mateix aquífer (pous), no suposa tant problema ja que l'aigua sobrant retorna al lloc d'on ha vingut. El problema és que molta gent no té un pou del que treure aigua per regar i per tant reguen amb aigua de la xarxa que no prové de l'aqüífer i està tractada per ser beguda. A més com que poca gent sap quina és la quantitat exacta necessària que absorbeixen les seves plantes, aleshores bona part d'aquesta aigua de la xarxa s'acaba infiltrant a l'aqüífer (on no pertany) i omplint-lo més.

7.1.2 Baixada i manteniment de nivells

Un dels 10 pous ha mostrat una baixada de nivells d'aigua. Això és el que en un principi s'hauria esperat que fessin tots els pous, però aquest ha estat l'únic.

Aquest pou està situat en una zona agrícola i està envoltat de camps, per tant podria ser que la baixada del nivell fos deguda al reg d'aquests camps amb aigua de l'aqüífer. A més al no tenir zones urbanitzades a prop, l'efecte de càrrega per xarxes d'aigua i reg ja esmentat no l'estaria afectant.

L'últim dels 10 pous ha mantingut el seu nivell igual durant totes les mesures. Aquest pou es troba en el garatge d'un bloc de pisos i ha estat construït de manera que l'aigua no pugui sobrepassar un cert nivell per evitar així inundacions. Això és el que podria explicar el fet de que no hi hagi hagut canvi en els nivells.

7.2 Nitrats

La majoria de pous que s'han analitzat han sobrepassat els nivells permesos de nitrats per al consum humà. Per tant es confirma la sospita inicial sobre la possibilitat que l'aigua estigués contaminada.

7.2.1 Pujada de nitrats

Els nivells de nitrats han augmentat de la primera a la tercera campanya en 8 dels 10 pous i en la font. Això podria ser degut a la filtració dels nitrats dels fertilitzants de camps a l'aqüífer i també les pèrdues del clavegueram i tot i que sembla que la tendència dels nitrats és pujar faria falta un treball de més durada per poder assegurar-ho.

Hi ha dos pous en concret que sempre han tingut valors de nitrats més alts que els altres (Figura 7.7 i 7.7). Aquests dos pous estan situats en zones amb camps de conreu, cosa que podria indicar una diferència entre els nitrats de la zona agrària i la urbana.

Un dels pous de concentracions més altes (figura 7.5) està situat a pocs metres d'un femer, la qual cosa podria significar que aquest n'és el principal aportador de nitrats. A més aquest femer a l'estar situat en la zona alta del poble podria ser un dels focus des d'on els nitrats es propaguen cap a altres zones (veure figura 7.10).

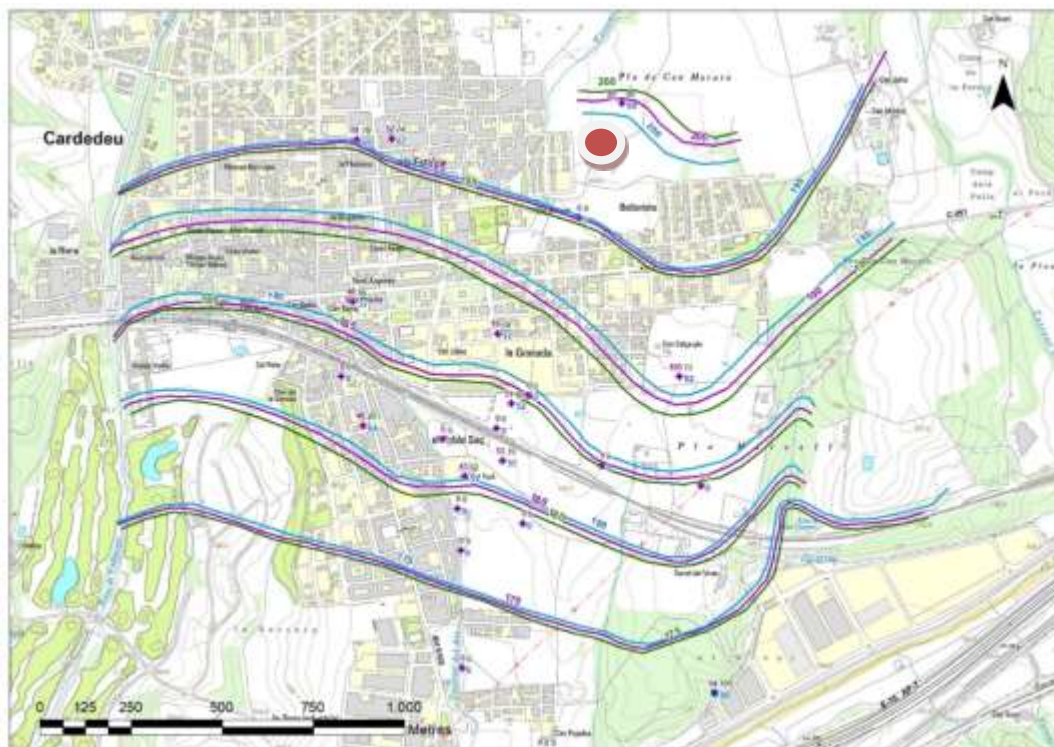


Figura 7.10. Mapa de nitrats i piezometria marcant el pou al costat d'un femer (Punt vermell). Font pròpia

7.2.2 Baixada i manteniment de nitrats

Dels 10 pous n'hi ha un en el que el nivell de nitrats ha baixat constantment (Figura 7.8) i ha passat d'estar per sobre de la quantitat permesa (50 mg/l) a ser apte per al consum humà. No s'ha aconseguit trobar una explicació per a aquest comportament ja que no sembla que hi hagi res que el diferenciï dels altres pous propers.

L'últim pou no ha variat el seu nivell de nitrats. Aquest és el pou que, per la manera en què ha estat construït, no varia el nivell d'aigua. Per tant és possible que els nitrats també es vegin afectats per això.

7.3 Recomanacions

A mesura que s'ha anat avançant el treball s'ha vist que hi ha moltes coses que actualment és fan d'una manera que perjudica als aqüífers i per tant al medi ambient. Algunes recomanacions de millora serien:

- Baixar les dosis de fertilitzants utilitzats als camps (ja que probablement se'n tiren més dels que fan falta) i mantenir un seguiment per veure si els nitrats a l'aigua baixen.
- Construir pous a les cases per no haver de regar amb aigua de la xarxa a més d'evitar tenir gespa o altres plantes que necessitin molta aigua.
- Un manteniment de les xarxes d'aigua i clavegueram cada cert temps per evitar pèrdues d'aigua.
- És podria tenir en compte la existència de plantes de generació d'electricitat a partir de fems que a la llarga resultarien molt beneficioses.
- Evitar la construcció de pàrquings subterranis que obliguen a fer pous amb constant bombament per que no s'inundin i construir-los a nivell del terra.
- En general s'ha de continuar treballant en aquest camp perquè encara hi ha moltes coses a millorar.

8 Referències bibliogràfiques

Llibres

Custodio, E; Llamas, M.R. *Hidrología Subterránea*. 2a edició. Barcelona, Omega, 1983. ISBN 84-282-0446-2.

Comisión docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. *Hidrogeología*. Barcelona, FCIHS, 2009. ISBN 978-84-921469-1-8

Documents electrònics

Agència Catalana de l'Aigua. *Aigües subterrànies*. Consultat el dia (30/08/2019).
<http://aca.gencat.cat/ca/laigua/el-medi-hidric-a-catalunya/definicio-i-tipus-masses-daigua/aigues-subterrànies/>

Agència Catalana de l'Aigua. *Al·luvials del Vallès*. Consultat el dia (30/08/2019).
https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/fitxes_masses_aigua_subterrània/mas_16_def.pdf

Agència Catalana de l'aigua. *Visor ACA*. Consultat el dia (30/08/2019).
http://sig.gencat.cat/visors/VISOR_ACA.html

Ajuntament d'Albalat de la Ribera. *Aigua i Nitrats*. Consultat el dia (30/08/2019).
<http://www.albalatdelaribera.es/es/content/aigua-i-nitrats>

Consell Comarcal de l'Alt Empordà. *Els Aqüífers*. Consultat el dia (30/08/2019).
<https://www.altemporda.org/portal/descripcio-de-l-entorn-fisic/hidrologia-i-hidrogeologia/aigues-subterrànies>

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. *Visualitzador sondejos*. Consultat el dia (30/08/2019).

https://www.instamaps.cat/instavisor/97402247/2925a2fd9f1d619021ab6b7f423631ad/ICGC_Geindex_-_Visualitzador_Sondejos.html?3D=false#17/41.64017/2.35990

Damania, R.; Desbureaux, S.; Rodella, A.S; Russ J. and Zaveri, E. *Quality Unknown. The invisible water crisis*. Consultat el dia (14/09/2019)

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32245/9781464814594.pdf?sequence=3&isAllowed>

Departament de medi ambient de la Generalitat de Catalunya. *Decret 119/2001, de 2 de maig, pel qual s'aproven mesures ambientals de prevenció i correcció de la contaminació de les aigües per nitrats*. Consultat el dia (30/08/2019).

https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=251257&language=ca_ES

Ecologia i sostenibilitat. *Aqüífers*. Consultat el dia (31/08/2019)

<https://www.ecologia.cat/ecologia/aigua/acuifers>

Enciclopèdia.cat. *Eutrofització*. Consultat el dia (30/08/2019).

<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0107142.xml>

García Rodríguez, M y Fernández Escalante. *Hidrogeología básica*. Consultat el dia (3/09/2019). https://www.academia.edu/9013773/Cartografia_Hidrogeologica

Generalitat de Catalunya, departament de territori i sostenibilitat. *Mapa Urbanístic de Catalunya*. Consultat el dia (30/08/2019). <http://dtes.gencat.cat/muc-visor/AppJava/home.do>

Gomis Garcia, Mireia. *Estudi de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies de Catalunya*. Consultat el dia (30/08/2019).

http://repositori.uvic.cat:8888/bitstream/handle/10854/2306/trealu_a2013_gomis_mireia_estudi.pdf?sequence=1

Govern Illes Balears. *Preguntes i respostes sobre els nitrats a l'aigua de consum*. Consultat el dia (30/08/2019). <https://www.caib.es/sites/salutambiental/ca/nitrats-26197/>

Greer FR, Shannon M; American Academy of Pediatrics Committee on Nutrition; American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. *Pediatrics*. 2005 Sep;116(3):784-6. Consultat el dia (14/09/2019)

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. *Descàrregues*. Consultat el dia (30/08/2019). <http://icgc.cat/Descarregues>

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. *Vissir3*. Consultat el dia (30/08/2019). <http://www.icc.cat/vissir3/>

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. *Visualitzador cartografia hidrogeològica*. Consultat el dia (30/08/2019). https://www.instamaps.cat/instavisor/97402247/35124f3852db7a53e75388f2e2d86d20/ICGC_Geindex_-_Visualitzador_Cartografia_hidrogeologica.html?3D=false#11/41.6442/2.3322

Labandeira Pazos, Jesús Manuel. *Metahemoglobínia*. Consultat el dia (14/09/2019)

Tecnologia i sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Catalunya. *El cicle del nitrogen: tendències recents, problemes i solucions. Eutrofització*. Consultat el dia (30/08/2019). quimics/6.2.-el-cicle-del-nitrogen-tendencies-recents-problemes-i-solucions.-eutrofitzacio

Viquipèdia. *Cardedeu*. Consultat el dia (30/08/2019). <https://ca.wikipedia.org/wiki/Cardedeu>

Viquipèdia. *Cicle del nitrogen*. Consultat el dia (30/08/2019). https://ca.wikipedia.org/wiki/Cicle_del_nitrogen

Viquipèdia. *Nitrat*. Consultat el dia (30/08/2019). <https://ca.wikipedia.org/wiki/Nitrat>

Viquipèdia. *Zona vulnerable per nitrats*. Consultat el dia (30/08/2019).

https://ca.wikipedia.org/wiki/Zona_vulnerable_per_nitrats

Wikipedia. *Sistema de información geográfica*. Consultat el dia (30/08/2019).

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica