

**GEOLOGIA AMBIENTAL DE LA
DEPRESSIÓ DE LA SELVA**

**Montserrat Vehí Casellas
UAB, 2001**

ÍNDEX

Agraïments.....	1
1.- Objectius.....	3
2.- Antecedents.....	5
2.1.- Fonts d'informació	5
2.2.- Antecedents a l'estudi de la zona.....	5
3.- Metodologia	20
3.1.- Treball de camp.....	20
3.1.1.- Cartografia geològica i recollida de mostres	20
3.1.2.- Inventari de "punts" d'aigua, recollida de mostres i piezometries	21
3.1.3.- Localització d'activitats antròpiques que puguin produir impacte.....	28
3.1.4.- Geofísica.....	34
a) Mètode geofísica sísmica	34
b) Geofísica electromagnètica.....	35
3.2.- Treball de laboratori.....	37
3.2.1.- Anàlisis químiques de les aigües.....	37
3.3.- Tractament de dades i elaboració de la memòria.....	38
3.3.1.- Tractament informàtic de les dades.....	38
3.3.2.- Elaboració de mapes. Sistemes d'informació geogràfica (sig).....	39
a) Dades informàtiques incorporades al sig.....	40
b) Anàlisis de les dades mitjançant els sig	44
4.- Marc geogràfic.....	44
4.1.- Situació.....	44
4.2.- L'ocupació antròpica.....	45
4.3.- El relleu.....	45
4.4.- La xarxa hídrica.....	47
5.- Marc geològic	51
5.1.- Context morfoestructural	51
5.2.- Context litològic	52
5.2.1.- Roques plutòniques i hipabissals	53
5.2.2.- Roques volcàniques.....	54
5.2.3.- Roques metamòrfiques.....	58
5.2.4.- Roques sedimentàries	60
6.- Marc climàtic.....	68
6.1.- Règim tèrmic	69
6.2.- Règim pluviomètric.....	72
7.- Roques i minerals industrials	72
7.1.- Introducció (conceptes generals)	72
7.2.- Valoració dels recursos de roques i minerals industrials a la zona estudiada.....	74

7.2.1.- roques ornamentals i de construcció.....	75
a) granits de gra mitjà	75
b) granodiorites (no alterades a sauló)	76
c) pòrfirs	77
e) basalts.....	78
f) pissarres i esquists	79
g) gneissos.....	79
h) marbres.....	80
l) calcàries	81
m) travertins	81
n) conglomerats silicificats	82
7.2.2.- Àrids.....	82
a) granits de gra fi i mitjà.....	83
b) granodiorites (no alterades a sauló)	84
c) granits de gra gros i granodiorites (alterades a sauló)	84
d) pòrfirs	85
e) basalts.....	86
f) piroclastos.....	87
g) cornianes.....	87
h) gneissos.....	88
l) marbres	89
m) calcàries.....	89
n) graves i sorres	89
7.2.3.- Altres sectors	91
7.3.- Possibilitats actuals d'exploració de les roques industrials.....	92
8.- Recursos hídrics.....	95
8.1.- Aigües superficials.....	95
8.1.1.- Circulació hídrica superficial	96
8.1.2.- Zones humides	102
a) estany de sils	104
b) prats de sant sebastià.....	104
8.2.- Aigües subterrànies	110
8.2.1.- Els aqüífers	110
8.2.2.- Característiques generals dels aqüífers principals	114
a) aqüífer quaternari.....	114
b) aqüífer volcànic explosiu.....	123
c) aqüífer mio-pliocè.....	126
d) aqüífer granit alterat - sauló.....	130
e) sistema aqüífer paleozoic - granit (granits de la selva).....	134
8.2.3.- Surgències naturals	138

a) surgències naturals d'aigua no termal	140
a.1) fonts de la zona de les guilleries	141
a.2) fonts de la zona de les gavarres.....	143
b) surgències naturals d'aigua termal	146
b.1) aigües termals de santa coloma de farners.....	148
b.2) aigües termals de caldes de malavella.....	153
8.3.- Recursos hídrics totals.....	159
8.3.1.- Explotació actual.....	159
a) Explotació particular.....	161
b) Explotació de les xarxes municipals.....	163
8.3.2.- Estimació del balanç hídric.....	165
a) volums anuals disponibles.....	165
b) sortides d'aigua a la zona	166
c) balanç.....	168
9.- Recursos geoculturals.....	170
9.1.- Recurs geocultural: definició i selecció	170
9.2.- Volcà de la croça de sant dalmai	173
• Denominació del punt	173
• Situació geogràfica.....	173
• Situació geològica.....	175
• Tipus d'interès.....	176
• Fenòmens relacionats amb processos geològics.....	177
• Fenòmens relacionats amb la geologia aplicada.....	178
• Jaciments paleontològics.....	179
• Impactes i riscos	179
• Museus, escoles de natura i altres visites d'interès.	181
• Infraestructures per a la programació de visites.....	182
9.3.- Estany de sils i riera de vallcanera	183
• Denominació del punt	183
• Situació geogràfica.....	183
• Situació geològica.....	184
• Tipus d'interès.....	184
• Fenòmens relacionats amb processos geològics.....	185
• Fenòmens relacionats amb la geologia aplicada.....	186
• Jaciments paleontològics.....	187
• Impactes i riscos	187
• Museus, escoles de natura i altres visites d'interès.	188
1• Infraestructures per a la programació de visites.....	189
9.4.- Caldes de malavella: aigües termals de caldes, el volcà del camp dels ninots i els prats de sant sebastià.....	189

• Denominació del punt	189
• Situació geogràfica.....	189
• Situació geològica.....	191
• Tipus d'interès.....	191
• Fenòmens relacionats amb processos geològics.....	192
• Fenòmens relacionats amb la geologia aplicada.....	201
• Jaciments paleontològics.....	202
• Impactes i riscos	203
• Museus i altres visites d'interès.....	205
• Infraestructures per a la programació de visites.....	207
9.5.- Santa coloma de farners: aigües termals de santa coloma i itinerari de morfologies granítiques.....	207
• Denominació del punt	207
• Situació geogràfica.....	207
• Situació geològica.....	209
• Tipus d'interès.....	210
• Fenòmens relacionats amb processos geològics.....	213
• Fenòmens relacionats amb la geologia aplicada.....	214
• Jaciments paleontològics.....	214
• Impactes i riscos	215
• Museus i altres visites d'interès.....	216
1• Infraestructures per a la programació de visites.....	216
10.- Riscos i impactes als recursos geològics.....	218
10.1.- Riscos associats als processos fluvial i torrencial	220
10.1.1.- Registre històric	221
10.1.2.- Cabals màxims.	222
10.1.3.- Zones inundables.....	224
10.1.4.- Accions antròpiques reductores del risc d'inundació.....	225
10.2.- Risc derivat de l'expansivitat de les argiles.....	227
10.2.1.- Zones amb minerals argilosos.....	228
10.2.2.- Paràmetres geotècnics lligats al risc d'expansivitat.	229
10.2.3.- Zones de risc lligat a les argiles expansives	235
10.3.- Risc derivat de processos d'erosió del sòl.....	239
10.3.1.- Característiques morfològiques de la zona d'estudi.....	240
10.3.2.- Classificació dels materials segons la seva susceptibilitat a l'erosió.....	242
10.3.3.- Zones de susceptibilitat geomorfològica a l'erosió.....	244
10.4.- Impacte de les activitats extractives.....	248
10.4.1.- Tipus d'activitats extractives.	248
10.4.2.- Impacte de les activitats extractives	249
10.5.- Impacte de les activitats agrícoles i ramaderes.....	250

10.5.1.- Activitats agrícoles.	252
a) Tipus d'activitats agrícoles.....	252
b) Impacte de les activitats agrícoles.....	255
10.5.2.- Activitats ramaderes.....	260
a) Tipus d'activitats ramaderes	260
b) Impacte de les activitats ramaderes	261
10.5.3.- Zones amb major impacte de les activitats agrícoles i ramaderes.	265
10.6.- Impacte dels residus industrials i urbans	270
10.6.1.- Tipus d'activitats industrials. Inventari.	270
10.6.2.- Gestió dels residus urbans, xarxa de clavegueram i depuradores.	277
a) Gestió de residus sòlids urbans.....	277
b) Gestió de residus líquids.....	279
10.6.3.- Impacte dels residus industrials i urbans.....	282
10.7.- Altres riscos i impactes.....	290
10.7.1.- Risc sísmic.....	290
a) Sismicitat històrica	290
b) Sismicitat actual	292
10.7.2.- Risc volcànic.....	294
10.7.3.- Risc de moviments de vessant.....	295
10.7.4.- Impacte per esgotament dels recursos geològics i canvis d'usos del sòl... ..	296
a) Sobreexplotació dels recursos hídrics	296
b) Nous usos del sòl.....	300
11.- Resum i conclusions.....	303

AGRAÏMENTS

Vull agrair molt especialment, i per igual, l'ajuda rebuda pels meus dos directors de tesi. Els dono les gràcies pel seu assessorament, comprensió i dedicació i, especialment al Dr. Carles Roqué el seu optimisme, i al Dr. Joan Bach el seu realisme, qualitats que m'han permès assolir l'equilibri emocional necessari en la realització de la tesi.

Gràcies al Dr. Lluís Pallí, cap de l'Àrea de Geodinàmica del Departament de Ciències Ambientals de la Universitat de Girona, pel seu suport a l'elaboració d'aquesta tesi. També vull expressar la meva gratitud a tots els companys que formen o han format part de l'Àrea de Geodinàmica durant els anys de realització de la tesi, pel seu ajut i la seva disposició a facilitar la meva tasca.

Estic especialment agraïda a tot el personal del Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Teledetecció de la Universitat de Girona i sobretot a en David Comas que va posar tota la infraestructura d'aquest servei a la meva disposició, i especialment a en Ferran Orduña, sense l'assessorament del qual hagués estat impossible realitzar tot el treball de SIG.

Moltes gràcies a la Victòria Salvador per haver-me permès la utilització dels laboratoris i material de l'Àrea de Química Analítica de la Universitat de Girona, i a tot el personal que en forma part, sobretot a la Nuri i la Pilar pel seu assessorament i paciència.

En la recerca de dades ha estat necessària la col·laboració de moltes administracions i diversos professionals. Vull donar les gràcies molt especialment a en Xavier Puig de la delegació de Girona del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, per haver-me facilitat informació i ajuda sempre que l'he necessitat. També agraeixo la col·laboració de totes les persones, des de regidors i directors, a personal administratiu de tots els ajuntaments de la zona, consells comarcals, delegacions de Girona del Departament de Medi Ambient, del d'Agricultura Ramaderia i Pesca i del d'Indústria, Comerç i Turisme, l'Agència Catalana de l'Aigua, Servei Geològic de Catalunya, Instituto Tecnológico-Geominero de España i Cambra de Comerç. Va ser important també la col·laboració de l'empresa Prodaisa, gestora de les aigües municipals de molts dels pobles de la zona, especialment l'Enric i les facilitats dels gestors del camp de Golf, per permetre la utilització de dades confidencials.

Vull fer constar la meva gratitud a totes les persones, sovint totalment desconegudes, que van posar-me facilitats a la realització del treball de camp, sobretot durant l'inventari de punts d'aigua.

Per últim, i el més important, gràcies a la meva família i als meus amics pel seu suport, paciència i comprensió.

1.- OBJECTIUS

Aquest treball que es presenta en motiu de la tesi es va plantejar com a fita aprofundir en el coneixement de les variables geològiques del territori que interaccionen amb l'activitat humana, agrupades segons si responen a l'obtenció de recursos, o bé, representen un risc o un impacte (Gómez, 1994; Bennet, 1997). La zona triada per aplicar-hi aquest estudi de geologia ambiental és la depressió de la Selva que correspon a les conques hidrogràfiques de la riera de Santa Coloma i del riu Onyar. Aquest objectiu inicial es concreta en tres objectius principals:

- Caracterització dels principals recursos geològics de la zona, la qual cosa comporta el plantejament dels següents objectius concrets següents:
 - Localització i anàlisi de la disponibilitat de roques industrials, en base a una cartografia geològica de base a escala 1:25.000.
 - Investigació dels recursos hídrics: estudi de les aigües superficials, cabals circulants i qualitat química; avaluació de les característiques de les aigües subterrànies a partir d'un inventari de punts d'aigua, amb mesures de nivell piezomètric, recollida de mostres i anàlisi químiques; i valoració global dels recursos hídrics totals. Es pretén dedicar un especial interès en les manifestacions hidrotermals de Caldes de Malavella i de Santa Coloma de Farners.
 - Inventari de zones d'especial interès geològic per tal de valorar-ne les possibilitats d'ús didàctic i/o lúdic. Es pretén descriure detalladament aquestes zones, analitzar-ne l'interès especial, els fenòmens relacionats amb processos geològics i de geologia aplicada, avaluar-ne l'estat actual i estimar les possibilitats d'ús pel que fa a comunicacions i infraestructures disponibles.
- Avaluació dels riscos geològics que afecten la zona, tant pel que fa al naturals, mixtes o induïts, concretament:
 - Anàlisi del risc d'inundació a partir de dades històriques i de l'estudi de la geomorfologia de la zona.
 - Valorar el risc d'expansivitat a la zona en base al treball de camp i a la recollida d'informació d'estudis geotècnics.
 - Estudi de la susceptibilitat morfològica a l'erosió, a partir de les característiques litològiques i l'elaboració de mapes de pendents.
 - Estimació dels riscos induïts per impacte de diferents activitats antròpiques com són les activitats extractives, agrícoles i ramaderes i industrials. Es pretén realitzar un inventari de les pedreres actuals, les explotacions agrícoles i ramaderes i les zones industrials. S'intenta analitzar una possible relació entre aquests tipus d'activitats i l'estat actual dels recursos, especialment pel que fa a la qualitat química de les aigües.

- Fer una valoració d'altres riscos, que a priori sembla que són menys rellevants a la zona, com són el risc sísmic, volcànic, moviments de vessant, la sobreexplotació de recursos o els nous usos del sòl.
- Aplicació de les tècniques de sistemes d'informació geogràfica (SIG) per al processament, visualització i anàlisi de les dades de forma espacial ja que és un dels mètodes més utilitzats avui en dia (De Villota et al., 1996; Frances et al., 1989; Ros, 1997). Concretament es pretén:
 - Elaborar tota la informació puntual en coordenades UTM per tal de poder-la processar en el SIG.
 - Digitalitzar tota la informació espacial per tal de treballar amb capes d'informació perfectament georeferenciades.
 - Assajar operacions amb diferents capes amb referències puntuals, lineals o espacials, per poder aconseguir mapes de riscos i impacte a partir de les dades de base inicials.

2.- ANTECEDENTS

2.1.- Fonts d'informació

En la realització d'aquesta tesi s'han consultat nombroses fonts documentals per tal de recollir la màxima quantitat de dades possible. En la recerca d'informació, sobretot pel que fa a l'inventari de punts d'aigua, s'han consultat arxius de diversos organismes i administracions, entre els que cal fer constar els existents a: les diverses **biblioteques** públiques i privades de la zona, així com a la biblioteca pròpia de l'Àrea de Geodinàmica de la UdG; a la **Agència Catalana de l'Aigua** (antigament Junta d'aigües), particularment les bases de dades de punts d'aigües i els estudis hidrogeològics realitzats a la demarcació de Girona; a la **Delegació de Mines**, en concret la secció recursos hídrics; als **Ajuntaments**, especialment els plans d'urbanisme i els estudis puntuals de caràcter geoambiental; a la **Cambrà de Comerç**; a l'**Instituto Tecnológico Geominero de España**; sobretot la base de dades del Plan Hidrológico Nacional; a la **Delegació de la Conselleria d'Agricultura, Ramaderia i Pesca** de la Generalitat de Catalunya, on són inventariades les activitats agrícoles i ramaderes i, per tant, suposa una informació de base sobre aquestes explotacions a la zona; a la **Delegació d'Indústria**, per saber la quantitat i el tipus d'indústries majoritàries a la zona; i, finalment, als diversos informes tècnics obtinguts pels professionals o dels propis sol·licitants.

2.2.- Antecedents a l'estudi de la zona

La depressió de la Selva ha atret la curiositat des d'antic d'estudiosos en l'àmbit científic fonamentalment per dos motius: en primer lloc per la presència de manifestacions volcàniques com l'important edifici freatomagmàtic de la Crosa de Sant Dalmai, les colades basàltiques de Caldes de Malavella, Maçanet de la Selva o Riudarenes o el recentment estudiat volcà del Camp dels Ninots; i en segon lloc per l'interès tant turístic com comercial de les aigües mineromedicinales sorgents del sud de la zona, concretament les aigües termals de Santa Coloma de Farners i de Caldes de Malavella. En el següent recull d'antecedents s'ha pretès realitzar un seguiment per ordre cronològic de les principals publicacions científiques, de caràcter geològic que han suposat una aportació important al coneixement d'aquesta zona.

Vidal (1882), en un estudi pioner sobre la geologia de Caldes de Malavella, descriu dos afloraments volcànics que anomena "volcanes sin cráter", i que corresponen a la xemeneia basàltica de Sant Maurici i als basalts de can Teixidor i can Rabassa. Classifica els conglomerats arcòsics del puig de les Moleres com a granit, tot i que considera que no es pot parlar de "granito común" sinó d'una roca fragmentària a on "vienen aglomerados trozos de diversos materiales(...)"; el ciment que une estos elementos es granito..." i on s'aprecien filons de "calcedonia y barita sulfatada". Considera "sedimentos de formación mecánica" els dipòsits piroclàstics que es troben a l'oest i sud-oest del poble. Descriu l'aflorament de nivells de

piroclastos de la via del tren com a passades de sorres grolleres procedents de la disgregació del granit, amb línies ferruginoses. A sobre d'aquests "estrats" hi situa la capa d'argila amb còdols silícis. Al voltant de can Pol reconeix restes vegetals de monocotiledònies, concretament tiges de *Cyperaceae* i de *Tifaceae*. Data alteracions en el règim surgent de les aigües termals, extretes de llibres parroquials, concretament a l'1 de Novembre de 1755, el qual coincideix amb els terratrèmols de Lisboa; i un l'11 d'Agost de 1798 i dies posteriors dels mesos d'agost, de setembre i d'octubre del mateix any, que van provocar la desviació de l'aigua d'algunes fonts, la pèrdua d'aigua, i en altres no tornant a la normalitat fins al novembre de l'any següent.

El mateix autor (Vidal, 1986) publica un extens estudi dels materials aflorants a les comarques gironines. Descriu els granits fent una menció especial a uns "granits" peculiars a les rodalies de Caldes de Malavella, concretament torna a anomenar com a tals els conglomerats arcòsics del puig de les Molerres. Descriu el Pliocè lacustre de la zona de Palau, concretament les argiles situades sobre el granit en les quals hi cita diversa fauna com: *Clausilia*, *Cyclostoma*, *Hélix*, *Testacella* i *Planorbis*. Pel que respecta al Quaternari fa una menció especial al que anomena dipòsits quaternaris de Caldes, referint-se als dipòsits piroclàstics de la via del tren. Explica els sediments argilosos amb nòduls de sílex del camp dels Ninots on cita troncs convertits en sílice de *Cyperaceae* i de *Tifaceae*. Descriu també els dipòsits quaternaris travertínics d'origen termal, en el qual destaca la troballa de restes prehistòriques com puntes de fletxa i ganivets de sílex i utensilis de banya de cérvol, així com restes de fauna de la mateixa època, concretament molars de *Cervus elephus*, *Box*, *Equus*, *Sus*, etc. Pel que fa al vulcanisme, cita els dos afloraments volcànics de Caldes de Malavella als que atribueix una edat prequaternària pel fet de trobar fragments de basalt al dipòsits piroclàstics que ell considera sediments del Quaternari. En una segona part del treball fa un estudi de les aigües minerals de la província de les que destaca les aigües calentes de Caldes, de les que en fa una descripció i n'aporta unes anàlisi químiques.

Font i Sagué (1903) estudia la relació entre el vulcanisme de Caldes de Malavella i les manifestacions termals. Realitza una discussió sobre els dos possibles orígens de les aigües termals: degut a les manifestacions eruptives, o bé al gradient geotèrmic. Arriba a la conclusió que les aigües de Caldes tenen un origen totalment lligat a les manifestacions volcàniques perquè contenen àcid carbònic lliure i per la naturalesa geològica dels terrenys on sorgeixen els manantials. Aquesta relació li sembla absolutament evident en l'aflorament conglomeràtic del puig de les Molerres: "y en los alrededores de Caldas existen multitud de estas grietas rellenas por diversos pórfidos que atraviesan el granito, y especialmente una grieta colosal, la cual forma el poderoso filón de granito eruptivo que constituye todo el Puig de las Molerres, y a cuyo extremo surgen las aguas termales".

Gelabert (1904) fa una minuciosa descripció dels volcans gironins. Detalla la seva distribució geogràfica i determina l'edat d'aquests volcans relacionant-los amb períodes de formació

al·luvial i lacustre posteriors al Terciari. Sovint acompanya les descripcions amb talls esquemàtics i estudis petrogràfics. En un mapa de síntesi situa 32 volcans, que anomena "volcanes con cráter", i nombrosos terrenys volcànics. Gelabert a més descriu manantials d'aigües minerals lligats a aquesta activitat volcànica, fent especial esment de les aigües de Caldes de Malavella i de Santa Coloma de Farners.

Faura i Sans (1923) a l'explicació del full núm. 24. (Sant Feliu de Guíxols) del mapa geològic de la Mancomunitat de Catalunya a escala 1:100.000, estudia les roques plutòniques i filonianes que afloren a les serralades costaneres i per tant en el marge sud de la depressió de la Selva.

Bataller (1933) esmenta de nou els materials efusius de Caldes de Malavella: "En el Cuaternario sufrió esta región un nuevo hundimiento, que con la ruptura a que dio origen determinó la salida de materias eruptivas, lavas i basaltos del que se encuentra una potente erupción junto a Caldas".

Solé Sabarís & Llopis Lladó (1939) estudien l'acabament septentrional de la serralada costanera catalana. Descriuen les línies tectòniques de la depressió de la Selva com a alineacions disposades de nord a sud i de nord-oest a sud-est.

Llopis Lladó (1943 a) realitza un estudi hidrotectònic de Caldes de Malavella en el que diferencia el granit i els seus productes d'alteració (sauló), de les arcoses. Concretament, explica l'aflorament del puig de les Molerres com a un conglomerat cimentat per quars, possiblement producte d'una activitat geiseriana, anterior a les actuals emissions hidrotermals. Fa una descripció estratigràfica del Quaternari que separa d'un substrat majoritàriament granític. Diferencia dues regions separades per la riera de Caldes: la zona occidental i la zona oriental. La zona occidental estaria formada per tres tipus de materials: 1) sorres formades per elements locals amb clastes grollers de granit a la base i fragments de lava; 2) argila de can Pol amb menillits (ninots) i 3) argila gris fosca, verdosa, amb restes vegetals carbonitzades. A la zona oriental hi diferencia 3 grups de materials: 1) els productes resultat d'alteració del granit (sauló); 2) les arcoses cimentades amb quars, a la formació de les quals atribueix una activitat geiseriana i; 3) les argiles i travertins. En aquest treball descriu l'estructura dels materials quaternaris de Caldes dient "(...) en conjunto, la turbera cuaternaria de Caldas de Malavella, ha sido comprimida lateralmente, fracturada en algunos puntos y plegada en conjunto en sinclinal". Justifica aquest plegament en sinclinal amb les inclinacions de les làmines del que anomena "capas de arena de la trinchera del ferrocarril". També aporta dades de les fonts termals, de les que en dóna cabals i temperatura.

El mateix autor (Llopis, 1943b) amplia la descripció dels materials de l'entorn de Caldes de Malavella, detallant els límits entre els diferents materials i aportant una cartografia que realitza a escala 1:1.000 de la que cal destacar la detallada descripció de l'estructura tectònica.

Defineix la vall de Caldes com una cubeta modelada en el granit, en la que durant el Quaternari s'hi va instal·lar una turbera, en la que primerament es van dipositar sorres i conglomerats amb "lechos interestratificados de limonita (hierro de los pantanos)". Explica la sedimentació dient que "el carácter grueso o fino de los elementos del sedimento, dependía naturalmente de la mayor o menor proximidad a los arroyos que cedían sus aguas a esta laguna. Poco a poco, los sedimentos aportados fueron rellenándola, depositándose entonces arcillas y transformándose la laguna en un atolladero". Fa una descripció molt extensa de la tectònica de la vall de Caldes que divideix en tres apartats: "A) La macrotectònica del valle de Caldas de Malavella y las emisiones volcánicas, B) La microtectònica y la emisiones hidrotermales, C) Resumen estructural" Tracta la vall de Caldes com una fosa tectònica, situada entre "dos fracturas transversales a la gran depresión" es a dir NO-SE, que anomena "fallas maestras" sobre les que situen les altres. Aquestes dues falles les explica com indicades per les dues erupcions volcàniques. La primera d'aquestes falles la descriu com "un complejo de macro y microfallas a consecuencia de que en su extremo SE emite apofosis que dan el complejo del Puig de las Moleras". Per últim, aporta una descripció de la microtectònica relacionant-la amb les emissions hidrotermales. Senyala que en els tres grups de Manantials: puig de les Moleres, turó de Sant Grau i puig de les Ànimes l'origen ha de ser la intersecció d'una d'aquestes falles mestres amb petites falles transversals a aquestes. Concretament la font de la Mina i del Raig d'en Mel, les considera clarament generades a la intersecció de la falla de can Teixidor, amb una falla transversal (direcció NE-SO) de 8 m de salt.

Solé Sabarís (1946) descriu les fonts termals de Caldes de Malavella i les aigües carbòniques de les rodalies de la ciutat de Girona, les quals considera lligades a les fractures que fragmentaren l'antic massís català de les quals fluïren materials eruptius, i concretament, explica que les fonts termals de Caldes són "una manifestación póstuma de este vulcanismo terciario". Destaca que a Caldes el sòcol paleozoic i la cobertora pliocènica han estat fracturades afectant aquestes falles fins i tot a dipòsits quaternaris. Explica que la seva reactivació és la causant de les manifestacions termals. Fa una descripció de les fonts carbòniques i presenta dades analítiques d'algunes d'elles.

Marcet Riba (1947) fa una descripció completa de les roques intrusives, filonianes i efusives de la zona de les Gavarres i de la Costa Brava, amb una datació dels diferents períodes eruptius.

Solé Sabarís (1948) explica que els dipòsits pliocènics de la Selva són com una "potente masa de arcosas y arcillas con algunos pequeños lechos de cantos medianamente rodados, procedentes de las cordilleras próximas..." Descriu una successió estratigràfica documentada en pous que, de baix a dalt, és la següent: granit - granit descomposat - arcoses silícies fortament cimentades (20 m) - argiles turboses (8-10 m) - travertí i argiles alternants (1 m) - travertí compacte (5-6 m). Li crida l'atenció el que ell anomena arcoses de la via del tren, per ser les més riques en basalt i considera que procedeixen de l'erupció basàltica de Sant Maurici.

A sobre de les arcoses hi situa argiles fosques que s'haurien dipositat en una petita conca lacustre alimentada primer per aigües geiserianes i després per aigües termals.

Marcet Riba & Solé Sabarís (1949) a l'explicació de la fulla 334 (Girona) del mapa geològic 1:50.000 fan una menció especial a les arcoses silicificades del puig de les Moleres, les quals situen en el Pliocè. També fan una descripció de les argiles i travertins lacustres del Quaternari. Determinen que la conca lacustre inicialment era d'aigües geiserianes procedents del puig de les Moleres, la qual cosa justifiquen per la presència dels ninots d'òpal, i que posteriorment van sorgir a l'interior de la conca manantials termals dels que encara en queden els actuals. Determinen diferents fòssils quaternaris trobats als travertins i a les argiles del puig de les Ànimes, així com restes d'indústria lítica. A l'apartat d'hidrologia expliquen dos aquífers aprofitables a gairebé tota la depressió de Selva: un de superficial, que correspon als materials pliocènics detrítics i un de profund, situat en el contacte dels materials del neògen amb el sòcol paleozoic. Finalment, dediquen un apartat a les diferents fonts termals de Caldes de Malavella, de les que en donen dades de cabals i a les que atribueixen un origen similar al que descrivia Llopis (1943b).

Llopis Lladó (1951) realitza un article recopilatori dels seus propis treballs anterior resumint les principals conclusions.

L'IGME (1953) publica el full de Sant Feliu de Guíxols del Mapa geológico de España a escala 1:50.000, la qual comprèn una petita part de la depressió de la Selva, fan el comentari que en aquest full els materials que hi troben són bàsicament granit. Consideren que els dipòsits del puig de les Moleres són equivalents als de la sèrie superior de Llagostera, i que han estat desnivellats per petits moviments tectònics. Comenten les aigües minero medicinals, però no les descriuen atès que ja ho donen per fet al full de Girona.

Solé Sabarís (1962) publica un ampli treball sobre el vulcanisme gironí. Diferencia les tres principals zones volcàniques gironines (la Selva, l'Empordà i la Garrotxa) i conclou que els volcans d'Olot són els més joves. D'altra banda comenta les observacions publicades fins aquell moment per altres autors.

Les primeres datacions dels materials efusius d'aquesta zona es deuen a Guardia (1964), que va analitzar el paleomagnetisme entre altres, dels basalts de Sant Maurici, i va establir una edat del Pliocè inferior.

L'any 1971 la Dirección General de Obras Hidráulicas realitza l'estudi REPO en el que es fa un inventari de punts d'aigua, campanyes de geofísica i piezometries, assaigs de bombeig, aforaments de la xarxa superficial i càlculs de balanç hídric. Descriuen dos aquífers: el quaternari, desenvolupat bàsicament als al·luvials argilosos-sorrencs; i un aquífer miopliocè,

format per llims groguencs i capes lenticulars de sorres arcòsiques. En les campanyes de geofísica hi distingeixen quatre nivells: 1) un de Quaternari de 100 ohm.m de mitjana i que comprèn un sòl (3 m màxim), i una capa conductora (d'uns 15 m de mitjana; 2) un nivell resistent intercalat que consideren que pot ser del Pliocè o bé situat a la base dels nivells quaternaris; 3) una capa conductora inferior que atribueixen al pliocè (la qual pot assolir 250 m de gruix); i 4) el sòcol granític de resistivitats elevades. Al sud de Girona detecten el Paleògen, concretament un conductor profund, corresponent a margues i argiles, i una capa resistent atribuïda a les calcàries de l'Eocè i als conglomerats i lutites del Paleocè.

Ferrer (1971) realitza una descripció completa de les unitats litoestratigràfiques paleocenes i eocenes de la depressió central catalana, que s'estenen des de la vora oriental d'aquesta depressió fins la ciutat de Girona. Proposa quatre noves formacions (Fm. Orpí, Fm. Pontils, Fm. Santa Maria i Fm. Artés) i tres membres (Mb. Collbàs, Mb. Igualada i Mb. Tossa de la Fm. Santa Maria)

Pallí (1972) en la realització de la seva tesi doctoral descriu detalladament els materials paleogens de l'Empordà i les zones limítrofes en la que treballa diferents materials del nord-est de la depressió de la Selva.

Vilalta & Pallí (1973) demostren l'existència de materials miocènics a la depressió de la Selva sota el traçat del riu Onyar a Girona, basant-se en la troballa d'un molar *Dinotherium giganteum* en aquesta zona.

En un intent d'establir la cronologia del vulcanisme gironí, Donville (1973 a) va analitzar basalts de diverses zones de Catalunya, entre elles els de la depressió de la Selva. Les descripcions que acompanyen el treball es fonamenten en estudis anteriors d'altres autors però Donville és el primer que realitza datacions amb la tècnica radiomètrica del Potasi-Argó. Del seu treball n'extreu que les manifestacions volcàniques de la Selva tingueren lloc durant el Pliocè i els materials volcànics més moderns que hi localitza són els del poble d'Hostalric, amb 2 milions d'anys.

París & Albert (1976) determinen que les aigües carbonatades de la província de Girona són lligades en profunditat a un procés termal de baixa entalpia. Aquest fet el corroboren al comparar el quimisme d'aquestes aigües amb les termals. Consideren que hi ha una relació genètica entre ambdues, resultat d'un únic procés termal. Per demostrar-ho realitzen anàlisis hidroquímiques i de termometria química. Descriuen la situació d'aquests manants als límits de les grans falles determinades per la geologia regional i estudien les fonts segons cinc grans grups, seguint les pautes de Solé Sabarís (1946): el grup Guilleries, el grup de Girona, el front nord de les Gavarres, el grup Cassà de la Selva, i el grup Llagostera. Comparen l'analítica d'aquests grups amb la de les fonts de Caldes de Malavella i de Santa Coloma de Farners.

Qualifiquen les aigües de Caldes de bicarbonatades sòdiques, amb una composició química molt semblant a la dels manantials carbònics sòdics freds. Apliquen mètodes de termometria química com ara: SiO₂, Na/K, Na-K-Ca i el geotermòmetre basat en l'equilibri químic albita-anortita utilitzat per Lopou - Khine per a basalts i ampliat per Albert per ser aplicat a materials granítics.

Trilla & Pallí (1977) estudien la vulnerabilitat a la pol·lució de les aigües continentals en una zona de l'entorn de la ciutat de Girona, part de la qual inclou el marge septentrional de la depressió de la Selva. En aquest treball es presenten unes anàlisis químiques d'aigües subterrànies i superficials sense detectar substàncies contaminants en els punts situats a la depressió. Realitzen un seguit d'infiltrometries de les que conclouen que en els dipòsits al·luvials, col·luvials i eluvials quaternaris la possibilitat de penetració de matèria pol·lucionant és bastant mediocre i inclòs difícil degut a la seva composició i l'abundància d'argila. Pel que fa a la formació pliocènica distingeixen un comportament diferent segons els trams més grollers (sorres i conglomerats) o més fins (llims i argiles). En els trams grollers consideren que la penetració pot ser fàcil mentre que en la resta la consideren difícil.

Pallí & Frías (1978) evidencien l'existència del nivell vermell basal del Paleògen (Fm. Pontils) en el sector de Vilablareix, sota la cobertura mio-pliocènica del pla de Girona. Es realitza una perforació amb testimoni continu en el que es tallen nivells d'argila sorrenca del pliomiocè continental fins a 34 m, a sota dels quals es tallen fins a 42 m de argiles i llims vermellosos amb gresos i canals de conglomerats del mateix color, en general força cimentats.

Viñals (1979) realitza el treball *Hidrogeologia de la depresión tectónica pliocena de la Selva (Gerona)* dins el *Curso Internacional de hidrología subterránea*, en el qual, partint de la base de l'estudi REPO, aprofundeix en el sector nord de la depressió i en el vorell sud, corresponent al sector del vulcanisme de Maçanet-Vidreres. Realitza un inventari de pous, geofísica elèctrica, sísmica de refracció i magnetometria, assaigs de bombeig i anàlisis d'aigües.

Albert, Corominas & París (1979) publiquen un resum dels resultats del treball realitzat per a la Compañia General de Sondeos *Estudio geotérmico preliminar de la depresión de la Selva (Gerona)* i de la tesis doctoral de Albert que presentarà el 1980. S'expliquen detingudament les manifestacions volcàniques, relacionant les emissions volcàniques de Sant Dalmai i de Maçanet amb les falles produïdes després de l'enfonsament de la fossa. Una reactivació tectònica posterior seria la responsable de la formació de noves cubetes aïllades (Vidreres, Maçanet i Caldes), a sobre les quals s'hi produeixen sedimentacions fluviolacustres tectonitzades posteriorment per clars moviments quaternaris. A partir de la geofísica determinen que hi ha un bloc fracturat delimitat per falles de direcció NNE-SSO i un sistema conjugat a 60°, amb una profunditat inferior a 200 m. Pel que fa a la hidrogeologia, parlen de dos sistemes aquífers: quaternari i pliocè. Fan un balanç hídric a partir de dades recopilades de treballs

anterior, més algunes mesures pròpies. Realitzen un estudi hidroquímic de les surgències de Caldes de Malavella i de Santa Coloma, però també estudien fonts d'aigües carbòniques fredes, perquè els sembla que algunes tenen un caràcter geotèrmic. A partir de l'anàlisi d'una trentena de mostres d'aigües diferencien dues famílies geoquímiques: una bicarbonatada sòdica (similar a les de les aigües termals) i una altra de bicarbonatada càlcica (semblant a les aigües superficials o d'infiltració somera). Observen que les sòdiques tenen una temperatura de surgència superior a les càlciques. Com a traçadors hidroquímics utilitzen l'intercanvi natural de bicarbonats-clorurs i el contingut en sílice. Realitzen anàlisis isotòpiques que coincideixen amb les dades químiques, demostrant que les aigües carbonatades càlciques són aigües fredes a les que s'hi incorpora el CO₂ durant la sortida i les sòdiques han sofert un cert procés termal en profunditat. Per a l'estudi isotòpic utilitzen el deuteri i l'O¹⁸ i el triti. Per a l'elaboració de les dades termomètriques hidroquímiques utilitzen quatre geotermòmetres: geotermòmetre SiO₂, geotermòmetre Na/K, geotermòmetre Na-K-Ca i geotermòmetre albita-anortita, destaquen el fet que les aigües de Caldes són les úniques d'Espanya en les que hi ha dipòsits de sílice a la sortida, i en la difractometria de raig X de tres mostres constaten la presència de tridimita (fase d'alta temperatura), quars i impureses de goethita i caolinita. Les anomalies pel que fa al contingut de sílice coincideixen en zones d'enfonsament clarament detectades pels autors en geofísica elèctrica, els quals afirmen que els resultats de la investigació geofísica i geoquímica són totalment coherents.

Al 1980 la *Comisión interministerial de planificación hidrológica* realitza el *Plan hidrológico Nacional. Grupo de trabajo regional de Pirineo Oriental*, aquest treball en realitat el que fa es reelaborar i reinterpretar les dades de l'estudi REPO de 1971.

Barnolas, García & Sourier (1980) estudien la successió estratigràfica dels sediments paleozoics del massís de les Gavarres, de la que hi destaquen l'existència d'una potent formació vulcanosedimentària, d'edat Caradocià, que es recolza sobre materials equivalents als de la sèrie de Jujols del Pirineu oriental.

Font Pagès (1980) descriu i planteja l'origen de les diferents fonts picants de Girona, Sant Daniel, Cassà de la Selva i Llagostera i fa un apartat especial per les aigües mineromedicinals de Caldes de Malavella i presenta una analítica de la font dels Bullidors.

Pla Dalmau (1981) fa una síntesi de la geologia de Caldes de Malavella a partir de les publicacions anteriors. Descriu els materials que afloren a la via del tren com a "potentes estratos" d'un conjunt de sediments argilosos que agrupa com a "capa de material arcilloso, la cual en varias zonas, contiene muchos nódulos o menillitos, que son pedazos de cuarzo resinita u ópalo impurificado por compuestos orgánicos". En aquestes argiles hi descriu troballes de restes vegetals (ciperàcies, tifàcies i de diverses dicotiledònies), i restes de

mamífers. Dedicava un apartat important a la descripció de les característiques químiques de les fonts termals i de les seves aptituds terapèutiques.

Martí, Ortiz, Claudin & Mallarach (1981) publiquen un resum dels resultats del projecte núm. 449 d'Investigació CSIC-CAICYT. En aquest treball es fa un estudi detallat dels mecanismes eruptius del volcà de la Crosa amb una caracterització dels dipòsits piroclàstics, amb l'estratigrafia corresponent, una descripció de l'evolució de l'activitat eruptiva i una modelització física. Arriben a la conclusió que l'edifici de la Crosa s'ha generat per un únic episodi eruptiu durant el qual s'han anat alternant fases freàtiques, freatomagmàtiques i estrombolianes.

Pallí (1982) publica el mapa geològic de Girona a escala 1:20.000. El mateix any, Pallí & Trilla publiquen el mapa geològic escala 1:18.000 del terme municipal de Cassà de la Selva.

L'any 1983 Pallí, Trilla & Estalrich publiquen el mapa geomorfològic 1:50.000 de la depressió de la Selva i el mapa geològic de Maçanet de la Selva a escala 1:15.000. El mateix any l'IGME publica els mapes geològics a escala 1:50.000 de la col·lecció magna de Blanes (365) i Santa Coloma de Farners (333).

Duran, Gil, Julivert & Ubach (1984) estudien els dipòsits paleozoics de la serralada costanera catalana fent especial atenció a les característiques dels materials volcànics del Caradocià. Descriuen les característiques petrogràfiques i geoquímiques i expliquen les fases de deformació i el metamorfisme regional, reconeixent tres fases de deformació herciniana.

Mas, Trilla & Pallí (1985) relacionen els diferents sistemes de fractures de la depressió de la Selva amb la xarxa de drenatge de la conca de l'Onyar. Destaquen el fet que les fractures N-S són les que més influeixen en el drenatge que majoritàriament es concentra a la fractura alineada cap a Girona i fa de desguàs, evitant que en la unitat de plana s'estableixi una dinàmica de caràcter endorreic.

L'any 1986 Mas presenta la seva tesina *Aspectes geodinàmics de les avingudes en la conca del riu Onyar*, de la qual el mateix any en publica un resum (Mas et al., 1986). En la seva tesina, Mas fa un estudi de la dinàmica de les crescudes a la conca del Riu Onyar, bàsicament centrada en un coneixement geomorfològic del medi i l'estudi dels hidrogrames i cabals de crescuda. En les descripcions de la litologia dona una potència màxima al Pliocè de 40 m i al Quaternari de 15 m. A partir les dades de sondeigs elèctrics verticals arriba a determinar una secció de 15 m de materials al·luvials a la secció del riu Onyar a l'E i NE de Riudellots, i de 6 m a la secció de les rieres Verneda i Gotarra.

Martí, Ortiz, Claudin & Mallarch (1986) publiquen un article en el que descriuen els mecanismes eruptius del volcà de la Crosa de Sant Dalmai.

Duran (1990) realitza una descripció de la sèrie estratigràfica del Paleozoic de les Guilleries. Data amb fòssils els nivells del Caradocià, del Silurià i del Devonian. També fa una descripció de les roques ígnies aflorants en aquesta mateixa zona, tant les pre-hercinianes com les hercinianes, interestratificades en la sèrie en diversos nivells. Determina que, en conjunt, els granitoides

més antics es troben emplaçats en els nivells més profunds i metamòrfics, mentre que els més moderns, assoleixen els nivells més superficials i provoquen extenses aurèoles de metamorfisme de contacte.

Pous, Solé & Badiella (1990) caracteritzen les resistivitats del Neogen de la depressió de la Selva i en determinen la seva potència. En general, troben que el Neogen queda definit amb resistivitats de 30-10 ohm.m, i correspon a formacions argiloses amb més o menys contingut sorrenc. Al nord de Caldes de Malavella fan un sondeig que dona valors més alts (100 ohm.m) i al comparar amb un pou realitzat a la zona comproven que són les arcoses silicificades. Els basalts pliocens els troben clarament a Maçanet i Sant Dalmai, amb resistivitats variables i en general superiors a 100 ohm.m. El substrat només queda definit per cotes inferiors de la seva resistivitat, i en general és de l'ordre de 400 ohm.m. A través de les isobates de substrat veuen una irregularitat i complexitat del fons de la cobeta. Diferencien tres zones: 1) zona de la cubeta de Santa Coloma- Riudarenes on afirmen que pot ser que hi hagi més de 300 m de sediments neogens; 2) la Part Central on diferencien la zona de Fornells i Riudellots amb gruixos de neogens de 175 m i entre Vilobí i Vidreres un gruix de 60 m de sediments; 3) zona de Vidreres i Caldes amb aproximadament 100 m de sediments neogens.

Barnolas & García-Sansegundo (1992) descriuen la successió paleozoica de les Gavarres, a la que associen una edat compresa entre el Cambroordovicià i el Devonian. Reconeixen una part inferior de la sèrie, precaradocià, en la que hi localitzen fauna i una part superior molt completa formada de quatre unitats litoestratigràfiques. Reconeixen un mínim de tres fases de plegament, la primera de les quals és la més desenvolupada i important.

Roqué (1993) defensa la tesis doctoral *Litomorfolgia dels massissos de les Gavarres i de Begur* en la que presenta noves dades respecte a la constitució geològica regional de la zona de les Gavarres, amb una cartografia inèdita. Aporta informació litomorfològica sobre les formes de modelat de les diferents varietats litològiques d'aquesta zona.

Al mateix any 1993 Pallí, Roqué & Capellà publiquen el mapa geològic de Santa Coloma de Farners a escala 1:10.000.

Roqué & Pallí (1994) descriuen els aspectes morfològics més rellevants del massís de les Gavarres. Així mateix, els diferents materials aflorants a l'esmentat massís els representen en un mapa geològic esquemàtic.

Pallí, Roqué & Capellà (1994) descriuen i localitzen els diferents tipus de formes desenvolupades sobre les roques plutòniques del terme municipal de Santa Coloma de Farners.

Al 1995 la Generalitat de Catalunya redacta el *Pla especial de protecció del medi natural del Volcà de la Crosa* on entre altres coses destaca que el volcà de la Crosa és el cràter d'explosió quaternari de majors dimensions de la península Ibèrica i conserva encara en bon estat les seves característiques morfològiques.

Al 1997 Ros presenta la tesi doctoral *Model hidrològic del Riu Onyar* en la qual utilitza per primer cop a la zona Sistemes d'Informació Geogràfica. Fa un estudi exhaustiu del medi físic, previ al disseny i aplicació del model hidrològic, després del qual procedeix a la determinació de la pluja eficaç i del hidrograma de crescuda.

Al 1998 la Generalitat de Catalunya redacta el *Pla especial de protecció del medi natural i del paisatge de l'Estany de Sils, la Riera de Santa Coloma i els Turons de Maçanet* on es remarca l'especial interès dels fenòmens d'endorreisme que es donen a la zona i la seva particular xarxa hídrica.

Clotet, Pallí i Roqué (1999) fan un extens inventari de les fonts de les Gavarres amb un recull descriptiu de les fonts més emblemàtiques.

Vehí, Pujadas, Roqué & Pallí (1999) reinterpreten uns dipòsits piroclàstics de Caldes de Malavella considerats fins al moment com a dipòsits sedimentaris quaternaris, arribant a la conclusió que en el sector occidental de la vila hi ha un edifici volcànic de tipus anell de tuf, el qual fins ara no havia estat mai assenyalat i que anomenen volcà del Camp dels Ninots. Aquest volcà és clarament posterior als sediments pliocènics de la depressió de la Selva, damunt els quals es recolza. També és posterior als materials volcànics efusius presents a la zona, els quals daten de fa uns 5 Ma.

Pujadas (1999) realitza el treball de recerca inèdit en la que fa una àmplia caracterització de l'edifici volcànic de la Crosa de Sant Dalmai i comença un mostreig per a una datació a partir del mètode radiomètric de l'Urani - Tori però no en determina la seva edat absoluta.

Pujadas, Pallí, Roqué & Brusi (2000) publiquen un llibret divulgatiu en el que descriuen el vulcanisme de la Selva i en el que dediquen un important espai als edificis volcànics de la Crosa de Sant Dalmai i del Camp dels Ninots de Caldes i en el que proposen diversos itineraris.

METODOLOGIA

Per dur a terme aquesta tesi s'ha seguit un pla de treball distribuït en quatre blocs interrelacionats: recollida prèvia d'informació, treball de camp, anàlisi al laboratori i tractament de dades. A continuació es descriu la metodologia utilitzada en cadascun d'aquests blocs.

3.1.- Treball de camp

3.1.1.- Cartografia geològica i recollida de mostres

Per a la cartografia geològica s'han utilitzat mapes topogràfics 1:25.000 i 1:10.000 encara que en zones més complexes, com Caldes de Malavella, s'ha hagut d'utilitzar la base cartogràfica 1:5.000. També per a la realització d'aquesta cartografia s'han utilitzat ortofotomapes en color a escala 1:25.000 i les fotos aèries 1:18.000 i 1:33.000.

El procediment que s'ha seguit en la seva elaboració ha estat dividit en tres punts bàsics:

- Reconeixement dels diferents tipus de materials i del seu estat per a la posterior valoració com a recurs geològic. S'ha mostrejat les zones on semblava necessari i si hi havia alguna explotació propera s'han intentat aconseguir dades d'assaigs realitzats.
- Delimitació concreta dels diferents contactes entre materials i molt especialment determinació de les estructures els afecten ja que en aquesta zona la tectònica és molt important.
- Determinació dels punts o zones d'especial interès geològic per a després valorar-los com a possibles punts d'interès geocultural.

També s'ha elaborat una cartografia de la xarxa hidrogràfica superficial per ser utilitzada com a informació de base. A més, durant la cartografia s'han localitzat zones humides d'interès ecològic i s'ha estudiat el seu estat actual per preveure possibles actuacions o adequacions per convertir-les en zones protegides o de lleure.

3.1.2.- Inventari de "punts" d'aigua, recollida de mostres i piezometries

Per tal de tenir la màxima informació prèvia a la recollida de dades al camp, es va recórrer a diferents organismes de l'Administració. Així, l'Agència Catalana de l'Aigua va facilitar la base de dades de punts d'aigua que tenen legalitzats, la Delegació de Mines, secció de Recursos Hídrics, també va facilitar el seu propi inventari, l'Institut Tecnològic Geomínero de España va proporcionar la base de dades de la xarxa de control de punts d'aigua, la Cambra de Comerç va proporcionar treballs particulars amb dades de punts i diferents ajuntaments de la zona van subministrar dades addicionals sobre els punts d'aigua. A través de la recerca en diferents

arxius privats i de consultes a particulars, es van aconseguir altres estudis amb inventaris propis.

En els treballs anteriors hi havia bases de dades de les quals es van escollir les informacions que es consideraren més importants per fer una fitxa còmode i funcional, tant per entrar a l'ordinador, com pel treball de camp. El resultat final va ser una **fitxa de treball** d'una sola cara dividida en quatre grans apartats: localització, característiques del punt d'aigua, característiques geològiques i observacions.

Totes aquestes dades es van processar en una base de dades (FileMaker.Pro) del sistema operatiu Macintosh, el qual permet crear diferents opcions per a cada camp amb un sistema pràctic i funcional.

També es va crear una nova base de dades només per a les característiques químiques, relacionada amb l'inventari general, en la que es poguessin anar incorporant dades sense limitació.

Durant l'inventari de punts d'aigua s'han mesurat els nivells piezomètrics, en el cas del pous, i els cabals, en les fonts. A més s'ha determinat *in situ* la conductivitat elèctrica, la temperatura, el pH de l'aigua, amb una sonda de nivell d'aigua (hidronivell Meyer). La conductivitat i la temperatura es va mesurar amb un conductímetre de camp marca Orion, el pH amb un mesurador digital de pH, respectivament.

Un exemple de la fitxa de treball inicial elaborada per dur a terme la tasca d'inventari en que s'ha centrat part d'aquest estudi es presenta a la figura 3.1.

INVENTARI DE PUNTS D'AIGUA-DEPRESSIÓ DE LA SELVA

SITUACIÓ

Núm. d'inventari 381340079 Data d'inv. 02/07/98
 Altres nomenclatures: ALBERT PUJADES: B7

Nom mapa Girona
 Núm. de mapa 1: 25.000 38-13
 Ortofoto 1: 25.000 333-2-1 Salt (76-25)
 UTM X 478900 Cota 180
 UTM Y 4342940 Error estimat 30
 Toponímia MAS RAMON (ESTANYOL)
 Terme municipal Bescanó
 Comarca La Selva

CARACTERÍSTIQUES DEL PUNT D'AIGUA

Naturalesa Pou Sondeig Objecte Prospecció aigües
 Ús de l'agua Consum domèstic Any de construcció -
 Tipus de perforació - Profunditat (m) 35 Ref.altimètrica (m) 0
 Diametre (mm) 300 Zona Reixeta -
 Cabal (l/h) 5400 Cabal d'extracció (l/s) - Descens (m) -
 Tipus de Bomba Motor elèctric bomba summergeida Potència - Capacitat -
 Marca i tipus - Volum anual d'extracció (m³) -

CARACTERÍSTIQUES GEOLÒGIQUES

Hi ha una mesura de nivell piezomètric que el situa a 8 m
 Nivell estàtic 8 m i Nivell dinàmic 20

Sistema aquífer Aqüífers atravesats 2
Quaternari-Al·luvial de la Riera Santa Coloma
Granit alterat-sauló

Pou de la conca de El Ter (excepte Onyar)
 Prof. del sòcol coneguda SI
 Gruix basalts o piroclastos en m
 m de materials sedimentaris 29
 Gruix de sauló en m 6
 Prof. del sòcol (alterat + inalterat) en m 29
 Cota del sòcol 151 Cota sòcol inalterat 145

MESURES DE CAMP

Data 1 <u>02/07/98</u>	Data 2 <u> </u>
Nivell piezomètric1 <u>18.81</u>	Nivell piezomètric2 <u> </u>
Cota nivell 1 <u>161.19</u>	Cota nivell 2 <u>180</u>
C.E. 1 <u>484</u>	C.E. 2 <u> </u>
T 1 (°C) <u>19.6</u>	T 2 (°C) <u> </u>
pH 1 <u>7.2</u>	pH 2 <u> </u>

Columna

CARACTERÍSTIQUES QUÍMIQUES (en mg/l) (Data anàlisi 14/07/98)

Clorurs <u>29,9</u>	Nitrats <u>35,69</u>	Alcalinitat <u>224,48</u>
Sulfats <u>0,105</u>	Nitrits <u>0,014</u>	Oxidabilitat al KMnO ₄ <u> </u>
Fosfats <u>50,73</u>	Amonis <u>0,655</u>	en (mg/l d'O ₂) <u>1,48</u>

Laboratori Universitat de Girona (Química analítica)

Referències bibliogràfiques Pujades
 Nom i adreça del propietari Lluís Marçet Pineda
Mas Ramon (Estanyol)
 Nom i adreça del contractista Perforacions Olot

OBSERVACIONS

Piezometria SI Columna SI Anàlisi SI

Figura 3.1.- Exemple de fitxa ja completa de l'inventari de punts en la presentació inicial, que correspon actualment a la presentació dels pous.

Els diferents apartats de la fitxa de treball s'han omplert seguint els següents criteris:

LOCALITZACIÓ

En aquest apartat s'han situat dels punts d'aigua, indicant:

Núm. d'inventari. S'ha continuat amb la nomenclatura utilitzada inicialment en l'estudi Repo (D.G.O.P, 1971), i que també han seguit l'ITGE i l'Agència Catalana de l'Aigua en les seves respectives xarxes de control. Aquesta numeració consisteix en utilitzar un número de nou xifres seguint el següent criteri: les quatre primeres xifres indiquen el mapa 1:50.000 a on se situa el punt d'aigua. Així doncs, si un número d'inventari és el 381340079, vol dir que està situat al mapa 38-13, que correspon al de Girona. La següent xifra indica el octà del mapa en que es troba (cada mapa s'ha dividit en vuit parts que s'han numerat d'esquerra a dreta i de dalt a baix). Els quatre últims nombres són els del punt en concret, permetent així tenir fins a 10000 punts inventariats a cada octà.

S'ha mantingut la numeració dels punts inventariats anteriorment per les diferents administracions. Els punts nous s'han numerat a partir del darrer registre existent. Si en dos inventaris previs apareixia el mateix punt amb dos números diferents, s'ha escollit el de registre més antic.

Data inventari. La data correspon al dia d'inventari de camp, que normalment varia entre l'estiu de 1997 i el de 1998. Quan el punt no ha estat localitzat s'ha col·locat la data d'entrada de la informació a la base de dades. Els punts no localitzats solen correspondre a sondatges experimentals per estudis per a la construcció, que van ser realitzats en el seu moment però que no s'han conservat fins a l'actualitat.

Nom de mapa. S'hi ha col·locat el nom del mapa 1:50.000 en el que estava el punt d'aigua.

Número del mapa topogràfic. S'hi indica el número del mapa 1:50.000 on és situat el punt d'aigua.

Ortofoto 1:25.000. Hi apareix el nom i el número de full ortofotomapa 1:25.000 en el que està inclòs el punt.

Coordenades UTM. S'han determinat les coordenades UTM segons el mapa 1:25.000 i l'ortofotomapa. S'ha utilitzat una plantilla per tal de minimitzar l'error pel seu posterior ús en el Sistemes d'Informació Geogràfica.

Error estimat. S'ha procurat determinar quin error s'havia realitzat a la precisió de les coordenades UTM. Les unitats emprades són els metres.

Cota. Es diu la cota topogràfica en metres (m).

Toponímia. S'hi indica el nom amb el que popularment es coneix l'indret on es troba el punt d'aigua.

Terme municipal. Hi figura la població a la que pertany el punt d'aigua.

Comarca. S'hi fa constar la comarca a la que pertany: la Selva o el Gironès.

Croquis. A l'extrem esquerra superior de la fitxa s'hi ha dibuixat un croquis detallat de la situació del punt d'aigua.

CARACTERÍSTIQUES DEL PUNT D'AIGUA

En aquest grup s'ha inclòs:

La naturalesa del punt: pou obert, pou sondeig, font, piezòmetre o curs superficial.

Objecte. Si es un pou per fer de piezòmetre, sondatge d'investigació o bé s'ha fet per prospecció d'aigua.

Ús de l'aigua. Si s'utilitza l'aigua per abastament d'una casa, per a una indústria determinada, per a l'agricultura i/o la ramaderia o si no s'utilitza.

L'any de construcció. S'hi indica, quan es coneix, l'any en que va ser construït el pou.

Tipus de perforació. Només és per a pous. S'hi fa constar la tècnica utilitzada en la seva construcció: rotació, percussió, rotopercussió o excavació.

Profunditat. S'hi ha indicat, en metres, la profunditat del pou.

Referència altimètrica. És la diferència entre el sòl i el lloc que s'ha utilitzat com a referència per determinar el nivell piezomètric. Si el punt està enlairat respecte la superfície no s'ha col·locat cap signe, si el punt està més avall que el nivell topogràfic s'hi ha col·locat un signe negatiu. Les unitats són en metres.

Diàmetre. Es refereix el diàmetre de la captació. Quan no hi ha unitats significa que són mil·límetres, si no ja s'hi ha indicat les unitats corresponents.

Zona de reixeta. S'hi fa constar la situació de la reixeta, en metres.

Cabal. Normalment s'expressa en unitats de litres per segon, i quan no és així ja s'hi indiquen les unitats corresponents.

Cabal d'extracció. És el cabal aproximat d'extracció de la captació, mesurat en litres per segon, si no s'hi indica el contrari.

Descens. S'hi indica els metres que baixa el nivell de l'aigua en un temps determinat.

Tipus de bomba utilitzada a l'extracció: elèctrica submergida, elèctrica aspiració, explosió, manual o bé, no en té.

Potència. Indica la potència de la bomba, en cv.

Capacitat. Volum màxim d'aigua que pot extreure la bomba en un temps determinat, en litres per segon.

Marca. Fa referència a la marca comercial de la bomba.

Volum anual d'extracció. Es refereix al consum anual d'aigua de l'extracció en m³.

CARACTERÍSTIQUES GEOLÒGIQUES

En aquest apartat s'hi ha remarcat les característiques geològiques i les hidrogeològiques de punt d'aigua en concret. S'hi va reservar un espai per fer-hi les observacions pertinents i un espai per col·locar-hi la **columna** litològica del sondatge, quan se'n disposava. També es va crear un camp per indicar el **sistema aquífer**, en el que s'han diferenciat els següents subsistemes:

- Quaternari al·luvial riera de Santa Coloma. Es refereix els dipòsits al·luvials quaternaris sedimentats per la riera de Santa Coloma de Farners.

- Quaternari al·luvial de l'Onyar. Es tracta dels dipòsits al·luvials quaternaris sedimentats pel riu Onyar.
- Quaternari al·luvial Ter (excepte Onyar). Són els dipòsits al·luvials quaternaris sedimentats pels diferents afluents del Ter exceptuant l'Onyar. Són la majoria d'afluents situats al nord de la zona al marge dret del riu Ter.
- Volcànic explosiu. Es tracta d'uns quants punts en els que s'explota l'aquífer dels materials piroclàstics de la Crosa de Sant Dalmai.
- Mio-pliocè-Sedimentari. Es refereix als dipòsits sedimentaris arcòsics d'edats situades entre el Miocè i el Pliocè.
- Mio-pliocè- Volcànic efusiu (Basalts de la Selva). Són els pous que s'abasteixen de les colades volcàniques de Maçanet de la Selva i de Vidreres, majoritàriament.
- Granit alterat-Sauló. S'ha diferenciat, quan ha estat possible, els pous que s'abasteixen d'una franja de materials producte de l'alteració del granit (sauló) que en ocasions té una potència considerable.
- Paleozoic- Granit (Granits de la Selva). Són els pous que s'abasteixen directament del sòcol granític fracturat.

En aquest apartat s'ha dedicat un subapartat a indicar les dades mesurades in situ. S'hi ha volgut remarcar diferents nivells de l'aigua en moments concrets. D'entrada s'han reservat dues caselles per dos moments concrets, però es va crear una base de dades relacionada amb aquesta per el número d'inventari, dedicada només a nivells piezomètrics perquè estigués oberta en el futur a noves incorporacions. També s'hi han indicat les mesures preses in situ de diferents paràmetres químics. En aquests subapartats s'hi indica per aquest ordre:

Data. Dia en que es va mesurar el nivell piezomètric

Nivell piezomètric. Profunditat a la que es troba el nivell en la data indicada

Cota d'aigua. Cota a la que es troba l'aigua, la qual s'ha calculat restant la profunditat del nivell de l'aigua a la cota topogràfica, i tenint en compte la referència altimètrica.

C.E. Conductivitat elèctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

T (°C). La Temperatura a la que estava l'aigua, expressada en graus centígrads.

pH. Determinat in situ amb el mesurador digital de pH.

Posteriorment a la campanya de camp s'han creat una sèrie de camps al·lòctons per ser en el tractament de les dades:

Aquífers travessats. S'indica el número d'aquífers que travessa el pou

Punt de la conca del... S'indica si és un punt situat a la conca de la riera de Santa Coloma, a la conca de l'Onyar o a la conca del Ter (excepte Onyar).

Gruix de basalts o piroclastos en m. Quan el punt travessa materials volcànics s'hi fa constar el número de metres.

Gruix de sauló. Quan és possible de conèixer-ho, s'ha indicat el número de metres que travessa granit alterat (sauló)

Profunditat del sòcol (alterat + inalterat) en m. S'hi expressa la profunditat a la que es troba el sòcol, considerant com a tal el granit alterat.

Cota del sòcol. És la cota a la que es troba el sòcol anteriorment citat.

Cota del sòcol inalterat. Ens indica la cota en la qual el sòcol es troba inalterat.

Per incorporar les dades de les anàlisis químiques es va crear una base de dades només de quimisme relacionada amb la general per el número d'inventari i aleshores a la fitxa principal s'hi va incorporar un subapartat relacionat amb les dades d'analítica, per tal de poder visualitzar alguns dels paràmetres analitzats com són: els **clorurs**, els **sulfats**, els **fosfats**, els **nitrats**, els **nitrits**, els **amonis**, l'**alcalinitat**, l'**oxidabilitat al MnO₄**.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES I OBSERVACIONS

Es va deixar pel final un apartat per a les referències bibliogràfiques, a més del nom i l'adreça del contractista i del propietari. En aquest bloc també es van obrir tres camps per ser utilitzats com a camps de recerca durant el tractament de les dades, en les que únicament s'hi ha posat un SI si es disposa d'aquesta informació i un NO si no és disponible. Aquests nous camps són: **Piezometria**. Fa referència a la disponibilitat o no de la mesura del nivell piezomètric.

Columna. Planteja si es disposa de columna litològica del sondatge.

Quimisme. Si es disposa de l'analítica completa realitzada després del mostreig.

3.1.3.- Localització d'activitats antròpiques que puguin produir impacte

Es va dur a terme una recerca sistemàtica de les activitats antròpiques que a priori poden ser causants d'impacte sobre els recursos geològics, bàsicament el sòl, les aigües subterrànies i les aigües superficials. Aquesta investigació es va iniciar durant el treball de camp però la informació més important s'ha obtingut mitjançant la recerca de dades a diferents organismes, que es va centrar en aconseguir la màxima informació per realitzar els inventaris següents:

- **Inventari d'activitats agrícoles:** En aquesta base de dades es va introduir inicialment el total d'hectàrees del municipi i les hectàrees que estan dedicades al conreu, a prats i pastures, la superfície forestal i altres superfícies. A partir d'aquí es van introduir informació detallada sobre els conreus dividida en dos grans blocs: conreus herbacis i conreus llenyosos. Tota aquesta informació va ser facilitada pel Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya (DARP). Aquests dos blocs especifiquen les hectàrees dedicades a:
 - **Terres de conreus herbacis:** es divideix en:
 - Cereals: blat, ordi, civada, escanya, traquilló i altres mesclades, blat de moro, sorgo.
 - Lleguminoses: mongeta seca, lletia, cigró, fava seca, pèsol sec i altres lleguminoses.
 - Tubercles per a consum humà: patata primerenca, patata mitja estació.

- Conreus industrials: gira-sol, colza, soja.
- Conreus farratgers: cereals d'hivern per a farratge, blat de moro farratger, sorgo farratger, raigras, altres gramínies, alfals, trèvol, trepadella, veça per a farratge, fava, pèsol, tramús, garroves i altres, nap farratger i praderes polifites.
- Hortalisses: enciam, meló, pebrot, maduixa i maduixot, mongeta verda, carxofes, col de cabdell, escarola, carbassa i carbassó, guindilla, all, pèsol verd, xampinyó, api, síndria, tomàquet, albergínia, ceba, fava verda, espinac i altres hortalisses.
- Terres de conreus llenyosos: són els fruiters tant de secà (noguera, avellaner i canya vulgar) i de regadiu (pomera, perera, presseguer, kaki, gerd, groseller, albercoquer, cirerer i guinder, pruner i ametller).

S'ha destinat dos fulles a la informació agrícola (figures 3.2 i 3.3) i una a la ramaderes. La informació agrícola es distribueix segons siguin conreus herbacis o llenyosos i s'hi han inclòs els que es descriuen a continuació.

- **Inventari d'activitats ramaderes**: per elaborar aquesta informació es va haver de realitzar diversos càlculs ja que la informació que podia facilitar el DARP era la de nombre d'explotacions ramaderes per municipi i les places de bestiar que tenia permesa cada explotació, ara bé era confidencial el nombre de caps de cada explotació. Es va poder calcular els caps de bestiar en funció de l'ocupació mitjana que té cada explotació, informació que si era pública. El resultat va ser una tercera fulla del mateix inventari d'activitats agrícoles i ramaderes amb tres camps amb la següent informació (figura 3.4):
 - Bestiar porcí: places de truges, places de porcs d'engreix, caps de bestia porcí totals i explotacions porcines.
 - Bestiar boví: places de vaques de llet, places de vaques per carn, places d'engreix, caps de bestiar boví total i explotacions bovines.
 - Bestiar oví: places d'ovelles, places de cabres, caps de bestiar oví total i explotacions ovines estimades.
- **Inventari d'activitats industrials**: els serveis comarcals del Gironès i de la Selva tenien algun inventari d'activitats industrials però sovint poc complert per la qual cosa es va complementar amb dades obtingudes a partir de la pàgina web de la Generalitat de Catalunya, a la secció de territori (<http://www.gencat.es/pap/>) on hi ha una informació de dades estadístiques per municipis a partir d'informació de l'institut d'Estadística de Catalunya. El tipus d'activitat industrial en que s'ha classificat és:
 - Indústria bàsica
 - Transformació de metalls
 - Productes alimentaris
 - Tèxtil i confecció
 - Paper, edició, fusta i suro

- **Altres:** en aquest apartat s'han inclòs també indústries de paraments de la llar, llibres i revistes, material de transport i productes químics. S'ha inclòs en l'apartat d'altres les indústries dels productes químics ja que només n'hi havia una en tota la zona.

- **Inventari d'activitats extractives:** per valorar l'impacte produït per les explotacions de roques i minerals industrials es va procedir a l'inventari d'aquestes activitats, especificant-ne la situació, estat actual d'explotació (activa o inactiva), el perímetre d'extracció i nivell de restauració assolit. Aquesta informació va ser recollida al camp i en part complementada segons la base cartogràfica de la Generalitat de Catalunya a la pàgina web: (<http://www.gencat.es/mediamb/sig/fextract.htm>).

A part d'aquest quatre inventaris principals també es va recollir informació d'altres activitats que poden produir impacte com són les estacions depuradores, la construcció de carreteres, l'activitat d'un camp de golf,...

MUNICIPI AIGUAVIVA		COMARCA Gironès				
Superfície total Terme Municipal en Ha			1400	en km ²	13,9	Fulla 1
TERRES DE CONREU		756	PRATS I PASTURES		0	
SUPERFÍCIE FORESTAL		553	ALTRES SUPERFÍCIES		91	
EXPLOTACIONS AGRÍCOLES						
TERRES PER CONREUS HERBACIS						
— CEREALS						
SECA		REGADIU		TOTAL		
Blat	72	Blat	20	Blat	92	
Ordi	138	Ordi	18	Ordi	156	
Civada	26	Civada	-	Civada	26	
Escanya	-	Escanya		Escanya		
Traquillón i altres mescles		Traquillón i altres mescles		Traquillón i altres mescles		
Blat de Moro	12	Blat de Moro	12	Blat de Moro	24	
Sorgo	24	Sorgo	-	Sorgo	24	
TOTAL CEREALS GRA SECA		272	TOTAL CEREALS GRA		322	
TOTAL CEREALS GRA REGADIU		50				
— LLEGUMINOSES GRA						
SECA		REGADIU		TOTAL		
Mongeta seca	2	Mongeta seca	6	Mongeta seca	8	
Llentia		Llentia		Llentia		
Cigró		Cigró		Cigró		
Faba Seca	2	Faba Seca	6	Faba Seca	8	
Pèsol sec		Pèsol sec		Pèsol sec		
Altres lleguminoses		Altres lleguminoses		Altres lleguminoses		
TOTAL LLEGUMINOSES GRA SECA		4	TOTAL LLEGUMINOSES		16	
TOTAL LLEGUMINOSES GRA REGADIU		12				
— TUBERCLES PER A CONSUM HUMÀ						
SECA		REGADIU		TOTAL		
Patata primerenca		Patata primerenca		Patata primerenca		
Patata mitja estació	2	Patata mitja estació	2	Patata mitja estació	4	
TOTAL TUBERCLES PER A CONSUM HUMÀ SECA		2				
TOTAL TUBERCLES PER A CONSUM HUMÀ REGADIU		2				
TOTAL TUBERCLES PER A CONSUM HUMÀ		4				
— CONREUS INDUSTRIALS						
SECA		REGADIU		TOTAL		
Gira-sol	40	Gira-sol	26	Gira-sol Secà	66	
Colza Secà	17	Colza	12	Colza	29	
Soja		Soja		Soja		
CONREUS INDUSTRIALS REGADIU		38				
CONREUS INDUSTRIALS SECA		57	CONREUS INDUSTRIALS		95	

Figura 3.2.- Fitxa exemple de la base de dades agrícoles i ramaderes, primera fulla.

MUNICIPI AIGUAVIVA		COMARCA Gironès	
			Fulla 2
— CONREUS FARRATGERS			
SECA		REGADIU	TOTAL
Cereals d'hivern per a farratge	12	Cereals d'hivern per a farratge	11
Blat de moro farratger	10	Blat de moro farratger	11
Sorgo farratger	6	Sorgo farratger	5
Rai_gras	48	Rai_gras	18
Altres graminees	25	Altres graminees	5
Alfals	40	Alfals	12
Trèbol	-	Trèbol	-
Trepadella	3	Trepadella	3
Veça per a farratge	-	Veça per a farratge	-
Faba, pèsol, tramus, garrobes i altres	-	Faba, pèsol, tramus, garrobes i altres	-
Nap farratger	5	Nap farratger	4
Praderes polifites	10	Praderes polifites	10
Cereals d'hivern per a farratge		Cereals d'hivern per a farratge	23
Blat de moro farratger		Blat de moro farratger	21
Sorgo farratger		Sorgo farratger	11
Rai_gras		Rai_gras	66
Altres graminees		Altres graminees	30
Alfals Secà		Alfals Secà	52
Trèbol		Trèbol	0
Trepadella		Trepadella	6
Veça per a farratge		Veça per a farratge	0
Faba, pèsol, tramus, garrobes i altres		Faba, pèsol, tramus, garrobes i altres	0
Nap farratger		Nap farratger	9
Praderes polifites		Praderes polifites	20
TOTAL CONREUS FERRATGERS SECA		159	
TOTAL CONREUS FARRATGERS REGADIU		79	
TOTAL CONREUS FARRATGERES		238	
— HORTALISSES			
Enciam	2	Escarola	Síndria 1
Meló	2	Carbassa i carbassó	1 Tomàquet 2
Pebrot	1	Guindilla	1 Auberginia
Maduixa i maduixot		All	1 Ceba 3
Mongeta verda	1	Pèsol verd	1 Faba verda 1
Carxofes		Xampinyó	Espinac
Col de capdell		Api	Altres hortalisses 1
TOTAL HORTALISSES		18	
Total ocupada per terrenys herbacis Secà		494	
Total ocupada per terrenys herbacis Regadiu		199	
TERRES PER CONREUS LLENYOSOS			
FRUITERS SECA		REGADIU	
Noguera		Pomera 19	Perera 5
Avellaner		Kaki, Gerd, Groseller i altres	Presseguer
Canya vulgar		Cirerer i guinder	Albercoquer
			Pruner
			Ametller
TOTAL FRUITERS SECA			TOTAL FRUITERS REGADIU 24
VIVERS			
Total ocupada per conreus Llenyosos		24	

Figura 3.3.- Fitxa exemple de la base de dades agrícoles i ramaderes, segona fulla.

MUNICIPI	AIGUAVIVA		COMARCA	Gironès	
EXPLOTACIONS RAMADERES			Fulla 3		
<hr/>					
— BESTIAR PORQUÍ					
PLACES DE BESTIAR PORQUÍ			3030		
Places truges			696		
Places porcs d'engreix			2334		
CAPS DE BESTIAR PORQUÍ ESTIMATS			2727		
EXPLOTACIONS PORCINES ESTIMADES			11		
<hr/>					
— BESTIAR BOVÍ					
PLACES DE BESTIAR BOVÍ			1667		
Places de vaques de llet			822		
Places de vaques per carn			230		
Places d'engreix			615		
CAPS DE BESTIR BOVÍ			1250		
EXPLOTACIONS BOVÍ ESTIMADES			37		
<hr/>					
— BESTIAR OVÍ					
PLACES DE BESTIAR OVÍ			214		
Places d'ovelles			214		
Places de Cabres			-		
CAPS DE BESTIAR OVÍ ESTIMATS			1667		
EXPLOTACIONS OVÍNES ESTIMADES			11		
<hr/>					
OBSERVACIONS					

Figura 3.4.- Fitxa exemple de la base de dades agrícoles i ramaderes, tercera fulla.

3.1.4.- Geofísica

En dos ocasions puntuals es va intentar complementar la informació recollida amb l'experimentació de geofísica. Concretament en una ocasió per assajar el mètode de geofísica sísmica per a la delimitació de dos aqüífers molt similars, diferenciació que no s'havia assolit fins aleshores el mètode de geofísica elèctrica. En l'altra ocasió es va utilitzar geofísica electromagnètica per complementar observacions de camp en les que s'havia detectat una anomalia en la conductivitat del sòl. Amb aquest mètode es pretén valorar en base al coneixement del comportament elèctric del subsòl (de mapes de conductivitat aparent) la possible participació de les aigües subterrànies d'origen termal en la formació de determinades zones humides, concretament la dels prats de Sant Sebastià de Caldes de Malavella.

A) MÈTODE GEOFÍSICA SÍSMICA

Per a la realització de les mesures sísmiques es va treballar amb un sismògraf multicanal tipus: EG & G-1225 GEOMETRICS, amb registre automàtic de dotze senyals. Les detonacions es van dur a terme mitjançant el colpeix d'una massa, sense usar en cap cas explosius per la realització de les mateixes.

El mètode es basa en la propagació de les ones sísmiques per l'interior d'un terreny, mitjançant la realització d'una vibració en un punt d'aquest, de manera que es generen ones que es propagaran per l'interior del sòl i que arribaran a uns punts de registre o geòfons en uns temps determinats. Al produir la detonació, es crea un front d'ones, el qual va avançant per l'interior del terreny allunyant-se formant una mena de cercles més o menys concèntrics, depenent de la homogeneïtat o heterogeneïtat dels materials en aquest sòl concret. Es produeixen reflexions i refraccions associades a canvis més o menys bruscos del tipus de subsòl, repercutint amb canvis en les velocitats de propagació de les ones sísmiques. Aquests canvis de materials es poden deure a diferències de porositat, del grau de saturació dels porus del terreny o de la constitució mineralògica. L'estudi s'ha centrat en l'anàlisi de les ones directes i refractades i els seus temps d'arribada als geòfons després d'haver viatjat per l'interior del terreny. Com que la col·locació dels geòfons es fa en línia recta es pot representar la gràfica temps - distància (domocrona). La presència de capes de materials paral·leles entre si va determinar la realització de domocrones d'anada i de tornada en tots els casos, per tal d'interpretar millor la configuració del sòl.

Els sismogrames obtinguts han estat interpretats a partir de procediments basats en l'anàlisi de les primeres arribades de senyals d'ona ("wavefront method") i s'han fet mitjançant l'ajut del programa d'ordinador SESVEIW.

B) GEOFÍSICA ELECTROMAGNÈTICA

Els mètodes electromagnètics de prospecció geofísica es basen en la generació elèctrica d'un camp magnètic primari mitjançant una antena emissora situada en les proximitats de la superfície de terreny. Aquest camp magnètic primari indueix un camp magnètic secundari en el subsòl. La mesura de la relació entre ambdós valorada en una antena receptora situada a certa distància permet valorar la conductivitat aparent dels diversos cossos geològics del subsòl (McNeill, 1979).

Seguint l'esquema expositiu de McNeill (1980b), considerem una situació (figura 3.5) en la qual una antena transmissora T_x es troba col·locada sobre un terreny considerat uniforme i connectada amb una altra antena receptora R_x que es localitza a certa distància s . La variació al llarg del temps del camp magnètic causada pel corrent altern amb una freqüència d'àudio en l'antena transmissora indueix petits corrents elèctrics en el terreny. Aquests corrents generen un camp magnètic secundari H_s que és detectat, conjuntament amb el camp primari H_p , per l'antena receptora.

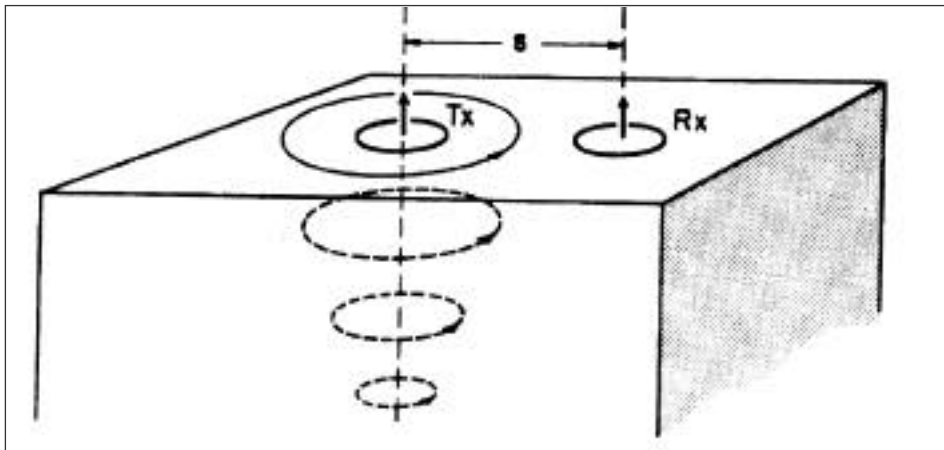


Figura 3.5.- Flux de corrent induït en un semiespai, segons McNeill (1980a)

En general, aquest camp magnètic secundari constitueix una funció complexa que depèn de l'espaiament entre antenes s ; de la freqüència d'operació f ; i de la conductivitat del terreny s . Sota certs requeriments, tècnicament definits com a "operació a valors baixos d'inducció", el camp magnètic secundari pot ésser considerat com una funció simple d'aquestes variables. Aquests requeriments estan incorporats en el disseny dels aparells geofísics i, per tant, el camp magnètic secundari pot expressar-se com a:

$$(H_s/H_p) \approx (i \mu_0 s^2 / 4)$$

On:

H_s = camp magnètic secundari en l'antena receptora

H_p = camp magnètic primari en l'antena receptora

$\omega = 2\pi f$, on f és la freqüència (Hz)

μ_0 = permeabilitat en l'espai lliure

s = separació entre antenes (m)

$i = -1$

σ = conductivitat (mho/m)

La relació entre els camps magnètics secundari i primari és, així, linealment proporcional a la conductivitat del terreny. Aquest fet permet interpretar, a partir de lectures directes, la mesura de la conductivitat del terreny a partir de la simple mesura d'aquesta relació. Atesa la proporcionalitat H_s/H_p (component en quadratura), la conductivitat aparent (σ_a) indicada per l'instrument pot ser definida per l'equació següent:

$$\sigma_a = (4\pi \omega \mu_0^{-2}) / (H_s/H_p)$$

Per a la realització d'aquesta experimentació ha estat utilitzat el conductímetre EM-31 GEONICS. L'instrument EM-31 presenta un espaiament entre antenes fix de 3,7 m i utilitza una freqüència de 9,8 KHz. El registre dels components en quadratura i en fase dels camps electromagnètics generats es realitza de manera automàtica. L'equip està dissenyat perquè sigui portàtil i el pugui utilitzar una sola persona, que pot fer mesuratsges en punts predeterminats o bé de manera contínua.

Essent fixa la separació entre l'emissor i el receptor, la variació de la seva orientació (tipus de dipols) permet assolir profunditats d'investigació diferents. Per aquesta investigació del subsòl s'ha utilitzat únicament amb una configuració d'antenes horitzontal (dipols verticals). Aquesta disposició d'antenes és menys sensible als nivells més superficials i permet assolir una zona efectiva d'exploració de 6 m fondària. Per aquesta configuració d'antenes utilitzada, la màxima resposta relativa s'obté per als materials situats a profunditat aproximadament igual a 0,4s (figura 3.6).

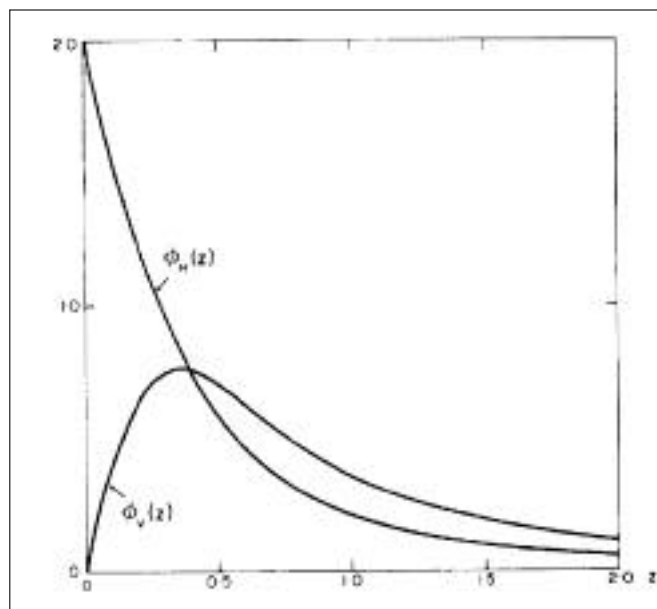


Figura 3.6.- Comparació de la resposta relativa de les configuracions d'antenes vertical i horitzontal, segons McNeill (1980 a)

3.2.- Treball de laboratori

Les anàlisis químiques s'han realitzat en el laboratori de química analítica de la Universitat de Girona. S'ha analitzat l'alcalinitat, clorurs, oxidabilitat al permanganat, calci, magnesi, sodi, potassi, nitrats, nitrits, amoni, sulfats, fosfats. Els mètodes utilitzats en les anàlisis han estat els següents:

- **Alcalinitat.** S'ha mesurat amb el mètode volumètric a partir d'una mostra inicial de 100 ml, valorant amb HCl i utilitzant com a indicador el taronja de metil i la fenoftaleïna.
- **Clorurs.** A partir d'una volum de 100 ml de mostra, s'ha mesurat el potencial amb els elèctrodes selectius ISE clorurs + elèctrode Ag/AgCl utilitzant una dissolució ISA (NaNO_3 5M) amb la qual cosa s'obté la concentració de clorurs a l'aplicar la recta patró elaborada a partir de solucions de NaCl.
- **Oxidabilitat al permanganat.** S'ha realitzat una valoració de l'excés de permanganat potàssic en una solució d'aigua i el permanganat a partir d'un volum de mostra inicial de 100 ml.
- **Calci i Magnesi.** S'ha determinat el contingut de Ca valorant amb EDTA 20 ml de mostra amb 1 ml de Na OH (al 10%) utilitzant com a indicador la murexida. Posteriorment s'ha mesurat la concentració de Ca + Mg realitzant una valoració amb EDTA i l'indicador Net de 20 ml de mostra i 2 ml de solució tampó pH 10. El contingut en Mg s'obté de la resta del total de la concentració de Ca + Mg i la concentració en Ca.
- **Sodi i potassi.** S'ha mesurat la intensitat de l'emissió atòmica i s'ha obtingut les concentracions a partir de solucions patrons de NaCl i KCl. Donat que hi havia mostres amb un alt contingut de Na sovint s'han hagut de fer dissolucions.
- **Nitrats, nitrits i amoni.** Les formes nitrogenades s'han mesurat utilitzant els test spectroquant de la casa Merlk i mesurant l'absorbància amb l'espectrofotòmetre elèctric i obtenint la concentració a partir de rectes patró de KNO_3 , NaNO_2 i NH_4Cl .
- **Sulfats.** S'han mesurat per gravimetria a partir del precipitat obtingut després d'escalfar 250 ml de mostra amb HCl concentrat i prèviament dissolt amb BaCl_2 . En el precipitat que s'obté se li afegeix EDTA (0.05M) i NH_3 concentrat i es valora amb MgCl_2 (0.05 M) adiccionant solució tampó pH 10 i l'indicador Net
- **Fosfats.** S'ha mesurat l'absorbància utilitzant l'espectrofotometria elèctrica a partir de solucions de 50 ml d'aigua més el reactiu vanadat - molibdat i obtenint la concentració de PO_4^{3-} a partir de rectes patró de solucions de KH_2PO_4 .

3.3.- Tractament de dades i elaboració de la memòria

3.3.1.- Tractament informàtic de les dades

El tractament informàtic de les dades ha sigut molt important per desenvolupar la recerca d'aquesta tesis. Ja s'ha comentat que per a la recollida d'informació sobre punts d'aigua i activitats agrícoles, ramaderes i industrial s'han creat bases de dades en el programa FileMaker.Pro. La informació recopilada en aquestes bases de dades s'han exportat a fulls de càlcul tipus Excel i a base de dades com dBase per tal de poder-la processar en els programes de Sistemes d'Informació Geogràfica.

La informació de quimisme s'ha treballat en fulls de càlcul tipus Excel per tal de poder elaborar diagrames i gràfics més explicatius per poder analitzar els resultats analítics. Aquesta informació també s'ha treballat, en part, en un programa de realització de gràfics de quimisme anomenat AquaChem, que permet l'elaboració de gràfics tipus Piper, Stiff, diagrames circulars, etc. De la mateixa manera, la informació litològica dels sondatges extreta de la construcció de pous recopilada en l'inventari, s'ha simplificat i passat a un format dBase per poder-la processar amb programes de SIG.

D'altra banda, en aquesta tesis ha sigut important el treball de recollida de dades per Internet. Part de la informació processada ha sigut aconseguida en diverses pàgines webs. Ha estat molt important l'obtenció de diferents arxius de la part de medi ambient de la pàgina web de la Generalitat de Catalunya (<http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm>); també ha estat important la part de territori i la del Servei de Meteorologia de Catalunya de la mateixa web. S'ha consultat també la pàgina de l'Institut Meteorològic Nacional (<http://www.inm.es/>); la pàgina del Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (<http://www.gencat.es/darp/>), a més de pàgines locals com la de la Diputació (<http://www.ddgi.es/>), consells comarcals del Gironès (<http://girones.ddgi.es/>) i de la Selva (<http://www.ddgi.es/ccselva/>) i la d'alguns ajuntaments (com per exemple <http://www.caldesdemalavella.com/>).

En el processament de la informació generada s'ha treballat amb Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). Per tal d'optimitzar la informació obtinguda s'ha disposat de l'assessorament del Servei d'Informació Geogràfica i Territorial de la Universitat de Girona (SIGTE) que va aconsellar que donades les característiques de la tesis es processés la informació amb l'Arcview. Els detalls del tractament informàtic de la informació geogràfica es descriuen en l'apartat 3.3.2.

3.3.2.- Elaboració de mapes. Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG)

Per tal de poder processar la informació d'una manera fàcil i funcional s'ha tractat tota la informació de camp amb el programa Arcview. S'ha escollit aquest programa per la seva

simplicitat, per la facilitat d'entrada de dades i l'agilitat de processament. Arcview és un programa que permet visualitzar, explorar, consultar i analitzar dades de forma espacial.

Cal diferenciar la incorporació de capes d'informació i la generació de mapes a través de l'anàlisi d'aquesta informació. En el primer cas els mapes que s'han obtingut fan referència bàsicament a les característiques dels recursos geològics de la zona, mentre que en segon lloc s'ha procedit a l'anàlisi per a l'obtenció dels mapes de riscos i d'impacte.

A) DADES INFORMÀTIQUES INCORPORADES AL SIG

Per realitzar el processament de les dades informàtiques s'ha utilitzat l'informació cartogràfica de base a escala 1:50.000. Aquesta base de dades va ser facilitada pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, delegació de Girona. Aquesta base cartogràfica numèrica havia estat treballada pel Servei d'Informació Geogràfica i Territorial de la Universitat de Girona (SIGTE), que l'havia elaborat en 13 capes amb diferents elements. Les capes de que s'ha disposat són les següents:

- **Altimetria.** Corbes de nivell, cotes altimètriques i vèrtexs geodèsics.
- **Hidrografia.** Cursos d'aigua naturals i artificials.
- **Hidrografia. Masses d'aigua. Àrees relacionades.** Cursos d'aigua natural, llacunes, estanys, rambles inundables, dipòsits d'aigua, basses, piscines, embassaments.
- **Hidrografia. Punts singulars en cursos d'aigua, punts d'aigua, construccions hidràuliques.** Preses, rescloses, murs de contenció, cascades, deus, depuradores.
- **Comunicacions. Carreteres catalogades:** autopistes, autovies, carreteres estatals, carreteres comarcals, carreteres locals, carrers.
- **Comunicacions. Altres vies.** Camins, corriols, carrers, pistes.
- **Comunicacions. Ferrocarrils i transport per cable.** Vies de ferrocarril.
- **Comunicacions. Estructures annexes.** Ponts, boques de túnel, pistes d'aeroport i d'aeròdrom, peatges.
- **Energia. Línies elèctriques.** Conduccions de combustible, línies elèctriques.
- **Edificacions. Elements no representats a escala.** Edificacions.
- **Edificacions. Elements representats a escala i casc urbà.** Edificacions aïllades, d'urbanitzacions i edificis en ruïnes.
- **Construccions. Cavitats Naturals. Explotacions mineres.** Límits de recinte, explotacions extractives mineres, cementiris, zones esportives, construccions rellevants, cavitats naturals.
- **Toponímia.** Topònims.

A aquest conjunt de capes se li ha sumat la informació elaborada en el camp i al laboratori. S'ha generat tres capes de polígons i onze capes de punts per tal de poder treballar la informació.

Les tres capes de polígons es van realitzar manualment per digitalització i són les següents:

- **Litologia.** Aquesta capa consta de 22 elements diferents, que corresponen a les litologies que s'hi ha diferenciat i que són les següents: granits, granodiorites, cornianes, pissarres i esquists, gneissos, marbres, pòrfirs, roques metamòrfiques intruïdes per granits, basalts, piroclastos, conglomerats, gresos i argiles de la formació Pontils, calcàries de la formació Girona, argiles neògenes, sorres i graves neògenes, conglomerats silicificats de Caldes, llims fluvials, sorres al·luvials quaternàries, col·luvials, argiles quaternàries de Caldes, travertins i ventalls al·luvials.
- **Divisió de conques.** Consta de dos elements, corresponents a les dues conques estudiades: conca de la riera de Santa Coloma i del riu Onyar.
- **Municipis.** S'ha elaborat una capa diferenciant els termes municipals, ja que la informació disponible en alguns casos no és en coordenades UTM sinó en municipis. Els municipis que s'hi diferencien són 18: Aiguaviva, Brunyola, Caldes de Malavella, Campllong, Cassà de la selva, Fornells de la Selva, Girona (en part), Llagostera, Llambilles, Maçanet de la Selva, Quart, Riudarenes, Riudellots de la Selva, Sant Andreu Salou, Santa Coloma de Farners, Sils, Vidreres i Vilobí d'Onyar.

Les noves capes de punts s'han creat en base a coordenades UTM importades a un fitxer dBase, fàcilment introduïble al programa. En alguns casos, però, la informació disponible és per municipi, per la qual cosa s'han introduït manualment. Les capes de punts són les següents:

- **Pedreres.** És una capa amb la informació de les activitats extractives que tenen lloc a la zona, obtinguda a partir de les dades de la web de la Generalitat en la qual hi ha molta informació en arxius directament adaptables a Arcview. En aquesta informació s'hi troba les coordenades UTM de l'activitat extractiva, el tipus de material que explota, l'àrea que ocupa i el volum que se n'extreu, així com l'estat actual de l'extracció. També figura el nom del propietari d'aquestes extraccions però sense més especificació que el nom per tal de preservar el dret a la privacitat.
- **Columnes.** Hi ha una capa amb la informació litològica que s'ha obtingut de l'inventari de punts d'aigua. L'inventari s'ha realitzat en FileMaker.Pro, entrant-hi les coordenades UTM de tal manera que fàcilment s'ha pogut exportar a un fitxer dBase i per poder treballar-lo en Arcview.
- **Ocupació del territori.** S'ha creat una capa a partir de la informació facilitada pel Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (DARP) diferenciant en diagrames el tant per cent d'ocupació del territori agrupat en quatre activitats: conreu, prats i pastures, forestal i altres.
- **Agricultura.** S'ha introduït la informació generada en la base de dades sobre les hectàrees de cada tipus de conreus destinades a cada municipi.
- **Ramaderia.** També a partir de la informació del DARP s'ha elaborat una capa els caps de bestiar de cada municipi. S'ha diferenciat entre els de porcí, boví i oví.

- **Geotècnia.** S'ha creat una base de dades amb informació recollida d'informes geotècnics dels que se n'ha obtingut les característiques físiques de sondatges amb els materials travessats i els resultats dels assaigs de laboratori de les mostres. Aquesta base de dades s'ha creat en format FileMaker amb la següent informació: núm. d'expedient, poble, coordenades UTM, nivells (litologia dominant) i potències, assaig Lambe, densitat aparent (g/cm^3), índex plasticitat (%), humitat natural (%), Classificació USCS A, N_{30} A (límit d'Atterberg) , resistència a la compressió simple (kg/cm^2), Mòdul d'elasticitat (kg/cm^2), Cohesió (kg/cm^2) angle ϕ (graus) i observacions (figura 3.7). Aquesta informació s'ha traduït posteriorment a dBase, de tal manera que així s'ha pogut incorporar al fitxer Arcview.

CARACTERÍSTIQUES GEOTÈCNIQUES DE PUNTS DE LA SELVA									
CARACTERÍSTIQUES DEL SONDATGE									
Núm d'expedient 166/00									
Poble Campllong									
UTM X 485980			LAMBE 0,92						
UTM Y 4638400									
								Potència en m	
NIVELL R	Rebliment						0,6-2,8		
NIVELL A	Argiles						1,05-2,7		
NIVELL B	Graves i argiles						1,9-6,0		
NIVELL C	Argiles						4,3-6,3		
NIVELL D									
CARACTERÍSTIQUES GEOTÈCNIQUES									
	Densitat aparent (g/cm^3)	Índex plasticitat (%)	Humitat natural (%)	Classificació U.S.C.S A	N_{30} A	Resistència Compressió Simple (Kg/cm^2)	Mòdul d'elasticitat (E) (Kg/cm^2)	Cohesió (Kg/cm^2)	Angle ϕ graus
NIVELL A	2,12	21,78	16,7	CL	14-15	1,4-1,94	125-175	0,7-0,75	
NIVELL B				SC,SG,SP-SC,GP-GI	14 a 34	1,5-1,8	175-225	0,75-0,9	31-35
NIVELL C				CL T SP-SC, SC	19-28	2,0-3,0	250-350	1,0-2,0	32-34
NIVELL D									
OBSERVACIONS									

Figura 3.7.- Fitxa exemple de les dades de característiques geotècniques de diferents punts de la zona estudiada.

Hi ha cinc capes de punts amb informació de característiques químiques de l'inventari de punts d'aigua. S'ha dividit en sis apartats per tal de poder treballar tota aquest informació en la direcció de valorar l'afectació de possibles impactes sobre les aigües subterrànies. Aquestes cinc capes són:

- **Punts quimisme.** En aquesta capa es van situar tots els punts dels quals se'n disposava d'anàlisi química per tal de tenir una informació completa.
- **Nitrats.** S'ha marcat el contingut de nitrats de cada punt per així poder fer seleccions segons el seu contingut. S'han diferenciat tres nivells: punts amb una concentració de nitrats inferior a 25 mg/l, entre 25 i 50 i amb concentració superior a 50 mg/l que és el màxim permès per la *Reglamentación Técnico Sanitaria*.

- **Nitrits.** També s'han diferenciat dos nivells, els punts amb una concentració inferior a 0,1 mg/l i els superiors a aquest valor i, per tant, per sobre dels paràmetres de potabilitat.
- **Amoni.** Pel que fa a l'altra forma nitrogenada, també s'han diferenciat dos nivells: els punts amb concentracions inferiors a 0,5 mg/l i els superiors.
- **Metalls.** La Junta d'aigües va facilitar les anàlisis de metalls realitzades als punts de la xarxa de control que té establerta a la zona, convenientment georeferenciades. Només ha estat necessari traduir el fitxer Word a dBase, per poder incorporar-les al fitxer Arcview.

B) ANÀLISIS DE LES DADES MITJANÇANT ELS SIG

Per a l'elaboració de mapes relacionats amb els riscos i impactes, s'ha superposat diverses capes d'informació i en alguns casos s'ha operat amb diferents camps d'informació per obtenir-ne de nous amb els quals realitzar els següents mapes:

- **Zones inundables.** Utilitzant la cartografia litològica disponible i amb l'avaluació de les característiques geomorfològiques de la zona s'han delimitat les àrees vulnerables a ser inundades.
- **Expansivitat d'argiles.** S'han superposat la informació litològica amb les dades de sondatges geotècnics i s'ha treballat a partir de les dades d'índex de plasticitat i assaig Lambe per determinar possibles zones amb risc d'expansivitat d'argiles.
- **Susceptibilitat geomorfològica a l'erosió.** S'han superposat el mapa de pendents amb el litològic i en la capa resultant s'han operat valors numèrics d'erosió que se li havia atorgat a cada litologia i a cada pendent, obtenint així uns polígons amb diferents valors de susceptibilitat a l'erosió.
- **Impacte activitats agrícoles.** S'ha superposat la capa de punts amb la informació de les concentracions de nitrats a l'aigua subterrània amb la capa de polígons amb els detalls sobre la quantitat de territori destinat al conreu, per tal de poder comprovar si hi ha una incidència directa entre aquests dos valors.
- **Impacte activitats ramaderes.** S'ha fet una superposició similar a l'anterior però en aquest cas la capa de polígons conté la informació de quantitat de caps de bestiar per municipi.
- **Contaminació per nitrogen.** S'ha realitzat una última superposició en aquest cas d'una capa de punts resultat de l'operació de les capes de concentracions de nitrat, nitrit i amoni i una de polígons resultat del càlcul d'excedents de nitrogen segons les entrades (per purins) i les sortides (per absorció de les plantes).

