

**HIDROESTRATIGRAFIA  
DEL VENTALL DELTAIC  
DE SANT LLORENÇ DEL MUNT  
( EOCÈ MIG - SUPERIOR.  
CONCA DE L'EBRE )**



**MARC ANGLÉS I VILA  
2013**

Tesi doctoral dirigida per:

ALBERT FOLCH I SANCHO - ORIOL OMS I LLOBET - EUDALD MAESTRO I MAIDEU

*Fotografia portada: Els Caus del Guitard (Massís de Sant Llorenç del Munt i serra de l'Obac) a l'abril del 2004.*

*Fotografia de: Jordi Anglés.*

# **HIDROESTRATIGRAFIA DEL VENTALL DELTAIC DE SANT DEL MUNT (EOCÈ MIG- SUPERIOR. CONCA DE L'EBRE).**

Programa de Doctorat en Geologia.  
Universitat Autònoma de Barcelona

Memòria realitzada per Marc Anglés i Vila, sota la direcció del Dr. Albert Folch i Sancho, del Grup d'Hidrologia Subterrània de la Universitat Politècnica de Catalunya, el Dr. Oriol Oms i Llobet i el Dr. Eudald Maestro i Maideu, de la Unitat d'Estratigrafia de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Marc Anglés i Vila

Albert Folch i Sancho

Oriol Oms i Llobet

Eudald Maestro i Maideu

Bellaterra, novembre del 2013.

## AGRAÏMENTS

Als meus pares i germans, qui han fet possible arribar fins aquí.

Als directors de la tesi, el Dr. Albert Folch, el Dr. Oriol Oms i el Dr. Eudald Maestro, per tot el seu suport en la consecució d'aquest projecte. Han estat allà en cadascuna de les situacions importants i han orientat contínuament la recerca pel bon camí.

A la Dra. Rita Estrada, al Dr. Eduard Remacha i al Sr. Joan Poch, de la **Unitat d'Estratigrafia** de la **Universitat Autònoma de Barcelona** (UAB), per tot el recolzament, orientació i entusiasme aportats.

Al Dr. Joan Bach, cap de la **Unitat de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia** de la **Universitat Autònoma de Barcelona** (UAB), per la seva preuada col·laboració, cessió d'instrumental i recolzament. També dono les gràcies al Dr. Mario Zarroca, de mateixa unitat de la UAB, pels seus comentaris i explicacions respecte als sondeigs i perforacions.

Aquesta tesi ha estat possible gràcies a la cessió de dades de diverses empreses gestores d'aigua. El seu interès són un exemple de col·laboració entre el món de la recerca i de la gestió de l'aigua. Agraeixo a **Aigües de Manresa** tot el seu suport: el contacte inicial mantingut amb el Sr. Josep Alabern (Director Gerent), les facilitats obtingudes per part de Fredi Puig (Director Tècnic) i tot l'important ajut logístic rebut de Francesc Servitja. Agraeixo la bona rebuda d'**Aigües de Terrassa**, en les persones del Sr. Marià Galí (President), Jordi López (Sotsdirector Tècnic) i també d'Àlex Fernández i Xavi Tovar. Vull agrair l'ajut de **Sorea**, en les persones d'Esther Guirado (en el seu moment Cap de distribució i producció del Bages), Mireia Pellicer (actual Cap de distribució i producció del Bages) i Jordi Raya.

A l'**Ajuntament de Mura**, en la persona del seu alcalde Sr. Martí Perich, i també l'Esteve Cortès i la Sílvia Falguera. Estic agraït a l'**Ajuntament de Talamanca**, en la persona del seu alcalde Sr. Josep Tarín, i també al Ferran Argilés. Dono les gràcies als responsables de l'**Arxiu de l'Ajuntament de Pont de Vilomara i Rocafort**, per la documentació referent a l'abastament municipal.

A les empreses **Catalana de Perforacions i Elèctrica Pintó**, que han proporcionat important documentació de perforacions i pous. Agraïxo als directius d'aquestes empreses i a la Maite Alonso (de C.P.) i al Jordi Serra (d'E.P.) les facilitats rebudes.

A Maria Teresa Robles, del **Servei de Datació per Triti i Carboni 14** de la **Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)**, per la seva atenció i documentació facilitada.

A Margarida Valverde, de la **Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS)**, per la documentació referent als treballs realitzats propers a la zona.

Al Dr. Joan Albert López, del **Grup de Climatologia Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional** de la **Universitat de Barcelona (UB)**, per les seves explicacions respecte l'origen de les precipitacions.

Al **Centre de Documentació i Educació Ambiental** de l'**Ajuntament de Terrassa**, en la persona de l'Anna Maria López, per la documentació referent als estudis realitzats a la zona.

A Josep Llorens del **Puig de la Balma**, a Josep Anton González de **Casajoana i Les Boades**, a Martí Montañola i Jaume Figueres de **Les Vendranes**, a Josep Ribera de **Les Comes**, per l'accés als punts d'aigua dels masos, la seva dedicació, coneixements de l'entorn i interessants explicacions.

Al Dr. Ignasi Villarroya, al Jordi Guillemot, al Quim Solbas, al Quicu Tàpias, al Ramon Suades i al Salvador Vives, pels seus preuats consells, l'aportació de dades de fonts i cavitats, l'amistat i el recolzament incondicional.

Al Jordi Brengaret, al Cristian Montoro, al Xavi Calvet, al Luis Juárez, al David Torner i a l'Eudald Mujal, per la important ajuda prestada i companyonia.

I a totes aquelles persones que d'una manera o altra han aportat el seu gra de sorra al llarg dels anys per a la consecució d'aquesta tesi.

L'anàlisi de les mostres ha estat finançada mitjançant pel projecte del Ministerio de Educación i Ciencia: "Atenuación natural e inducida de la contaminación de origen agrícola e industrial en aguas subterráneas (CGL2011-29975-c04-04)", dins del Programa Nacional de Recursos Hídricos.



## **RESUM**

L'estudi integrat de la hidrologia subterrània, la geologia i l'estratigrafia del ventall deltaic fòssil del massís de Sant Llorenç del Munt (Eocè, província Barcelona) ha permès definir el model hidrogeològic conceptual. Aquest contribueix a la comprensió del funcionament hidrodinàmic d'aquest tipus de sistemes, condicionats directa o indirectament per l'estratigrafia.

Per a la caracterització hidrogeològica s'han realitzat diversos assajos de bombeig, s'ha estudiat l'evolució piezomètrica, s'han definit les fàcies hidroquímiques i s'han analitzat isòtops ambientals ( $\delta^2\text{H}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ ). A nivell geològic s'ha realitzat una cartografia a escala 1:25.000, s'han definit les unitats estratigràfiques i les seves relacions, s'ha correlacionat el registre litològic de pous i s'han elaborat 4 talls geològics del massís.

S'han reconegut 10 unitats lito-hidroestratigràfiques, corresponents a diversos ambients sedimentaris. La part al·luvial està formada per breixa de clasts paleozoics (Bp), conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp), conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc), conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp), conglomerat matriu-sostingut carbonàtic (Cmc) i gres i lutita vermells (GLv). La part marina està constituïda per conglomerat gris (Cg), gres gris (Gg), lutita gris (Lg) i calcària i marga (CM). La disposició estratificada del conjunt pren un cabussament general cap al NO.

A nivell hidrogeològic s'ha constatat una permeabilitat per fracturació que desenvolupa aquífers en conglomerat (Cp, Cc, Cg) i gres gris (Gg) classificats com a pobres, quelcom permeables. S'han establert 5 grups hidroquímics que han permès explicar l'evolució del flux al llarg del ventall deltaic, juntament amb les dades isotòpiques i estratigràfiques que han determinat les principals zones de recàrrega.

El flux evoluciona des d'hidrofàcies bicarbonatades càlciques a la zona de ventall al·luvial cap a composicions enriquides en sodi i empobrides en calci cap a les parts profundes del mateix ambient. Aquests nivells aquífers es recarreguen per precipitació directe al massís conglomeràtic. Els nivells més superficials tendeixen a ser drenats per les rieres mentre que els aquífers més profunds es troben relativament confinats per litofàcies de gres i lutita vermells (GLv). Localment

trobem conglomerats progradants que arriben fins a la part marina i recarreguen els nivells de gresos grisos de front deltaic (Gg). Les dades isotòpiques indiquen que els nivells aquífers del front deltaic també es recarreguen a partir dels cursos d'aigua superficial. Al llarg d'aquesta unitat l'aigua s'enriqueix progressivament en magnesi i sulfat procedent de les mateixes litofàcies marines. En profunditat l'aigua subterrània es van enriquint en sodi i clor, a mida que perd calci, fins arribar als nivells aquífers més profunds confinats per les litofàcies de lutita gris (Lg).

Així, l'arquitectura sedimentària condiciona la hidrodinàmica del sistema, de manera que existeixen 4 unitats hidrogeològiques ben diferenciades. La primera unitat és un sistema aquífer format per conglomerat de ventall al·luvial proximal (principalment litofàcies Cp, Cc). La segona unitat està formada pel cinturó de fàcies del ventall al·luvial distal (GLv) funcionant com aquítard, tot i que puntualment hi apareguin conglomerats progradants. La tercera unitat és sistema aquífer constituït per les fàcies de front deltaic (Cg, Gg), molt condicionada pel relleu i l'encaixament de les rieres. La darrera unitat està constituïda per les fàcies de prodelta (Lg) i funciona com aquítard. Els principals sistemes aquífers estan desenvolupats pel confinament de les litofàcies més permeables interdigitades amb els materials menys permeables.

Aquest model hidroestratigràfic permet entendre com els principals elements estratigràfics i geològics condicionen la hidrodinàmica subterrània, permetent una millor gestió dels recursos hídrics en aquest tipus de sistemes.



## **RESUMEN**

El estudio integrado de la hidrogeología subterránea, la geología y la estratigrafía del abanico deltaico fósil del macizo de Sant Llorenç del Munt (Eoceno, provincia de Barcelona) ha permitido definir el modelo hidrológico conceptual. Éste contribuye a la comprensión del funcionamiento hidrodinámico de este tipo de sistemas, condicionados directa o indirectamente por la estratigrafía.

Para la caracterización hidrogeológica se han realizado diversos ensayos de bombeo, se ha estudiado la evolución piezométrica, se han definido las facies hidroquímicas y se han analizado isótopos ambientales ( $\delta^2\text{H}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ ). A nivel geológico se ha realizado una cartografía a escala 1:25.000, se han definido las unidades estratigráficas y sus relaciones, se ha correlacionado el registro litológico de pozos y se han elaborado 4 cortes geológicos del macizo.

Se han reconocido 10 unidades lito-hidroestratigráficas, correspondientes a varios ambientes sedimentarios. La parte aluvial está formada por brecha de clastos paleozoicos (Bp), conglomerado clasto-sostenido poligénico (Cp), conglomerado clasto-sostenido carbonático (Cc), conglomerado matriz-sostenido poligénico (Cmp), conglomerado matriz-sostenido carbonático (Cmc) y arenisca y lutita rojos (GLv). La parte marina está constituida por conglomerado gris (Cg), arenisca gris (Gg), lutita gris (Lg) y caliza y marga (CM). La disposición estratificada del conjunto toma un buzamiento general hacia el NO.

A nivel hidrogeológico se ha constatado una permeabilidad por fracturación que desarrolla acuíferos en conglomerado (Cp, Cc, Cg) y arenisca gris (Gg) clasificados como pobres, algo permeables. Se han establecido 5 grupos hidroquímicos que han permitido explicar la evolución del flujo a lo largo del abanico deltaico, junto con los datos isotópicos y estratigráficos que han determinado las principales zonas de recarga.

El flujo evoluciona desde hidrofácies bicarbonatadas cálcicas en la zona de abanico aluvial hacia composiciones enriquecidas en sodio y empobrecidas en calcio hacia las partes profundas del mismo ambiente. Estos niveles acuíferos se recargan por precipitación directa en el macizo conglomerático. Los niveles más superficiales tienden a ser drenados por los arroyos

mientras que los acuíferos más profundos se encuentran relativamente confinados por litofacies de arenisca y lutita rojas (GLv). Localmente encontramos conglomerados progradantes que llegan hasta la parte marina y recargan los niveles de areniscas grises del frente deltaico (Gg). Los datos isotópicos indican que los niveles acuíferos del frente deltaico también se recargan a partir de los cursos de agua superficial. A lo largo de esta unidad el agua se enriquece progresivamente en magnesio y sulfato procedente de las mismas litofacies marinas. En profundidad el agua subterránea se va enriqueciendo en sodio y cloro, a medida que pierde calcio, hasta llegar a los niveles acuíferos más profundos confinados por las litofacies de lutita gris (Lg).

Así, la arquitectura sedimentaria condiciona la hidrodinámica del sistema, de manera que existen 4 unidades hidrogeológicas bien diferenciadas. La primera unidad es un sistema acuífero formado por conglomerado de abanico aluvial proximal (principalmente litofacies Cp, Cc). La segunda unidad está formada por el cinturón de facies de abanico aluvial distal (GLv) funcionando como acuitardo, a pesar que puntualmente está atravesado por conglomerados progradantes. La tercera unidad es el sistema acuífero constituido por las facies de frente deltaico (Cg, Gg), muy condicionada por el relieve y el encajamiento de los arroyos. La última unidad está constituida por las facies de prodelta (Lg) y funciona como acuitardo. Los principales sistemas acuíferos están desarrollados por el confinamiento de las litofacies más permeables interdigitadas con los materiales menos permeables.

Este modelo hidroestratigráfico permite comprender como los principales elementos estratigráficos y geológicos condicionan la hidrodinámica subterránea, permitiendo una mejor gestión de los recursos hídricos en este tipo de sistemas.

## **ABSTRACT**

A conceptual hydrogeologic model of the fossil alluvial fan of the Sant Llorenç del Munt massif (Eocene, Barcelona province) has been defined after the integration of groundwater hydrology, geology and stratigraphy. This conceptual model contributes to a better understanding of the hydrodynamic behavior this kind of systems directly or indirectly controlled by the stratigraphy.

For the hydrogeological characterization several pumping tests were conducted, the evolution of piezometric evolution has been studied, hydrochemical facies have been defined and environmental isotopes ( $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) have been analyzed. In terms of geology, a 1:25.000 scale mapping has been carried out, the stratigraphic units and their relations have been defined, the lithological record of wells has been correlated and four geological cross sections have been built up.

10 lito-hidroestratigraphic units have been recognized, which correspond to different sedimentary environments. The alluvial part is build up by: breccia of Paleozoic clasts (Bp), clast-supported polygenic conglomerate (Cp), clast-supported carbonate conglomerate (Cc), matrix-supported polygenic conglomerate (Cmp), matrix-supported carbonate conglomerate (Cmc) and red sandstone and mudstone (GLv). The marine part consists of gray conglomerate (Cg), gray sandstone (Gg), gray mudstone (Lg) and limestone and marl (CM). The stratified set dips towards the NW.

In terms of hydrogeology, hydraulic conductivity due to fracturing provide aquifers in conglomerates (Cp , Cc , Cg) and gray sandstone (Gg) classified as poor, somewhat permeable. 5 hydrochemical groups have been established which allow explaining the evolution of the flow throughout the fan delta. Together with isotopic and stratigraphic data the main recharge areas have been determined.

The flow evolves from calcium bicarbonate hydrofacies in the area of alluvial fan to compositions enriched in sodium and reduced in calcium into the deep parts of the same environment. These aquifers levels are recharged by direct precipitation in the conglomeratic

massif. The most superficial levels tend to be drained by streams while deeper aquifers are relatively confined by red sandstone and mudstone lithofacies (GLv). Prograding conglomerates locally reach the marine levels and recharge gray sandstones of the delta front (Gg) levels. The isotopic data indicate that the aquifer levels of the delta front are also recharged by surface water. Throughout this unit water gets progressively enriched in magnesium and sulfate from the same marine lithofacies. Groundwater gets progressively enriched in sodium and chlorine, as they lose calcium until reaching deeper aquifer levels that are confined by the grey mudstone lithofacies (Lg).

Thus, the sedimentary architecture affects the hydrodynamics of the system giving as a result four distinct hydrogeological units. The first unit is a conglomerate aquifer system that consists of proximal alluvial fan (mainly lithofacies Cp, Cc). The second unit is formed by the distal alluvial fan facies (GLv) that works as an aquitard, although occasionally prograding conglomerates cut it. The third aquifer system unit is constituted by the delta front facies (Cg, Gg), highly influenced by the relief and streams entrenchment. The last unit consists of prodelta facies (Lg) that also works as an aquitard. The main aquifer systems are developed by confinement of the most permeable lithofacies interfingering with less permeable materials.

This hydrostratigraphic model allows understanding how the main stratigraphic and geologic elements condition groundwater flow and allow an enhanced water resource management in such systems.

# **ÍNDEX**

<b>AGRAÏMENTS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUM .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDEX .....</b>	<b>X</b>
<b>1- INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>1</b>
1.1- JUSTIFICACIÓ .....	1
1.2.- OBJECTIUS.....	3
<b>2- METODOLOGIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3- SITUACIÓ GEOLÒGICA I HIDROGEOLÒGICA .....</b>	<b>9</b>
3.1- CONTEXT GEOGRÀFIC .....	9
3.2- CONTEXT GEOLÒGIC .....	9
3.3- CONTEXT HIDROGEOLÒGIC.....	20
3.4- ANTECEDENTS DE LA ZONA D'ESTUDI .....	23
<b>4- LITOESTRATIGRAFIA .....</b>	<b>26</b>
4.1- UNITATS LITOESTRATIGRÀFIQUES .....	26
4.2- RELACIONS ESPACIALS .....	51
4.3- DISCUSSIÓ.....	62
4.4- CONCLUSIONS.....	67
<b>5- HIDROGEOLOGIA .....</b>	<b>69</b>
5.1- INVENTARI DE PUNTS D'AIGUA .....	69
5.2-PARÀMETRES HIDRÀULICS.....	73
5.3-EVOLUCIÓ DELS NIVELLS PIEZOMÈTRICS .....	97
5.4-HIDROQUÍMICA .....	108
5.5-ISÒTOPS.....	133
<b>6- DISCUSSIÓ GENERAL .....</b>	<b>144</b>
6.1- CORRELACIÓ ENTRE PUNTS D'AIGUA.....	144
6.2- INFLUÈNCIA DEL NIVELLS Cc .....	156
6.3- NIVELLS AQUÍFERS.....	157
6.4.- EVOLUCIÓ DEL FLUX.....	158
6.5.- MODEL HIDROESTRATIGRÀFIC/HIDROGEOLÒGIC CONCEPTUAL .....	161
<b>7- CONCLUSIONS GENERALS.....</b>	<b>164</b>

<b>8- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>167</b>
<b>9- ANNEXES.....</b>	<b>182</b>
9.1.- LLEGENDA GENERAL	
9.2.- CARTOGRAFIA GEOLÒGICA	
9.3.- PERSPECTIVA TALLS GEOLÒGICS	
9.4.- PETROLOGIA	
9.5.- SITUACIÓ DELS PUNTS D'AIGUA	
9.6.- FITXES PUNTS D'AIGUA	
9.7.- MAPA DIAGRAMES <i>STIFF</i> ESTIU 2011	
9.8.- MAPA DIAGRAMES <i>STIFF</i> PRIMAVERA 2012	

# **1- INTRODUCCIÓ**

## **1.1- JUSTIFICACIÓ**

El massís de Sant Llorenç del Munt i serra de l'Obac és una de les muntanyes més emblemàtiques i conegudes de la serralada Prelitoral. La història del seu poblament, els diferents usos del territori que s'han succeït i l'actual proximitat a zones densament habitades, han fet que l'activitat humana sempre hagi estat present. Avui en dia, l'ocupació més destacada queda concentrada als pobles del voltant, molts d'ells amb una gran rellevància de la segona residència, com Mura, Talamanca i Rocafort. A diferència dels temps passats, en què els aprofitaments forestals i la ramaderia eren indispensables, actualment, les principals activitats que es realitzen a la muntanya són de lleure (excursionisme, escalada, espeleologia, carrera i bicicleta).

Des dels primers vestigis d'ocupació humana a la zona, a l'època Neolítica (Ferrando, 1983), s'han anat esdevenint diferents maneres de convivència i ús del territori. En totes elles, l'aigua ha estat un tret d'interès, si no de primera necessitat.

Pel que fa a la muntanya, tradicionalment han estat aprofitats diferents punts d'emergència de les aigües subterrànies mitjançant la construcció fonts, bé sigui per abastir masos i ocupacions temporals (balmes i aixoplucs), o bé per subministrar aigua a boscaters, pastors i traginers. Des d'antic, es coneix l'escassetat d'aigua al massís i la necessitat del seu aprofitament (Vila, 1965; Ferrando, 1983; Diputació de Barcelona, 1992; Álvarez, 1997). Actualment queden alguns masos habitats de manera temporal o permanent (el Puig de la Balma, les Boades, Casajoana, les Vendranes, Can Còdol,...), que amb voluntat i constància mantenen les fonts com a mitjà sostenible d'abastiment. La resta de fonts són utilitzades només per excursionistes i apassionats de la muntanya, que en la mesura del possible procuren pel seu manteniment.

Als pobles de les rodalies del massís, les aigües han pogut ser aprofitades al llarg de la història a partir de les fonts o dels cursos superficials, mitjançant captacions o petits pous al costat de les lleres. Com a conseqüència del creixement dels pobles i urbanitzacions de la zona, amb una important demanda concentrada durant el període estival, es va impulsar la construcció

de pous de més profunditat per tal de poder garantir el subministrament (Catalana de Perforacions, 1989a, 1989b, 1990, 1996, 2008; Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales, 1995, 1996, 2008; Aigües de Manresa, 2011).

Tot i l'aprofitament històric de l'escassa aigua subterrània de la zona i la vigent necessitat d'abastiment (Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales, 2008; Aigües de Manresa, 2011), el coneixement hidrogeològic previ a la realització d'aquesta tesi resultava molt reduït, i la informació referent a les aigües subterrànies es trobava dispersa entre les diferents empreses que la gestionen, constructores de pous i particulars que en fan ús, amb la impossibilitat de relacionar-ho a nivell general.

Les característiques geològiques generals de Sant Llorenç del Munt i la distribució de les roques sedimentàries que el conformen es poden trobar als mapes de Berástegui i Losantos (2003) i Cirés i Berástegui (2010, 2011a, 2011b). El coneixement de l'estratigrafia i sedimentologia de la zona ha estat centrat fins l'actualitat en la caracterització general del ventall deltaic Eocè (Maestro, 1987; Travé, 1988; López-Blanco, 1991, 1994, 1996, 2002, 2006; López-Blanco i Marzo, 1993; López-Blanco et al., 1994; López-Blanco et al., 2000a, 2000b), especialment de la seva part marina, essent necessària una major concreció de la part continental i la relació del conjunt amb la hidrologia subterrània. Malgrat aquests darrers treballs, mai s'ha estudiat la geologia sedimentària amb una orientació cap a la hidrogeologia.

Els estudis hidrogeològics previs es limiten a treballs parcials (Andrés, 1964; Freixes, 1982, 1986; Freixes et al., 1983; Cardona 1990; Anglés i Monterde, 2007), tot i que altres autors han inclòs la hidrogeologia en tractats generalistes (Llopis, 1944).

Dins d'aquest estat dels coneixements estratigràfics i hidrogeològics a Sant Llorenç del Munt, es fa necessari un estudi integrat hidroestratigràfic per tal d'entendre el funcionament de les aigües subterrànies de la zona.



## **1.2.- OBJECTIUS**

L'objectiu principal d'aquesta tesi es centra en realitzar un estudi integrat de la hidrostratigrafia del ventall deltaic Eocè de Sant Llorenç del Munt com a cas per entendre la dinàmica de l'aigua subterrània d'un sistema aquífer desenvolupat en aquest tipus de medi sedimentari litificat. Per assolir aquest objectiu principal s'han plantejat els següents objectius específics:

- Identificar i caracteritzar les unitats litoestratigràfiques que conformen el ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, incloent un estudi de litofàcies i la representació de la seva distribució en mapa i talls geològics.
  
- Elaborar un inventari dels principals punts d'aigua i caracteritzar-los fisicoquímicament.
  
- Identificar els tipus d'unitats aquíferes i calcular els seus paràmetres hidràulics.
  
- Caracteritzar la hidrodinàmica, hidroquímica i composició isotòpica del sistema per plantejar el model hidrogeològic conceptual.

## **2- METODOLOGIA**

Per a l'elaboració d'aquesta tesi s'han realitzat diverses tasques de camp i de gabinet:

### **Adquisició dades de camp**

#### **Cartografia**

Presca de dades de camp i revisió de la cartografia existent per a la realització d'un mapa geològic a escala 1:25.000 de la zona del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt. Com a base cartogràfica s'han utilitzat els ortofotomapes i topogràfics a escales 1:5.000 i 1:25.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Especialment a les zones de Rellinars, Mura i tot el sector central del massís, s'ha millorat la cartografia geològica existent en base a incrementar el nivell de detall en la representació de les diferents litofàcies i la correlació dels nivells de conglomerat carbonàtic.

#### **Descripció de litofàcies**

Descripció i presa de dades sobre el terreny de les característiques de les diferents litologies, mitjançant anotacions, seccions estratigràfiques, croquis, fotografies, contatges de còdols, estacions de mesura de l'espaiat de fracturació i fotografies.

#### **Mostreig litològic**

Recollida de 9 mostres representatives de les principals litofàcies del ventall deltaic per al seu estudi petrogràfic i elaboració d'un total de 16 làmines primes per part del laboratori del Departament de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).

#### **Recerca de punts d'aigua**

Recerca dels punts d'aigua del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt a partir de la col·laboració de: les companyies gestores (Aigües de Manresa, Aigües de Terrassa i Sorea),

els Ajuntaments propietaris dels pous (Ajuntaments de Pont de Vilomara – Rocafort, Rellinars, Mura i Talamanca), els masos que disposen de punt d'abastament (Puig de la Balma, Casajoana, les Boades, les Vendranes i les Comes) i de l'excursionista terrassenc Quim Solbas.

Selecció dels punts d'aigua més importants en funció de la seva tipologia, règim de funcionament, cabal i ubicació, amb un resultat d'un inventari de 39 punts.

### **Mostreig hidroquímic i mesura de paràmetres de camp**

Realització de 2 campanyes de mostreig hidrogeològic, una d'estiu del 2011 i l'altra de primavera del 2012, coincidint amb les èpoques d'estiatge i crescuda. El cabal, conductivitat elèctrica, temperatura i pH han estat mesurats directament al camp.

El cabal de les fonts ha estat mesurat, en el cas de ser possible, directament a partir de diferents recipients de volum conegut en funció del tipus de brollador, amb pressa de temps mitjançant cronòmetre. Pel cas dels pous, el cabal s'ha pres directament dels cabalímetres instal·lats a la canonada de sortida.

La conductivitat elèctrica i el pH han estat mesurats dins del flux d'aigua corrent amb un conductímetre WTW (Wissenschaftlich Technische Werkstätten) Cond 330i amb sonda WTW TetraCon 325 i un potenciòmetre WTW pH 330i amb electrode SenTix 41, respectivament. La temperatura de l'aigua corrent és donada pel mateix conductímetre.

La metodologia de mostreig ha estat similar a les dues campanyes: Utilitzar recipients nous o nets, agafar aigua corrent (renovada pel cas dels pous), esbandit previ dels pots amb aigua de la font, filtrat de l'aigua (filtre 0'45 µm), transport de les mostres en fred (aproximadament 4°C) fins al moment del seu anàlisi.

Els anions i els cations s'han analitzat al Servei d'Anàlisi Química (SAQ) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) mitjançant electroforesis capil·lar UV i espectrometria ICP-OES, respectivament. L'alcalinitat ha estat mesurada mitjançant una volumetria al Servei de Datació per Triti i Carboni-14 de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Els isòtops  $^{18}\text{O}$  i  $^2\text{H}$  han estat analitzats mitjançant espectròmetre de masses de relació

isotòpica pel Grup de Mineralogia Aplicada i Medi Ambient (MAIMA) de la Universitat de Barcelona (UB).

### **Seguiment de nivells piezomètrics**

Seguiment dels nivells piezomètrics dels pous Marina, profund River Park i nº2 Rellinars mitjançant sondes de pressió hidrostàtica de rang 20 m de la marca *Schlumberger*, model *mini-diver*, d'enregistrament de dades de pressió hidrostàtica i temperatura. Per a la col·locació de les sondes s'han realitzat mesures prèvies del nivell piezomètric estàtic i s'ha estimat una cota d'instal·lació entre els 10 i els 20 metres per sota d'aquest. El muntatge s'ha realitzat a través del tub piezomètric que disposen aquests pous, mitjançant un cable d'acer inoxidable amb revestiment plàstic de diàmetre total 0'8 mm.

Per a tot el període de pressa de dades, al pou Marina s'ha instal·lat una sonda exterior baromètrica *baro-diver* de la marca *Schlumberger* per mesurar la pressió atmosfèrica i la temperatura de l'aire. Mitjançant aquestes dades s'ha pogut corregir posteriorment en tots els pous les mesures de pressió hidrostàtica en funció de la pressió atmosfèrica en cada moment, per tal d'obtenir les dades de columna d'aigua real.

### **Assajos de bombeig**

Realització durant el juliol del 2012 d'assajos de bombeig als pous Marina, profund River Park i nº2 Rellinars. Per a la seva execució s'ha garantit un temps mínim de recuperació prèvia. Els assajos han consistit en un temps de bombeig entre 2 i 4 hores, en funció de l'evolució del nivell i la disponibilitat d'utilització del pou, seguit d'un temps de recuperació entre 2 i 4 h. Durant tota la durada de l'assaig s'han pres mesures periòdiques del nivell de l'aigua mitjançant sonda piezomètrica.

### **Treball de gabinet**

#### **Recopilació d'informació d'altres autors**

Recerca i síntesi de la bibliografia i informació existent referent a l'estratigrafia, sedimentologia, hidrogeologia i punts d'aigua de la zona. Per una banda s'han consultat

publicacions científiques especialitzades en la matèria i treballs realitzats a la zona i sectors propers (Biblioteca Ciències i Tecnologia UAB, Centre Documentació i Educació Ambiental de Terrassa i Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea). Per altra banda, s'han utilitzat les dades tècniques facilitades per les empreses de gestió de l'aigua (Aigües de Manresa, Aigües de Terrassa i Sorea), informes d'estudis locals (Ajuntaments de Mura i Pont de Vilomara – Rocafort), dades meteorològiques (Servei Meteorològic de Catalunya), perfils litològics i assajos de bombeig (Catalana de Perforacions i Elèctrica Pintó) i documentació de particulars.

### **Realització de la cartografia i talls geològics**

Elaboració del mapa geològic 1:25.000 en base a les dades de camp i als antecedents previs. Confecció de 4 talls geològics a escala horitzontal 1:50.000 i vertical 1:5.000 en base a la informació de superfície (mapa geològic) i de profunditat (perfils litològics dels pous d'abastiment d'aigua).

### **Caracterització de litofàcies**

Definició de cadascuna de les litofàcies en funció dels seus atributs litològics i sedimentaris diferencials: litologia, color, textura, selecció, granulometria i composició dels clasts. Per a la seva interpretació genètica també ha estat necessari descriure la morfologia dels cossos sedimentaris i les estructures internes.

Per a la descripció de la granulometria, grau d'arrodoniment i grau de selecció s'han utilitzat els barems de Nichols (1999) amb algunes modificacions. D'aquesta manera es consideren 6 nivells d'arrodoniment (ben arrodonit, arrodonit, subarrodonit, subangulós i angulós i molt angulós) i 5 nivells de selecció (molt ben seleccionat, ben seleccionat, moderadament seleccionat, mal seleccionat i molt mal seleccionat).

### **Georeferenciació**

Representació georeferenciada dels punts d'aigua, diagrames d'Stiff i cavitats de la zona d'estudi damunt del mapa geològic propi mitjançant el programa Miramon v.7.0.

## **Microscopia**

Observació de les làmines primes al microscopi petrogràfic NIKON-Eclipse E200 del Departament de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) per tal de descriure textura i composició mineralògica.

Realització d'un total de 163 microfotografies digitals de diferents elements característics de cada làmina prima amb la càmera JENOPTIK-ProgRes CT3 acoblada al microscopi petrogràfic i a través del programa informàtic ProgRes Capture Pro 2.5. L'escala gràfica de la microfotografia és assignada pel programa en funció de l'objectiu utilitzat.

## **Tractament de dades hidrogeològiques**

Càlculs dels paràmetres hidràulics dels pous assajats i dels assajos previs disponibles.

Representació gràfica conjunta de les dades de nivells piezomètrics i precipitació amb el programa *Excel* de *Microsoft*, per tal d'analitzar l'evolució de nivells.

Representació gràfica de les dades hidroquímiques mitjançant el programa informàtic *AquaChem* v.5.1, de la marca *Schlumberger*, per tal d'analitzar les característiques hidroquímiques del sistema.

Representació gràfica de les dades isotòpiques de  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta^2\text{H}$  amb el programa *AquaChem*, i també amb l'*Excel* de *Microsoft* per tal de projectar les rectes meteòriques i calcular línies de tendència.

### **3- SITUACIÓ GEOLÒGICA I HIDROGEOLÒGICA**

#### **3.1- CONTEXT GEOGRÀFIC**

La zona estudiada correspon geogràficament al massís de Sant Llorenç del Munt i serra de l'Obac, les valls de Rellinars, Santa Creu, Mura i Talamanca (figura 3.1). La superfície és d'aproximadament 215 km<sup>2</sup>, incloent parcial o totalment els termes municipals de Matadepera, Vacarisses, Rellinars, Castellbell i el Vilar, Sant Vicenç de Castellet, el Pont de Vilomara i Rocafort, Talamanca, Mura, Sant Llorenç Savall i Castellar del Vallès.

Els cims més elevats del massís són: La Mola (1102 m), el Montcau (1057 m), Castellsapera (939 m) i el turó de la Carlina (931 m). La xarxa hidrogràfica que neix a Sant Llorenç del Munt i l'Obac té poc cabal i està representada principalment pels cursos de: la riera de Sanana, la riera de Rellinars, la riera de Santa Creu, la riera de Mura, la riera de Talamanca i el riu Ripoll. Durant l'estiatge és freqüent que no circulin aigües superficials per moltes d'aquestes rieres. El riu Llobregat travessa de nord a sud pel sector occidental.

#### **3.2- CONTEXT GEOLÒGIC**

##### **Paleogeografia**

Geològicament, la zona d'estudi es troba situada al marge sud-est de la Depressió Central Catalana, part oriental de la Depressió de l'Ebre, i adossada a la Serralada Costanera Catalana (Catalànids) (figures 3.2 i 3.3).

La Depressió de l'Ebre va funcionar com a una important conca sedimentària al llarg del Cenozoic, constituint la conca d'avantpaís de les diferents serralades que l'envolten: al nord, els Pirineus, i al sud, els Catalànids i la Serralada Ibèrica. Durant el Paleogen estava connectada amb el mar per l'oest, constituint la Conca de l'Ebre, en forma d'un ampli golf obert cap a l'Atlàntic i tancat per les esmentades serralades. Adossats a aquestes, es van desenvolupar una sèrie de ventalls al·luvials i deltaics.





Els ventalls de la vora sud-est eren alimentats pels materials erosionats de la Serralada Costanera Catalana, que constituïa un orogen de plegament reactivat per l'orogènia Alpina i estructurat amb un sòcol Paleozoic i una cobertura Mesozoica (Anadón et al., 1985a, 1985b; López-Blanco, 1994, 1996).

Durant l'Eocè mig-superior es va desenvolupar el ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt (Maestro, 1987; López-Blanco, 1996). Els Catalànids van constituir la seva àrea font, aportant materials del Cambro-Ordovicià, Devonian, Carbonífer i Mesozoic.

A la part subaèria del ventall deltaic s'hi dipositaven principalment blocs i graves, formant el ventall al·luvial proximal, i passant cap endavant a materials sorrencs i lutífics que constituïen el ventall al·luvial distal. Un cop dins del mar, es desenvolupava el front deltaic, majoritàriament sorrenc. Mar endins arribaven bàsicament els sediments lutífics, formant els prodeltes. A les parts marginals i relativament més protegides de l'aport terrigen, es dipositaven sediments carbonatats de plataforma (Maestro, 1987; Travé, 1988; López-Blanco, 1996).

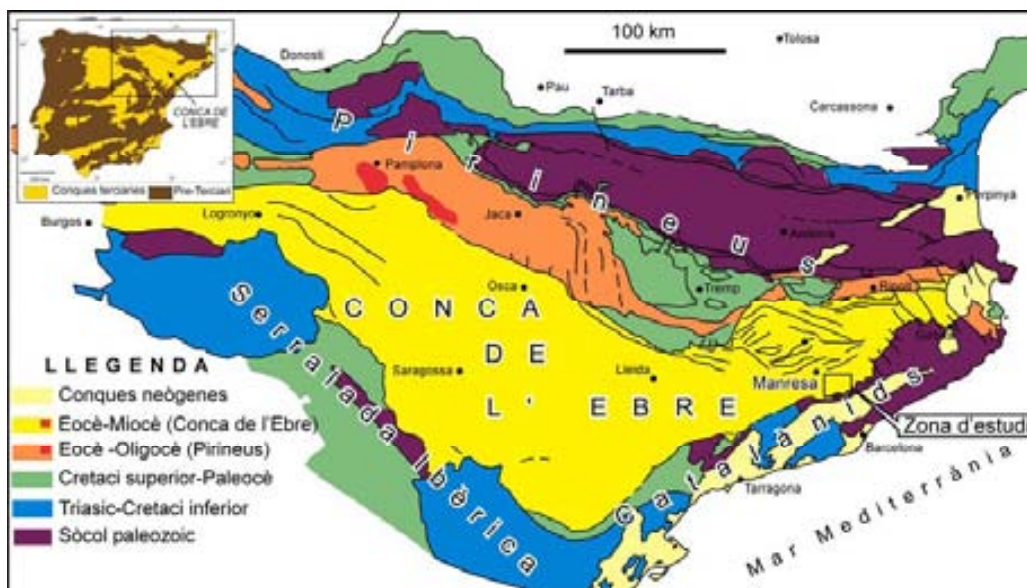


Figura 3.2: Mapa geològic de la Conca de l'Ebre i situació de la zona d'estudi.

El present treball es centra en estudiar la zona abastada pel ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, limitat al sud-est per la Fm Bretxes del Cairat i Nivells de Can Sabater, al nord per la Fm Artés, i acabant lateralment cap al sud-oest amb les fàcies de Vacarisses i cap al nord-est amb les fàcies de Sant Llorenç Savall (Anadón, 1978). Pels sectors occidental i nord-oriental

s'interdigita parcialment amb els complexos de Montserrat (Anadón et al., 1985b) i de Sant Feliu de Codines-Gallifa (Capdevila, 1992), respectivament.

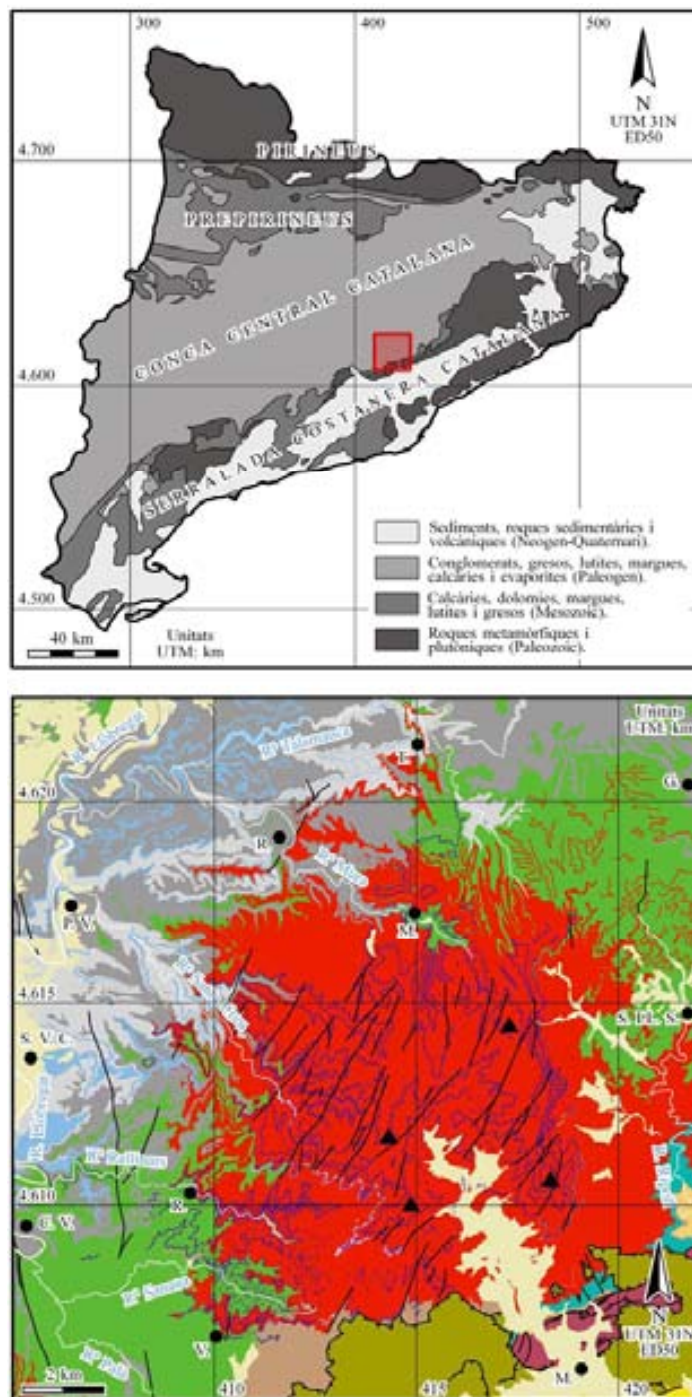


Figura 3.3: Situació geològica de la zona d'estudi (llegenda del mapa geològic de Sant Llorenç del Munt: annex 1: llegenda general)

## Tectònica

El desenvolupament del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac va estar estretament lligat a l'activitat tectònica de l'Orogènia Alpina als Catalànids. En aquesta, es poden distingir 3 grans etapes de deformació (Guimera i Santanach, 1978):

- Pre-orogènica (Triàsic inferior - Cretaci). Règim distensiu.
- Orogènica (Paleogen - Oligocè inferior): Règim compressiu, conseqüència de la convergència de la microplaca Ibèrica amb la placa Euroasiàtica. Es generen les serralades orogèniques Alpines.
- Post-orogènica (Oligocè superior - Neogen): Règim distensiu als Catalànids. Es generen les fosses tectòniques.

Les estructures dominants són les falles de sòcol, pràcticament verticals, de direcció NE-SO, formant un sistema *en echelon* (Guimera, 1984). Aquestes fractures es van desenvolupar durant el Paleozoic superior com a falles de direcció (strike-slip), i durant el Mesozoic van funcionar com a falles normals (Anadón et al., 1979). Durant l'orogènia Alpina es van reactivar com a falles de direcció sinistra (Anadón et al., 1985a) (figura 3.4). La deformació Alpina més intensa i majoritària es donà al llarg d'aquestes falles majors (Julivert, 1978).

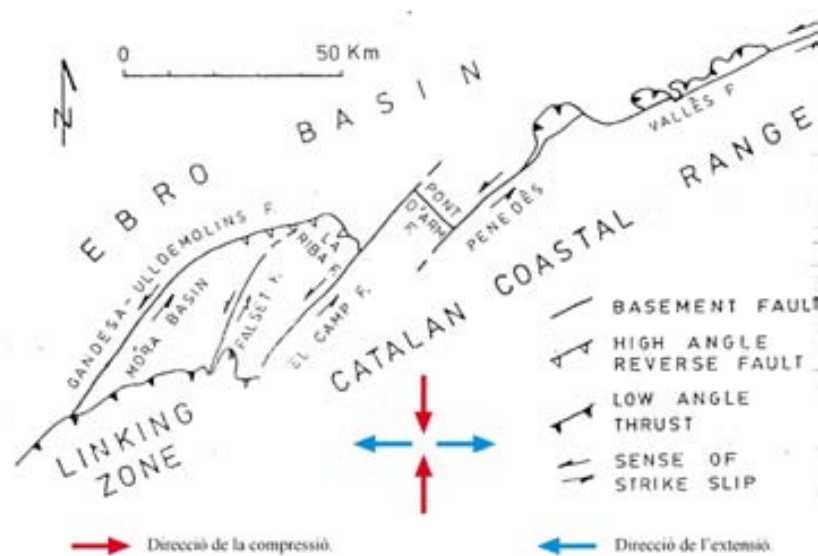


Figura 3.4: Context tectònic a la vora SE de la Conca de l'Ebre durant el Paleogen (modificat d'Anadón et al., 1985a).

Hi ha una altra família de fractures transversals a la serralada, d'orientació NO-SE, que en alguns casos desplacen les falles de direcció (Guimerà, 1983, 1984).

Durant gran part del Paleocè l'activitat tectònica era tranquil·la, i no va ser fins l'Eocè inferior que s'inicià l'aixecament de la Serralada Costanera Catalana respecte la Conca de l'Ebre (Anadón, 1978). La direcció principal de compressió en aquell temps era NO-SE (Guimerà, 1984) (taula 3.1), actuant les falles de la mateixa direcció i condicionant la sedimentació (Maestro, 1987). Es va començar a desmantellar la cobertura triàsica de la vora de la conca, formant-se petits ventalls al·luvials de bretxes i olistons carbonàtics del Triàsic (Anadón et al., 1979).

Durant l'Eocè mig-superior continua la mateixa compressió NO-SE, encara que en el sector estudiat la compressió regional pren direcció N-S (Guimerà, 1984), actuant les falles de direcció d'orientació NO-SE i N-S i condicionant la sedimentació al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt (Maestro, 1987). Es comença a erosionar el sòcol Paleozoic de la vora i de l'interior del massís, a més de la cobertura triàsica. Possiblement l'escarpament de la vora de la conca es convertiria, en part, en el front d'encavalcament dels materials del sòcol hercinià sobre els materials paleògens (Anadón et al., 1979).

Al Lutecià-Bartonià es dona l'emplaçament de les làmines encavalcants de Can Sallent i de Les Pedritxes, d'edats interpretades de 41'4 M.a. i 39'0 M.a. respectivament (López-Blanco, 2006). Es tracta de materials Paleozoics que encavalquen damunt dels Triàsics i dels Paleògens més meridionals.

Al Bartonià es produeix la segona transgressió i és quan a Sant Llorenç del Munt es desenvolupen els veritables dipòsits de ventall deltaic (Anadón et al., 1979, Anadón et al., 1985a). En les àrees més adossades als Catalànids la sedimentació continental és continua durant tot el Paleogen (Anadón, 1978). Durant gairebé tot l'Eocè, la vora activa de la conca es va localitzar prop de la vora cartogràfica actual de la Serralada Costanera Catalana (Anadón et al., 1979).

Durant l’Oligocè, la compressió arriba a prendre una direcció NE-SO (Guimerà, 1984).

EDAT	RÈGIM	DIRECCIÓ
Eocè inferior	Compressiu	NO-SE
Eocè superior	Compressiu	NO-SE
Oligocè superior	Compressiu	NE-SO
Miocè inferior	Distensiu	---

Taula 3.1: Quadre sintètic de les etapes de deformació de la Serralada Costanera Catalana entre l’Eocè inferior – Oligocè superior (modificat de Guimerà, 1984).

**Estratigrafia i sedimentologia**

Els dipòsits que reomplen la vora SE de la Depressió Central Catalana a la zona de Montserrat - Sant Llorenç del Munt daten des del Paleocè fins a l’Eocè superior.

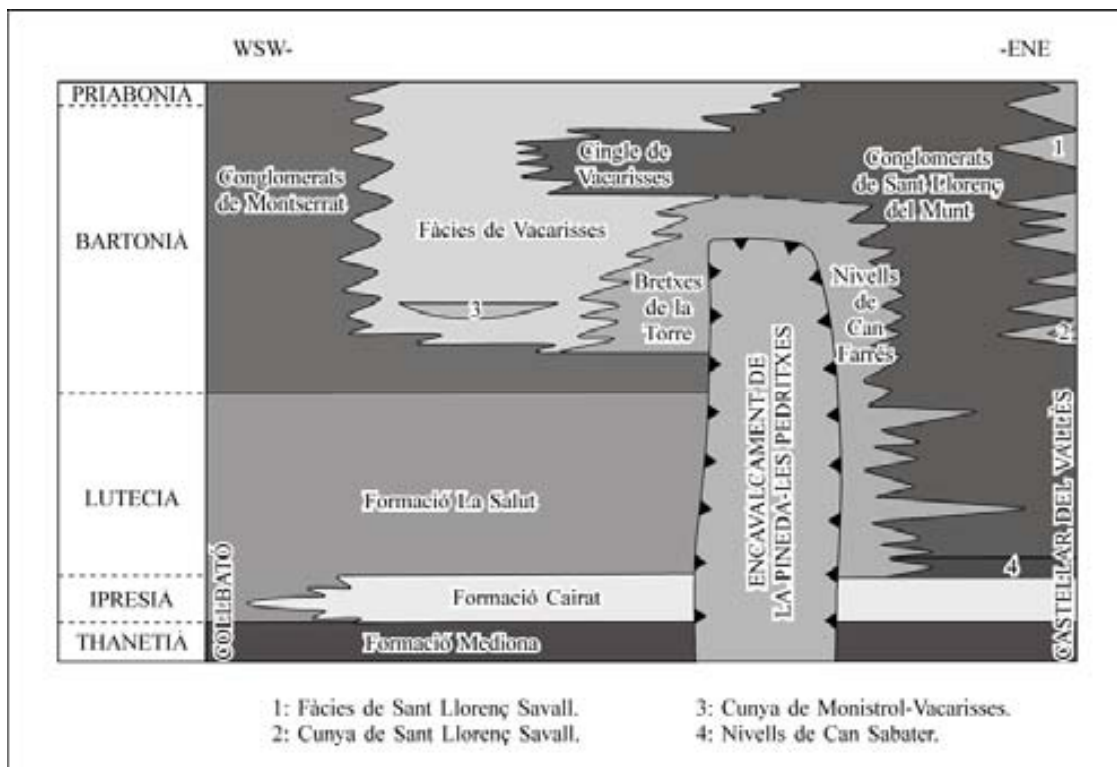


Figura 3.5: Unitats litoestratigràfiques i cronoestratigrafia del Paleogen de la zona Montserrat - Sant Llorenç del Munt. A partir de: Anadón (1978); Anadón et al. (1985b); Costa (2011).

El Paleocè es troba generalment discordant sobre el substrat Triàsic. Està representat per la formació Mediona (Rosell et al., 1966; Anadón, 1978). Es tracta de lutites vermelles-taronges amb freqüents horitzons de paleosòls i amb alguns conglomerats i gresos. Presenta una important bioturbació per *Microcòdium*, així com abundants carbonatacions (calitxes, crostes calcàries, carbonats palustres i lacustres). S'ha interpretat com a dipòsits d'origen fluvio-lacustre d'edat Tanetià sup.-Ilerdià (Anadón, 1978; López-Blanco, 2006). Al sostre es troba un nivell condensat de paleosòls, indicant una forta aturada sedimentària (Anadón et al., 1985).

L'Eocè inferior es troba representat per la formació Bretxes del Cairat (Anadón, 1978). Es tracta de bretxes amb intercalacions de lutites vermelles, i minoritàriament gresos i conglomerats amb clasts arrodonits (López-Blanco, 2006). Els seus clasts són materials del Triàsic (Buntsandstein i Muschelkalk) i del Paleocè. A Matadepera apareixen alguns olistòlits de carbonats del Triàsic, suposadament caiguts subaèriament per gravetat (Anadón, 1980). També es troben calitxes. El màxim gruix de la formació arriba als 200 metres a la vall del riu Ripoll (López-Blanco, 2006). S'interpreten com a dipòsits de debris-flow acumulats com a producte de l'aixecament de relleus de materials Triàsics (figura 3.6), en una zona tropical i de clima càlid, amb la implicació de forts processos pedogenètics. L'edat de la formació és incerta, però es troba entre Ilerdià inf.-Cuisià (Anadón, 1978; López-Blanco, 2006).

Al Cuisià-Lutecià es van dipositar els nivells de Can Sabater. Es tracta de bretxes de clasts de pissarres i esquistos Paleozoics. Van ser sedimentats quan van emergir els materials Paleozoics de la base d'un primer encavalcament major (Anadón, 1978; López-Blanco, 1994, 2006). Els nivells de Can Sabater afloren a uns 2 kilòmetres al nord-oest de Sant Feliu del Racó, estratigràficament al damunt de la formació Bretxes del Cairat, estenent-se des de la zona de Matadepera fins al riu Ripoll (Anadón, 1978).

Al Lutecià superior comença la sedimentació dels primers nivells de conglomerats de Sant Llorenç del Munt. Prenen una direcció entre nordoest i oest, i estan constituïts per clasts paleozoics i mesozoics. Es tracta del primer desenvolupament d'un ventall deltaic, amb les pròpies barres de desembocadura poc desenvolupades, que afloren prop del sector de Castellbell (Maestro, 1987).

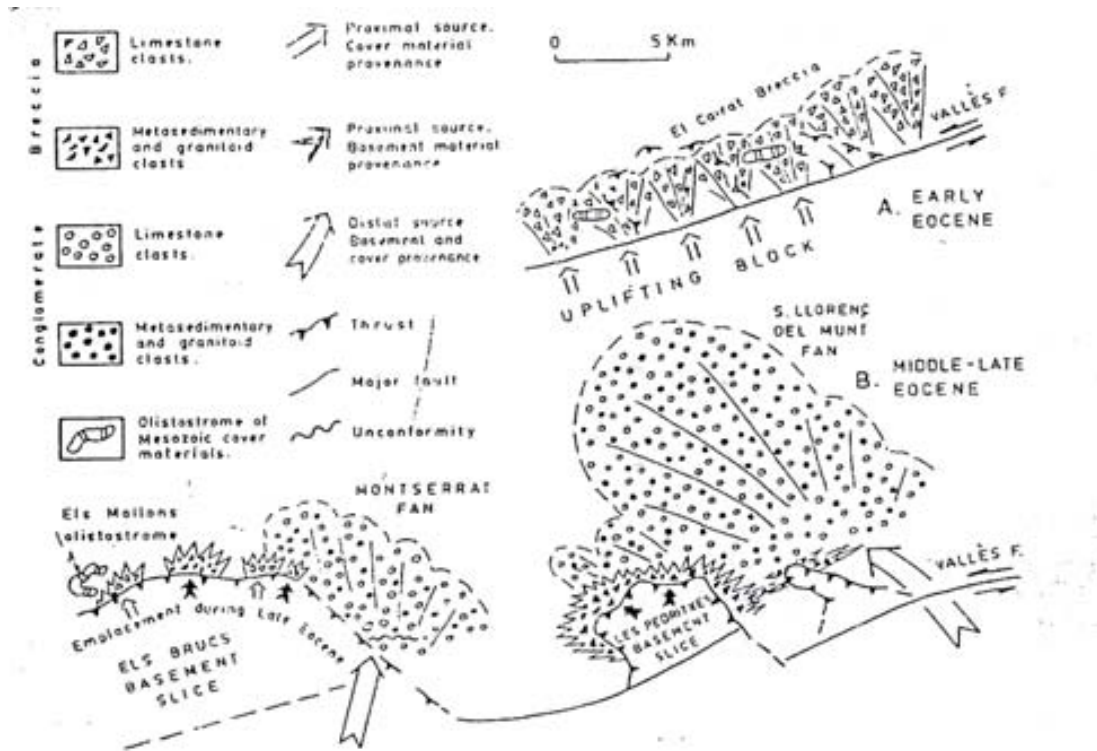


Figura 3.6: Fàcies conglomeràtiques i bretxoids paleògenes de la zona Montserrat-Sant Llorenç del Munt (Anadón et al., 1985a).

Al Lutecià-Bartonià es dipositen els nivells de Can Farrés i de la Torre, relacionats amb l'emplaçament de les làmines encavalcants de materials Paleozoics de Can Sallent i Les Pedritxes (Anadón, 1978; López-Blanco, 2006). Es tracta de bretxes de pissarres, esquistos i quars Paleozoics adossats als encavalcaments. S'interpreten com dipòsits de transport en massa dipositats enfront dels encavalcaments. Els nivells de Can Farrés afloren a la urbanització de Les Pedritxes i al nord de Matadepera, mentre que els nivells de la Torre afloren al sud-oest de Vacarisses. Els primers nivells s'interdigiten cap al nord amb els conglomerats de Sant Llorenç del Munt, mentre que els segons també ho fan amb les fàcies de Vacarisses (Anadón, 1978).

Durant el Bartonià es dipositen els nivells conglomeràtics més potents de Sant Llorenç del Munt. Es tracta de conglomerats de ventall proximal, mentre que cap a conca es desenvolupa un important sistema deltaic (Maestro, 1987). Hi ha una gran taxa d'agradació vertical al llarg de la vora de la conca fortament subsident i tectònicament activa.

Lateralment, els conglomerats de Sant Llorenç del Munt passen a dipòsits al·luvials de gra fi: Fàcies de La Salut i Vacarisses (al sud-oest) i fàcies de Sant Llorenç Savall (al nord-est) (Anadón, 1978; López-Blanco, 2006).

Parcialment sincrònics al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt es van desenvolupar altres dos complexos, un a cada costat: el de Montserrat pel sud-oest (López-Blanco, 1996), i el de Sant Feliu de Codines-Gallifa pel nord-est (Capdevila, 1992). Per la seva distribució areal, es pot deduir que ambdós van ser de dimensions més reduïdes, amb conques hidrogràfiques que probablement drenaven zones localitzades dels Catalànids.

La sequencialitat del sector NE de la conca de l'Ebre va començar a ser estudiada per Puigdefàbregas et al. (1986). Aquests autors van establir 9 seqüències deposicionals: Cadí, Corones, Armàncies, Campdevàrol, Beuda, Bellmunt, Milany, Cardona i Solsona (taula 3.2). El desenvolupament del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt es correlaciona amb la sedimentació de les seqüències de Bellmunt i Milany.

EDAT		SEQÜÈNCIES DEPOSICIONALS
Oligocè		Solsona
Priabonià		Cardona
Bartonià		Milany
Lutecià		
		Bellmunt
		Beuda
Ipresià	Cuisià	Campdevàrol
		Armàncies
	Ilerdià	Corones
		Cadí

Taula 3.2: Seqüències deposicionals del sector NE de la conca de l'Ebre (Puigdefàbregas et al., 1986).



La primera interpretació de l'arquitectura deposicional del ventall deltaic va ser duta a terme per Maestro (1987; 1991), qui va definir 4 seqüències deposicionals des del punt de vista de l'estratigrafia sísmica (Vail, 1987) (figura 3.7 i taula 4.2). A cada seqüència deposicional es poden definir 3 primes sedimentaris:

- Prisma de nivell de mar baix: S'enregistraven fàcies de front deltaic i prodelta.
- Prisma transgressiu: Es dipositaven el conglomerats carbonàtics i les calcàries de plataforma.
- Prisma de nivell de mar alt: S'acumulaven dipòsits de ventall al·luvial proximal, front deltaic i prodelta.

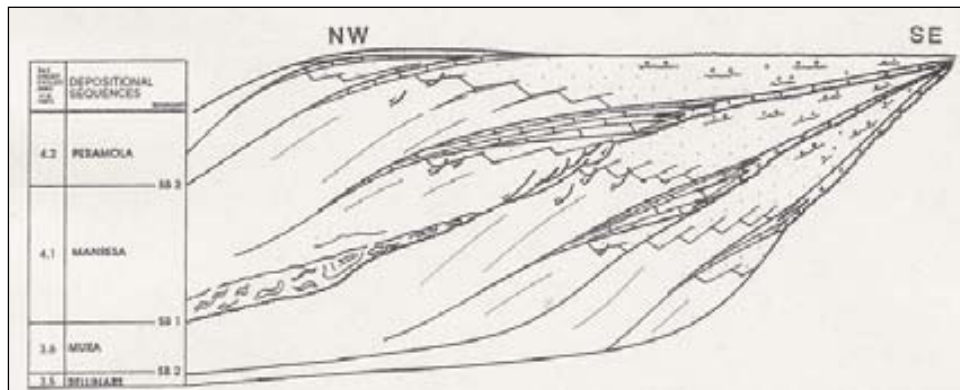


Figura 3.7: Seqüències deposicionals del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt segons Maestro (1991).

Travé (1988) va estudiar la sedimentació marina al sector occidental del ventall deltaic, identificant 4 trams calcaris corresponents a períodes transgressius (calcària de Cal Padró, calcària de Sant Vicenç, calcària de Vilomara i calcària de Manresa) i 4 trams progradants al damunt de cadascun d'ells (complex de Cal Padró, complex del Burés, unitat de Vilomara i unitat de Manresa) (taula 4.2). Va interpretar que el conjunt de dipòsits marins en aquesta àrea és el resultat de successius polsos de progradació cap a conca del complex de ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, i que cada fase d'abandonament dels lòbuls progradants afavoria el desenvolupament de calcàries al damunt del front deltaic i prodelta.

Més endavant, López-Blanco (1996) va analitzar detalladament la ciclicitat de la zona marina mitjançant seqüències transgressives-regressives segons Embry i Johannessen (1992), definint cicles fins a 4 ordres d'escala diferents a la part costanera del ventall deltaic (figura 3.8 i taula 4.2).

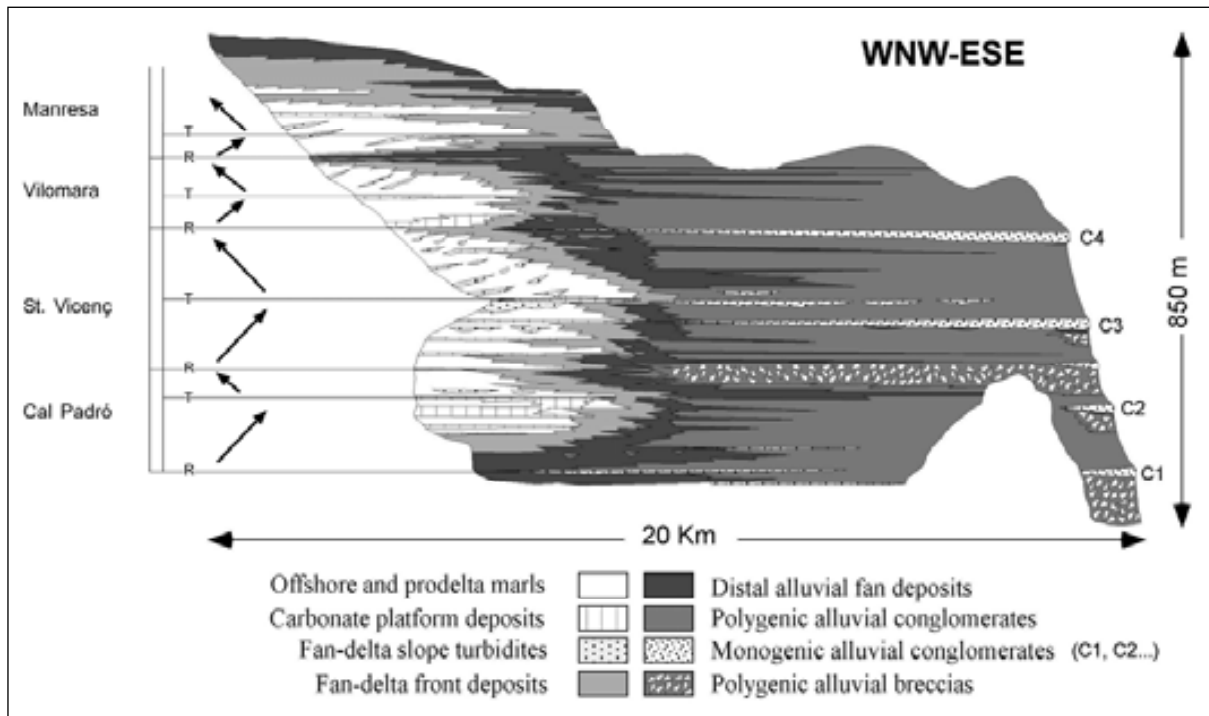


Figura 3.8: Seqüències transgressives-regressives del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt segons López-Blanco (1996).

Més recentment (Gómez-Paccard et al., 2012) han assignat un origen orbital a la ciclicitat observada, definint cicles d'excentricitat de 400 Kyr i 100 Kyr de durada al ventall deltaic de Montserrat.

### **3.3- CONTEXT HIDROGEOLÒGIC**

El funcionament hidrogeològic general de la massís va ser definit des d'un punt de vista qualitatiu per Llopis (1944). En funció de les característiques geomorfològiques externes, Sant Llorenç del Munt no presenta un relleu càrstic. No obstant, el desenvolupament de formes subterrànies denota certes característiques càrstiques.

La circulació subterrània ve condicionada pel cabussament de les capes i per les diferències litològiques. Així doncs, hi ha una tendència de les aigües subterrànies cap al NO del massís (Mura-Pont de Vilomara). La zona d'absorció principal està situada al sud, realitzant-se a

través de diàclasis i plans d'estratificació, i circula en profunditat fins a ser detinguda per nivells lutítics (Llopis, 1944).

La diferent natura de les capes de conglomerat influeix en la hidrogeologia, de manera que els nivells de conglomerats poligènics, menys permeables, poden fer de nivell de base local a les aigües que circulen pels conglomerats carbonàtics. Així es donen diverses fonts, no obstant, molt poc representatives de la quantitat d'aigua infiltrada al massís (Llopis, 1944).

La presència de falles té un paper més important en les aigües subterrànies, tot i que amb d'un efecte relativament local. Exemples de fonts desenvolupades al llarg de falles són la de Santa Agnès (falla de la cova del Drac) i la font del Llor (coll d'Eres).

Les principals zones d'emergència del massís es troben a la valls de Mura i de Rellinars (Llopis, 1944):

- A Mura hi ha diverses fonts i la surgència dels Caus de Mura. Principalment emergeixen en nivells de conglomerats intercalats entre gresos i lutites.
- A Rellinars la quantitat d'aigua és més important: fonts de Rellinars i Carlets, i surgències de la Saiola, la Barbotera i la Pedregosa. Més al SE hi ha la surgència dels Caus del Guitard, situada a la zona de contacte dels conglomerats eocens amb els materials paleozoics.

La circulació subterrània actual no és més que l'herència d'un règim passat més exuberant, del qual encara es poden reconèixer una sèrie de formes de conducció i emissió, actualment abandonades (Llopis, 1944). Correspon a un complex aparell càrstic pre-actual constituït per nombroses cavitats:

- Coves: Es troben generalment a la base dels conglomerats carbonàtics i a favor de diàclasis limitades en el mateix nivell. Les formes arrodonides i les parets polides denoten el seu caràcter d'antigues surgències: Ses Corts, Els Òbits, Les Foradades, cova Simanya, cova de Mura, cova de les Ànimes, cova del Frare, cova del Manel, Cort Fosca. No obstant, la majoria de cavitats tenen un desenvolupament poc important.

- **Avencs:** Es van desenvolupar a partir de la infiltració a través d'una o varies diàclasis i el seu eixamplament de baix cap a dalt per dissolució del ciment i disgregació dels seus constituents. Antigament eren formes absorció d'aigua, però actualment la majoria es troben mig fossilitzades.

Els tipus de diaclasat present al massís va ser definit per Andrés (1964) dividint-les en 2 grans grups principals:

- **Megaclases:** Grans esquerdes que afecten a totes les litologies del massís, sigui quina sigui la natura del conglomerat. Formen sistemes d'orientació definida.
- **Interclases:** Tan sols afecten alguns nivells, en general el més durs i compactes.

El sector SO del ventall deltaic, corresponent a la vall de Rellinars i capçalera del Gaià, ha estat estudiat hidrogeològicament en més detall (Freixes, 1982, 1986; Freixes et al., 1983). En base al seguiment hidrodinàmic, hidrotèrmic i hidroquímic de les principals fonts i surgències (Rellinars, Carlets, Barbotera, Pedregosa, Saiola i Caus del Guitard) dins d'un període anual, s'han pogut deduir algunes relacions i característiques del seu funcionament.

En primer lloc, s'ha pogut constatar el funcionament càrstic d'aquestes surgències de la serra de l'Obac mitjançant les comparatives dels resultats hidrodinàmics i hidroquímics amb els aqüífers carbonatats de l'Ariège (França) (Freixes, 1986). S'han identificat dos sistemes aqüífers càrstics:

- **Sistema de Rellinars:** constituït per les fonts de Rellinars, font de Carlets, la Barbotera i la Pedregosa.
  - Subsistema de la Saiola.
- **Sistema dels Caus del Guitard.**

A partir de la hidroquímica i la hidrotèrmia s'ha pogut determinar que la circulació a nivell de la zona no saturada (zona d'infiltració) és molt important en aquests sistemes, tot i que algunes de les emergències mostren certa relació amb zones saturades (concretament la Saiola i els Caus del Guitard, independentment) (Freixes, 1986).

El comportament hidrodinàmic i hidroquímic sembla indicar l'existència d'una infiltració retardada de caràcter predominant i una infiltració ràpida poc important (Freixes, 1986).

Les relacions entre la vora SE del ventall deltaic i els materials Triàsics de la Serralada Costanera Catalana al sector de Matadepera – Castellar del Vallès han estat estudiats hidroquímicament per Alamán i Calle (2011). En base a l'anàlisi de les aigües de pous i fonts han pogut constatar certa recàrrega dels aqüífers desenvolupats en materials triàsics a partir d'aigües subterrànies provinents dels materials eocens.

### **3.4- ANTECEDENTS DE LA ZONA D'ESTUDI**

De manera general, els treballs previs de caire geològic realitzats al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt tracten la cartografia, l'estratigrafia i la sedimentologia, mentre que la tectònica i la hidrogeologia han estat estudiats més puntualment.

Els primers antecedents de cartografia geològica de la zona van ser representats a escala 1:50.000 (Marín i Lis, 1946; Alvarado et al., 1956; Peón et al., 1975a, 1975b; Institut Cartogràfic de Catalunya, 2005, 2006), diferenciant els materials continentals dels marins, les principals unitats litoestratigràfiques i les falles i diàclasis més importants. A la tesi doctoral de Maestro (1987) es va realitzar una cartografia a escala 1:25.000 representant els diferents ambients deposicionals del ventall deltaic. A la tesi de Llicenciatura de Travé (1988) es va cartografiar a escala 1:10.000 la zona entre Montserrat i Sant Llorenç del Munt. A la tesi doctoral de López-Blanco (1996) es va realitzar una cartografia a escala 1:50.000 de Montserrat i gran part de Sant Llorenç del Munt, representant diverses litofàcies segons l'ambient deposicional. També es tracen els principals nivells de conglomerat carbonàtic i falles. A la tesi de Llicenciatura d'Anglés (2009) i es va representar a escala 1:20.000 la zona central del ventall al·luvial, correlacionant els nivells de conglomerat carbonàtic. Més tard, l'Institut Geològic de Catalunya va elaborar els fulls de Monistrol de Montserrat, Sant Llorenç Savall, Castellar del Vallès i Manresa del mapa geològic a escala 1:25.000 (Berástegui i Losantos, 2003; Cirés i Berástegui, 2010, 2011a i 2011b).

Pel que fa a l'estratigrafia, els primers treballs es van basar principalment en les datacions (Llopis i Masachs, 1943; Ruíz de Gaona, 1952; Rosell et al., 1966; Reguant, 1967). Ferrer (1967, 1971a) va proposar diverses unitats litoestratigràfiques pel Paleocè i Eocè de la vora SE de la conca de l'Ebre. Anadón (1978) va estudiar l'estratigrafia de la zona entre Montserrat i Sant Llorenç del Munt, descrivint, redefinint i subdividint diverses unitats litoestratigràfiques. Maestro (1987, 1991) va començar a estudiar l'estratigrafia específica del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt i la seva sedimentologia, analitzant les fàcies i definint el sistema deposicional. Travé (1988) va estudiar la sedimentació marina al sector occidental del ventall. López-Blanco (1991, 1993, 1994, 1996, 2000a, 2000b, 2002, 2006) es va centrar principalment en analitzar detalladament la ciclicitat de la part marina i les seves causes, així com intentar establir les relacions amb la part continental. Més endavant, Anglés (2009) i Anglés i Maestro (2010-2011) van descriure detalladament les fàcies del ventall al·luvial proximal i van interpretar la seva genètica. Cabello et al. (2010, 2011) van modelitzar la part marina del sector de Pont de Vilomara com anàleg de reservori d'hidrocarburs. Costa (2011) va obtenir la biomagnetocronologia de les unitats sedimentàries Paleògenes de del marge SE Conca de l'Ebre, podent datar els materials de Sant Llorenç del Munt entre el Lutecià i el Priabonià inferior.

La tectònica que ha afectat aquesta part de la Serralada Costanera Catalana ha estat tractada per diversos autors (Guimera i Santanach, 1978; Julivert, 1978; Anadón et al., 1979; Guimerà, 1983, 1984; Anadón et al., 1985a; Guimerà, 1994; Roca, 1994; López-Blanco, 1994, 2002, 2006) definint les característiques de la deformació i la seva influència en la sedimentació. Malgrat que en alguns treballs referents a la geomorfologia o la hidrogeologia càrstica del massís s'ha descrit de manera general la fracturació de les roques sedimentàries que conformen Sant Llorenç del Munt (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Ullastre, 1983; Freixes et al., 1983; Freixes, 1986; Cardona, 1990), no existeixen estudis específics de la deformació fràgil de la zona.

Els antecedents referents a la hidrogeologia del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt són molt escassos. Llopis (1944) va definir qualitativament el funcionament hidrogeològic general del massís, en base a observacions litològiques, estructurals, hidrològiques, geomorfològiques i espeleològiques. Freixes (1986) va dedicar la seva tesi de Llicenciatura a estudiar la zona de Rellinars des de l'enfocament de la hidrogeologia càrstica. També s'han realitzat alguns treballs pràctics del Curs Internacional d'Hidrologia Subterrània a la part de la

Serralada Costanera Catalana limítrof amb la zona d'estudi (Favre i González, 1967; Cuéllar i Quintana, 1984; Alamán i Calle, 2011).

## **4- LITOESTRATIGRAFIA**

### **4.1- UNITATS LITOESTRATIGRÀFIQUES**

Els materials sedimentaris que constitueixen el ventall deltaic de Sant Llorenç es poden diferenciar a partir dels seus atributs litològics (litofàcies). En base a les observacions de camp a diferents escales de detall (1:100 a 1:5.000), als estudis precedents (Anadón, 1978; Maestro, 1987; López-Blanco, 1996; Anglés, 2009) i a la cartografia geològica existent (Berástegui i Losantos, 2003; Anglés i Maestro 2010-2011; Cirés i Berástegui, 2010; Cirés i Berástegui, 2011a; Cirés i Berástegui, 2011b) s'han definit 10 litofàcies (taula 4.1 i figura 4.1):

Bretxa de clasts paleozoics (Bp).

Conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp).

Conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc).

Conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp).

Conglomerat matriu-sostingut carbonàtic (Cmc).

Gres lutític vermell (GLv).

Conglomerat gris (Cg).

Gres gris (Gg)

Lutita gris (Lg).

Calcària i marga (CM).



CODI	LITOLOGIA I COLOR	TEXTURA / SELECCIÓ	GRANULOMETRIA	COMPOSICIÓ PREDOMINANT CLASTS	MORFOLOGIA COSSOS SEDIMENTARIS	ESTRUCTURES INTERNES	INTERPRETACIÓ GENÈTICA	AMBIENT SEDIMENTARI	ESPAIATS FRACTURACIÓ (m/diàclasi)
Bp	Bretxa lutítica i gresosa vermell fosc o marró	Matriu-sostingut a clast-sostingut	Clasts màx 20-28 cm. Matriu lutítica sorrenca	> 95 % metal·lútes i metarenites paleozoics	Lenticular. Gruix dm-m, continuïtat hm	Desorganitzat o granodecreixent	Fluxos cohesius	Dipòsits sintectònics	Mal definida
Cp	Conglomerat vermell fosc	Clast-sostingut	Clasts màx 160 cm. Matriu sorra amb poca lutita	60 % pissarres i metarenites paleozoics	Tabular o canaliforme. Gruix màx 2'2 m, continuïtat m-dam	Estratificació horitzontal i creuada.	Fluxos aquosos laminars, trenats o de certa sinuositat	Ventall al·luvial	8'1, 35'0, 37'3, 87,5
Cc	Conglomerat gris	Clast-sostingut	Clasts màx 100 cm. Matriu sorrenca	80 % carbonats mesozoics	Tabular o canaliforme. Gruix màx 1'7 m i continuïtat m-dam	Estratificació horitzontal i creuada.	Fluxos aquosos laminars a trenats	Ventall al·luvial	5'2, 6'2, 6'3, 8'6
Cmp	Conglomerat gres lutític vermell	Matriu-sostingut	Clasts màx 200 cm. Matriu sorra lutítica	60 % pissarres i metarenites paleozoics	Tabular a lenticular. Gruix màx 2'6 m i continuïtat m-hm	Granodecreixent, granodecreixent o desorganitzat	Fluxos cohesius a hiperconcentrats	Ventall al·luvial proximal	Mal definida
Cmc	Conglomerat gres lutític vermell ataronjat	Matriu-sostingut	Clasts màx 380 cm. Matriu sorra lutítica	80 % carbonats mesozoics	Tabular a lenticular. Gruix màx 3'8 m i continuïtat m-hm	Granodecreixent, granodecreixent o desorganitzat	Fluxos cohesius a hiperconcentrats	Ventall al·luvial proximal	Mal definida
GLv	Gres i lutita vermells	Molt mal a moderament seleccionat	Sorra lutítica i lutita.	Siliciclàstic	Gres tabular, lenticular o ondulat, alternat amb lutita. Gruix cm-m i continuïtat m-hm	Massiu, granodecreixent, estratificació paral·lela i creuada	Fluxos aquosos d'inundació laminar i desbordament de canals	Ventall al·luvial distal	0'4, 0'7, 1'2
Cg	Conglomerat gris	Clast-sostingut o matriu-sostingut	Clasts cm. Matriu sorra amb poca lutita	Generalment poligènic	Tabular a lenticular. Gruix dm-m i continuïtat dam-hm	Estratificació creuada	Fluxos aquosos de barra desembocadura	Front deltaic	2'2, 2'5
Gg	Gres gris	Moderadament a molt ben seleccionat	Sorra	Siliciclàstic	Tabular, lenticular o ondulada. Gruix cm-m i continuïtat dam-hm	Estratificació paral·lela i creuada	Fluxos aquosos de barra desembocadura	Front deltaic	0'9, 2'7
Lg	Lutita carbonatada o marge gris blavosa	---	Llim i/o argila	Mixt siliciclàstic / carbonàtic	Tabular	Massiu	Decantació	Prodelta	Mal definida
CM	Calçària gris i marge gris blavosa	Packstone, grainstone o bioconstruïda	---	Calciàtic	Tabular	Massiu, estratificació nodular o orgànic	Precipitació carbonatada bioquímica	Plataforma carbonatada	2'4, 4'8

Taula 4.1: Quadre sintètic de litofàcies.

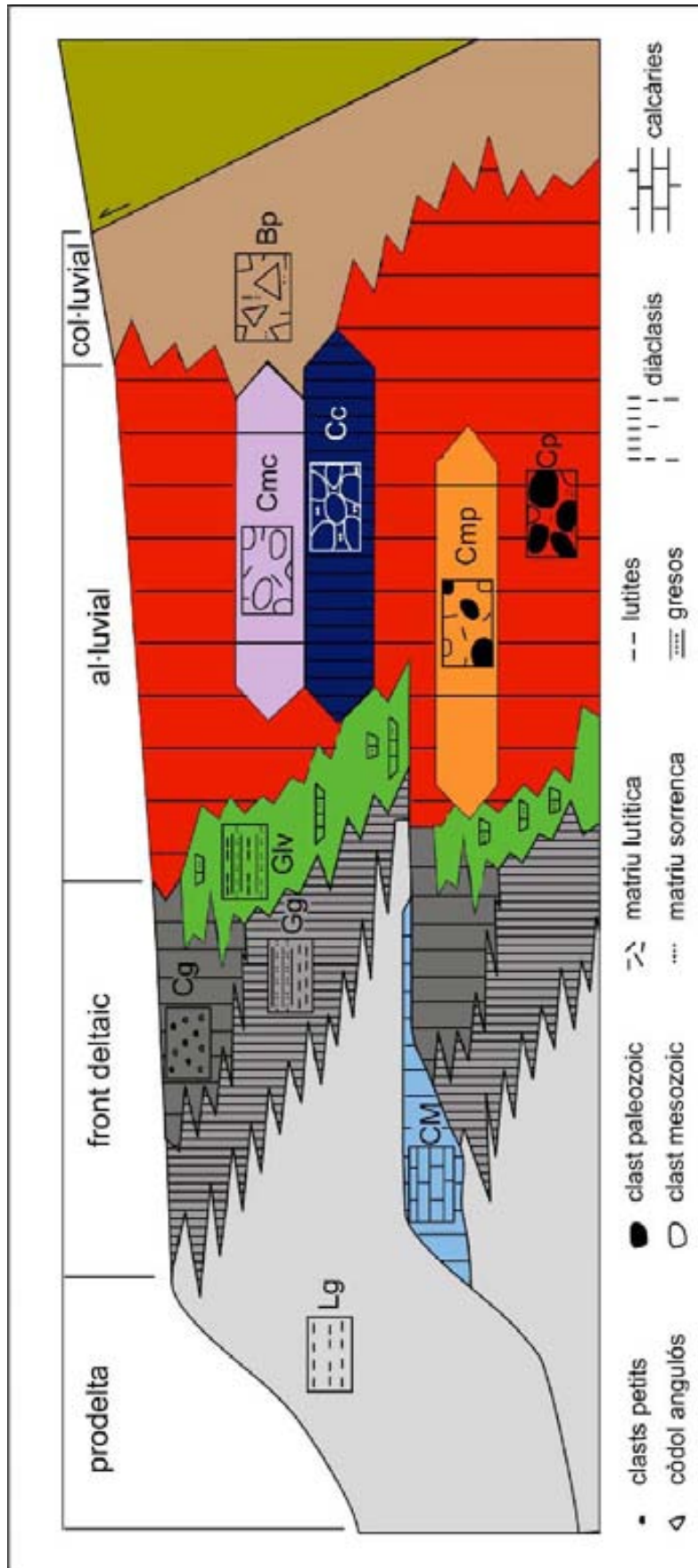


Figura 4.1: Unitats litoestratigràfiques del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt.

## **Bretxa de clasts paleozoics (Bp)**

### **Litologia i color**

Bretxa lutífica i gresosa de color vermell fosc o marró. En alguns punts està constituït per gres amb clasts. També es troben algunes lleties de gres intercalades entre les bretxes.

### **Textura**

Entre matriu-sostingut i clast-sostingut.

### **Granulometria**

Esquelet: Clasts molt angulosos heteromètrics, de diàmetres màxims entre 20 i 28 cm.

Matriu: Argila i llim amb sorra heteromètrica. Color vermell fosc o marró.

### **Composició**

L'esquelet està constituït per: més del 95 % de metalutites i metarenites paleozoiques i menys del 5 % de quars filonià paleozoic. Pot presentar alguns clasts de lidita i calcària paleozoics.

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma lenticular. Gruix d'ordre decimètric a mètric i continuïtat frontal d'ordre hectomètrica.

Contactes poc marcats. Base poc o no erosiva, de morfologia plana o ondulada. Sostre pla o erosionat.

### **Estructures internes**

Desorganitzat o amb certa tendència granodecreixent. Alguna imbricació.

### **Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos cohesius sedimentats davant dels fronts d'encavalcament de materials Paleozoics. Corresponen als nivells de Can Sabater, Can Farrés i Bretxes de la Torre (Anadón, 1978).

### **Relacions estratigràfiques**

Els nivells de Can Sabater es troben des de Matadepera fins al N del Puig de la Creu i estan disposats damunt dels materials de la formació Bretxes del Cairat (Anadón, 1978). S'interpreta la seva relació amb un encavalcament previ al de Can Sallent (López-Blanco, 1994). Assoleixen fins els 20 m de potència i al seu damunt es troben els dipòsits conglomeràtics de Sant Llorenç del Munt (Anadón, 1978).

Els nivells de Can Farrés es troben adossats al N de l'encavalcament de les Pedritxes-la Pineda. Cap al NO es van aprimant, esfilagarsant i interstratificant entre els sediments conglomeràtics del ventall al·luvial.

Els nivells de la Torre es troben adossats al NO de l'encavalcament de les Pedritxes-la Pineda i s'interdigiten en aquesta mateixa direcció amb les fàcies de Vacarisses.

### **Fracturació**

Donada la destacada proporció de lutites a la matriu de la roca, la presència de fractures és molt escassa (figura 4.2.B).

### **Conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp)**

#### **Litologia i color**

Conglomerat de color vermell fosc. Pot presentar lleties de gres vermell intercalades.

#### **Textura**

Clast-sostingut o entre clast/matriu-sostingut.

#### **Granulometria**

Esquelet: Graves subarrodonides/subanguloses heteromètriques, de diàmetres màxims fins a 160 cm.

Matriu: Sorra heteromètrica amb poc llim i argila. Color vermell fosc.

#### **Composició**

L'esquelet està constituït aproximadament per: 60 % de pissarres i metarenites paleozoiques (Carbonífer i Cambrià-Ordovicià), 25 % de carbonats mesozoics (principalment

fàcies Muschelkalk), 5 % de quars filonià paleozoic (Cambrià-Ordovicià) i 10 % d'altres litologies (carbonats, lidites, conglomerats i ignis paleozoics; gres mesozoic; breixa paleògena).

Les mostres R3 i R7, representatives de conglomerat clast-sostingut poligènic, han estat observades al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar matriu, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca el predomini de fracció sorrenca (70-80 %) i la presència de certa fracció lutítica (3-10 %). La proporció de ciment es troba entre el 15-16 % i la porositat oscil·la entre 1-5 %, repartida entre microfracturació i intergranular.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels silicats (48-59 %), pertanyents tan a la fracció sorrenca com a la lutítica. Els constituents dolomítics representen entre el 19-29 % i els calcítics entre el 16-21 % (15-16 % ciment i 1-5 % partícules calcàries).

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular o canalitzada. Fins a 2'2 m de gruix i continuïtat lateral d'ordre mètric a decamètric.

Base erosiva i sostre amb tendència convexa laxa, generalment erosionat.

### **Estructures internes**

Estratificació horitzontal, estratificació creuada de baix angle o estratificació creuada en solc (festoon). També es poden observar alguns còdols imbricats.

### **Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos aquosos laminars, trenats i de certa sinuositat damunt del ventall al·luvial. També es troba el retreballament fluvial de dipòsits de debris flows previs.

La composició poligènica del seu esquelet i matriu suggereix una àrea font emplaçada en materials paleozoics i mesozoics.

### **Relacions estratigràfiques**

Els dipòsits de conglomerat clast-sostingut poligènic constitueixen paquets de potències decamètriques a hectomètriques al llarg de tota l'àrea de ventall al·luvial.



Figura 4.2: **A/** Bretxa de clasts Paleozoics (Bp) dels nivells de Can Farrés a les Pedritxes (Matadepera). Referència d'escala: martell 28 cm llarg. **B/** Presència d'alguna fractura (fletxa groga) als nivells de Can Farrés de les Pedritxes (Matadepera). Referència d'escala: martell 28 cm llarg. **C/** Conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp) al vessant N de la Mola. Referència d'escala: regla 1 m llarg. **D/** Al turó del Boc i al turó de les Nou Cabres es pot observar com les megaclases travessen tot conjunt conglomeràtic. El posterior efecte de l'erosió ha incidit canals i ha aïllat monòlits. **E/** Conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc) a Pregona. Referència d'escala: bossa càmera 15 cm alt.

## **Fracturació**

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació a varis punts (Roca Encavalcada, Falconera i cinglera O del Bolet), amb resultats de 8'1, 35'0, 37'3 i 87,5 m/diàclasi.

Donada la seva menor fracturació respecte els nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic, generalment només resulta afectat per les falles i principals diàclasis del conjunt conglomeràtic (megaclases) (figura 4.2.D), mentre que tan sols desenvolupa algunes interclases a favor de certes seccions (Andrés, 1964).

## **Conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc)**

### **Litologia i color**

Conglomerat de color gris. Pot presentar algunes lleties de gres vermell intercalades.

### **Textura**

Clast-sostingut.

### **Granulometria**

Esquelet: Graves arrodonides/subarrodonides/subanguloses heteromètriques, de diàmetres màxims fins a 100 cm.

Matriu: Sorra heteromètrica amb gens o molt poc llim i argila. Color gris.

### **Composició**

L'esquelet està constituït aproximadament per: 80 % de carbonats mesozoics (fàcies Muschelkalk), 10 % de pissarres i metarenites paleozoiques (Carbonífer i Cambrià-Ordovicià) i 10 % d'altres litologies (quars, carbonats, ignis, conglomerats i lidites paleozoics; gres mesozoic; bretxes i lutites paleògenes).

Les mostres R4 i R6, representatives de conglomerat clast-sostingut carbonàtic, han estat observades al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar matriu, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca el predomini de fracció sorrenca (80 %) i la quasi absència de fracció lutítica (0-1 %). La proporció de ciment es troba entre el 14-19 % i la porositat oscil·la entre 1-5 %, repartida entre microfracturació i intergranular.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels grans dolomítics (40-42 %). Les partícules silíciques, pertanyents tan a la fracció sorrenca com a l'escassa proporció lutítica, representen entre el 33-34 %. Els constituents calcítics es troben en una proporció entre el 19-24 % (14-19 % ciment i 5-5 % partícules calcàries).

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular o canalitzada. Fins a 1'7 m de gruix i continuïtat lateral d'ordre mètric a decamètric.

Base erosiva i sostre amb tendència convexa laxa, generalment erosionat.

### **Estructures internes**

Estratificació horitzontal, estratificació creuada de baix angle o estratificació creuada en solc (festoon). També es poden observar algunes imbricacions de còdols.

### **Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos aquosos laminars a trenats damunt del ventall al·luvial. Sovint també es troba el retreballament fluvial de dipòsits de debris flows previs.

La composició predominantment carbonàtica del seu esquelet i matriu suggereix una àrea font relativament restringida en materials triàsics, principalment de la fàcies Muschelkalk.

### **Relacions estratigràfiques**

Els dipòsits de conglomerat clast-sostingut carbonàtic constitueixen nivells de màxim 20-30 m de potència intercalats entre els paquets de conglomerat clast-sostingut poligènic (figura 4.3.A), al llarg de tota l'àrea de ventall al·luvial.

Donades les característiques litològiques, genètiques i la continuïtat estratigràfica dels nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic, fan que siguin bons nivells guia per tot el sistema al·luvial fins la zona marina (Anglés i Maestro, 2010-2011).

### **Fracturació**

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació a varis punts (Roca Encavalcada, Falconera, Quarto de Reixa i cinglera O del Bolet), amb resultats de 5'2, 6'2, 6'3, i 8'6 m/diàclasi. Presenten una xarxa de diàclasi més densa que en el cas dels conglomerats clast-sostinguts poligènics,



predominant les interclases (Andrés, 1964). A més també estan tallats per les falles i megaclases de tot el conjunt conglomeràtic (figura 4.3.B).

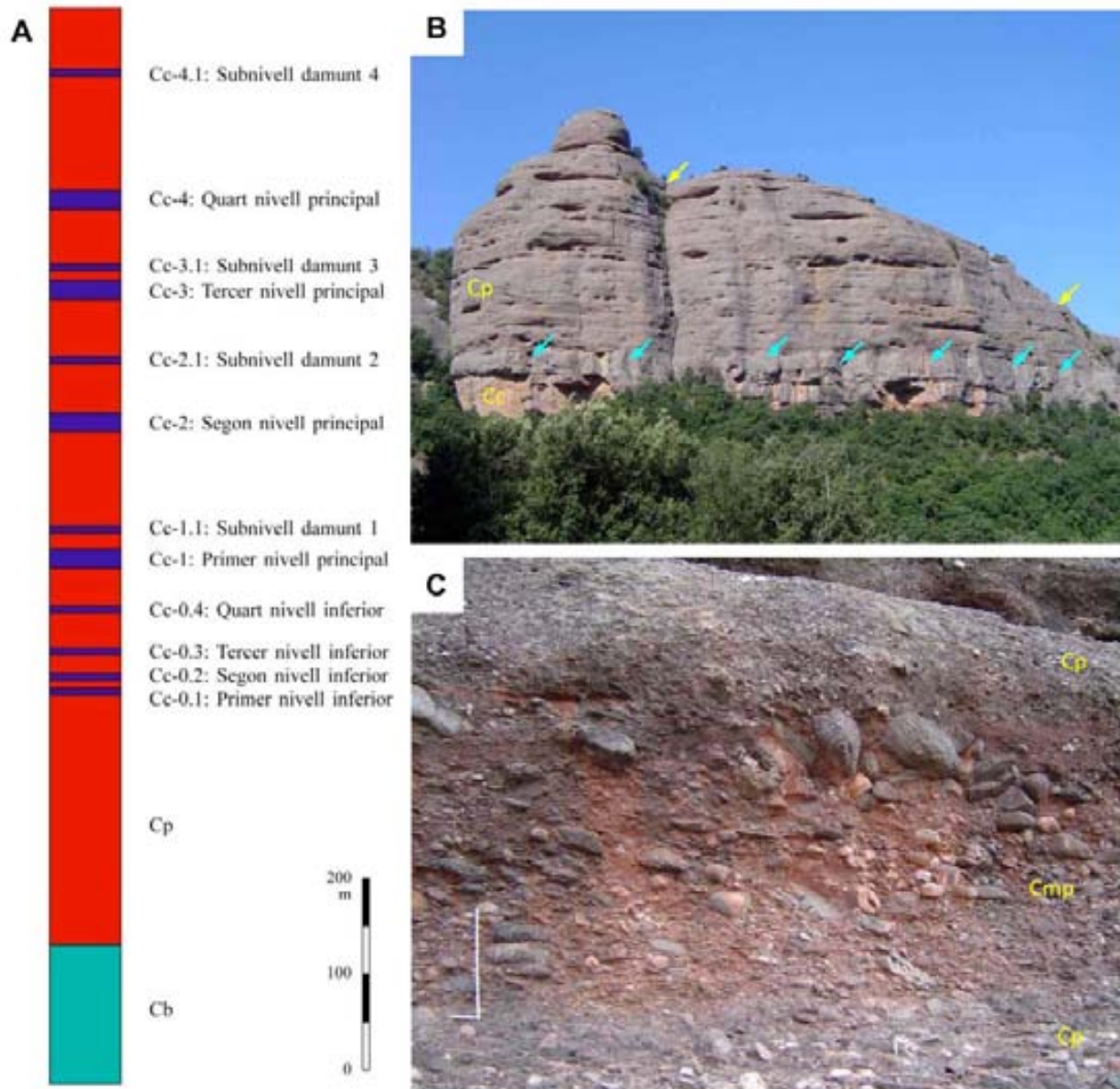


Figura 4.3: **A/** Secció litoestratigràfica sintètica dels nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc) de tot el ventall al·luvial. **B/** A la base de la cinglera de la Falconera es pot observar un nivell de Cc afectat per vàries interclases (fletxes blaves) i travessat per algunes megaclases (fletxes grogues) que afecten a tot el conjunt conglomeràtic. **C/** Conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp) a la paret del Bolet de Can Pobla. Referència d'escala: regla 1 m llarg.

## **Conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp)**

### **Litologia i color**

Conglomerat gres-lutític de color vermell o vermell ataronjat.

### **Textura**

Matriu-sostingut. A vegades és entre matriu i clast-sostingut.

### **Granulometria**

Esquelet: Graves subarrodonides/subanguloses/anguloses heteromètriques, de diàmetres màxims fins a 200 cm.

Matriu: Sorra heteromètrica amb llim i argila. Color vermell o vermell ataronjat.

### **Composició**

L'esquelet està constituït aproximadament per: 60 % de pissarres i metarenites paleozoiques (Carbonífer i Cambrià-Ordovicià), 25 % de carbonats mesozoics (principalment fàcies Muschelkalk), 5 % de quars filonià paleozoic (Cambrià-Ordovicià) i 10 % d'altres litologies (carbonats, lidites, conglomerats i ignis paleozoics; gres mesozoic; breixa paleògena).

La mostra R5, corresponent a conglomerat matriu-sostingut poligènic, ha estat observada al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar matriu, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca l'abundant fracció sorrenca (72 %) seguida de la fracció lutítica (21 %). La porositat representa el 5 %, repartida entre microfracturació i intergranular, i el ciment el 2 %.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels silicats (71 %), pertanyents tan a la fracció sorrenca com a la lutítica. Els constituents dolomítics representen el 20 % i els calcítics el 3 % (2 % ciment i 1 % partícules calcàries).

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular, a gran escala lenticulars. Fins a 2'6 m de gruix i continuïtat lateral d'ordre mètric a hectomètric.

Base plana poc o no erosiva i sostre pla a convex, generalment erosionat.

**Estructures internes**

Granocreixent amb un tram final granodecreixent, sovint erosionat. També es pot presentar granodecreixent o totalment desorganitzat.

**Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos cohesius a hiperconcentrats generats en moments d'avingudes torrencials i sedimentats damunt del ventall al·luvial proximal.

La composició poligènica del seu esquelet i matriu suggereix una àrea font emplaçada en materials Paleozoics i Mesozoics.

**Relacions estratigràfiques**

Es troben en seccions proximals conjuntament amb dipòsits de conglomerat clast-sostingut poligènic. La seva evolució frontal i lateral tendeix a la segregació de fàcies gresoses i lutítiques.

**Fracturació**

El seu percentatge de fracció lutítica amorteix significativament el comportament fràgil, acostumant-se a presentar poc fracturat (figura 4.4.A). No obstant, quan es troba intercalat entre els conglomerats clasts-sostinguts pot incrementar notablement el seu grau de fracturació.

**Conglomerat matriu-sostingut carbonàtic (Cmc)****Litologia i color**

Conglomerat gres-lutític de color vermell ataronjat o taronja.

**Textura**

Matriu sostingut. A vegades, entre matriu i clast-sostingut.

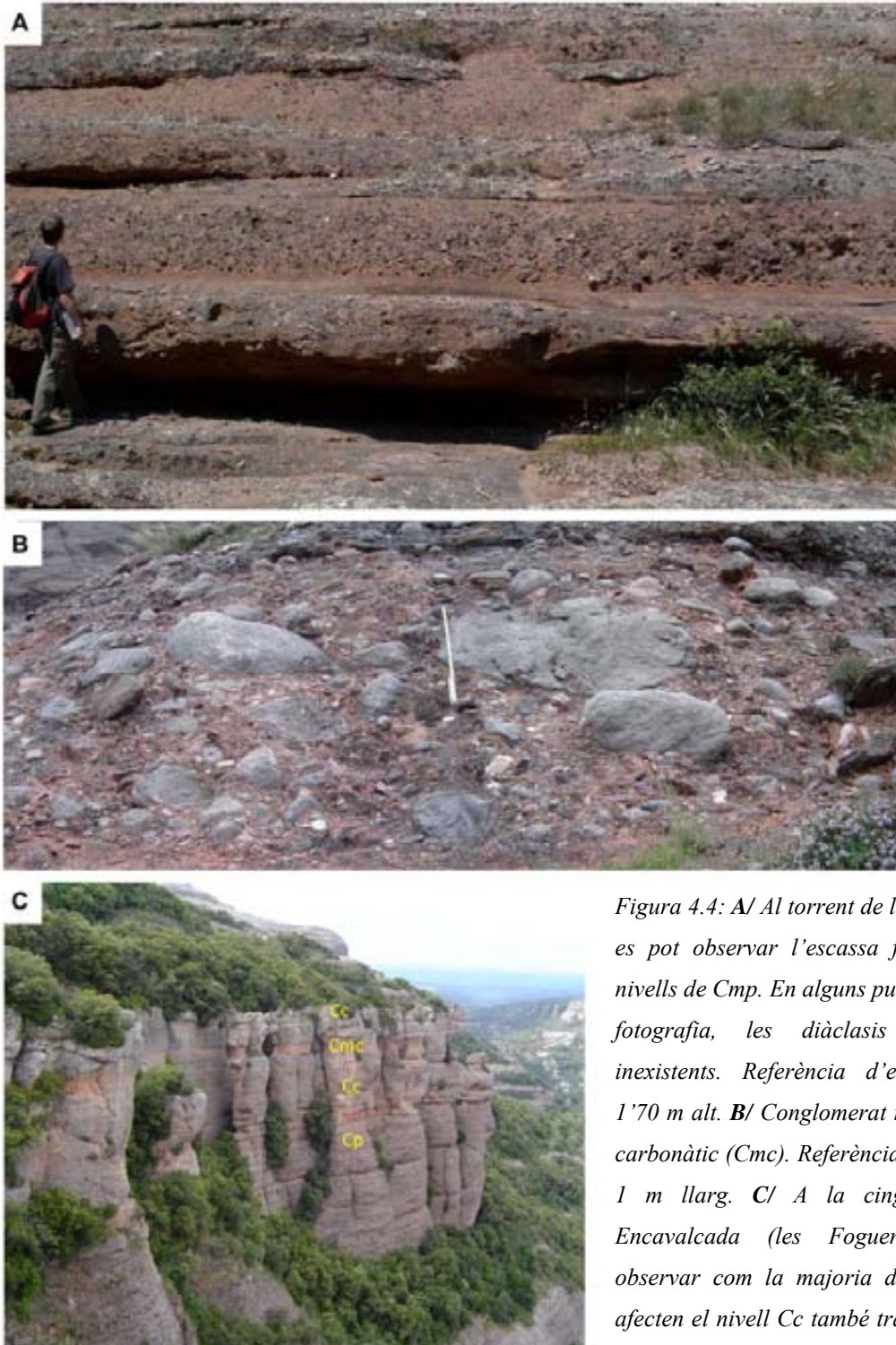
**Granulometria**

Esquelet: Graves subarrodonides/subanguloses/anguloses heteromètriques, de diàmetres màxims fins a 380 cm.

Matriu: Sorra heteromètrica amb llim i argila. Color vermell ataronjat o taronja.

## Composició

L'esquelet està constituït aproximadament per: 80 % de carbonats mesozoics (fàcies Muschelkalk), 10 % de pissarres i metarenites paleozoiques (Carbonífer i Cambrià-Ordovicià) i 10 % d'altres litologies (quars, carbonats, ignis, conglomerats i lidites paleozoics; gres mesozoic; bretxes i lutites paleògenes).



*Figura 4.4: A/ Al torrent de la font del Conill es pot observar l'escassa fracturació dels nivells de Cmp. En alguns punts, com el de la fotografia, les diàclasis són gairebé inexistents. Referència d'escala: persona 1'70 m alt. B/ Conglomerat matriu-sostingut carbonàtic (Cmc). Referència d'escala: regla 1 m llarg. C/ A la cinglera de Roca Encavalcada (les Fogueroses) es pot observar com la majoria de diàclasis que afecten el nivell Cc també travessen el nivell Cmc intercalat.*

La mostra R8, representativa de conglomerat matriu-sostingut carbonàtic, ha estat observada al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar matriu, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca la baixa porositat (1 %), que es reparteix entre microfracturació i intergranular. També es pot constatar que la fracció sorrenca és força més abundant (86 %) que la lutítica (10 %). El ciment representa el 3 %.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels silicats (56 %), pertanyents tan a la fracció sorrenca com a la lutítica. Els constituents dolomítics representen el 35% i els calcítics el 6 % (3 % ciment i 3 % partícules calcàries).

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular, a gran escala lenticulars. Fins a 3'8 m de gruix i continuïtat lateral d'ordre mètric a hectomètric.

Base plana poc o no erosiva i sostre pla a convex, generalment erosionat.

### **Estructures internes**

Granocreixent amb un tram final granodecreixent, sovint erosionat. També es pot presentar granodecreixent o totalment desorganitzat.

### **Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos cohesius a hiperconcentrats generats en moments d'avingudes torrencials i sedimentats damunt del ventall al·luvial proximal.

La composició del seu esquelet és predominantment carbonàtica i la matriu és siliciclàstica amb abundants clasts dolomítics. De la mateixa manera que el conglomerat clast-sostingut carbonàtic, suggereix una àrea font relativament restringida en materials triàsics, principalment de la fàcies Muschelkalk.

### **Relacions estratigràfiques**

Es troben en seccions proximals conjuntament amb dipòsits de conglomerat clast-sostingut carbonàtic.

**Fracturació**

El seu percentatge de fracció lutítica amorteix significativament el comportament fràgil, acostumant-se a presentar poc fracturat. No obstant, quan es troba intercalat entre els conglomerats clasts-sostinguts pot incrementar notablement el seu grau de fracturació (figura 4.4.C).

**Gres i lutita vermells (GLv)****Litologia i color**

Gres i lutita de color vermell.

**Grau de selecció**

Molt mal a moderadament seleccionat.

**Granulometria**

Sorra heteromètrica amb llim i argila, llim i argila.

**Composició**

La mostra R1, representativa de gres lutític vermell, ha estat observada al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar els grans, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca l'abundant fracció lutítica (58 %) seguida de la fracció sorrenca (40 %). La porositat representa el 1 %, bàsicament per alguna microfractura. La porositat intergranular és quasi nul·la. El ciment constitueix el 1 %.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels silicats (90 %), pertanyents tan a la fracció sorrenca com a la lutítica. Els constituents calcítics representen el 5 % (1 % ciment i 4 % partícules calcàries) i els dolomítics tant sols el 1 %.

**Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular, lenticular o ondulat. Gruix d'ordre centimètric a mètric i continuïtat lateral d'ordre mètric a hectomètric. S'acostumen a presentar alternats cossos de gres amb nivells lutítics.

Base plana, còncava o ondulada, entre no erosiva i erosiva, a vegades transicional. Sovint s'adapta al relleu previ. Sostre pla, convex o ondulat, a vegades erosionat.

### **Estructures internes**

Massiu, granodecreixent, estratificació paral·lela, estratificació creuada planar, estratificació creuada en solc o estratificació creuada hummocky. Pot presentar bioturbacions, marques d'arrels, nòduls carbonatats i esquerdes de dessecació.

### **Interpretació genètica**

Corresponen a la deposició damunt la zona de ventall al·luvial distal de la fracció gresosa i lutítica segregada dels fluxos cohesius, hiperconcentrats i aquosos. Es tracta de dipòsits d'inundació en làmina i de desbordament de canals.

La seva composició rica en siliciclastes sembla relacionada amb la composició predominant de la matriu dels sediments conglomeràtics. El conglomerat clast-sostingut carbonàtic és l'únic que presenta una matriu menys rica en silicats, conseqüència del rentat gairebé total de la fracció lutítica. Aquests fets reforcen l'explicació genètica que el gres i lutita vermells corresponen a la deposició distal de la fracció sorrenca i lutítica segregada dels fluxos originaris que van sedimentar els conglomerats.

### **Relacions estratigràfiques**

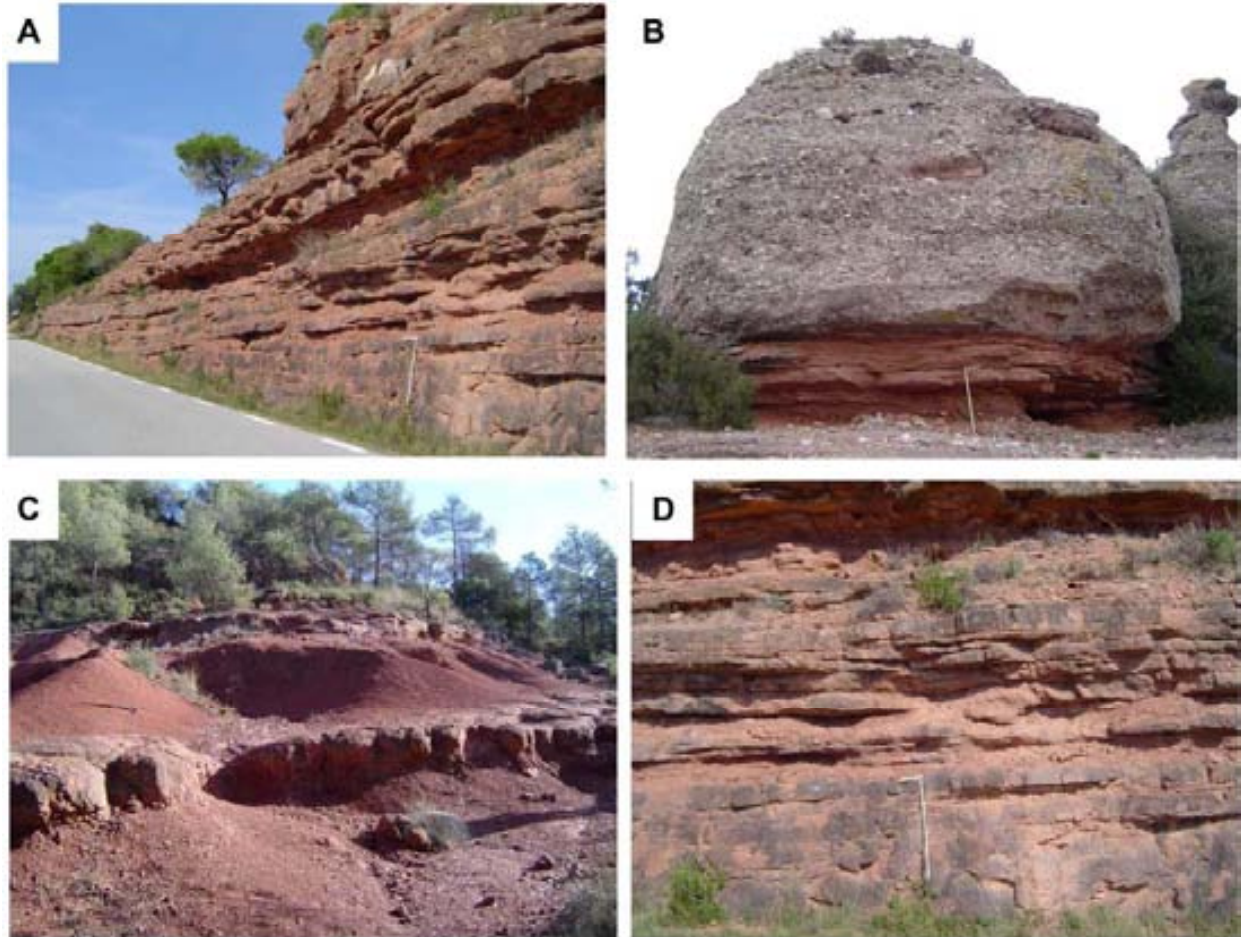
Es troben principalment a la zona de ventall al·luvial distal, constituint una orla al front dels conglomerats de la zona de ventall proximal. També es presenten de forma localitzada alguns nivells de gres i lutita vermells intercalats entre els conglomerats de la part proximal (figura 4.5.B).

A les zones marginals del ventall al·luvial es troben extensos dipòsits de lutita i gres vermells, amb el progressiu augment de les lutites cap a zones més distals. Corresponen a les fàcies de Vacarisses, al SO, i de Sant Llorenç Savall, al NE (Anadón, 1978) (figura 4.5.C).

Les fàcies de gres i lutita vermells de la zona de ventall al·luvial distal passen a gresos grisos cap a la zona de front deltaic.

## Fracturació

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació a varis afloraments de gres (Rocafort, Cantacorbs i les Vendranes), amb resultats de 0'4, 0'7 i 1'2 m/diàclasi. Generalment es tracta d'interclases desenvolupades en gresos i limitades pels nivells lutítics intercalats (figura 4.5.D)



*Figura 4.5: A/ Gres i lutita vermells (GLv) a Cantacorbs (Mura). Referència d'escala: regla 1 m llarg. B/ Als Tres Jutges es pot observar gres i lutita vermells (GLv) a la base del nivell de conglomerat clast-sostingut carbonàtic. Referència d'escala: regla 1 m llarg. C/ A la zona de les Vendranes afloren lutites i gresos vermells de la fàcies de Vacarisses (Anadón, 1978). Referència d'escala: bastó trekking 1'2 m llarg. D/ A la zona de Cantacorbs (Mura) es poden observar varis nivells gres amb interclases limitades pels nivells lutítics intercalats. Referència d'escala: regla 1 m llarg.*

## Conglomerat gris (Cg)

### Litologia i color

Conglomerat de color gris. Pot presentar algunes lleties de gres gris intercalades.



**Textura**

Clast-sostingut o matriu-sostingut.

**Granulometria**

Esquelet: Graves arrodonides/subarrodonides/subanguloses heteromètriques, de diàmetre mitjà d'ordre centimètric.

Matriu: Sorra heteromètrica amb poc llim i argila. Color gris.

**Composició**

Generalment poligènic.

**Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular a lenticular. Gruix d'ordre decimètric a mètric i continuïtat lateral d'ordre decamètrica a hectomètrica. Base erosiva.

**Estructures internes**

Estratificació creuada planar o en solc. Pot presentar còdols perforats per organismes incrustants.

**Interpretació genètica**

Dipòsits de fluxos principalment aquosos damunt del front deltaic en forma de les barres de desembocadura (figura 4.6.B). A vegades, els dipòsits conglomeràtics presenten retreballament per les onades.

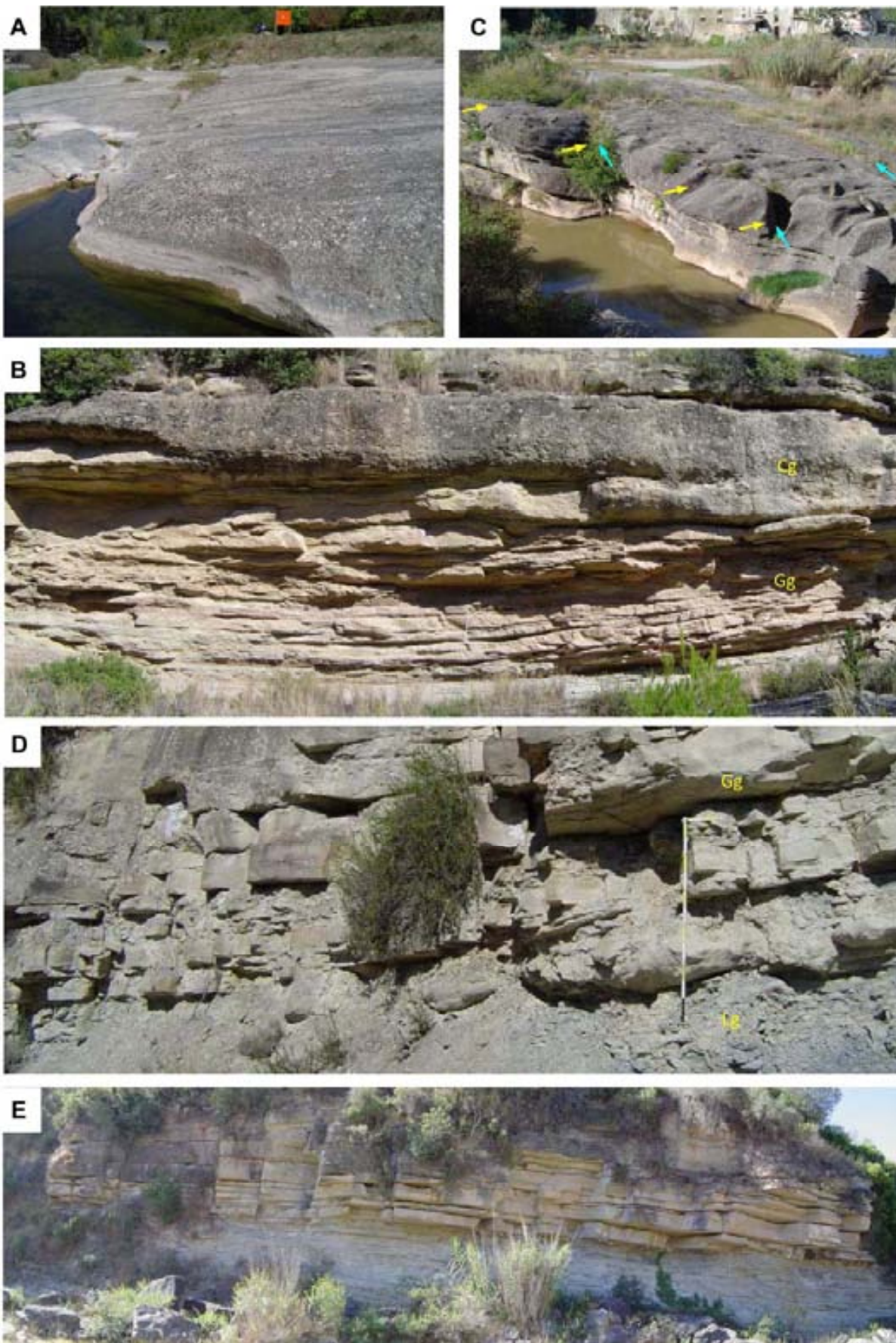
**Relacions estratigràfiques**

Es relacionen amb els conglomerats de la zona de ventall al·luvial que arriben al front deltaic. Evolucionen frontalment cap a gres gris.

També s'han trobat a la zona marina alguns dipòsits conglomeràtics matriu-sostinguts provinents de la zona subaèria a partir de fluxos cohesius.

**Fracturació**

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació en alguns punts (Pont de Vilomara), amb resultats de 2'2 i 2'5 m/diàclasi.



*Figura 4.6: A/ Conglomerat gris (Cg) a la riera de Mura (Rocafort). Referència d'escala: regla 1 m llarg. B/ A la riera de Santa Creu (Pont de Vilomara) aflora una seqüència granocreixent i estratocreixent típica de barra de desembocadura, amb el conglomerat gris (Cg) de canal distributari a la part superior. Referència d'escala: regla 1 m llarg. C/ El nivell de conglomerat gris de Pont de Vilomara presenta una xarxa ortogonal de diàclasis (fletxes blaves i grogues). D/ Gres gris (Gg) al torrent de les Esqueies (Mura). Referència d'escala: regla 1 m llarg. E/ Nivells de gres gris (Gg) de la riera de Santa Creu (Pont de Vilomara) amb una xarxa de diàclasis ben desenvolupada. Referència d'escala: regla 1 m llarg.*

## **Gres gris (Gg)**

### **Litologia i color**

Gres de color gris.

### **Grau de selecció**

Moderadament a molt ben seleccionat.

### **Granulometria**

Sorra de molt fina a molt grollera.

### **Composició**

La mostra R2, representativa de gres gris, ha estat observada al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar els grans, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, destaca l'abundant fracció sorrenca (80 %) i la inexistent fracció lutítica (0 %). El ciment constitueix el 19 %. La porositat representa el 1 %, bàsicament per alguna microfractura.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini dels silicats (55 %), pertanyents tan a la fracció sorrenca, donat que no presenta lutita. Els constituents calcítics representen el 29 % (19 % ciment i 10 % partícules calcàries) i els dolomítics el 5 %.

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Cossos de forma tabular, lenticular o ondulada. Gruix d'ordre centimètric a mètric i continuïtat lateral d'ordre decamètrica a hectomètrica. Base generalment entre poc erosiva i erosiva. Sostre pla o ondulat.

Sovint presenta intercalacions de nivells de lutita gris.

### **Estructures internes**

Estratificació paral·lela, estratificació creuada, ripples d'onades o estratificació creuada hummocky. Pot presentar bioturbació i deformació sinsedimentària.

### **Interpretació genètica**

Correspon principalment a la deposició de la fracció gresosa de les barres de desembocadura damunt del front deltaic. També es pot trobar gres gris posteriorment retreballat en ambient de platja o formant part de capes de tempesta i turbidites a la zona de prodelta.

La seva composició és rica en siliciclastes, de la mateixa manera que la mostra de gres vermell (R1) i la matriu dels sediments conglomeràtics (principalment R5 i R8). A la mostra de gres gris (R2) ha disminuït la proporció de constituents silícics respecte al gres vermell, probablement donada l'absència de fracció lutítica. D'aquesta manera, la sorra i els fins provinents de la zona de ventall al·luvial que arriben fins al front deltaic, són generalment segregats i dipositats en funció de la granulometria, generalment com a gresos relativament seleccionats al mateix front deltaic, i com a lutites al prodelta.

### **Relacions estratigràfiques**

Es relacionen cap a continent amb els gresos vermells del ventall al·luvial distal i amb els conglomerats grisos de les barres de desembocadura. Evolucionen frontalment cap a lutita gris a la zona de prodelta.

### **Fracturació**

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació a varis punts (torrent de les Esqueies i riera Santa Creu), amb resultats de 0'9 i 2'7 m/diàclasi (figura 4.6.D i E).

### **Lutita gris (Lg)**

#### **Litologia i color**

Lutita carbonatada o marga. Color gris o gris blavosa.

#### **Granulometria**

Llim i argila, o marga.

**Morfologia dels cossos sedimentaris**

Trams lutítics o margosos amb intercalacions de nivells de gres gris distals (capes de tempesta), capes esllavissades subaquàticament (*slumps*) i nivells turbidítics.

**Estructures internes**

Massiu. Pot presentar bioturbació important i bioclastes.

**Interpretació genètica**

Correspon a la deposició damunt del prodelta de la fracció lutítica principalment provinent de la zona continental.

**Relacions estratigràfiques**

Es relaciona proximalment amb els gresos grisos de front deltaic.

**Fracturació**

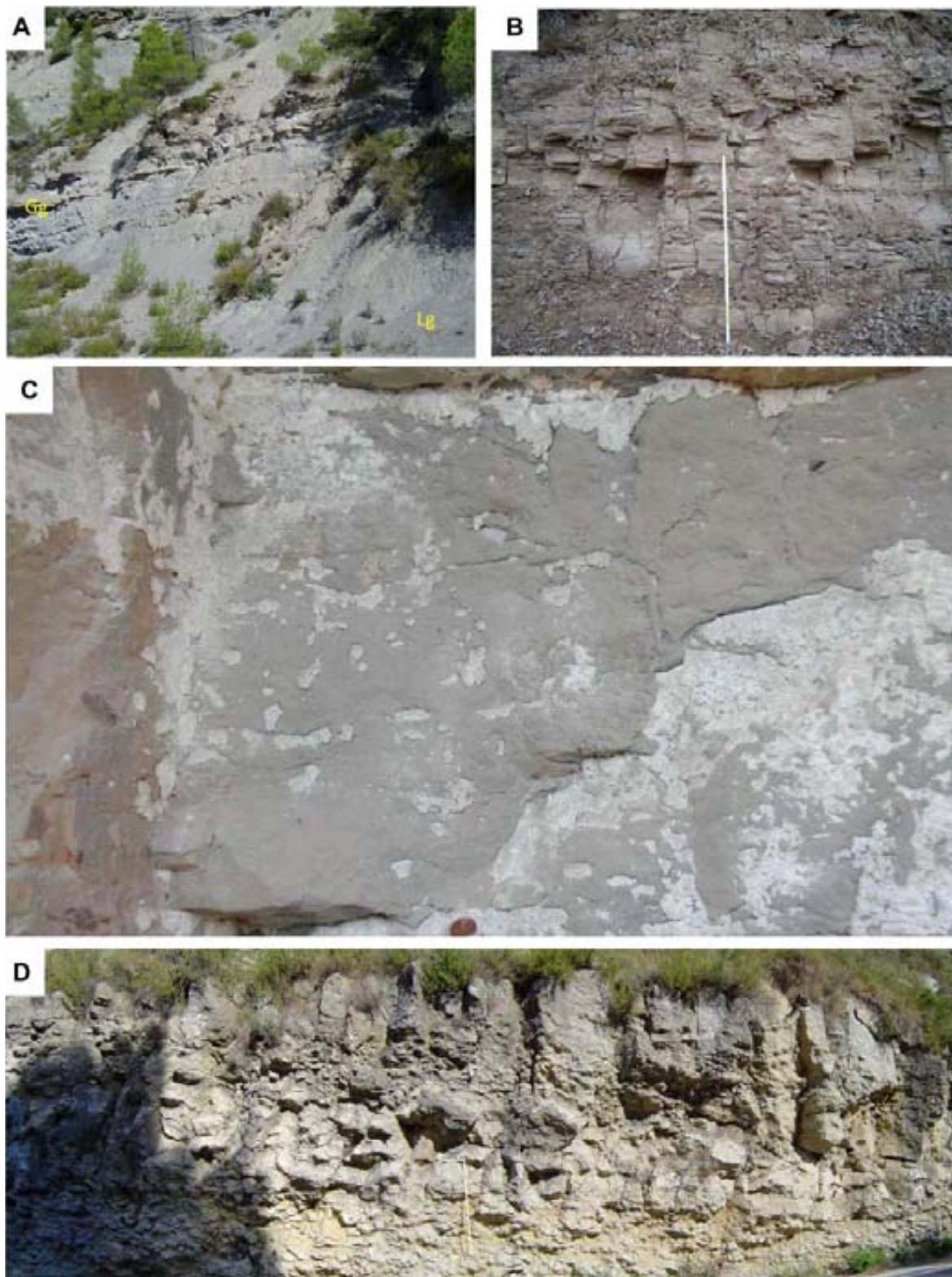
Donat el seu caràcter lutític, no acostuma a presentar fractures. No obstant, els trams més llimosos o margosos, ben litificats, poden desenvolupar certa fracturació (figura 4.7.B).

**Altres característiques**

En els materials margosos de la zona marina del ventall deltaic han estat identificades eflorescències actuals de sulfats magnèsics: hexahidrita  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i epsomita  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Mata-Perelló, 1979; 1981; 1983; Mata-Perelló i Colldeforns, 1988; Mata-Perelló i Sanz, 1988; Mata-Perelló, 1990). Segons els citats autors, aquestes mineralitzacions s'han produït a partir de les aigües d'infiltració que han circulat en contacte amb els nivells margosos.

Otero et al. (2007) van trobar  $\text{SO}_4$  a les aigües de la riera de Calders i a la part baixa de la riera de Mura, atribuïnt-la a l'oxidació de la pirita que es troba disseminada a les margues.

Als afloraments de la Riera de Santa Creu i al Pont de Vilomara, la presència de sulfats magnèsics es pot observar en forma d'eflorescències macroscòpiques a les lutites grises i també als gresos grisos (figura 4.7.C).



*Figura 4.7: A/ En alguns trams de la riera de Santa Creu afloren potents dipòsits de lutita gris (Lg), sovint amb intercalacions de nivells de gres gris (Gg). Referència d'escala: regle 1 m llarg. B/ Tram llimós de la zona de prodelta amb presència de fractures (Castellbell). Referència d'escala: regle 1 m llarg. C/ Gres gris (Gg) amb eflorescències de sulfats magnèsics a la riera de Santa Creu (Pont de Vilomara). Referència d'escala: moneda de 2 cm diàmetre. D/ Calcària i Marga (CM) a l'aflorament de Castellbell. Referència d'escala: regle 1 m llarg.*

## **Calcària i marga (CM)**

### **Litologia i color**

Calcària de color gris amb intercalacions de marga de color gris blavosa, calcària margosa o margocalcària.

### **Textura**

Generalment *packstone* o *grainstone*. A vegades bioconstruïda. Matriu micrítica.

### **Composició**

El tipus de grans són majoritàriament bioclàstics (nummulits, discociclins, equínids, bivalves, briozous i coralls) i una proporció variable de grans detrítics (principalment quars).

La mostra R9, corresponent a una calcària de textura *packstone*, ha estat observada al microscopi petrogràfic per tal d'analitzar els grans, ciment i porositat (annex 4: petrologia). Pel que fa a la textura, té un 74 % de grans (60 % bioclàstics i 14 % detrítics) i un 24 % de micrita. Els grans bioclàstics són majoritàriament de nummulits i discociclins. Els grans detrítics són principalment de quars, amb algunes miques i fragments de roca. La porositat representa el 1 %, per microfracturació i de tipus intergranular. El ciment constitueix el 1 %.

Pel que fa a la composició mineralògica de la mateixa mostra, en resulta un predomini de la calcita (84 %), corresponent a: grans calcítics, matriu micrítica i ciment esparític. Els constituents silícics representen el 13 % (grans detrítics) i no n'hi ha de dolomítics.

### **Morfologia dels cossos sedimentaris**

Constitueixen trams carbonatats amb un gruix d'ordre mètric a decamètric i extensió d'ordre hectomètrica a quilomètrica.

### **Estructures internes**

Massiu, estratificació nodular (per compactació diferencial entre calcària i marga) (figura 4.7.D) o bioconstrucció.

### **Interpretació genètica**

Corresponen a dipòsits damunt la plataforma soma de calcàries bioclàstiques o bioconstruïdes, amb margues.

Morsilli et al. (2012) van estudiar les bioconstruccions de corall formades durant el Priabonià inferior a la part superior de les margues de la Formació Arguis (zona Central Sud Pirinenca), constatant similituds rellevants amb els bioherms que es van desenvolupar a la zona entre Igualada i Vic, en la que s'inclou Sant Llorenç del Munt. Segons els darrers autors, aquestes estructures orgàniques es van desenvolupar en un entorn molt diferent als actuals esculls de corall d'ambient tropical. Es tractava d'un ambient dominat pels sediments fins, en condicions de poca llum, a certa distància o entre els lòbuls deltaics actius i per sota del nivell de base de les onades. Fins i tot, eren resistents a eventuals aportacions de capes de gres a partir de fluxos hiperpícnics induïts per tempestes o inundacions.

### **Relacions estratigràfiques**

Acostumen a dipositar-se en forma de cicles someritzants. S'interdigiten amb els gresos grisos de front deltaic i amb les lutites grises de prodelta.

### **Fracturació**

S'ha mesurat l'espaiat de fracturació dels trams calcaris a varis punts (Sant Vicenç Castellet i Manresa), amb resultats de 2'4 i 4'8 m/diàclasi.



## **4.2- RELACIONS ESPACIALS**

En funció de les característiques sedimentològiques de les litofàcies es poden establir les relacions en la seva distribució horitzontal.

La litofàcies de bretxes de clasts Paleozoics (Bp) es troben adossades als fronts d'encavalcament de materials Paleozoics. Es situen a la vora més proximal del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt i tenen una escassa continuïtat frontal (Anadón, 1978; López-Blanco, 1994). S'interdigiten amb els conglomerats del ventall al·luvial, enregistrant molt poca evolució dels seus dipòsits. L'extensió dels nivells de Can Farrés i la Torre al davant de la làmina encavalcant de Les Pedritxes-la Pineda és d'ordre hectomètrica (annex 2: cartografia geològica).

Les litofàcies conglomeràtiques clast-sostingudes (Cp, Cc) s'estenen des del límit dels Catalànids fins uns 12-14 kilòmetres dins la conca de l'Ebre en forma de ventall al·luvial. A la zona de ventall al·luvial proximal s'intercalen conglomerats matriu-sostinguts (Cmp i Cmc) entre els dipòsits anteriors. Els conglomerats evolucionen frontal i lateralment cap a dipòsits gresosos i lutítics de ventall al·luvial distal.

A la zona de ventall al·luvial distal predominen els gresos i lutites vermells (GLv) amb intercalacions de conglomerats (Cp i Cc), constituint una orla de màxim 1'5 Km al davant del ventall al·luvial proximal (López-Blanco et al., 1994) (figures 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 i annex 2). Els conglomerats en aquesta part distal del ventall solcaven la plana al·luvial principalment a través de canals distributaris. Els seus desbordaments, juntament els diferents events d'inundació laminar que arribaven a la part distal segurament evolucionats a partir de fluxos cohesius i hiperconcentrats, constituïen els dipòsits gresosos i lutítics vermells.

Quan els canals distributaris arribaven al mar constituïen les barres de desembocadura, amb dipòsits de conglomerat gris (Cg) i gres gris (Gg), amb intercalacions de lutita gris. També podien arribar al mar els fluxos aquosos d'inundació laminar i de desbordament que solcaven el ventall al·luvial distal, constituint dipòsits sorrenes (Gg). Tots ells desenvolupaven el front deltaic.

Mar endins es dipositaven lutites grises (Lg) amb intercalacions de gres gris (capes de tempesta, *slumps* i turbidites), constituint la zona de prodelta.

Damunt la plataforma soma, en badies protegides o àrees situades entre zones de desembocadura, es desenvolupaven acumulacions bioclàstiques i/o bioconstruccions calcàries, amb margues (CM) (Maestro, 1987; López-Blanco, 1996; Morsilli et al., 2012). Constituïen l'ambient de plataforma carbonatada.

Pel que fa a l'apilament vertical de litofàcies, es poden tractar separatament les continentals (Bp, Cp, Cc, Cmp, Cmc i GLv) de les marines (Cg, Gg, Lg i CM).

La zona de ventall al·luvial proximal està constituïda per potents trams de conglomerats poligènics (Cp i Cmp) amb varis nivells de conglomerats carbonàtics intercalats (Cc i Cmc) (figura 4.3). Les variacions en la composició de l'esquelet dels conglomerats ha estat interpretat com a canvis bruscos de l'àrea font, presumptament relacionats amb l'activitat tectònica (López-Blanco, 1996). Donada la predominança de clasts d'origen Muschelkalk en el conglomerat carbonàtic (Cc i Cmc), es possible plantejar la situació d'una àrea font relativament restringida en els materials triàsics situats a la vora de la conca. Els dipòsits de conglomerats poligènics (Cp i Cmp) poden respondre molt probablement a l'encaixament i extensió de la xarxa de drenatge per una zona més interna dels Catalànids, abastant materials més baixos en la sèrie triàsica i arribant fins a les litologies paleozoïques. El registre de cossos sedimentaris de conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp) són de major entitat respecte als de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc), el que pot ser explicat per la major extensió de la xarxa de drenatge en aquest moment, afavorint fluxos més cabalosos (Anglés, 2009). Quan la tectònica reactivava el relleu, era probable que l'àrea font tornés a quedar restringida a la franja de materials Triàsics, més propera al sistema deposicional, i predominant altra vegada les litologies del Muschelkalk a l'esquelet dels conglomerats.

L'alternança de conglomerats sedimentats per fluxos cohesius i aquosos dins d'un context de similar àrea font, marcada per la composició litològica dels clasts, denota unes variacions en les condicions sedimentàries d'una freqüència més elevada que podrien estar provocades per canvis climàtics. Els moments d'aridesa més accentuada, amb precipitacions escasses i torrencials, afavoririen els fluxos cohesius (Cmp i Cmc), mentre els períodes més plujosos provocarien fluxos més aquosos (Cp i Cc).

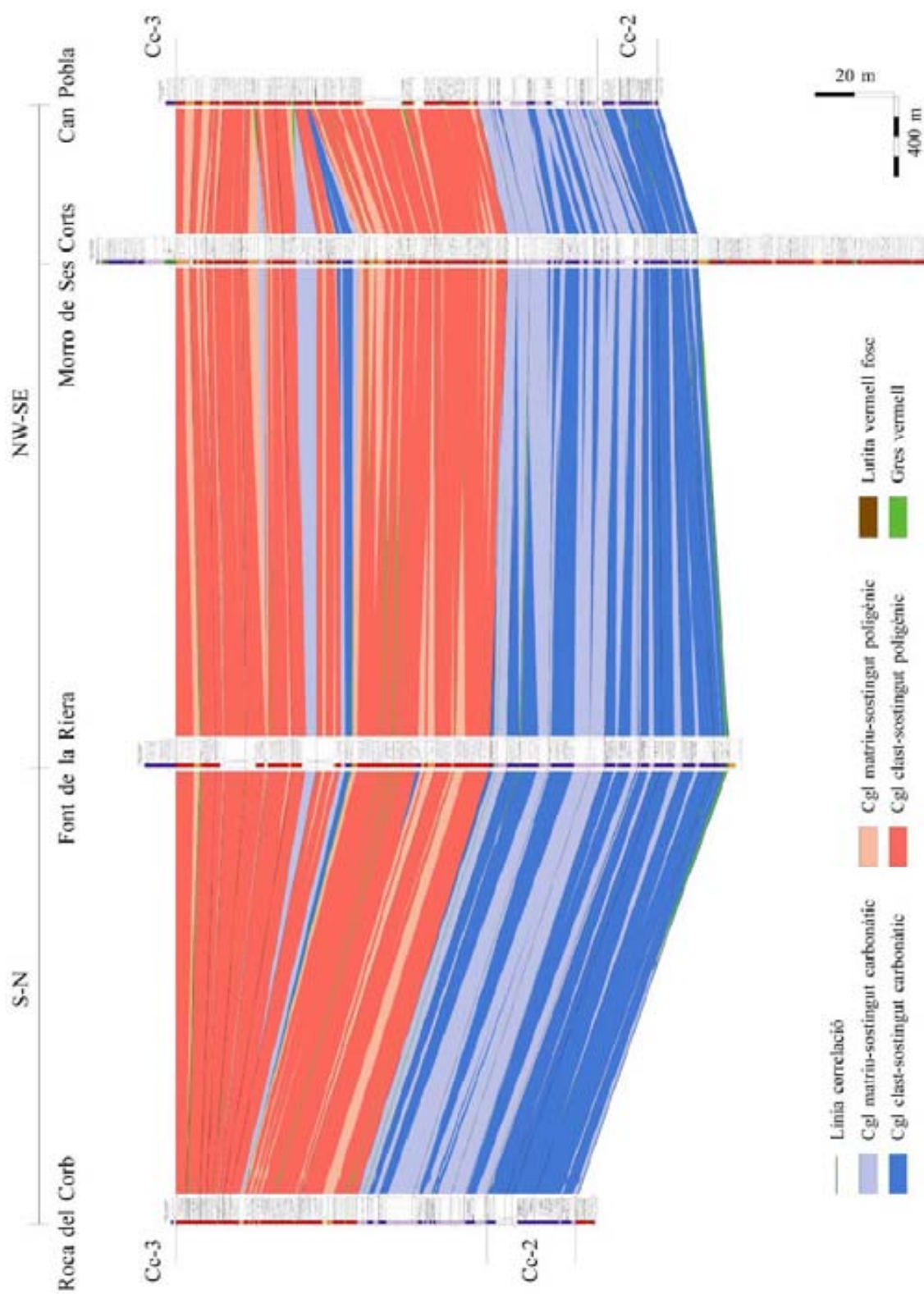


Figura 4.8: Panell de correlació del cicle de ventall al-luvial proximal comprès entre les bases de Cc-2 i Cc-3 a la zona de la Roca del Corb - Can Pobla.

A les seccions proximals del ventall (figura 4.8) es pot observar aquesta alternança dels dipòsits de fluxos aquosos i cohesius, i com queden agrupats en trams de composició carbonàtica i poligènica. En el cas dels fluxos cohesius, els conglomerats matriu-sostinguts carbonàtics (Cmc) tenen característiques més proximals i energètiques que no pas els poligènics (Cmp), donada la major proximitat a l'àrea font i la reactivació tectònica del relleu que hi havia quan es dipositaven els primers. Pel que fa als fluxos aquosos, els conglomerats clast-sostinguts poligènics (Cp) constitueixen cossos sedimentaris de més entitat que no pas els carbonàtics (Cc), donada l'extensió de la xarxa de drenatge capaç de recollir més aigua quan sedimentaven els primers.

D'aquesta manera, l'apilament vertical dels diferents tipus de conglomerat al ventall al·luvial proximal dóna com a resultat fins a 4 cicles principals compostos de 2 trams cadascú: un primer tram de conglomerat amb clasts de composició carbonàtica (Cc i Cmc) i un segon tram de conglomerat amb clasts de composició poligènica (Cp i Cmp). Els nivells principals de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc-1, Cc-2, Cc-3, Cc-4) són els que desenvolupen els 4 ressals geomorfològics que caracteritzen el relleu del massís de Sant Llorenç del Munt (Llopis, 1944; Andrés, 1964, Anglés i Maestro, 2010-2011).

En alguns punts del ventall proximal es poden observar petits dipòsits de gres i lutita vermells (GLv) per sota la base dels nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc), especialment sota del tercer i quart nivell principal (Cc-3 i Cc-4). A vegades presenten nivells limolítics de poc gruix. Destaquen els exemples de Ses Corts pel que fa al tercer nivell i del Morral del Llop sota del quart nivell (figura 4.9).

Molt puntualment, en aquests dipòsits gresosos i lutítics s'han pogut observar nòduls carbonatats, bioturbacions i algunes esquerdes de dessecació, indicatiu de moments d'aturada sedimentària (Anglés, 2009). No obstant, aquests dipòsits es troben de manera discontinua al llarg de tota la superfície del ventall. A vegades equivalen lateralment a dipòsits conglomeràtics de fluxos cohesius a hiperconcentrats (Cmp) relativament distals, o bé no es troba cap dipòsit relacionat, ja sigui per no deposició o bé per erosió durant l'avinguda dels conglomerats suprajacents. La genètica sembla estar relacionada amb episodis de menor sedimentació al sistema. A partir del moment que damunt d'aquests dipòsits gresosos i lutítics es dipositaven conglomerats, generalment de composició carbonàtica (Cc), es pot interpretar que la tectònica havia rejuenit el relleu tot restringint l'àrea font als materials triàsics, més propers a la conca.

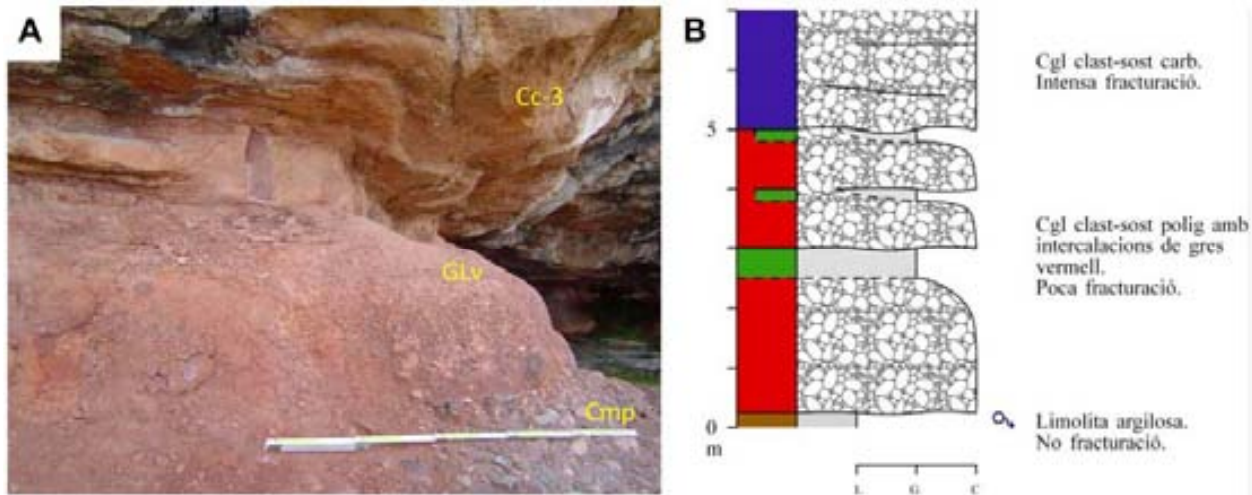


Figura 4.9: **A/** A Ses Corts es pot observar un dipòsit de gres i lutita vermells (GLv) a sota del tercer nivell de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc-3). Referència d'escala: regla 1 m llarg. **B/** Columna litoestratigràfica sintètica del tram basal de la cinglera de la font Soleia. El nivell limolític representa el moment de menor sedimentació.

Al llarg de cinglera de la font Soleia també afloren dipòsits de gres i lutita vermells (GLv), amb la particularitat que entre aquests i el nivell de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc-2) de més amunt hi ha un tram de gruix d'ordre mètric de conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp) amb lleties de gres vermell (figura 4.9). Aquest fet es pot interpretar com a un desfasament entre l'inici de l'activitat tectònica i la restricció efectiva de l'àrea font en els materials del Triàsic, o bé per una remobilització dels sediments poligènics acumulats a les valls de la serralada durant els primers polsos tectònics.

La ciclicitat a la part marina del ventall deltaic ha estat estudiada per diversos autors (Maestro, 1987; Travé, 1988; López-Blanco, 1996), evidenciant 4 cicles principals compostos de un període transgressiu i un de regressiu (taula 4.2). López-Blanco (1996) va provar de correlacionar-los amb la part continental, observant que les transgressions i regressions del front deltaic només coincideixen en algunes ocasions amb els cicles de ventall al·luvial definits per la composició litològica dels conglomerats.

D'aquesta manera, es pot interpretar que la ciclicitat de la part continental, representada pels cicles basats en la composició litològica dels clasts (carbonàtic – poligènic) i per l'alternança de dipòsits de diferent tipus de flux (cohesiu – aquós), probablement estaria relacionada per l'activitat tectònica dels Catalànids i pel clima, respectivament.

A la part marina, donada la proximitat del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt a la serralada tectònicament activa, aquesta podia haver influït en la formació d'alguns cicles per variacions en la taxa d'aport i/o la subsidència (López-Blanco, 1996). Altres cicles possiblement van estar més dominats per l'eustatisme, o fins i tot amb certa influència climàtica.

A la taula 4.2 es correlacionen en funció dels criteris d'estratigrafia seqüencial exposats per Catuneanu (2002, 2006) i Catuneanu et al. (2009) les diferents seqüències descrites al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt:

TRANSGRESSIONS - REGRESSIONS (Travé, 1988)	SEQÜÈNCIES DEPOSICIONALS (Maestro, 1991)	SEQÜÈNCIES TRANSGRESSIVES- REGRESSIVES (López-Blanco, 1996)	NIVELLS Cc (Aquest treball)
Unitat de Manresa	Peramola	PNMA	Manresa
Calcària de Manresa		PT	
Unitat de Vilomara	Manresa	PNMB	Vilomara
Calcària de Vilomara		PT	
Complex del Burés	Mura	PNMB	Cc-4
Calcària de St. Vicenç		PNMA	Cc-3.1
Complex de Cal Padró	Rellinars	PT	Cc-3
Calcària de Cal Padró		PNMB PNMA	Cc-2.1
Complex de Monistrol	Cal Padró	PT	Cc-2

Taula 4.2: Quadre sintètic comparatiu entre les seqüències descrites pels diferents autors al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt. PNMB: Prisma de nivell de mar baix, PT: Prisma transgressiu, PNMA: Prisma de nivell de mar alt, SMR: Superfície de màxima regressió, SMT: Superfície de màxima transgressió, Cc: Conglomerat clast-sostingut carbonàtic.









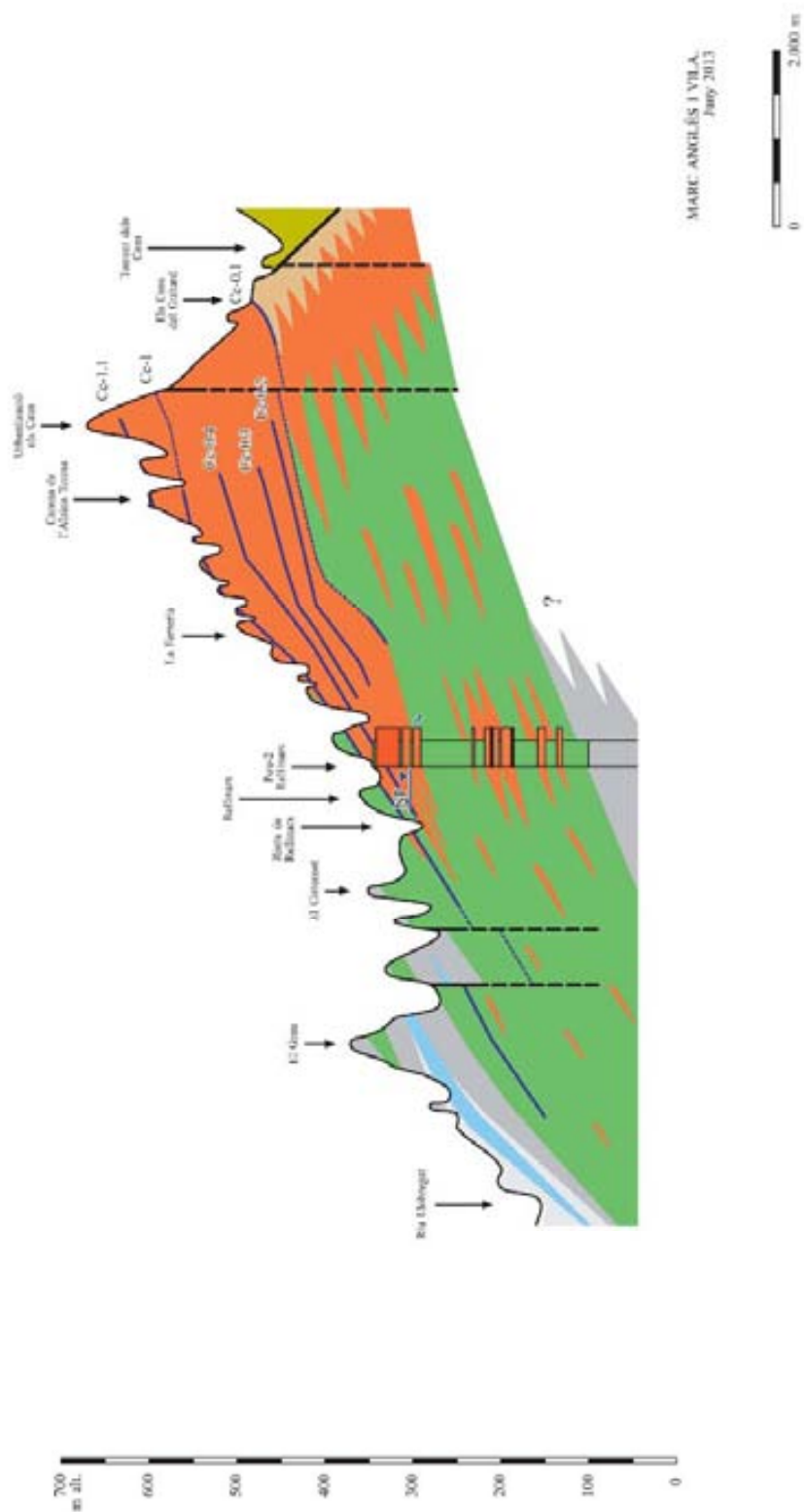


Figura 4.13: Tall geològic 303°-123° entre el pou n°2 de Rellinars i els Caus del Guinç.

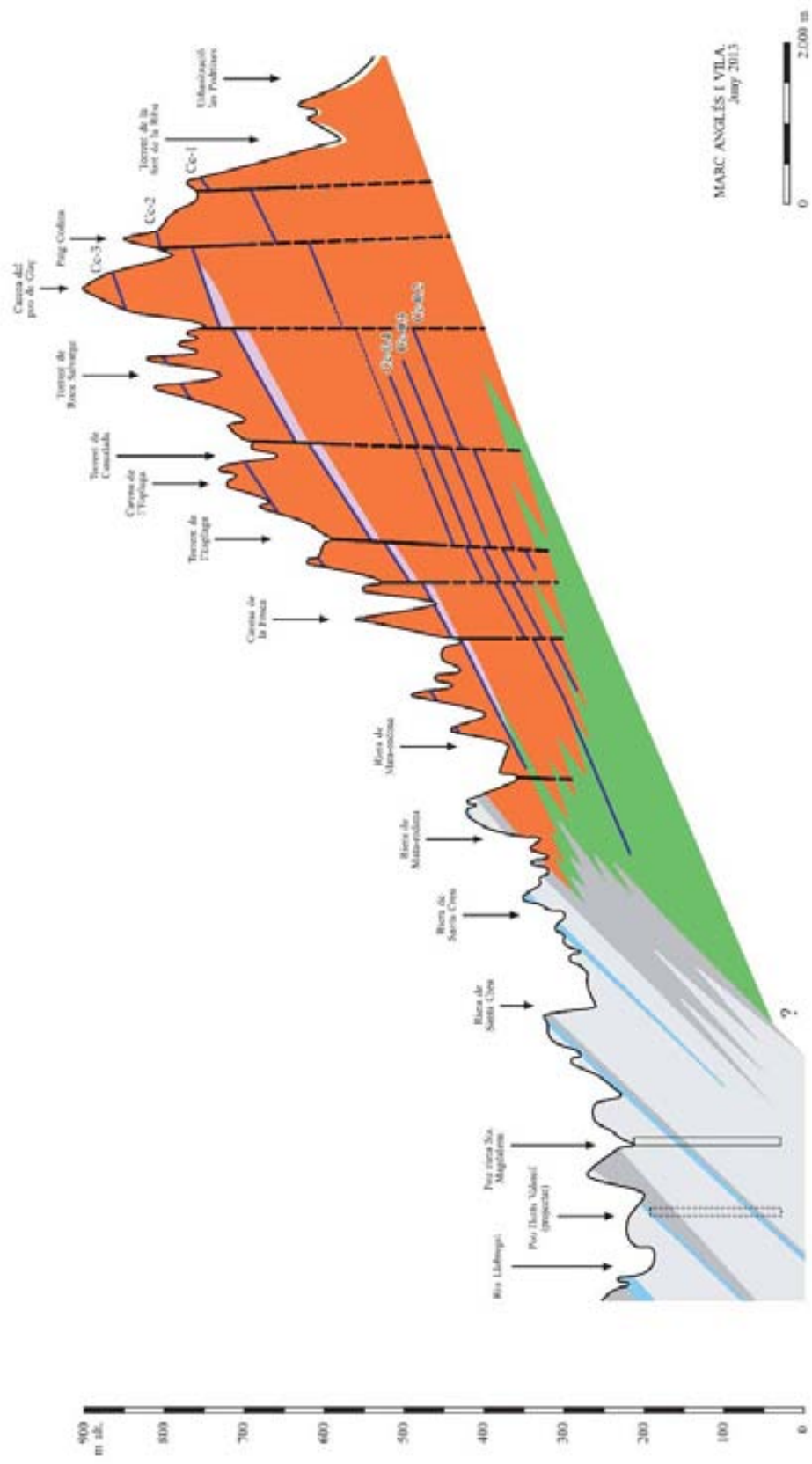


Figura 4.14: Tall geològic 314°-134° entre el pou riera Santa Magdalena i la urbanització de les Pedrixes.

### **4.3- DISCUSSIÓ**

#### **Litofàcies**

Per l'estudi hidrostratigràfic del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt s'han definit les unitats litoestratigràfiques juntament amb la seva representació cartogràfica. Les 10 litofàcies obtingudes es poden agrupar en 2 grans dominis: la part continental (ventall al·luvial) i la part marina (front deltaic i prodelta) (figura 4.1).

Atenent al tipus de deposició que es dona a la part continental, dominada pel canvi relativament bruscat en la composició predominant dels clastes i de l'energia del medi, juntament amb l'alternança de dipòsits de fluxos cohesius i aquosos, fa pensar per una banda en el control de la tectònica, provocant variacions en la disposició de l'àrea font i en el relleu, i per l'altra en la influència del clima, afavorint un tipus o altra de flux. En resulten fins a 4 cicles principals, marcats cadascun d'ells per un tram de clasts carbonàtics (Cc i Cmc) seguit d'un poligènic (Cp i Cmp).

La ciclicitat a la part marina ha quedat enregistrada en la distribució dels dipòsits de front deltaic i prodelta (Travé, 1988; Maestro, 1991; López-Blanco, 1996), mostrant una sèrie de transgressions i regressions del nivell relatiu del mar que semblen influenciades per una combinació de factors tectònics, eustàtics, i potser també climàtics (López-Blanco, 1996). Aquestes seqüències transgressives-regressives tenen una escassa relació amb els cicles continentals.

La dificultat en la correlació seqüencial entre la part continental i la marina obliga a treballar acuradament amb el seguiment físic de les unitats sedimentàries. L'opció adoptada, relativament pràctica i eficaç pel reconeixement del sistema deposicional, ha estat la definició i representació cartogràfica de les unitats litoestratigràfiques per tota la superfície del ventall. La descripció de les característiques sedimentològiques de cada litofàcies ha permès establir relacions entre elles per tal d'interpretar els canvis frontals i laterals, així com aportar criteris d'interpretació de l'apilament vertical. A més, els cicles definits separatament per la part continental i per la marina, han estat útils per establir correlacions dins de cadascuna d'elles.

## **Composició**

A partir del contacte de clasts de l'esquelet de les principals litofàcies conglomeràtiques i bretxoses s'han calculat els percentatges litològics de l'esquelet. Ha resultat útil per establir 3 grups generals pel que fa a l'àrea de procedència:

- Predomini de clasts Paleozoics: Bretxa de clasts Paleozoics (Bp). L'àrea font estaria situada en les làmines encavalcants Paleozoiques.
- Predomini de clasts del Muschelkalk: Conglomerats carbonàtics (Cc i Cmc). L'àrea font es situaria principalment en materials Triàsics.
- Clasts poligènics: Conglomerats poligènics (Cp i Cmp). La seva àrea de procedència abastaria materials Paleozoics i Triàsics.

Cal dir que en els conglomerats també es troben clasts de materials de la Formació Bretxes del Cairat i de la Formació Mediona, indicant que aquestes formacions situades a la vora de la conca també s'estaven aixecant com a conseqüència dels esforços tectònics que deformaven els Catalànids. A la zona de Matadepera es troben alguns afloraments de la Formació Bretxes del Cairat mostrant un fort cabussament i el seu contacte directe amb els materials Triàsics mitjançant falles inverses. Això implica que la Formació Mediona es troba solapada sota el Triàsic i molt probablement erosionada (figures 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 i annex 2).

De les litofàcies més representatives volumètricament al ventall deltaic s'han realitzat làmines primes amb l'objectiu d'analitzar també la fracció sorrenca i lutítica, així com el ciment i la porositat. En primer lloc s'ha pogut constatar la reduïda porositat de les mostres (1-5 %). Les més elevades corresponen als conglomerats. Conseqüentment, el ciment (1-19 %) està ocupant la majoria de la porositat primària que tenia la roca.

Pel que fa a la composició mineralògica de la fracció gresosa i lutítica de les mostres estudiades, cal destacar varis trets:

- Predomini dels constituents siliciclàstics a la matriu dels dipòsits de fluxos cohesius (Cmp i Cmc): El fet de trobar una sorra lutítica a la matriu d'aquests dipòsits, de color vermellós i amb presència de quars (10-15 %) i miques (0-1 %), fa pensar en una possible procedència principalment de les fàcies del Buntsandstein i del Muschelkalk mig. L'abundància de gres i lutita a les fàcies

esmentades i la fàcil mobilització com a suport dels fluxos cohesius, són factors que ajuden a justificar-ho.

- Equivalència del predomini siliclàstic a la matriu dels dipòsits de flux cohesiu (Cmp i Cmc) i als materials gresosos mostrejats (GLv i Gg): Aquesta relació resulta un prova més per entendre la possible evolució genètica dels fluxos cohesius que dipositen part del material a la zona del ventall al·luvial proximal, mentre que la part sorrenca i lutítica segregada continua desplaçant-se fins a dipositar-se al ventall al·luvial distal, al front deltaic i al prodelta.

- Relacions Dolomita/Calcita més elevades als conglomerats (1'2-6'7) enfront a les mostres de gres i calcària (0-0'2): Tenint en compte que les granulometries sorrenques i lutítiques del ventall, de composició majoritàriament siliciclàstica, és probable que provinguin en gran mesura de les fàcies Buntsandstein i Muschelkalk mig, és en els còdols dels dipòsits conglomeràtics on recauran les majors proporcions dolomítiques. Aquesta situació dona més arguments a les dues interpretacions anteriors, pel que fa a l'origen principal del material sorrenc i lutític, i en referència a l'evolució dels fluxos al llarg del ventall.

La composició mineralògica de cada litofàcies resulta difícil d'aproximar sense un estudi petrològic exhaustiu. No obstant, en funció de les mostres de roca observades es poden fer varis grups composicionals a títol orientatiu (taula 4.3).

MOSTRES DE ROCA	LITOLOGIA	COMPOSICIÓ PREDOMINANT CÒDOLS	COMPOSICIÓ PREDOMINANT SORRA + LUTITA + CIMENT (o al·loquímics + micrita + ciment)	PREDOMINI MINERALÒGIC
R3, R7	Cp	Siliciclàstica	Siliciclàstica	Siliciclàstic
R4, R6	Cc	Carbonàtica	Dolomítica	Carbonàtic (molt dolomític)
R5	Cmp	Siliciclàstica	Siliciclàstica	Siliciclàstic
R8	Cmc	Carbonàtica	Siliciclàstica	Mixt
R1	Gres vermell	---	Siliciclàstica	Siliciclàstic
R2	Gg	---	Siliciclàstica	Siliciclàstic
R9	Calcària	---	Calcítica	Calcític

*Taula 4.3: Quadre orientatiu respecte la composició mineralògica predominant de les mostres de roca estudiades. Nomenclatura litologia: veure annexes - llegenda general.*

## **Fracturació**

A partir de les observacions litològiques de camp (taula 4.4) es poden definir algunes característiques generals sobre la fracturació de les diferents litofàcies. No obstant, per a la caracterització de la fracturació al massís seria necessari un estudi exhaustiu de caracterització fràgil del massís, similar al realitzat a Montserrat per Alsaker et al. (1996).

Segons aquests autors, per al desenvolupament de fractures (diàclasis i falles) poden intervenir la intensitat i orientació dels esforços, la proximitat a les grans fractures i les propietats intrínseques primàries (litologia, gruix dels nivells, fàcies sedimentàries i mida de gra). Generalment, cal esperar una major freqüència de fracturació amb el decreixement del gruix dels nivells i la mida de gra.

El conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp) té una escassa freqüència de fracturació, donat el gruix dels seus trams, la mida de gra i la presència de certa fracció lutítica. En canvi, els nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc), de menor gruix i de naturalesa més fràgil, presenten abundants interclases (Andrés, 1964).

Els conglomerats matriu-sostinguts (Cmp i Cmc) tenen certa fracció lutítica que dificulta la fracturació. Quan es troben potents dipòsits matriu-sostinguts no acostumen a presentar gaires fractures, mentre que quan estan intercalats entre els conglomerats clast-sostinguts (Cp i Cc) poden incrementar notablement el seu grau de fracturació.

El gres vermell té generalment un elevat percentatge de matriu lutítica, amb el que caldria esperar una fracturació molt escassa. Tot i això, els nivells de poc gruix acostumen a presentar un grau de fracturació destacat, mentre que en els cossos més potents és força més baix.

El conglomerat gris (Gg) té un comportament enfront la fracturació molt semblant als conglomerats clast-sostinguts continentals dels quals deriven, amb la possibilitat de desenvolupar una major densitat de fractures donat que generalment presenten nivells de menor gruix i menor mida de gra.

El gres gris (Gg) acostuma a estar estratificat en nivells de poc gruix i presentar escassa fracció lutítica, fets que afavoreixen una elevada densitat de fracturació. La lutita gris (Lg) no acostuma a presentar fractures, exceptuant els trams més llimosos. La calcària (CM) es troba fracturada en aquells trams on la presència de marga és més escassa.

LITOFÀCIES	ESPAIAT FRACTURACIÓ (m/diàclasi)
Bp	Mal definida
Cp	8'1, 35'0, 37'3, 87,5
Cc	5'2, 6'2, 6'3, 8'6
Cmp	Mal definida
Cmc	Mal definida
GLv	0'4, 0'7, 1'2
Cg	2'2, 2'5
Gg	0'9, 2'7
Lg	Mal definida
CM	2'4, 4'8

Taula 4.4: Espaiat de fracturació mesurat a les diferents litofàcies.



#### **4.4- CONCLUSIONS**

Al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt s'han definit 10 unitats litoestratigràfiques en base a les seves característiques físiques i sedimentològiques (taula 4.1 i figura 4.1). La seva distribució es pot agrupar en 2 grans dominis: la part continental (ventall al·luvial proximal i distal) i la part marina (front deltaic i prodelta).

La distribució de litofàcies al ventall deltaic respon a l'evolució frontal i lateral dels fluxos originaris: Cohesiús, aquosos i turbulents. D'aquesta manera es troben les litofàcies de bretxes (Bp) i conglomerats matriu-sostinguts (Cmp i Cmc) al ventall al·luvial proximal, els conglomerats clast-sostinguts (Cp i Cc) s'estenen al llarg de tot el ventall al·luvial i a vegades arriben fins a la part marina (Cg), els gresos i lutites vermells (GLv) estan dipositats al ventall al·luvial distal i els gresos i lutites grisos (Gg i Lg) a la part marina. A les zones marines somes relativament més resguardades de la sedimentació detrítica es desenvolupaven acumulacions calcàries i margoses (CM).

En funció de l'apilament de litofàcies que presenta el ventall al·luvial s'ha pogut interpretar una influència molt probable de la tectònica en la seva sedimentació i secundàriament potser també del clima.

A partir de l'estudi de la ciclicitat a la part marina dut a terme per Travé (1988), Maestro (1991) i López-Blanco (1996) es pot deduir la influència de varis factors en la seva sedimentació: tectònics, eustàtics i possiblement també climàtics.

Per tal de correlacionar la part continental amb la marina ha calgut treballar amb el seguiment físic detallat de les litofàcies mitjançant la representació cartogràfica.

L'anàlisi de 16 làmines primes corresponents a 9 mostres representatives de les principals litofàcies juntament amb el contacte de còdols dels dipòsits conglomeràtics i bretxosos ha permès deduir possibles àrees de procedència i les seves variacions, així com aportar arguments enfront l'evolució genètica dels fluxos originaris. També s'han pogut aproximar 3 grups de composicions predominants: siliciclàstic, carbonàtic (molt dolomític) i calcari.

En base a les observacions litològiques al camp s'han pogut identificar diferents graus de fracturació. D'aquesta manera, les unitats amb major densitat de fractures (taula 4.4) són el conglomerat elast-sostingut carbonàtic (Cc) i el gres gris (Gg). La resta de conglomerats presenten un grau variable de fracturació (Cp, Cmp, Cmc i Cg), els gresos i lutites vermells (GLv) poden desenvolupar una fracturació relativament densa i les demés litofàcies poden tenir certa fracturació o pràcticament gens (Lg i CM).

S'ha constatat la necessitat d'execució d'un estudi exhaustiu de caracterització fràgil del massís per tal de conèixer les particularitats de falles i diàclasis, així com la seva distribució i comportament específic.

## **5- HIDROGEOLOGIA**

### **5.1- INVENTARI DE PUNTS D'AIGUA**

S'ha elaborat un inventari dels principals punts d'aigua del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, amb un resultat de 39 punts: 11 pous , 1 captació, 21 fonts permanents i 6 temporals. Per a cadascun dels punts d'aigua s'ha realitzat una fitxa completa amb les dades d'identificació, situació, fotografia, litologia, paràmetres hidrològics, analítiques i observacions (annex 6: fitxes punts d'aigua).

S'han elaborat 3 quadres amb el recull de totes les dades dels punts d'aigua estudiats. Al primer quadre (taula 5.1) hi ha la relació de dades físiques:

- Coordenades de situació: UTM Fus 31 N, Datum Europeu 1950. Les coordenades reservades corresponen a punts d'aigua d'ús particular o d'abastament de poblacions.
- Tipus de punt d'aigua. C: Captació; F: Font; M: Mina; P: Pou.
- Règim de funcionament: S'indica la temporalitat del funcionament de les fonts (permanent o temporal) durant el període estudiat (estiu 2011- primavera 2012). Les fonts permanents corresponen a les que van rajar durant les dues campanyes de mostreig (estiu del 2011 i primavera del 2012), mentre que les fonts temporals són les que només van brollar significativament durant la primavera.
- Profunditat: Fondària coneguda dels pous.
- Litologia: Litofàcies del punt o punts d'emergència. Cp: Conglomerat clast-sostingut poligènic; Cc: Conglomerat clast-sostingut carbonàtic, Cmp: Conglomerat matriu-sostingut poligènic, GLv: Gres i lutita vermells, Gg: Gres gris, Lg: Lutita gris, Q: Dipòsits Quaternaris.

Al segon i al tercer quadre (taules 5.2 i 5.3) es presenten les dades hidroquímiques de la campanya d'estiu del 2011 i de primavera del 2012 respectivament: data del mostreig, cabal, conductivitat elèctrica, temperatura, pH, cations (Fe, Mn, Na, Ca, Mg, K, Si), anions (HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) i isòtops estables (<sup>18</sup>O i D).

CODI	NOM	COORDENADES (UTM 31N, ED-50)		ALT. (m)	TIPUS	PROF. (m)	LITOLOGIA
S.LL-01	Font Carlets	410840	4609807	390	F		Cp
S.LL-02	Fonts Rellinars	410083	4610097	349	F		Cc
S.LL-03	Font Ginjoler	409656	4610808	318	F		Cc
S.LL-04	Font Sant Antoni	Reservades		336	M		Q
S.LL-05	Font Llaminers	411013	4609658	391	F		Cc
S.LL-06	Font Conill	411626	4609209	441	F		Cmp
S.LL-07	Font Puig	Reservades		566	F		Cc
S.LL-08	Font Baga Vila	414297	4616426	576	M		Cc
S.LL-09	Font Formatget	414869	4616922	471	F		Q
S.LL-10	Font Foradot	414914	4616845	497	F		Q
S.LL-11	Font Coma	414666	4617113	483	F		Gg
S.LL-12	Font Era	415085	4617011	453	F		GLv
S.LL-13	Font Rector	415696	4616679	484	F		Cp
S.LL-14	Caus Mura	416380	4616139	521	S		Cc
S.LL-15	Font Illa	421440	4611083	365	F		Cc
S.LL-16	Font Llor	417956	4614553	615	F		GLv
S.LL-17	Font Guinardeu	411581	4606758	447	F		Cc
S.LL-18	Font Cansalada	411651	4612609	438	F		GLv
S.LL-19	Font Casajoana	Reservades		444	F		GLv
S.LL-20	Font Vià	Reservades		457	M		Cc
S.LL-21	Font Can Cotis	408284	4610438	269	F		GLv
S.LL-22	Pou nº 2 Rellinars	Reservades		345	P	300	Cp
S.LL-23	Pou nº 3 Rellinars	Reservades		350	P	251	Cp
S.LL-24	Pou Marquet Paradís	Reservades		182	P	51,2	Gg+Lg
S.LL-25	Pou Horts del Valentí	Reservades		192	P	163,6	
S.LL-26	Pou riera Sta. Magdalena	Reservades		213	P	184	
S.LL-27	Pou profund River Park	Reservades		226	P	389	Gg
S.LL-28	Pou Rocafort	Reservades		310	P	4	Q
S.LL-29	Pou Recàrrega	Reservades		418	P		
S.LL-30	Pou Dipòsit	Reservades		416	P		
S.LL-31	Pou Marina	Reservades		542	P	335	Cp
S.LL-32	Font Soleia	418671	4610596	915	F		Cp
S.LL-33	Font Pola	414036	4611751	833	F		Cc
S.LL-34	Font Freda	415431	4613269	828	F		Cp
S.LL-35	Font Figuerota	415313	4615061	570	F		Cp
S.LL-36	Font Boades	411466	4611033	520	F		GLv
S.LL-37	Font Trull	411341	4609953	414	F		Cc
S.LL-38	Captació torrent Foradot	Reservades		517	C		Q
S.LL-39	Pou Comes	Reservades		549	P	285	Cp+Cc

Taula 5.1: Dades físiques dels punts d'aigua.

CODI	NOM	DATA	CABAL (L/min)	C.E. (µS/cm)	T. (°C)	PH CAMP	PH LAB	CATIONES								ANIONS				ISOTOPS	
								mg/L Fe	mg/L Mn	mg/L Na	mg/L Ca	mg/L Mg	mg/L K	mg/L Si	mg/L HCO3	mg/L Cl	mg/L SO4	mg/L NO3	% δ18O	% δ2H	
S.LL-01	Font Carletis	2011.08.26		674	14.5		7.27	0.54	< 0.02	5.59	104.99	32.20	3.45	457.70	11.50	20.20	4.40	-7.50	-49.30		
S.LL-02	Font Rellinars	2011.08.26		646	15.2		7.52	0.09	< 0.02	5.10	96.21	29.82	< 1	3.34	3.37	18.40	1.30	-8.40	-47.60		
S.LL-03	Font Ginjoler	2011.08.26	4.62	643	16.6		7.41	0.06	< 0.02	5.36	96.95	31.82	< 1	3.60	4.35	18.90	1.40	-8.40	-49.40		
S.LL-04	Font Sant Antoni	Dades reservades per indicació de la propietat																			
S.LL-05	Font Llinars	2011.08.29		709	14.3		7.22	0.05	< 0.02	6.19	109.23	34.11	< 1	3.36	479.40	12.30	18.60	1.40	-8.40	-49.00	
S.LL-06	Font Conill	2011.08.29		852	13.8		7.13	0.11	< 0.02	11.57	125.18	41.48	< 1	3.70	556.30	26.40	21.60	1.40	-8.10	-47.00	
S.LL-07	Font Puig	2011.08.30	1.46	837	14.1		7.36	0.04	< 0.02	6.00	136.80	37.08	< 1	3.75	602.40	8.00	17.10	0.80	-8.70	-51.10	
S.LL-08	Font Baga Vila	2011.08.30		864	13.6		7.29	0.85	< 0.02	5.77	139.01	39.35	< 1	3.68	591.40	13.10	26.40	1.00	-8.00	-48.90	
S.LL-09	Font Formatget	2011.08.30		637	14.4		7.53	0.10	< 0.02	4.18	96.13	32.30	< 1	3.53	444.00	6.80	14.60	< 0.5	-7.90	-48.90	
S.LL-10	Font Foradot	2011.08.30	7.5	646	15		7.53	0.08	< 0.02	4.12	99.04	31.69	< 1	3.43	450.30	6.10	14.50	0.80	-8.40	-50.40	
S.LL-11	Font Coma	2011.08.30	6.67	668	14.4		8.06	0.03	< 0.02	5.46	99.63	34.60	< 1	3.84	461.90	8.50	18.30	1.40	-8.20	-49.40	
S.LL-12	Font Era	2011.08.30	6.67	618	15		7.65	0.05	< 0.02	4.20	92.74	31.21	1.28	4.01	426.00	6.90	15.10	< 0.5	-8.40	-50.00	
S.LL-13	Font Rector	2011.08.30	3	654	13		7.46	0.76	< 0.02	8.74	94.74	31.39	< 1	3.80	435.50	14.70	14.00	< 0.5	-8.10	-48.80	
S.LL-14	Caus Mura	2011.08.30		659	13.4		7.3	0.09	< 0.02	6.83	101.21	29.62	1.07	3.34	434.90	15.10	15.70	2.60	-8.40	-49.40	
S.LL-15	Font lla	2011.08.31	18.53	756	14.6		7.38	0.03	< 0.02	10.74	110.97	34.64	< 1	3.42	461.70	25.10	27.30	5.60	-7.60	-45.50	
S.LL-16	Font Llor	2011.08.31	6.67	595	13.3		7.65	0.11	< 0.02	4.39	93.17	28.06	< 1	3.30	406.20	6.40	16.30	0.90	-8.20	-49.10	
S.LL-17	Font Guinardu	2011.09.02	3	790	15.5		7.67	0.24	< 0.02	10.38	111.11	41.24	1.30	3.74	484.80	25.10	38.90	3.50	-8.00	-47.40	
S.LL-18	Font Casnalada	2011.09.02	2.53	756	14.9		7.26	0.07	< 0.02	5.92	116.77	37.18	< 1	3.41	523.00	10.00	19.30	1.00	-8.30	-50.20	
S.LL-19	Font Casaloana	2011.09.02	1.5	720	15.2		7.11	0.18	< 0.02	6.79	106.47	37.18	< 1	3.50	491.70	10.00	20.00	1.30	-8.10	-50.20	
S.LL-20	Font Via	2011.09.02	4.29	772	13.3		7.18	0.19	< 0.02	7.07	115.23	39.39	< 1	3.41	520.20	10.90	26.20	2.70	-8.00	-48.50	
S.LL-21	Font Can Catis	2011.09.02	7	632	17.4	7.27	7.47	0.27	< 0.02	6.82	84.42	36.38	1.03	3.93	417.50	9.10	23.10	2.40	-7.80	-46.80	
S.LL-22	Pou n° 2 Rellinars	2011.10.25	210	639	14.7			0.03	< 0.02	6.20	98.00	33.00	1.40	3.70	430.30	10.00	17.60	3.80	-8.20	-48.50	
S.LL-23	Pou n° 3 Rellinars	2011.10.25	300	646	16.5	7.53		0.03	< 0.02	5.70	101.00	32.00	< 1	3.70	439.40	8.90	16.90	2.50	-8.30	-50.00	
S.LL-24	Pou Marquet Paradis	2011.10.26	166.7	1768	16.8	7.04		0.09	< 0.02	91.00	146.00	110.00	8.50	4.80	457.70	226.00	332.00	14.10	-7.80	-49.70	
S.LL-25	Pou Horts del Valentí	2011.10.26	58.3	1097	17.2	7.45		0.03	< 0.02	37.00	96.00	82.00	4.30	4.20	431.80	51.00	190.00	20.00	-6.90	-46.00	
S.LL-26	Pou riera Sta. Magdalena	2011.10.26	166.7	888	18.7	7.4		0.05	< 0.02	30.00	77.00	69.00	2.10	4.10	381.10	20.70	180.00	2.30	-7.10	-45.70	
S.LL-27	Pou profund River Park	2011.10.26	79	1291	20.6	7.43		0.06	< 0.02	210.00	42.00	38.00	2.40	5.80	486.80	91.00	180.00	4.50	-8.00	-50.00	
S.LL-28	Pou Rocafort	2011.10.26		658	17	7.16		0.04	< 0.02	7.40	91.00	38.00	1.40	4.20	438.30	10.10	24.50	2.40	-8.00	-49.30	
S.LL-29	Pou Recalrega	2011.10.27		680	15.8	7.3		0.03	< 0.02	12.00	81.00	43.00	1.70	4.70	427.50	11.10	40.00	2.50	-7.50	-46.00	
S.LL-30	Pou Diposit	2011.10.27		673	14.7	7.51		0.05	0.08	15.00	77.00	45.00	2.10	4.90	421.00	13.70	38.80	1.10	-6.40	-42.70	
S.LL-31	Pou Marina	2011.10.27	166.7	569	20.1	7.49		0.03	< 0.02	50.00	44.00	28.00	2.50	6.60	381.60	8.10	13.10	2.70	-8.40	-50.30	
S.LL-32	Font Soleia																				
S.LL-33	Font Pola																				
S.LL-34	Font Freda																				
S.LL-35	Font Figuerola																				
S.LL-36	Font Boades																				
S.LL-37	Font Trull																				
S.LL-38	Capiclió torrent Foradot																				
S.LL-39	Pou Comes																				

Taula 5.2. Dades hidroquímiques de la campanya de camp d'estiu del 2011.

CODI	NOM	DATA	CABAL (L/min)	C.E. (µS/cm)	T. (°C)	PH CAMP	mg/L Fe	mg/L Mn	CATIONS				mg/L K	mg/L Si	ANIONS				ISOTOPS	
									mg/L Na	mg/L Ca	mg/L Mg	mg/L Cl			mg/L HCO <sub>3</sub>	mg/L SO <sub>4</sub>	mg/L NO <sub>3</sub>	‰ δ <sup>18</sup> O	‰ δ <sup>2</sup> H	
S.LL-01	Font Carleis	2012.05.15	694	14.4	6.87 < 0.02	< 0.02	5.80	107.46	33.40	< 1	3.43	534.50	10.10	16.70	2.00					
S.LL-02	Fonts Rellinars	2012.05.08	900	652	7.14 < 0.02	< 0.02	5.23	100.94	31.21	< 1	3.45	446.60	8.10	16.70	1.20					
S.LL-03	Font Ginjoler	2012.05.08	2,14	654	7.06 < 0.02	< 0.02	5.55	98.22	31.82	< 1	3.63	432.70	9.00	17.30	1.00					
S.LL-04	Font Sant Antoni	Dades reservades per indicació de la propietat																		
S.LL-05	Font Llaminers	2012.05.15	720	14.1	6.88 < 0.02	< 0.02	6.24	111.02	34.66	< 1	3.38	476.40	11.40	15.90	2.00					
S.LL-06	Font Conill	2012.05.15	5	862	6.77 < 0.02	< 0.02	14.70	128.62	41.07	< 1	3.39	548.20	30.50	19.10	1.80					
S.LL-07	Font Puig	2012.05.07	8,57	742	7.05 < 0.02	< 0.02	5.61	124.64	30.40	< 1	3.21	504.80	8.40	12.00	1.00					
S.LL-08	Font Baga Vila	2012.05.07		817	7.29 < 0.02	< 0.02	5.82	131.16	38.48	< 1	3.66	545.80	11.40	22.10	1.20					
S.LL-09	Font Formatget	2012.05.13	60	588	7.62 < 0.02	< 0.02	3.95	86.50	30.55	< 1	3.23	388.80	6.70	14.40	0.90					
S.LL-10	Font Foradot	2012.05.13	34,09	653	7.36 < 0.02	< 0.02	4.08	102.91	31.11	< 1	3.13	457.40	6.70	14.20	1.20					
S.LL-11	Font Coma	2012.05.13	15	690	7.39 < 0.02	< 0.02	5.85	108.73	34.16	1,27	3.80	491.50	8.80	13.30	2.10					
S.LL-12	Font Era	2012.05.13	78,51	590	7.49 < 0.02	< 0.02	4.03	84.89	30.18	< 1	3.28	402.60	7.00	13.80	< 0.5					
S.LL-13	Font Rector	2012.05.13	8,89	661	7.38 < 0.02	< 0.02	10.02	95.53	33.02	< 1	3.25	439.70	15.30	16.00	1.80					
S.LL-14	Caus Mura	2012.05.13	16,12	754	7.18	0,02 < 0.02	10.73	111.00	33.86	< 1	2.99	436.80	16.60	15.50	2.60					
S.LL-15	Font llla	2012.05.13	37,5	965	7.3 < 0.02	< 0.02	4.22	88.89	26.21	< 1	3.51	465.60	25.70	27.50	6.30					
S.LL-16	Font Llor	2012.05.13	4,62	710	7.36 < 0.02	< 0.02	9.93	105.45	34.73	< 1	2.81	388.10	7.00	12.70	1.40					
S.LL-17	Font Guinardu	2012.05.06	28,67	708	6.91 < 0.02	< 0.02	4.77	110.69	35.33	< 1	3.08	509.20	7.40	10.10	1.10					
S.LL-18	Font Cansalada	2012.05.06	63,51	662	6.95 < 0.02	< 0.02	5.33	96.83	33.96	< 1	3.35	461.70	7.40	11.10	1.20					
S.LL-19	Font Casapicana	2012.05.11	7,5	778	6.87 < 0.02	< 0.02	7.18	117.04	39.98	< 1	3.42	509.10	12.30	24.70	2.70					
S.LL-20	Font Via	2012.05.11	13,82	628	7.34 < 0.02	< 0.02	6.85	84.32	36.27	1,03	3.98	401.60	8.80	22.10	1.50					
S.LL-21	Font Can Colls	2012.05.15	207,83	710	7.01 < 0.02	< 0.02	10.23	111.88	33.56	< 1	3.52	430.10	18.40	41.00	7.90					
S.LL-22	Pou nº 2 Rellinars																			
S.LL-23	Pou nº 3 Rellinars																			
S.LL-24	Pou Marquet Paradis	2012.05.14	173,33	1525	7.47 < 0.02	< 0.02	57.31	129.70	103.04	6,67	4.59	494.00	117.00	307.00	24.50					
S.LL-25	Pou Horts del Valenti	2012.05.14	58,33	1004	7.37 < 0.02	< 0.02	32.29	87.71	73.53	4,17	3.85	394.80	39.10	185.00	12.20					
S.LL-26	Pou riera Sta. Magdalena	2012.05.14	383,33	877	7.28	0,11 < 0.02	25.73	77.06	67.38	2,57	3.92	365.80	19.40	177.00	1.70					
S.LL-27	Pou profund River Park	2012.05.14	1217	194	7.64	0,05 < 0.02	173.75	45.61	40.84	2,47	5.94	490.10	66.00	187.00	0.60					
S.LL-28	Pou Rocafort	2012.05.14	116,67	618	7.36 < 0.02	< 0.02	10.51	78.57	35.16	1,77	2.91	371.90	18.70	27.00	1.20					
S.LL-29	Pou Recàrrega	2012.05.08		693	7.32 < 0.02	< 0.02	11.02	82.79	43.69	1,47	4.29	431.00	12.70	39.40	0.70					
S.LL-30	Pou Dipòsit	2012.05.08		725	7.44	0,02 < 0.02	12.87	83.97	46.86	1,86	4.28	454.50	11.80	42.00	0.80					
S.LL-31	Pou Marina	2012.05.08	180	562	7.4	0,02 < 0.02	48.25	41.75	26.68	2,17	6.20	369.70	9.20	14.00	2.80					
S.LL-32	Font Soleia	2012.05.07	0,96	540	7.5 < 0.02	< 0.02	4.38	85.08	23.29	< 1	2.48	358.10	6.80	10.80	1.00					
S.LL-33	Font Pola	2012.05.07	< 0.5	435	7.87 < 0.02	< 0.02	4.30	62.27	21.37	< 1	2.58	272.20	7.90	14.30	3.60					
S.LL-34	Font Freda	2012.05.07	3,75	634	7.15 < 0.02	< 0.02	3.50	105.96	26.86	< 1	2.86	437.90	5.40	9.70	< 0.5					
S.LL-35	Font Figuerola	2012.05.08	60	599	7.04 < 0.02	< 0.02	6.50	95.45	27.32	< 1	2.80	405.70	6.40	11.20	0.90					
S.LL-36	Font Boades	2012.05.11	3,75	823	6.69 < 0.02	< 0.02	5.03	133.93	38.36	< 1	3.00	572.50	7.90	11.80	3.00					
S.LL-37	Font Trull	2012.05.11	7,5	654	6.92 < 0.02	< 0.02	5.15	100.57	30.82	< 1	3.45	427.60	9.10	17.10	1.70					
S.LL-38	Capitació torrent Foradot	2012.05.13		663	7.41	6,96 < 0.02	3.88	106.85	30.43	< 1	3.16	447.60	6.70	13.90	2.70					
S.LL-39	Pou Comes	2012.05.14	59,94	865	7.22	0,11 < 0.02	23.20	119.95	35.46	1,10	3.36	438.40	75.00	20.50	8.10					

Taula 5.3: Dades hidroquímiques de la campanya de camp de primavera del 2012.

## **5.2-PARÀMETRES HIDRÀULICS**

### **Introducció**

A partir de les dades de diferents assaigs de bombeig s'ha pogut calcular la transmissivitat (T) i la conductivitat hidràulica (K) a diversos pous. El fet de no poder disposar de pous d'observació no ha permès el càlcul del coeficient d'emmagatzematge (S).

S'han fet assajos de bombeig a 3 pous corresponents a diferents zones del ventall deltaic: pou-2 de Rellinars, pou Marina i pou profund River Park. El Pou-2 de Rellinars i el pou Marina tallen ambdós fàcies de ventall al·luvial mig, distal i de front deltaic, i es troben situats al flanc lateral SW i a la part frontal NNW del ventall deltaic, respectivament. El pou profund River Park es troba en fàcies de front deltaic i prodelta, a la part frontal NW del ventall deltaic.

A part dels assajos realitzats al camp, s'han analitzat les dades dels assaigs realitzats per Elèctrica Pintó (1989, 2008a, 2008b) als pous profund River Park, Horts del Valentí i Marquet Paradís. Els tres pous es troben en fàcies de front deltaic i prodelta, a la part frontal NO del ventall deltaic.

### **Paràmetres hidràulics dels pous**

#### **Pou-2 de Rellinars**

El pou-2 de Rellinars abasteix al poble del mateix nom amb un règim de funcionament generalment diari. El dia 17 de juliol del 2012 es va realitzar l'assaig de bombeig, després d'un temps previ de recuperació de 10 h 52 min. El bombeig previ al període de repòs va ser de 14 h, amb un volum extret d'uns 140 m<sup>3</sup> aproximadament.

Per tal d'evitar la influència del pou-1 Rellinars, que es troba a uns 19 m de distància, es va procurar també un temps previ de recuperació de 10 h 23 min. El darrer bombeig efectuat va ser de 15 h 30 min, amb un volum extret d'uns 155 m<sup>3</sup> aproximadament. A part, en aquest pou es realitza una injecció d'aigua procedent de minats de la riera que es va tancar des de 6 h 45 min

abans de l'assaig i durant tota la realització del bombeig i la recuperació, per tal d'evitar-ne la influència.

L'assaig va consistir en un bombeig de 1 h 57 min seguit d'una recuperació de 2 h 01 min. El descens màxim va ser de 11'00 m, enregistrat al final de l'etapa de bombeig (taula 5.4 i figura 5.1). El cabal de bombeig ha estat de 10 m<sup>3</sup>/h.

Tot i que el pou-2 Rellinars té 300 m de profunditat, l'únic nivell aquífer es troba entre la cota 45 i 54 m respecte la boca (Catalana de Perforacions, 1990) (annex 6: fitxes punts d'aigua).

Al tractar-se d'un aquífer confinat s'ha aplicat la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 5'8 per l'etapa de bombeig (figura 5.2). Amb aquests paràmetres, s'ha obtingut un valor de transmissivitat de 7'6 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 0'8 m/d.

Per la recuperació també s'han calculat els paràmetres hidràulics mitjançant la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 4'1 (figura 5.3). Amb aquest paràmetre, juntament amb la potència del nivell aquífer i el cabal de bombeig abans esmentats, s'ha obtingut un valor de transmissivitat de 10'6 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 1'2 m/d.

Els valors de transmissivitat i de conductivitat hidràulica calculats per l'etapa de bombeig i de recuperació al pou-2 de Rellinars son similars, obtenint com a resultat per aquest pou una transmissivitat al voltant de 9 m<sup>2</sup>/dia i conductivitat hidràulica entorn de 1 m/dia.



TEMPS (min)	NIVELL (m)	TEMPS (min)	NIVELL (m)
0,00	29,60	117,45	38,00
0,30	32,00	117,83	37,00
0,83	33,00	118,43	36,00
1,85	34,00	119,42	35,00
3,83	34,80	121,55	34,00
4,68	35,00	123,97	33,50
7,38	35,50	127,83	33,00
11,27	36,00	133,15	32,50
15,98	36,50	140,58	32,00
21,75	37,00	150,67	31,48
28,30	37,50	163,43	31,00
36,17	38,00	185,90	30,50
45,63	38,25	237,57	30,00
52,22	38,75		
58,33	39,00		
73,43	39,55		
86,57	40,00		
108,83	40,60		

Taula 5.4: Dades de l'assaig de bombeig i recuperació del 17-07-2012 al pou-2 de Rellinars.

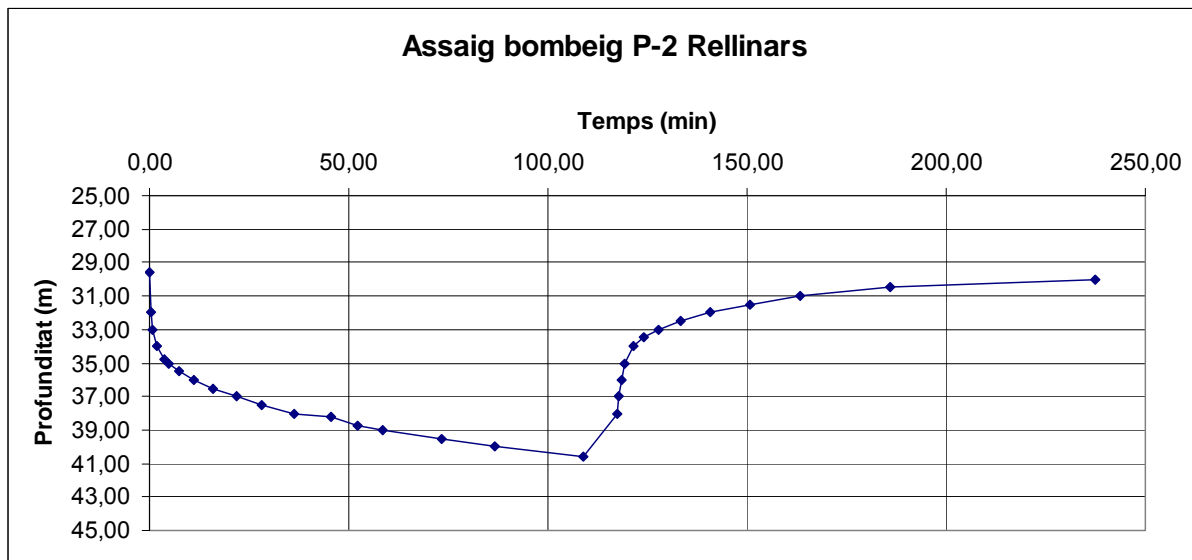


Figura 5.1: Temps-profunditat nivell d'aigua per l'assaig de bombeig i recuperació del 17-07-2012 al pou-2 de Rellinars.

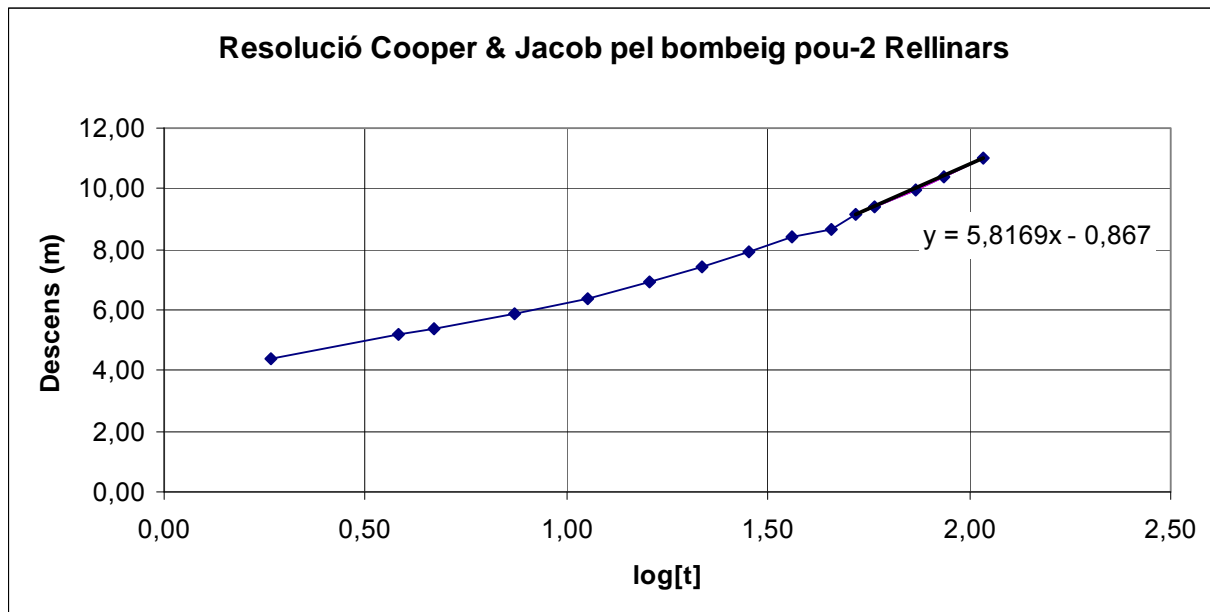


Figura 5.2: log[temps]-descens per l'etapa de bombeig del 17-07-2012 al pou-2 de Rellinars.

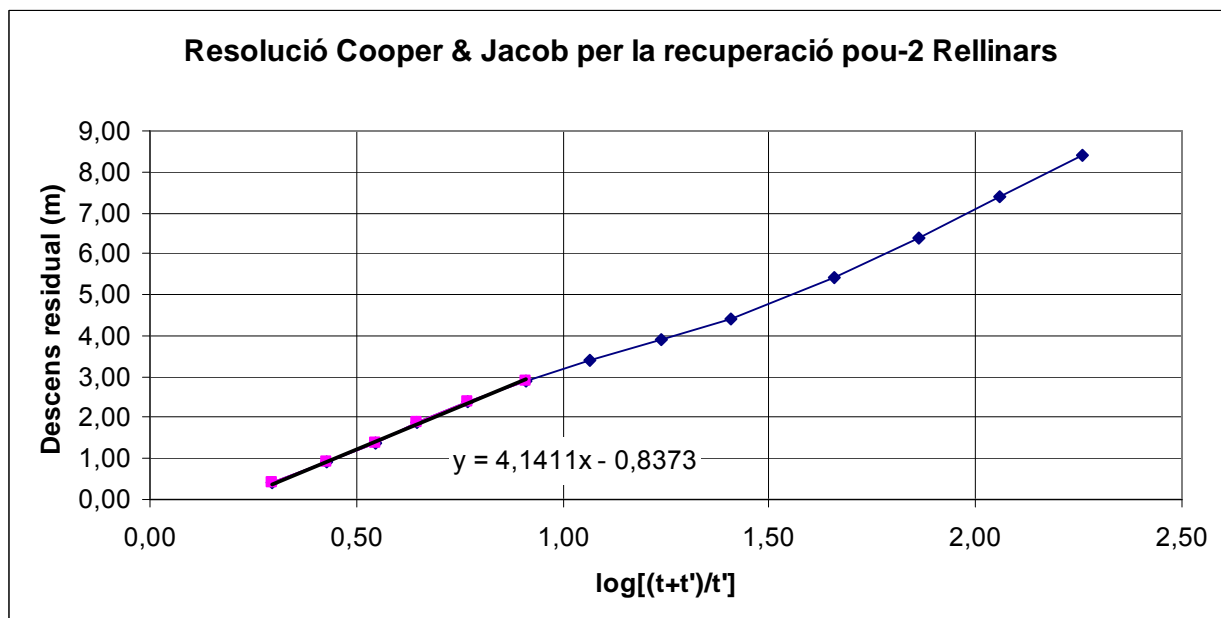


Figura 5.3: log[(t+t')/t']-descens residual per l'etapa de recuperació del 17-07-2012 al pou-2 de Rellinars.

Donades les característiques de la instal·lació del pou-1 Rellinars no es va poder col·locar sonda piezomètrica per al seguiment del nivell durant el bombeig del pou-2. Tampoc es disposa de perfil litològic per a poder analitzar les relacions entre ambdós.

A uns 340 metres al NE del pou-2 hi ha el pou-3 de Rellinars, en el qual tampoc va ésser possible la col·locació de sonda piezomètrica. Donada la disponibilitat dels perfils litològics dels dos pous (Catalana de Perforacions, 1989a, 1990), a l'apartat de discussió general s'analitza si existeix alguna relació hidràulica entre ambdós.

### **Pou Marina**

El pou Marina abasteix al poble de Mura amb un règim de funcionament periòdic, entre cada dia a l'estiu i cada varies setmanes a la primavera, quan el subministrament a partir de les captacions del torrent del Foradot són suficients.

El dia 11 de juliol del 2012 es va realitzar l'assaig de bombeig, després d'un temps previ de recuperació de 14 h 36 min. El bombeig precedent al període de repòs va ser de 6 h 30 min, amb un volum extret d'uns 65 m<sup>3</sup> aproximadament.

L'assaig va consistir en un bombeig de 4 h 11 min seguit d'una recuperació de 3 h 50 min. El descens màxim va ser de 35'77 m, enregistrat al final de l'etapa de bombeig (taula 5.5 i figura 5.4). El cabal de bombeig ha estat de 10 m<sup>3</sup>/h.

TEMPS (min)	NIVELL (m)	TEMPS (min)	NIVELL (m)
0,00	98,28	99,15	128,50
0,70	100,40	102,87	128,70
0,97	101,70	108,85	129,00
1,12	102,10	118,50	129,50
1,47	103,35	128,83	130,00
1,63	103,83	133,30	130,20
1,75	104,30	137,83	130,40
2,07	105,26	144,77	130,70
2,38	105,95	151,87	131,00
2,77	106,90	164,43	131,50
3,05	107,60	178,08	132,00
4,27	110,00	197,23	132,72
4,88	111,00	239,08	134,05
5,58	112,00	251,40	129,50
6,38	113,00	251,77	128,00
7,27	114,00	252,02	127,00
8,32	115,00	252,30	126,00
9,93	116,00	252,60	125,00
12,27	117,00	252,90	124,00
15,95	119,00	253,23	123,00
17,30	119,40	253,58	122,00
17,67	119,50	253,95	121,00
18,53	119,70	254,38	120,00
18,92	119,80	255,13	119,00
19,73	120,00	255,85	118,00
21,12	120,30	256,40	117,00
23,38	120,80	257,40	116,00
24,07	121,00	258,77	115,00
25,83	121,50	259,97	114,00
27,98	122,00	261,70	113,00
29,23	122,25	265,23	112,00
30,48	122,50	271,97	111,00
32,23	122,80	280,87	110,00
33,35	123,00	286,15	109,50
34,50	123,20	291,93	109,00
35,80	123,40	298,32	108,50
37,82	123,70	305,18	108,00
39,95	124,00	312,80	107,50
42,42	124,25	321,83	106,95
43,20	124,40	329,87	106,50
44,95	124,60	339,55	106,00
46,75	124,80	350,18	105,50
48,72	125,00	361,78	105,00
51,92	125,30	374,53	104,50
56,53	125,70	388,58	104,00
61,65	126,10	404,17	103,50
68,43	126,60	421,53	103,00
74,52	127,00	441,15	102,50
82,08	127,50	463,53	102,00
90,63	128,00	480,00	101,65

Taula 5.5: Dades de l'assaig de bombeig i recuperació del 11-07-2012 al pou Marina.

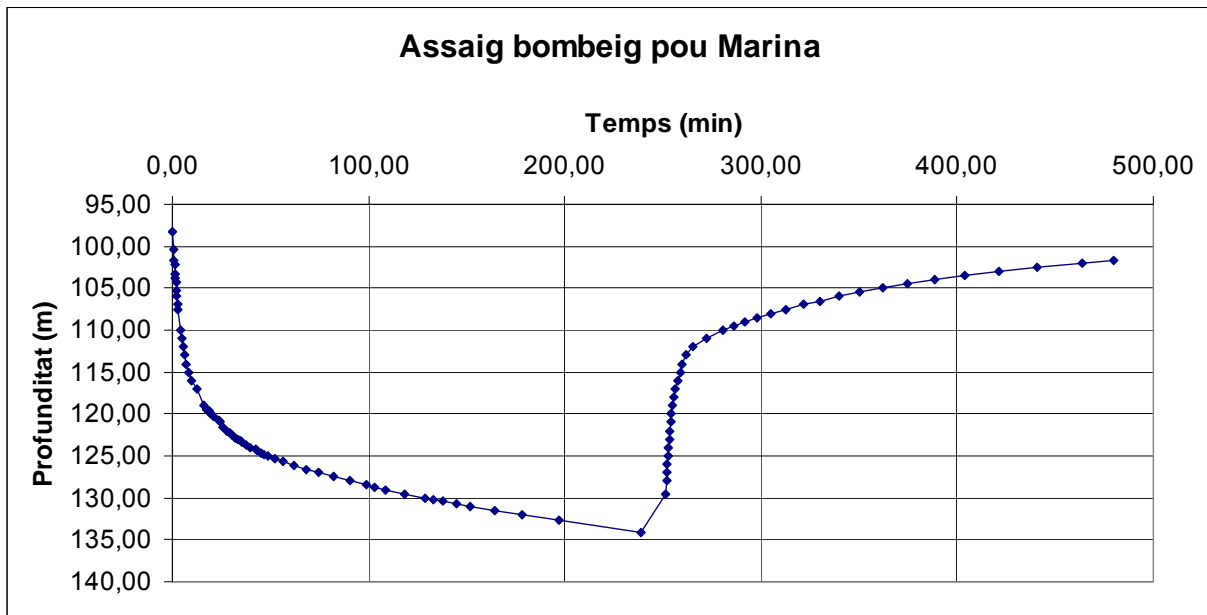


Figura 5.4: Temps-profunditat nivell d'aigua per l'assaig de bombeig i recuperació del 11-07-2012 al pou Marina.

El pou Marina té 335 m de profunditat i l'únic nivell aquífer es troba entre la cota 309 i 320 m respecte la boca (Catalana de Perforacions, 1996) (annex 6: fitxes punts d'aigua).

S'ha aplicat la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 12'4 per l'etapa de bombeig (figura 5.5). Amb aquests paràmetres, s'ha obtingut un valor de transmissivitat de 3'6 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 0'3 m/d.

Per la recuperació també s'han calculat els paràmetres hidràulics mitjançant la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 15'9 (figura 5.6). Amb aquest paràmetre, juntament amb la potència del nivell aquífer i el cabal de bombeig abans esmentats, s'ha obtingut un valor de transmissivitat de 2'8 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 0'3 m/d.

Els valors de transmissivitat i de conductivitat hidràulica calculats per l'etapa de bombeig i de recuperació al pou Marina són similars, obtenint com a resultat per aquest pou una transmissivitat al voltant de 3 m<sup>2</sup>/dia i una conductivitat hidràulica entorn de 0'3 m/dia.

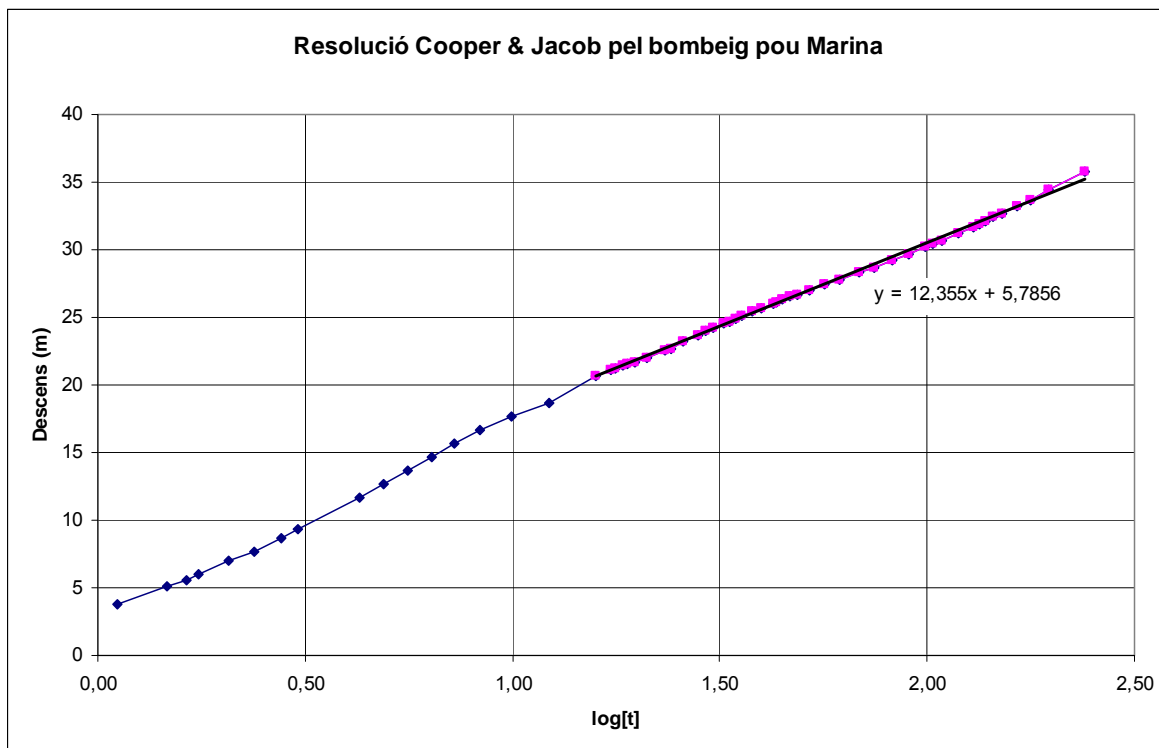


Figura 5.5:  $\log[\text{temps}]$ -descens per l'etapa de bombeig del 11-07-2012 al pou Marina.

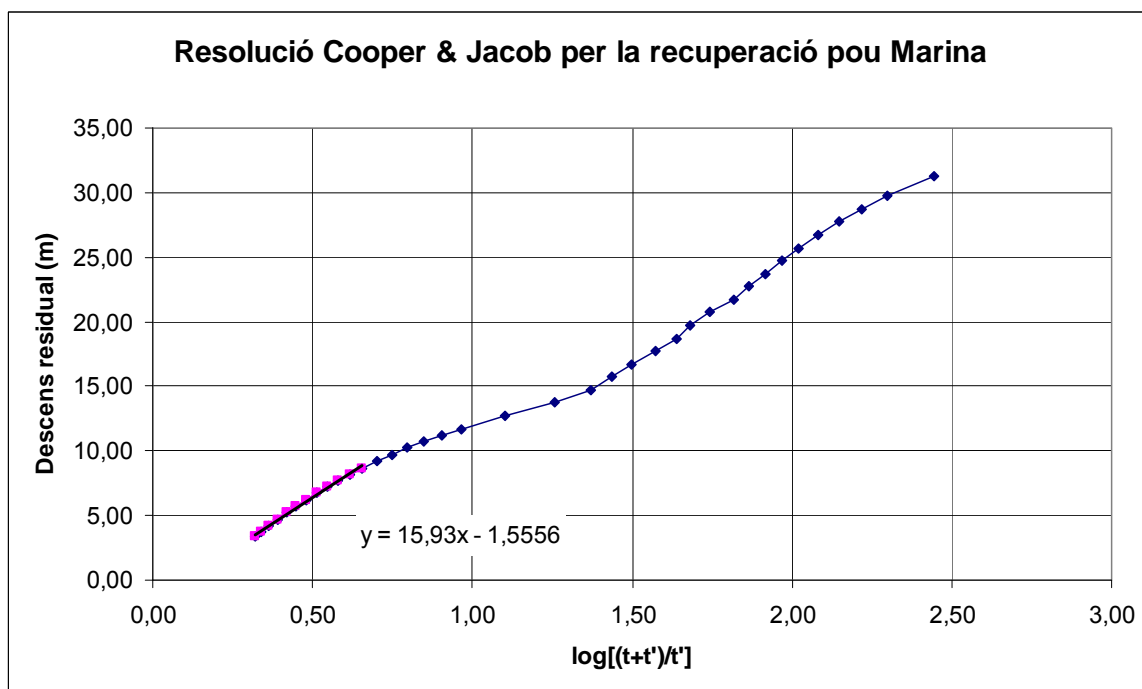


Figura 5.6:  $\log[(t+t')/t']$ -descens residual per l'etapa de recuperació del 11-07-2012 al pou Marina.

Uns 840 m al NE del pou Marina es troba el pou Comes (annex 5: mapa situació mostres), on 2 dies abans de l'assaig de bombeig es va instal·lar una sonda piezomètrica que va estar enregistrant les variacions de nivell fins a la tarda del dia següent. El pou Comes es trobava amb varis dies sense bombeig, i la darrera extracció va ésser inferior a 1 m<sup>3</sup>. Durant el temps d'observació del nivell (3 dies) es va registrar un descens relativament continu que no es pot correlacionar directament amb l'efecte del bombeig del pou Marina (figura 5.7).

Donada la disponibilitat dels perfils litològics dels dos pous (Gomà, 1990; Catalana de Perforacions, 1996), a l'apartat de discussió general s'analitza si existeix alguna relació hidràulica entre ambdós.

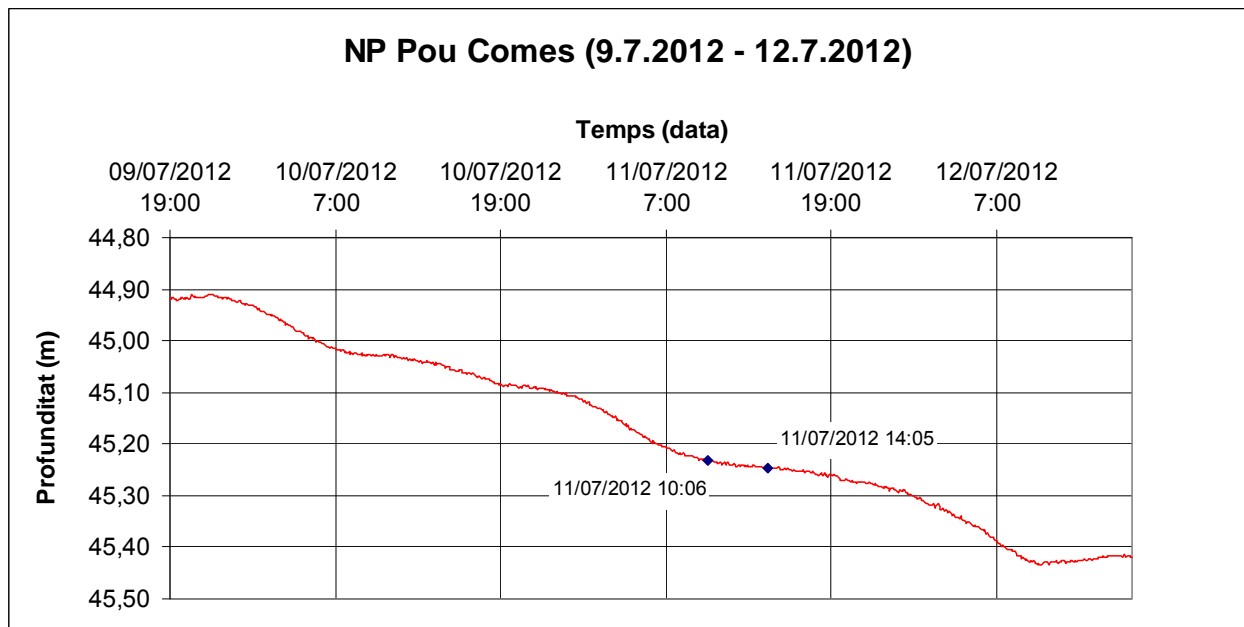


Figura 5.7: Temps-profunditat nivell d'aigua al pou Comes pel període del 9-7-2012 al 12-7-2012. S'ha assenyalat el moment d'inici (11/07/2012 10:06) i final del bombeig (11/07/2012 14:05) al pou Marina.

### Pou profund River Park

El pou profund River Park abasteix la urbanització del mateix nom, al municipi del Pont de Vilomara i Rocafort, amb un règim de funcionament generalment diari. El dia 10 de juliol del 2012 es va realitzar l'assaig de bombeig, després d'un temps previ de recuperació de 21 h 10 min. El bombeig precedent va ser de 3 h 5 min, amb un volum extret d'uns 31 m<sup>3</sup> aproximadament.

L'assaig va consistir en un bombeig de 2 h 5 min seguit d'una recuperació de 3 h 59 min. El descens màxim va ser de 118'00 m, enregistrat al final de l'etapa de bombeig (taula 5.6 i figura 5.8). El cabal de bombeig ha estat de 10 m<sup>3</sup>/h.

El pou profund River Park té 389 m de profunditat i 7 nivells aquífers situats entre les cotes respecte la boca: 109-130 m, 157-163 m, 190-196 m, 239-272 m, 275-281 m, 312-348 m i 354-363 m (Catalana de Perforacions, 1989b) (annexes 6: fitxes punts d'aigua).

S'ha aplicat la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 63'8 per l'etapa de bombeig (figura 5.9). S'ha utilitzat el pendent de la recta del tram inicial donat que es troba per sobre de tots els nivells aquífers, obtenint un valor de transmissivitat de 0'7 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 5'9 x 10<sup>-3</sup> m/d. El segon tram es troba per sota del sostre del primer nivell aquífer, deixant així d'estar confinat i considerant-se un descens no representatiu.

Per la recuperació també s'han calculat els paràmetres hidràulics mitjançant la resolució de Cooper & Jacob (figura 5.10). Només s'ha tingut en compte el tram final de la recuperació per què es troba per damunt de tots els nivells aquífers, ajustant una recta de pendent 165'0. El primer tram es troba per sota del sostre del primer nivell aquífer, deixant així d'estar confinat i considerant-se no representatiu. Amb aquest pendent del tram final, juntament amb la potència dels nivells aquífers i el cabal de bombeig abans esmentats, s'ha obtingut un valor de transmissivitat de 0'3 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 2'3 x 10<sup>-3</sup> m/d.

Els valors de transmissivitat i de conductivitat hidràulica calculats per l'etapa de bombeig i de recuperació al pou profund River Park son similars, obtenint com a resultat per aquest pou una transmissivitat al voltant de 0'5 m<sup>2</sup>/dia i una conductivitat hidràulica entorn de 4 x 10<sup>-3</sup> m/d.



TEMPS (min)	NIVELL (m)	TEMPS (min)	NIVELL (m)	TEMPS (min)	NIVELL (m)
0,00	43,70	35,12	93,00	133,07	152,00
0,68	45,80	36,33	94,00	133,47	151,00
1,00	46,80	36,88	94,40	133,87	150,00
1,33	47,50	37,62	95,00	134,27	149,00
1,52	48,00	38,45	95,60	134,67	148,00
1,83	48,75	38,98	96,00	135,10	147,00
2,25	49,60	40,22	96,85	135,53	146,00
2,55	50,40	40,90	97,30	135,93	145,00
2,90	50,90	41,72	97,85	136,35	144,00
3,28	51,80	42,23	98,20	136,78	143,00
3,65	52,50	43,13	98,70	137,17	142,00
4,00	53,20	44,12	99,30	137,58	141,00
4,37	53,90	45,30	100,00	137,97	140,00
4,68	54,50	46,83	100,85	138,38	139,00
5,02	55,10	47,17	101,05	138,80	138,00
5,62	56,20	48,58	101,90	139,22	137,00
6,10	57,00	49,47	102,35	139,65	136,00
6,58	57,90	50,77	103,00	140,08	135,00
8,27	60,55	51,75	103,55	140,50	134,00
8,78	61,50	52,72	104,08	140,90	133,00
9,32	62,40	53,73	104,53	141,30	132,00
9,87	63,25	54,93	105,03	141,70	131,00
10,27	63,90	56,27	105,57	142,08	130,00
10,70	64,60	57,37	106,03	142,48	129,00
11,02	65,05	58,37	106,45	142,87	128,00
11,48	65,85	59,87	107,10	143,25	127,00
12,02	66,70	61,38	107,70	143,63	126,00
13,05	68,20	61,87	107,90	144,03	125,00
13,38	68,70	62,33	108,10	144,92	123,00
14,05	69,65	63,32	108,52	145,77	121,00
14,45	70,20	64,33	108,92	146,65	119,00
14,92	70,80	66,33	109,78	147,47	117,00
15,50	71,65	68,33	111,30	148,23	115,00
15,92	72,30	70,33	113,08	149,07	113,00
16,37	72,95	72,33	115,05	149,83	111,00
16,85	73,60	74,73	118,05	154,77	107,00
17,30	74,15	76,17	119,70	165,60	103,00
17,80	74,70	78,60	122,50	170,68	101,00
18,10	75,15	80,60	124,99	175,18	99,00
18,52	75,70	82,60	127,50	179,17	97,00
19,02	76,25	83,60	128,85	183,03	95,00
19,58	76,90	84,50	130,00	190,08	91,00
20,67	78,25	85,28	131,00	193,58	89,00
21,30	79,00	86,02	132,00	197,07	87,00
21,87	79,70	86,80	133,00	200,55	85,00
22,43	80,35	87,62	134,00	204,12	83,00
23,17	81,20	89,28	136,00	207,90	81,00
23,67	81,75	90,28	137,15	211,73	79,00
24,30	82,50	92,33	139,65	215,87	77,00
24,97	83,15	94,33	142,00	220,23	75,00
25,50	83,75	97,17	145,30	224,78	73,00
26,03	84,35	100,17	148,65	229,48	71,00
26,65	85,00	103,30	152,30	234,70	69,00
27,22	85,60	106,97	155,10	240,23	67,00
27,80	86,15	108,95	158,40	246,18	65,00
28,92	87,30	112,17	161,70	252,75	63,00
29,50	87,90	129,87	160,00	260,00	61,00
29,88	88,25	130,27	159,00	268,37	59,00
30,70	89,00	130,67	158,00	277,73	57,00
31,05	89,35	131,07	157,00	288,50	55,00
31,80	90,00	131,48	156,00	300,90	53,00
32,83	91,00	131,87	155,00	316,18	51,00
33,33	91,45	132,28	154,00	335,75	49,00
33,92	92,00	132,67	153,00	363,67	47,00

Taula 5.6: Dades de l'assaig de bombeig i recuperació del 10-07-2012 al pou profund River Park.

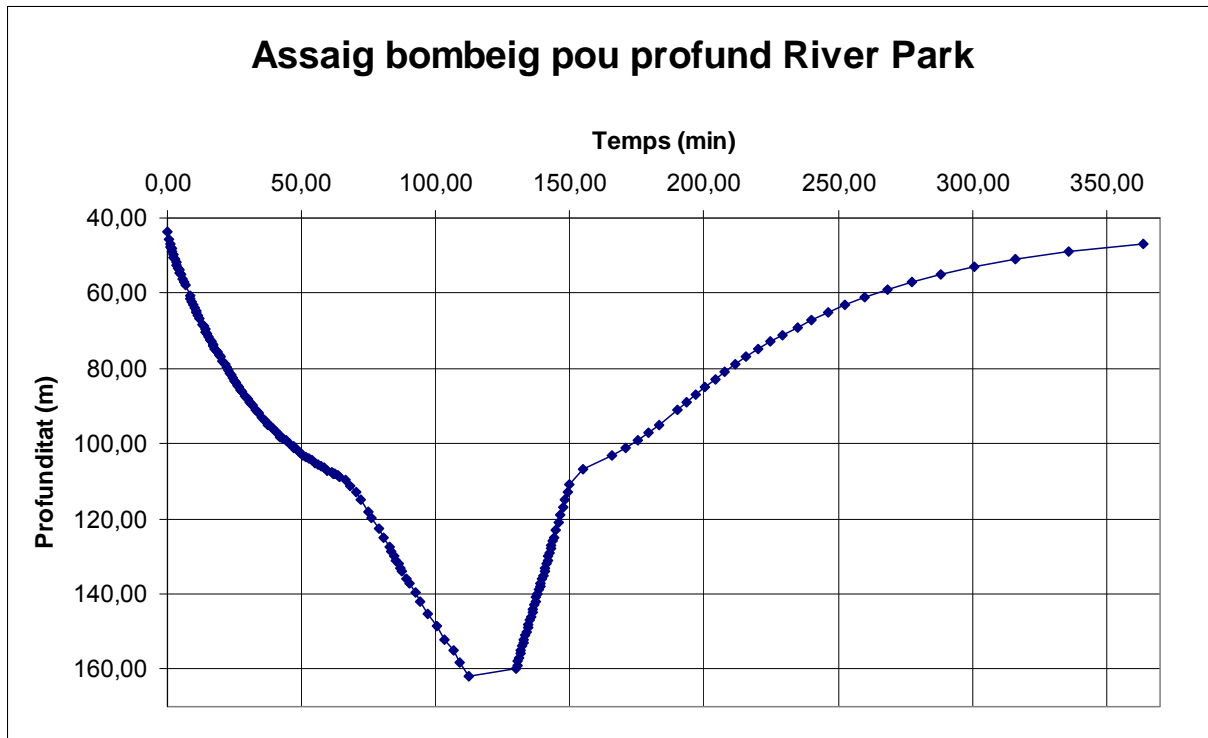


Figura 5.8: Temps-profunditat nivell d'aigua per l'assaig de bombeig i recuperació del 10-07-2012 al pou profund River Park.

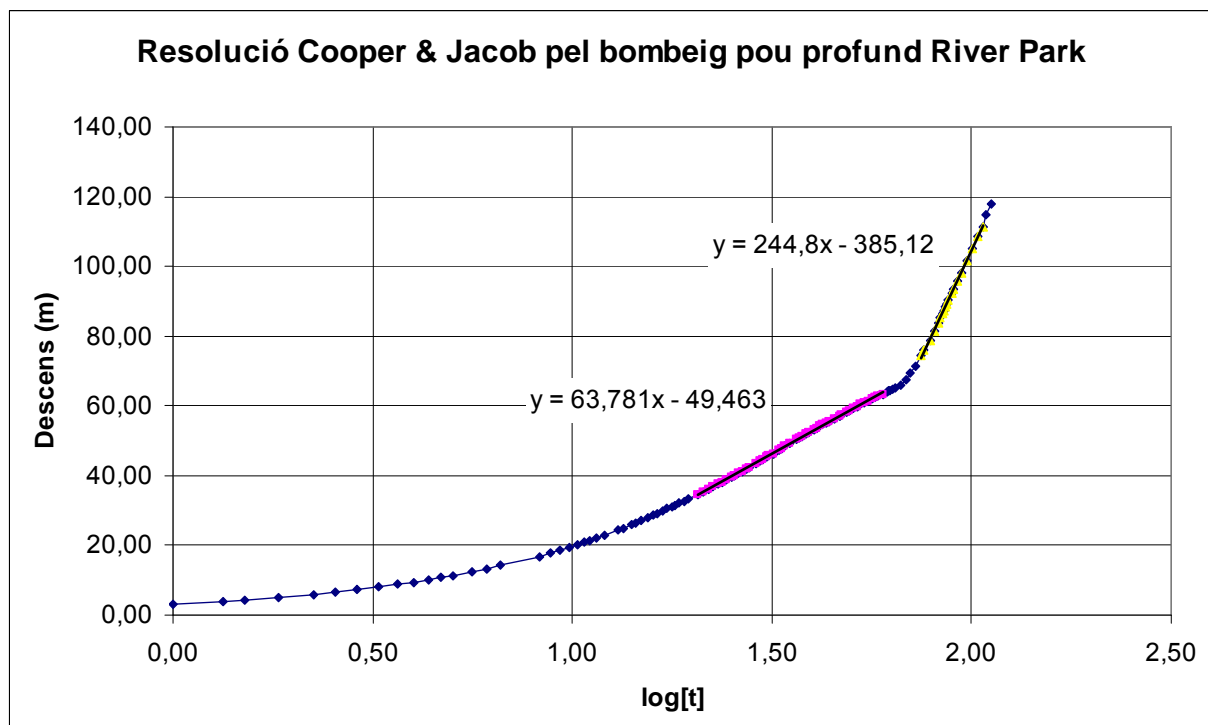


Figura 5.9: log[temps]-descens per l'etapa de bombeig del 10-07-2012 al pou profund River Park.

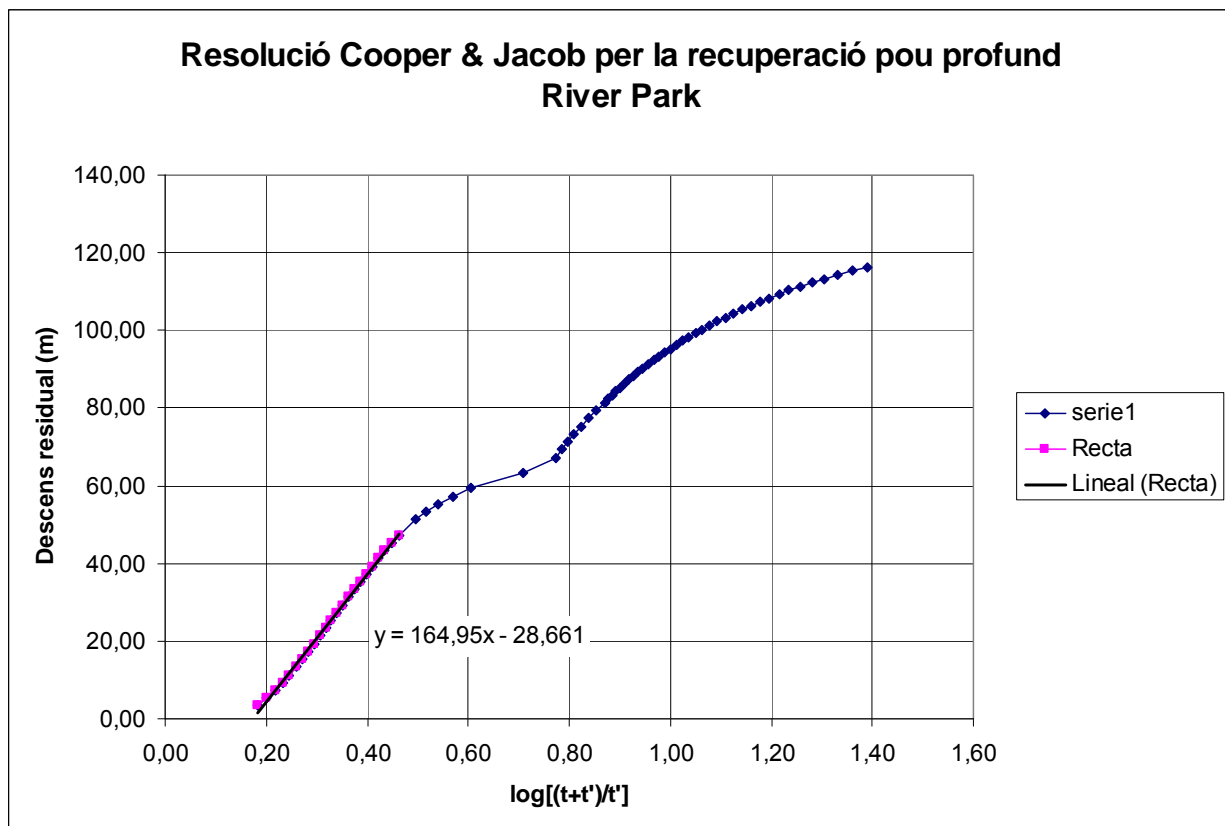


Figura 5.10:  $\log[(t+t')/t']$ -descens residual per l'etapa de recuperació del 10-07-2012 al pou profund River Park.

A més de l'assaig realitzat el 10-07-2012 al pou profund River Park, també es disposa d'un altra assaig de bombeig efectuat al mateix pou el dia 21 d'octubre del 1989 (Elèctrica Pintó, 1989).

Es va partir d'un nivell piezomètric de 45'4 m respecte la boca. L'assaig va consistir en un bombeig de 24 h 30 minuts, sense tram de recuperació. El cabal de bombeig va ser de 7'08 m<sup>3</sup>/h. Es va assolir una estabilització del nivell dinàmic a 200 m (taula 5.7 i figura 5.11).

TEMPS (min)	NIVELL (m)
0,00	45,40
1,00	60,56
2,00	71,92
3,00	79,88
4,00	86,25
5,00	88,98
7,00	99,86
10,00	109,62
15,00	138,91
20,00	164,51
60,00	
90,00	
120,00	
180,00	
240,00	
300,00	
420,00	
720,00	
1260,00	
1440,00	200,00
1470,00	200,00

Taula 5.7: Dades de l'assaig de bombeig del 21-10-1989 al pou profund River Park.

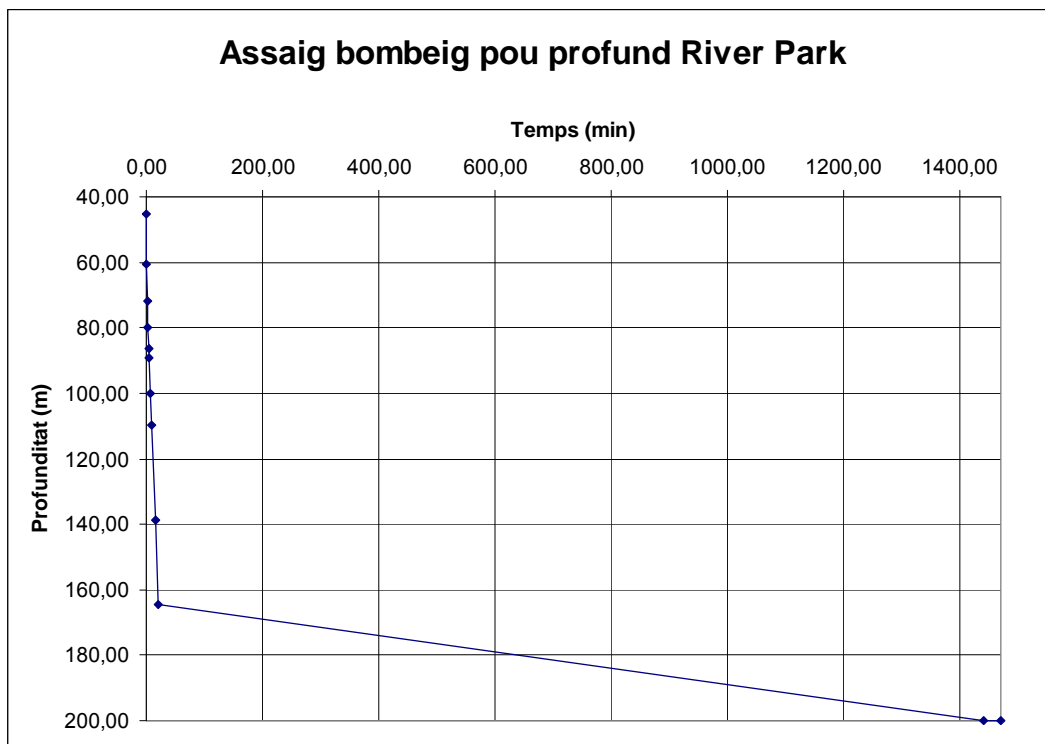


Figura 5.11: Temps-profunditat nivell d'aigua per l'assaig de bombeig del 21-10-1989 al pou profund River Park.

S'ha aplicat la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 57'3 per l'etapa de bombeig (figura 5.12). S'ha utilitzat el pendent de la recta del tram inicial donat que es troba per sobre de tots els nivells aquífers, obtenint un valor de transmissivitat de 0'5 m<sup>2</sup>/d i de conductivitat hidràulica de 4'6 x 10<sup>-3</sup> m/d. El segon tram es troba per sota del sostre del primer nivell aquífer, deixant així d'estar confinat i considerant-se un descens no representatiu.

Aquests valors són del mateix ordre de magnitud que els calculats per l'assaig de bombeig del 2012, el que corrobora els resultats obtinguts.

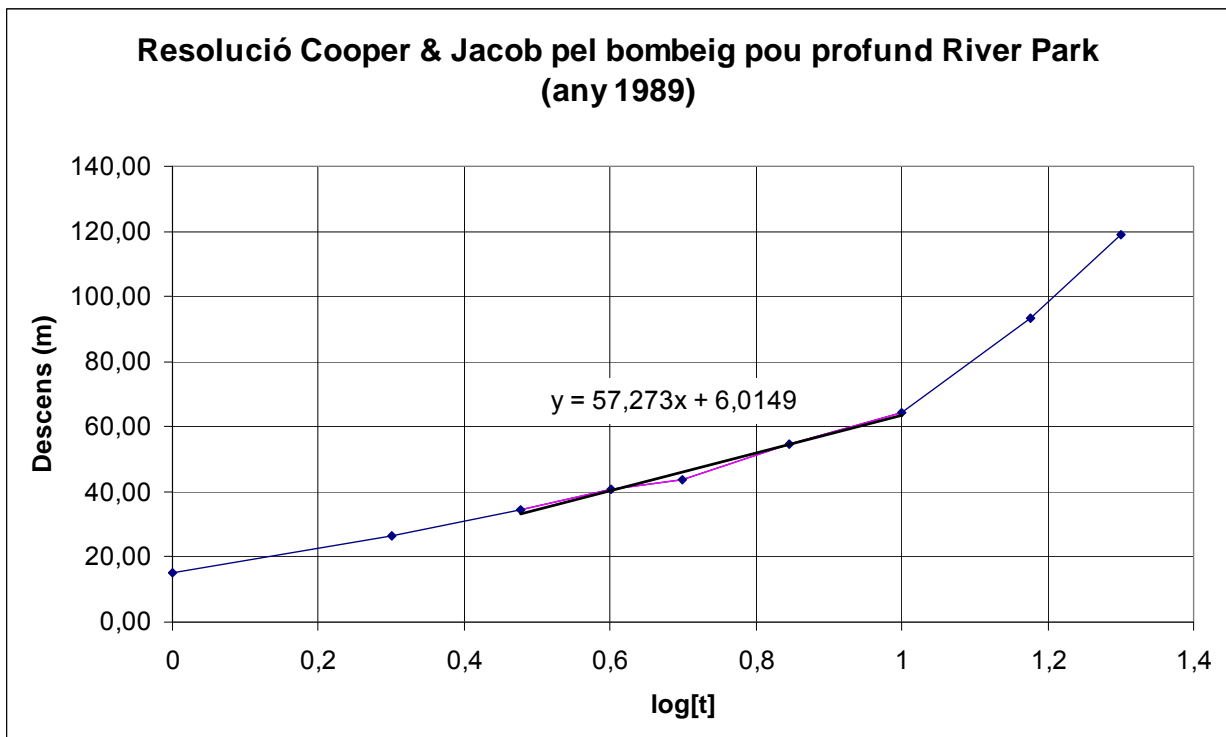


Figura 5.12: log[temps]-descens per l'etapa de bombeig del 21-10-1989 al pou profund River Park (Elèctrica Pintó, 1989).

## **Pou Horts del Valentí**

Es disposa d'un assaig de bombeig realitzat al pou Horts del Valentí el dia 6 d'octubre del 2008 (Elèctrica Pintó, 2008a). Aquest pou forma part de la xarxa d'abastament del Pont de Vilomara.

L'assaig va partir d'un nivell piezomètric de 11'13 m respecte la boca i va consistir en un bombeig escalonat de 24 h seguit d'una recuperació de 1 h 30 min. Es va assolir una estabilització del nivell dinàmic a 47'73 m per un cabal d'uns 2'5 m<sup>3</sup>/h (taula 5.8 i figura 5.13).

El pou Horts del Valentí té una profunditat de 163'6 m, però no es disposa de perfil litològic, i per tant, no es coneix el/s nivell/s aquífer/s.

Donat que els trams del bombeig escalonat no van ser de similar durada, ni el cabal va ser creixent en cada interval, no s'ha pogut resoldre per la fórmula general.

Pel cas de la recuperació, aquesta s'ha estimat a partir de la resolució de Cooper & Jacob i el volum extret durant tot l'assaig, ajustant una recta de pendent 32'7 (figura 5.14). S'ha utilitzat un valor de cabal mitjà de 2'67 m<sup>3</sup>/h, obtingut a partir de calcular el volum total extret i el temps de bombeig. Amb aquestes dades s'ha calculat una transmissivitat de 0'4 m<sup>2</sup>/d. La conductivitat hidràulica no s'ha pogut calcular donat que no es coneix el gruix saturat.

TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)	TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)	TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)
0,00	11,13	18,50	806,00	44,13	2,50	1095,00	47,78	2,63
1,00	14,70	18,50	808,00	44,17	2,50	1110,00	47,72	2,54
2,00	18,10	18,50	810,00	44,20	3,50	1125,00	47,74	2,54
3,00	20,95	18,50	811,00	45,02	3,50	1185,00	47,74	2,54
4,00	23,45	18,50	812,00	45,83	3,50	1200,00	47,74	2,54
5,00	25,75	18,50	813,00	46,58	3,50	1230,00	47,75	2,54
7,00	29,18	18,50	814,00	47,08	3,50	1260,00	47,75	2,54
9,00	32,60	7,10	815,00	47,46	3,50	1290,00	47,76	2,54
11,00	34,80	7,10	817,00	47,87	3,50	1320,00	47,76	2,54
13,00	36,60	7,10	819,00	47,92	1,79	1350,00	47,75	2,54
15,00	37,90	7,10	821,00	47,92	1,79	1380,00	47,76	2,54
20,00	39,13	7,10	823,00	47,92	1,79	1410,00	47,75	2,54
25,00	40,40	7,10	825,00	47,92	1,79	1440,00	47,73	2,54
30,00	40,80	3,00	835,00	47,73	1,79	1441,00	47,46	
45,00	40,79	2,70	840,00	47,76	2,69	1442,00	47,12	
60,00	40,72	2,50	855,00	47,78	2,69	1443,00	46,81	
75,00	40,66	2,50	870,00	47,79	2,75	1444,00	46,50	
90,00	40,63	2,50	885,00	47,78	2,75	1445,00	46,16	
105,00	40,60	2,50	900,00	47,79	2,75	1447,00	45,51	
735,00	40,34	2,40	915,00	47,80	2,75	1449,00	44,84	
750,00	40,34	2,40	930,00	47,79	2,94	1451,00	44,21	
765,00	40,34	2,40	945,00	47,78	2,94	1453,00	43,57	
780,00	40,35	2,40	960,00	47,78	2,64	1455,00	42,89	
795,00	40,36	5,00	975,00	47,79	2,64	1460,00	41,26	
796,00	41,15	5,00	990,00	47,79	2,63	1465,00	39,69	
797,00	41,77	5,00	1005,00	47,80	2,63	1470,00	38,94	
798,00	42,33	5,00	1020,00	47,80	2,61	1485,00	34,96	
799,00	42,79	5,00	1035,00	47,81	2,61	1500,00	30,92	
800,00	43,14	5,00	1050,00	47,79	2,61	1515,00	27,22	
802,00	43,72	5,00	1065,00	47,81	2,61	1530,00	23,86	
804,00	44,02	2,50	1080,00	47,79	2,63			

Taula 5.8: Dades de l'assaig de bombeig del 6-10-2008 al pou Horts del Valenti.

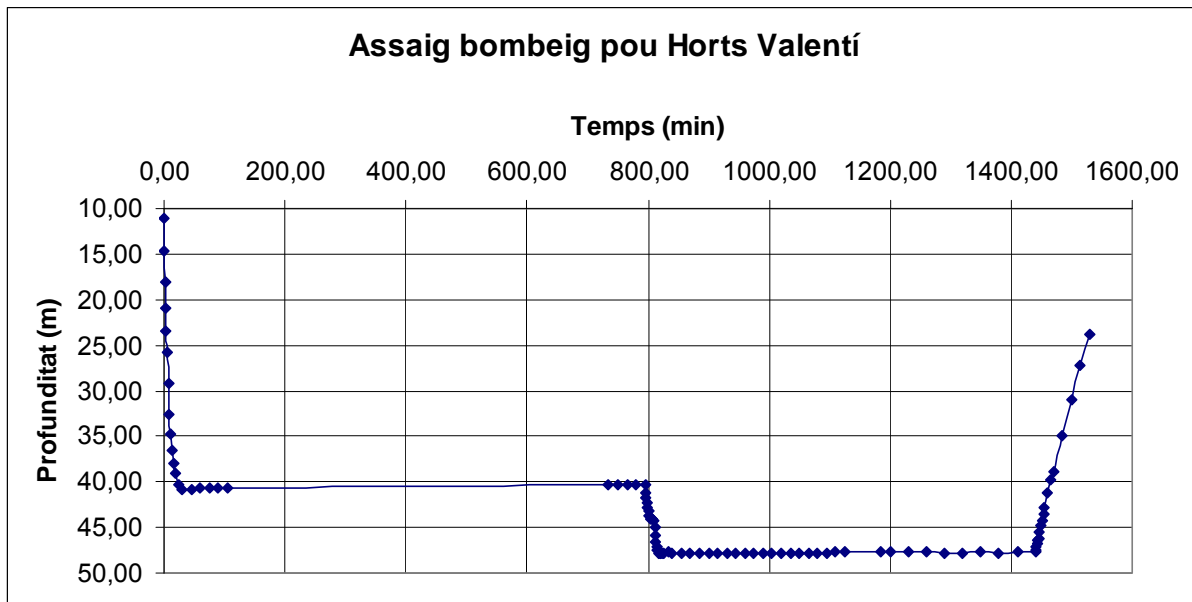


Figura 5.13: Temps-profunditat nivell d'aigua per l'assaig de bombeig i recuperació del 6-10-2008 al pou Horts del Valenti.

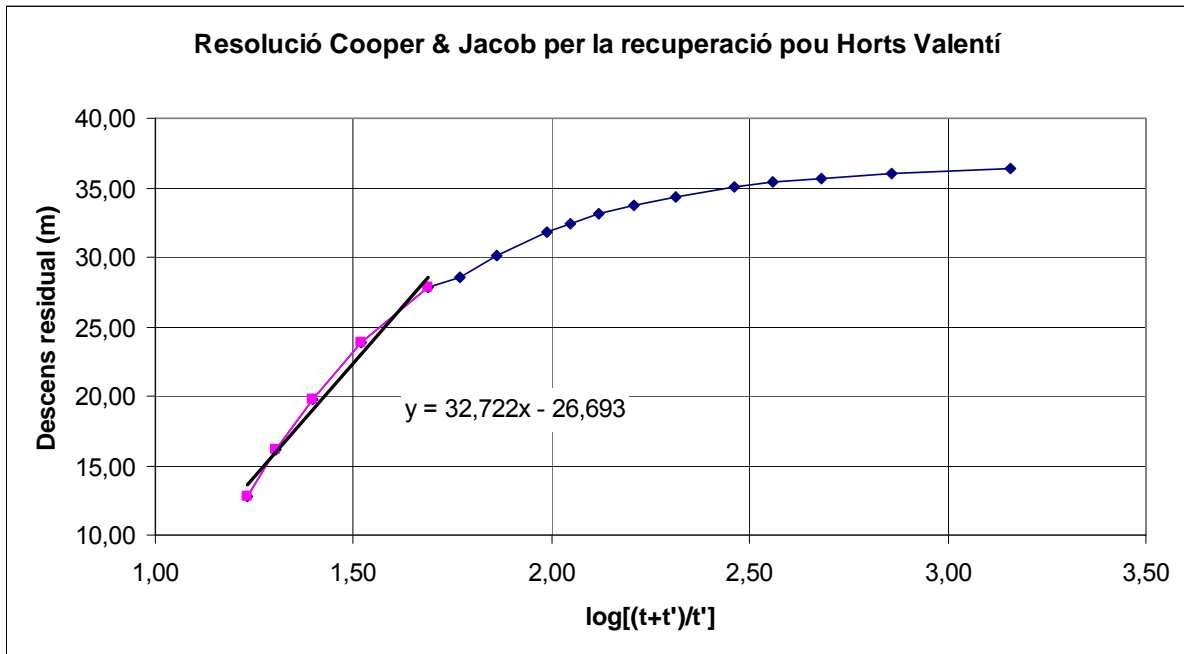


Figura 5.14:  $\log[(t+t')/t']$ -descens residual per l'etapa de recuperació del 6-10-2008 al pou Horts del Valentí.

### Pou Marquet Paradís

Es disposa d'un assaig de bombeig realitzat al pou Marquet Paradís el dia 13 de novembre del 2008 (Elèctrica Pintó. 2008b). Aquest pou abasteix la urbanització del mateix nom, al municipi del Pont de Vilomara i Rocafort.

L'assaig va partir d'un nivell piezomètric de 9'58 m respecte la boca i va consistir en un bombeig escalonat de 24 h seguit d'una recuperació de 2 h 30 min. Es va assolir una estabilització del nivell dinàmic a 47'85 m per un cabal de 11'2 m<sup>3</sup>/h (taula 5.9 i figura 5.12).

El pou Marquet Paradís té una profunditat de 51'20 m i 3 nivells aquífers situats entre les cotes respecte la boca: 12-13 m, 33-36 m i 42-48 m. (Catalana de Perforacions, 2008) (annex 6: fitxes punts d'aigua).

Donat que els trams del bombeig escalonat no van ser de similar durada, ni el cabal va ser creixent en cada interval, no s'ha pogut resoldre per la fórmula general.



En el cas de la corba de recuperació, es poden diferenciar 2 trams de diferent pendent. El tram superior coincideix amb el nivell aquífer més elevat (12-13 m), mostrant una ralentització en l'ascens molt probablement causat per la infiltració de l'aigua del pou a través del nivell esmentat. Donat que la corba de recuperació no supera la cota d'aquest nivell, resulta més representatiu per aquest cas resoldre només el tram inferior. En aquest sentit, s'ha agafat l'interval de la recuperació situat per sobre dels 2 nivells aquífers inferiors (33-36 m i 42-48 m) i per sota del nivell aquífer superior (12-13 m). S'ha aplicat la resolució de Cooper & Jacob, ajustant una recta de pendent 33'9 (figura 5.16). S'ha utilitzat un valor de cabal mitjà de 11'08 m<sup>3</sup>/h, obtingut a partir de calcular el volum total extret i el temps de bombeig. Amb aquestes dades s'ha calculat una transmissivitat de 1'4 m<sup>2</sup>/d i una conductivitat hidràulica de 0'2 m<sup>2</sup>/d.

TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)	TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)	TEMPS (min)	NIVELL (m)	CABAL (m3/h)
0,00	9,58	7,90	185,00	48,05	11,85	1140,00	46,41	11,25
1,00	15,75	7,90	187,00	47,84	11,85	1155,00	46,41	11,25
2,00	20,49	7,90	189,00	47,75	11,85	1170,00	46,41	11,25
3,00	21,83	7,90	191,00	47,74	11,85	1185,00	46,42	11,40
4,00	21,97	7,90	193,00	47,76	11,85	1186,00	47,04	11,40
5,00	22,03	7,90	195,00	47,71	11,85	1187,00	47,30	11,40
7,00	22,08	7,90	200,00	47,70	11,85	1188,00	47,47	11,40
10,00	22,15	7,90	205,00	47,74	11,85	1189,00	47,66	11,40
15,00	22,27	7,10	210,00	47,78	11,85	1190,00	47,82	11,40
20,00	22,34	7,10	225,00	47,79	11,85	1192,00	47,86	11,40
25,00	22,43	7,10	240,00	47,80	11,75	1194,00	47,86	11,40
30,00	22,48	6,25	245,00	47,27	11,50	1196,00	47,85	11,40
45,00	22,49	5,90	250,00	47,31	11,50	1198,00	47,85	11,40
55,00	22,54	8,85	255,00	47,31	11,50	1200,00	47,85	11,25
56,00	27,65	8,85	270,00	47,45	11,90	1205,00	47,85	11,25
57,00	29,47	8,85	285,00	47,55	10,90	1210,00	47,85	11,25
58,00	29,91	8,85	300,00	47,53	11,60	1215,00	47,85	11,30
59,00	30,02	8,85	315,00	47,58	10,60	1230,00	47,82	11,25
60,00	30,04	8,85	316,00	47,45	10,60	1260,00	47,83	11,25
62,00	30,03	8,85	317,00	47,39	10,60	1290,00	47,84	11,25
64,00	30,02	8,85	318,00	47,37	10,60	1320,00	47,82	11,25
66,00	30,01	8,85	319,00	47,35	10,60	1350,00	47,83	11,20
68,00	30,00	8,85	320,00	47,25	10,20	1380,00	47,84	11,20
70,00	29,98	8,85	322,00	47,13	10,20	1410,00	47,84	11,20
75,00	29,95	9,10	324,00	47,01	10,20	1440,00	47,85	11,20
135,00	29,90	9,10	326,00	46,98	10,20	1441,00	42,92	
150,00	29,88	9,30	327,00	46,96	10,20	1442,00	37,28	
165,00	29,88	12,30	330,00	46,78	10,20	1443,00	32,04	
166,00	35,19	12,30	335,00	46,71	10,70	1444,00	27,75	
167,00	37,37	12,30	340,00	46,60	10,70	1445,00	23,90	
168,00	39,56	12,30	345,00	46,58	10,80	1449,00	15,96	
169,00	41,05	12,30	360,00	46,39	11,00	1451,00	14,28	
170,00	41,65	12,30	375,00	46,33	11,00	1453,00	13,40	
172,00	42,01	12,30	390,00	46,28	11,35	1455,00	13,12	
174,00	42,09	12,30	405,00	46,36	11,45	1460,00	12,95	
176,00	42,16	12,30	420,00	46,31	11,45	1465,00	12,75	
178,00	42,19	12,30	435,00	46,28	11,45	1470,00	12,62	
180,00	42,21	11,60	450,00	46,26	11,45	1485,00	12,40	
181,00	44,52	11,85	1100,00	46,41	11,45	1500,00	12,20	
182,00	47,25	11,85	1125,00	46,41	11,45	1590,00	11,34	
184,00	47,65	11,85						

Taula 5.9: Dades de l'assaig de bombeig del 13-11-2008 al pou Marquet Paradís.



## Discussió

Comparant els valors obtinguts pels diferents pous (taula 5.10), es pot sintetitzar que les transmissivitats oscil·len entre l'ordre de magnitud  $10^{-1}$  i  $10^2$ /d i les conductivitats hidràuliques entre  $10^{-3}$  i 1 m/d. Atès aquest rang de conductivitat hidràulica es classifiquen com a aqüífers pobres, quelcom permeables (Custodio & Llamas, 2001).

POUS		CÀLCULS PEL BOMBEIG		CÀLCULS PER LA RECUPERACIÓ	
NOM	PROF. (m)	TRANSMISSIVITAT (m <sup>2</sup> /d)	CONDUCTIVITAT HIDRÀULICA (m/d)	TRANSMISSIVITAT (m <sup>2</sup> /d)	CONDUCTIVITAT HIDRÀULICA (m/d)
P.-2 Rellinars	300	7'6	0'8	10'6	1'2
P. Marina	335	3'6	0'3	2'8	0'3
P. profund River Park	389	0'7	$5'9 \times 10^{-3}$	0'3	$2'3 \times 10^{-3}$
P. Horts Valentí	164	---	---	0'4	---
P. Marquet Paradís	51	---	---	1'4	0'2

*Taula 5.10: Paràmetres hidràulics dels pous, calculats a partir d'assaigs de bombeig.*

Els valors més baixos de transmissivitat i de conductivitat hidràulica són pel pou profund River Park i els més elevats pel pou-2 Rellinars. Aquests dos pous travessen nivells aqüífers de diferent litologia. Pel cas del primer pou són de gres gris, i en el segon pou són de conglomerat. A la taula 5.11 es poden comparar els paràmetres hidràulics dels diferents pous, les litologies on es troben i la profunditat dels nivells aqüífers.

NOM DEL POU	NIVELLS AQÜÍFERS (m)	LITOLOGIA	TRANSMISSIVITAT (m <sup>2</sup> /d)	CONDUCTIVITAT HIDRÀULICA (m/d)
P.-2 Rellinars	45-54	Conglomerat	7'6 a 10'6	0'8 a 1'2
P. Marina	309-320	Conglomerat	2'8 a 3'6	0'3
P. Marquet Paradís	12-13	Gres gris	1'4	0'2
	33-36			
	42-48			
P. Horts Valentí	---	---	0'4	---
P. profund River Park	109-130	Gres gris	0'3 a 0'7	2'3 x 10 <sup>-3</sup> a 5'9 x 10 <sup>-3</sup>
	157-163			
	190-196			
	239-272			
	275-281			
	312-348			
	354-363			

*Taula 5.11: Síntesi dels nivells aquífers i paràmetres hidràulics dels pous.*

En primer lloc, es constata la presència de nivells aquífers en 2 litologies diferents: conglomerat i gres gris. Coneixent que la porositat intergranular d'aquestes dues litologies és escassa i el grau de fracturació és important (apartat 4: litoestratigrafia) es pot deduir que la permeabilitat és produïda principalment per fissuració de la roca.

Tot i les escasses dades disponibles, es pot observar certa relació entre la conductivitat hidràulica i la litologia i profunditat dels nivells aquífers.

D'aquesta manera, es pot observar que els nivells aquífers conglomeràtics presenten unes conductivitats hidràuliques més elevades (0'3 a 1'2 m/d) que els nivells aquífers de gres gris (2'3 x 10<sup>-3</sup> a 0'2 m/d). Això fa pensar en la possibilitat que els nivells conglomeràtics puguin tenir una major fracturació i/o amplada de fissures i/o connectivitat entre elles.

Per altra banda, comparant els pous de la mateixa litologia, es pot observar que tenen una major conductivitat hidràulica els que disposen de nivells aquífers de menor profunditat. Aquest

fet pot estar probablement lligat al decreixement en profunditat de la freqüència i amplada de les fractures (Custodio i Llamas, 2001), el que implica una menor permeabilitat per fracturació. La seva explicació cal cercar-la en l'eixamplament i creació de noves fissures produïts per la descompressió que pateixen les roques a mesura que són exposades a condicions de menor pressió litostàtica durant el procés de desmantellament erosiu del massís.

## **Conclusions**

A partir de l'anàlisi dels assaigs de bombeig de 5 pous del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt s'han obtingut varis valors de transmissivitat i conductivitat hidràulica, que oscil·len entre els ordres de magnitud  $10^{-1}$  i  $10^2$  m<sup>2</sup>/d pel primer paràmetre i entre  $10^{-3}$  i 1 m/d pel segon paràmetre. Segons Custodio & Llamas (2001), per aquest rang de conductivitats hidràuliques es classifiquen com a aqüífers pobres, quelcom permeables.

Tot i el baix nombre de pous disponibles, es troben situats a zones diferents del ventall deltaic i tallen unes potències destacades de sèrie estratigràfica, aportant una informació prou representativa del sistema.

Coneixent la baixa porositat intergranular que tenen aquestes litofàcies i la destacada fracturació que poden presentar (apartat 4: litoestratigrafia), s'interpreta que la permeabilitat detectada és donada principalment per la fissuració de la roca.

S'identifiquen nivells aqüífers desenvolupats en conglomerat i gres gris. El conglomerat correspon a les litofàcies Cp, Cc i/o Cg i el gres gris correspon a la litofàcies Gg.

En els pous estudiats, es constaten uns valors més elevats de conductivitat hidràulica en els nivells aqüífers conglomeràtics. Els nivells aqüífers de gres gris tenen una conductivitat hidràulica menor.

Es constata certa correlació entre la disminució de la conductivitat hidràulica i l'augment de la profunditat en què es troben els nivells aqüífers, tan pels conglomeràtics com pels gresosos

grisos. Aquest fet es pot explicar pel decreixement en profunditat de la freqüència i amplada de les fractures que donen permeabilitat als nivells aquífers (Custodio & Llamas, 2001).

## **5.3-EVOLUCIÓ DELS NIVELLS PIEZOMÈTRICS**

### **Introducció**

S'ha fet un seguiment dels nivells piezomètrics dels pous Marina, profund River Park i n°2 Rellinars durant un període comprès entre gener i novembre del 2012 pel primer pou, i entre gener del 2012 i març del 2013 pels altres dos pous.

Tots aquests pous són utilitzats regularment per l'abastament urbà, la qual cosa implica que són sotmesos a uns bombejos periòdics. Malgrat els descensos pels pous Marina i profund River Park són generalment superiors al rang de mesura de les sondes, aquestes han permès enregistrar la tendència més enllà dels períodes de bombeig.

Les sèries d'evolució de nivell s'han comparat amb les dades de precipitació diàries de les estacions de Rellinars, Sant Llorenç Savall i Pont de Vilomara, totes elles situades a la zona d'estudi. Les dades de pluviometria han estat facilitades pel Servei Meteorològic de Catalunya.

### **Evolució dels nivells piezomètrics**

En les diferents evolucions de nivell es pot observar com el bombeig practicat als pous condiona notablement el seu nivell d'aigua, de manera que només després d'un cert període sense extraccions s'aconsegueix estabilitzar i marcar més clarament la tendència natural (Figures 5.17, 5.18 i 5.19).

#### **Pou Marina**

Durant els períodes sense bombeig (principis de març, finals d'abril,i principis de maig del 2012) es pot observar l'estabilització del nivell piezomètric, mostrant la seva tendència natural (figura 5.17). A principis de maig del 2012 es va assolir un nivell piezomètric màxim en cota 455 m d'altitud, tot i haver-hi precipitacions. Aquesta cota és similar a la que es troba la riera de Mura a uns 360 m de distància al Sud del pou.

### **Pou profund River Park**

Durant el període sense bombeig de principis de febrer del 2013 es pot observar l'estabilització del nivell piezomètric, mostrant la seva tendència natural (figura 5.18). A mitjans de març del 2013 es va assolir un nivell piezomètric màxim en cota 191 m d'altitud, per sota de la cota 218 m d'altitud on es troba la riera de Mura a uns 25 m de distància al Nord del pou.

### **Pou-2 Rellinars**

Pel cas del pou-2 Rellinars cal tenir en compte la injecció d'aigua procedent de minats de la riera al pou-1 Rellinars, situat a uns 19 metres de distància i a uns -5 metres de desnivell. La connexió hidràulica amb el pou d'estudi queda palesa per la ràpida pujada de nivell després de les precipitacions, a partir del mateix dia. A més, durant l'assaig de bombeig al pou-2 es va poder constatar l'afectació en el nivell del pou-1. Per tant, com a conseqüència de la injecció de minats al pou-1 de Rellinars, el pou-2 no resulta útil per fer comparatives entre precipitació i variacions del nivell piezomètric.

Malgrat això, durant el període sense bombeig de principis de març del 2013 es pot observar com es va assolir un nivell piezomètric màxim en cota 325 m d'altitud (figura 5.19). Aquesta cota és similar a la que es troba la riera de Rellinars a uns 90 m de distància al Nord del pou.



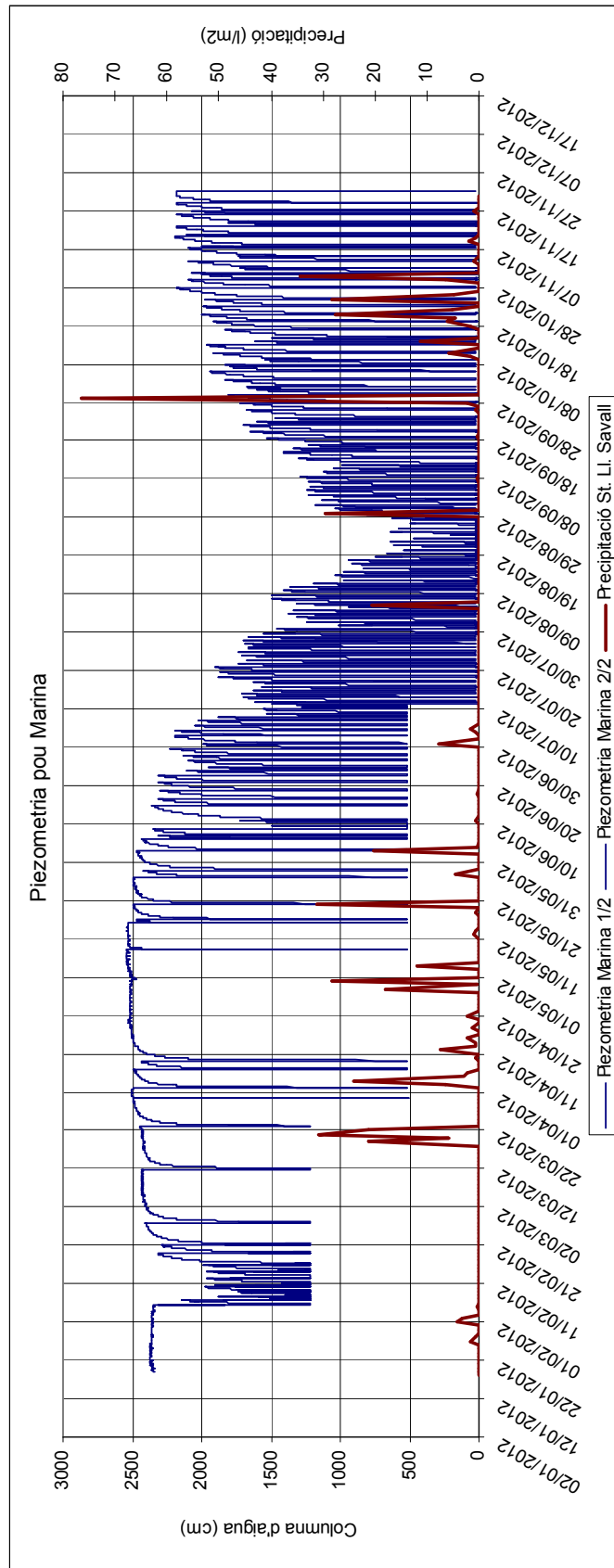


Figura 5.17: Gràfica del nivell piezomètric i la precipitació pel període 18-01-2012 a 21-11-2012 al pou Marina.

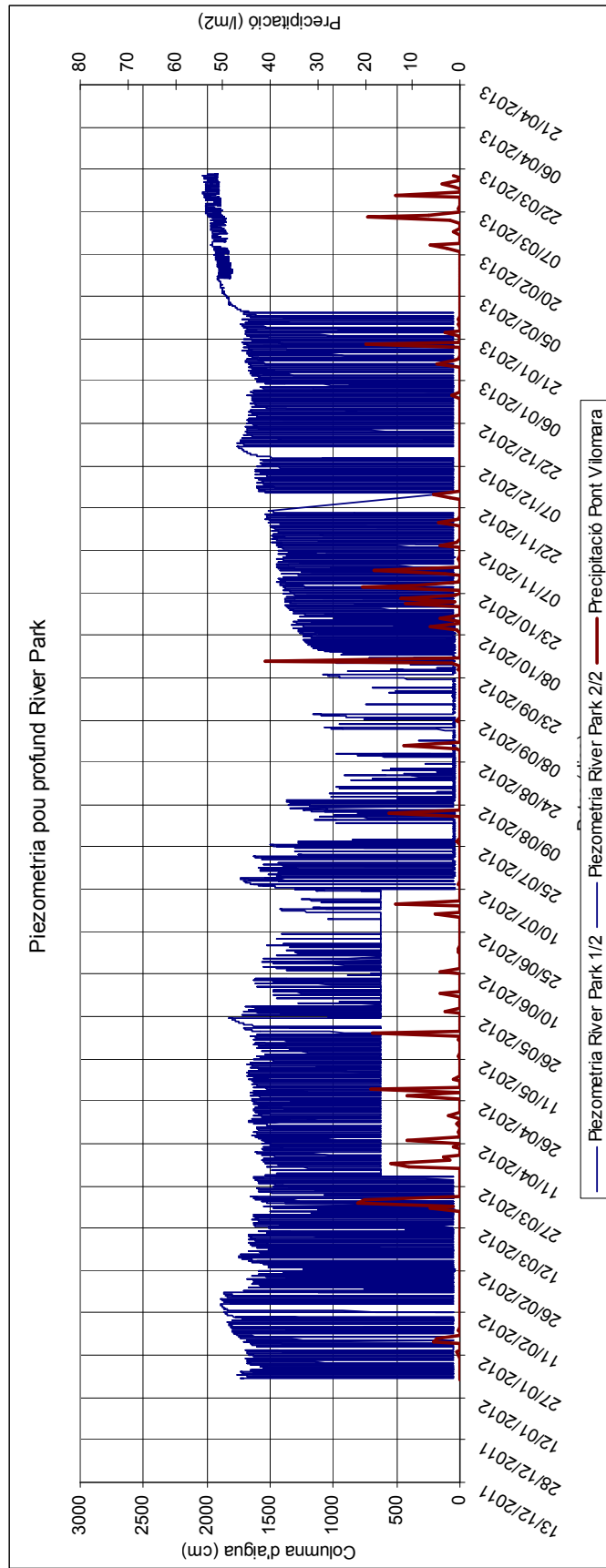


Figura 5.18: Gràfica del nivell piezomètric i la precipitació pel període 18-01-2012 a 20-03-2013 al pou profund River Park

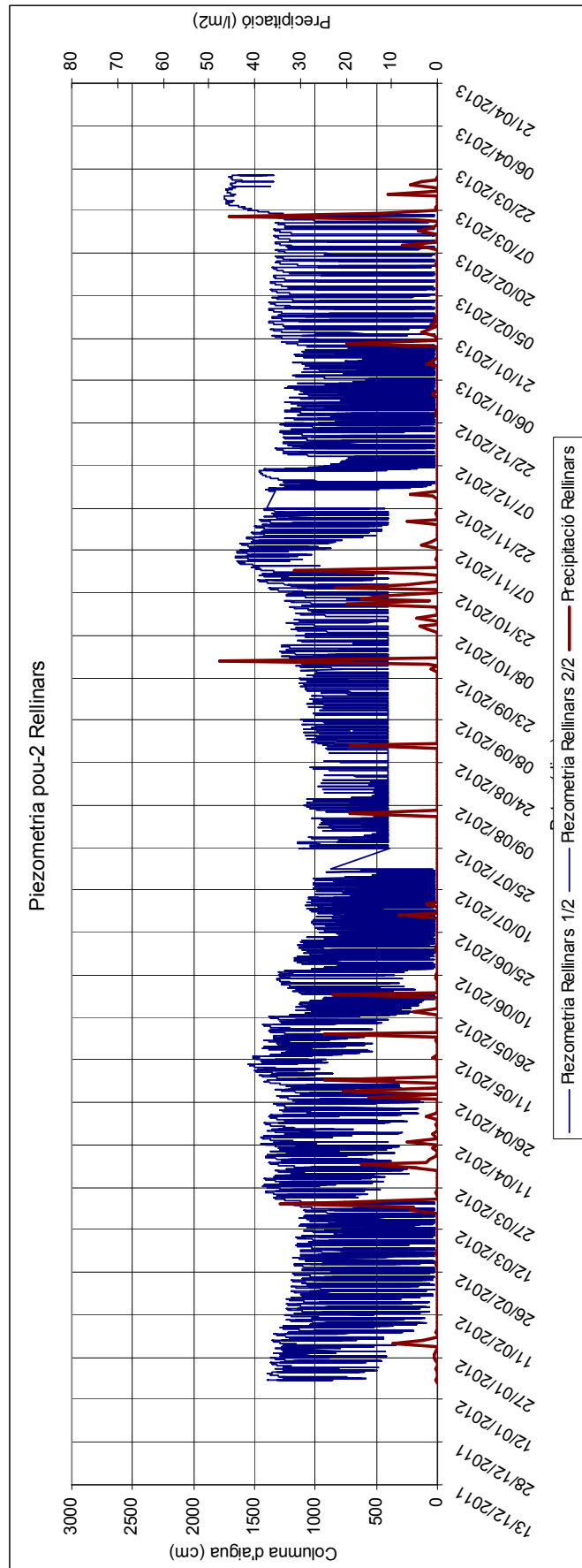


Figura 5.19: Gràfica del nivell piezomètric i la precipitació pel període 18-01-2012 a 19-03-2013 al pou-2 Rellinars.

## **Comparativa nivells pous Marina i River Park**

Tot i el control del nivell màxim que s'ha observat al pou Marina, presenta unes variacions estacionals de major magnitud que el pou profund River Park.

Malgrat que gran part de l'any les extraccions no permeten l'estabilització del nivell d'aigua dels pous, a partir de la tendència que prenen els pics de recuperació després dels bombejos s'han pogut establir varies seqüències d'ascens i descens. El seu interès rau en cercar les relacions entre aquests màxims de nivell i els episodis de precipitació de la zona. Per tal d'extreure'n valors representatius s'han escollit aquells períodes on la precipitació ha estat concentrada en un o pocs dies i els bombejos han estat realitzats amb una freqüència relativament regular. Coneixent que el cabal extret per les bombes als pous Marina i profund River Park és sempre de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , i a partir del sumatori de temps de bombeig per a cada període, es poden estimar els volums d'extracció (taules 5.12 i 5.13).

Al pou Marina s'han distingit 3 episodis de precipitació correlacionables amb la pujada del nivell piezomètric (taula 5.12). Els períodes d'ascens es perllonguen aproximadament entre 9 i 12 dies, constatant-se certa proporcionalitat entre la quantitat de precipitació i la seva major durada. El temps de resposta després de les precipitacions oscil·la entre 2 i 6 dies.

Al pou profund River Park s'han distingit 6 episodis de precipitació correlacionables amb la pujada del nivell piezomètric (taula 5.13). Els períodes d'ascens es perllonguen aproximadament entre 1 a 7 dies, a excepció de l'event del 29-09-2012 que arriba fins als 11 dies. El temps de resposta després de les precipitacions oscil·la entre 1 i 3 dies.

CRESCUDES REPRESENTATIVES DEL NP AL POU MARINA					
PRECIPITACIÓ		INICI RESPOSTA (d)	MÀX NP	PERÍODE ASCENS (d)	VOLUM EXTRET APROXIMAT (m <sup>3</sup> )
DATA	QUANTITAT (l/m <sup>2</sup> )				
19-03-2012	79	3-6	31-03-2012	9-12	90
20-03-2012					
21-03-2012					
22-03-2012					
30-08-2012	30	2	08-09-2012	9	820
29-09-2012	77	4-6	12-10-2012	11	490

Taula 5.12: Relació aproximada entre varies etapes de precipitació i el corresponent ascens representatiu del nivell piezomètric al pou Marina entre el 18-01-2012 i el 21-11-2012.

CRESCUDES REPRESENTATIVES DEL NP AL POU PROFUND RIVER PARK					
PRECIPITACIÓ		INICI RESPOSTA (d)	MÀX NP	PERÍODE ASCENS (d)	VOLUM EXTRET APROXIMAT (m <sup>3</sup> )
DATA	QUANTITAT (l/m <sup>2</sup> )				
19-03-2012	50	1	23-03-2012	1-4	420
20-03-2012					
21-03-2012					
22-03-2012					
03-04-2012	31	1	07-04-2012	1-4	420
04-04-2012					
05-04-2012					
06-04-2012					
10-04-2012	12	1-3	13-04-2012	1-3	230
12-04-2012					
28-04-2012	31	1-3	05-05-2012	1-7	680
30-04-2012					
04-05-2012					
29-09-2012	41	3	10-10-2012	11	1370
19-01-2013	20	1	20-01-2013	1	80

Taula 5.13: Relació aproximada entre varies etapes de precipitació i el corresponent ascens representatiu del nivell piezomètric al pou profund River Park entre el 18-01-2012 a 20-03-2013.

Les tongades de precipitació del 19 al 22 de març del 2012 (figures 5.20 i 5.21) i del 29 de setembre del 2012 enregistren crescudes representatives del nivell piezomètric simultàniament als pous Marina i profund River Park. En primer lloc, cal destacar que pels 2 períodes el volum extret és més gran al pou profund River Park que al pou Marina, de l'ordre de més de 4 vegades pel primer període i de més de 2 vegades pel segon. Comparant els diferents paràmetres pels mateixos períodes, es pot apreciar que el temps de resposta després de les precipitacions és més ràpid al pou profund River Park (1 a 3 dies) que al pou Marina (3 a 6 dies). El període d'ascens per les precipitacions del 19 al 22 de març resulta més llarg al pou Marina (9 a 12 dies) que al pou profund River Park (1 a 4 dies), però per l'episodi del 29 de setembre, l'ascens es perllonga aproximadament el mateix temps pels dos pous (11 dies).

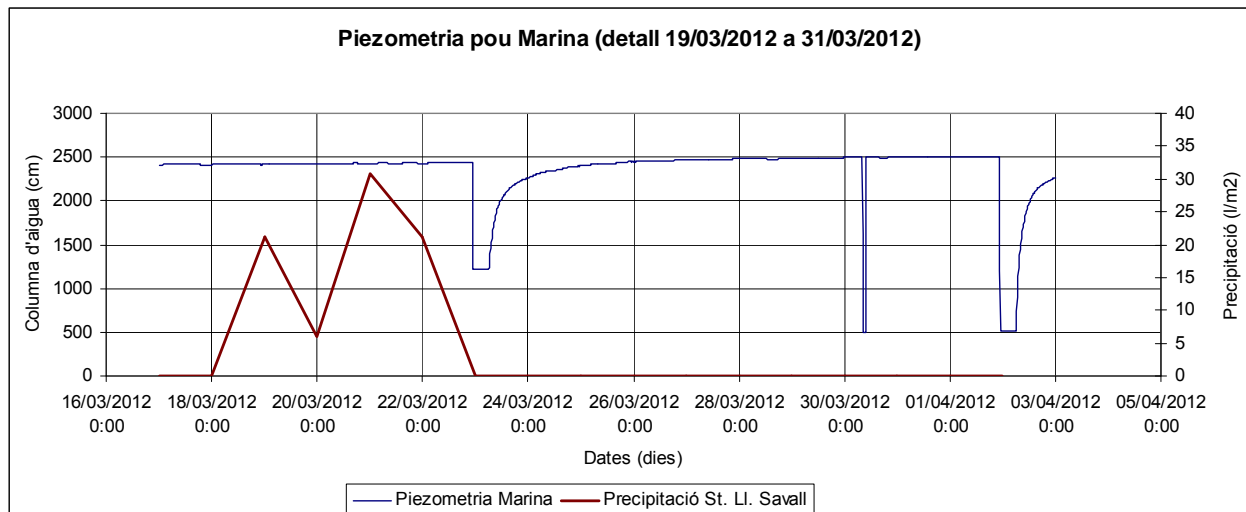


Figura 5.20: Nivell piezomètric i precipitació pel període d'ascens del 19-03-2012 al 31-03-2012 al pou Marina.

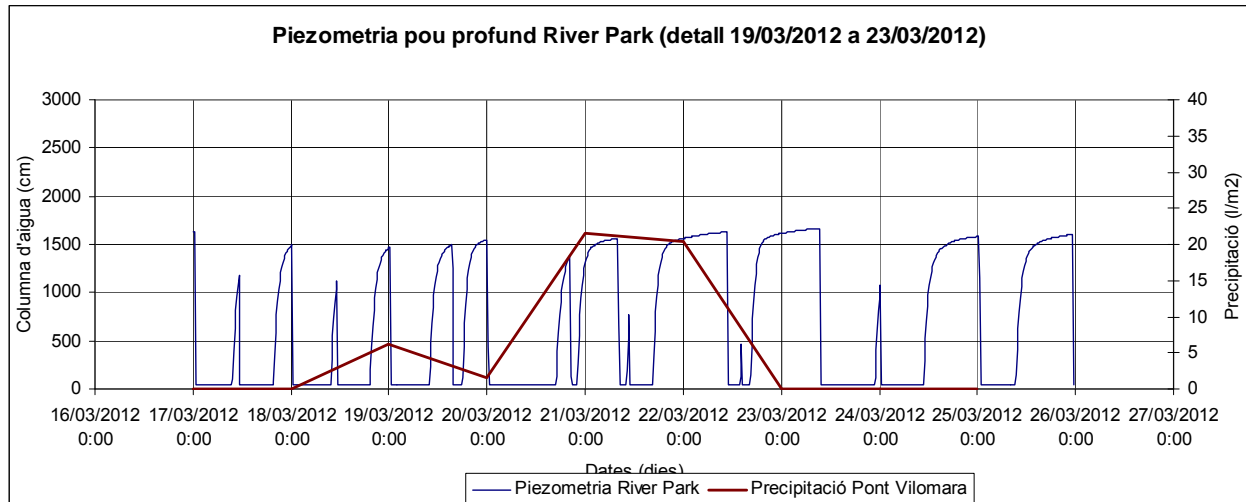


Figura 5.21: Nivell piezomètric i la precipitació pel període d'ascens del 19-03-2012 al 23-03-2012 al pou profund River Park.

## Discussió

A grans trets, cal fer notar que en el registre de nivells dels pous Marina i nº2 Rellinars es constaten uns nivells piezomètrics màxims la cota dels quals no és superen. Aquests coincideixen amb la cota de la riera de Mura, a 360 m de distància del pou Marina, i de la riera de Rellinars, a 90 m de distància del pou-2 Rellinars. Aquesta situació suggereix que les rieres funcionen com a sobreexidors quan el nivell piezomètric assoleix una alçada similar a la seva llera, a través de certs nivells estratigràfics permeables.

Pel cas del pou Marina, el nivell piezomètric màxim es troba a 86'7 m de la boca i coincideix amb un potent tram de conglomerat amb intercalacions de lutita vermella (annex 6: fitxes punts d'aigua).

Al pou-2 Rellinars, el nivell piezomètric màxim es troba a 19'9 m de la boca i correspon a un paquet de conglomerat (annex 6: fitxes punts d'aigua).

El nivell piezomètric màxim al pou profund River Park queda uns 27 metres per sota de la cota de la riera que té a tan sols 25 m de distància, i per tant, sense cap relació. La litologia dels primers 109 m del pou correspon a lutita gris (annex 6: fitxes punts d'aigua).

Tot i que el pou profund River Park es troba generalment sotmès a uns volums d'extracció més grans, el registre anual de nivell piezomètric al pou Marina es veu afectat a una variació estacional de major magnitud, amb una diferència marcada entre l'estiu i l'hivern. Aquest efecte probablement sigui conseqüència del menor emmagatzematge que disposa el pou Marina amb un sol nivell aquífer de 11 m de gruix, enfront dels 7 nivells aquífers del pou profund River Park que totalitzen 117 m de gruix i li donen un volum saturat major.

Als pous Marina i profund River Park s'han pogut observar varis períodes d'ascens del nivell piezomètric a partir de les precipitacions, amb unes durades de 9 a 12 i de 1 a 7 dies, respectivament. El temps de resposta és de 2 a 6 dies pel pou Marina i de 1 a 3 dies pel pou profund River Park. La menor durada dels períodes d'ascens al pou profund River Park podrien estar influenciats pels majors volums d'extracció a que està sotmès, però els diferents temps de resposta en relació al pou Marina, molt probablement indiquin diferències en la zona de recàrrega. Tenint en compte això, el pou Marina podria tenir una zona de recàrrega més gran i/o complexa.

Només per l'important event de precipitació del 29-09-2012, el pou profund River Park enregistra un període d'ascens d'igual durada que al pou Marina (11 dies). Aquesta situació podria estar relacionada amb el propi volum elevat de precipitació i a la ralentització en la recuperació del terreny després de l'estiatge.

En el pou-2 de Rellinars s'ha pogut evidenciar la influència de la injecció de minats que s'efectua al pou-1. Aquest fet permet deduir la seva connexió hidràulica. L'origen d'aquests es troba en una mina construïda a la llera de la riera de Rellinars al costat de les fonts del mateix nom, que recull les aigües infiltrades per les graves al·luvials i són entubades a favor del pendent fins a un dipòsit. El sobreiximent del dipòsit és injectat per gravetat al pou-1. Aquest fet no permet fer una valoració del comportament estacional dels pous 1 i 2.



## **Conclusions**

S'ha constatat l'equivalència dels nivells piezomètrics màxims dels pous Marina i n°2 Rellinars amb la cota de les rieres que tenen al costat, fet que suggereix el sobreiximent a través dels nivells de conglomerat que tenen adjacent en els dos casos.

Tot i que el pou profund River Park esta sotmès a uns volums d'extracció generalment més grans que el pou Marina, s'observa una major estabilitat del nivell piezomètric anual, molt probablement relacionat amb un major emmagatzematge.

El pou Marina enregistra uns temps de resposta a partir de les precipitacions generalment més llargs que el pou profund River Park, el que fa pensar en una zona de recàrrega més gran i/o més complexa pel primer cas.

La influència sobre el pou-2 de la injecció de minats que s'efectua al pou-1 permet deduir la seva connexió hidràulica.

## **5.4-HIDROQUÍMICA**

### **Introducció**

S'han realitzat dues campanyes de mostreig d'aigües subterrànies al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, una a l'estiu del 2011 i l'altra a la primavera del 2012, amb un total de 39 punts estudiats (taula 5.14).

CODI	PUNT D'AIGUA	DATA DE MOSTREIG	
		ESTIU 2011	PRIMAVERA 2012
S.LL-01	Font de Carlets	2011.08.26	2012.05.15
S.LL-02	Fonts de Rellinars	2011.08.26	2012.05.08
S.LL-03	Font del Ginjoler	2011.08.26	2012.05.08
S.LL-04	Font de Sant Antoni	2011.08.29	2012.05.08
S.LL-05	Font dels Llaminers	2011.08.29	2012.05.15
S.LL-06	Font del Conill	2011.08.29	2012.05.15
S.LL-07	Font del Puig	2011.08.30	2012.05.07
S.LL-08	Font de la Baga de la Vila	2011.08.30	2012.05.07
S.LL-09	Font del Formatget	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-10	Font del Foradot	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-11	Font de la Coma	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-12	Font de l'Era	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-13	Font del Rector	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-14	Caus de Mura	2011.08.30	2012.05.13
S.LL-15	Font de l'Illa	2011.08.31	2012.05.13
S.LL-16	Font del Llor	2011.08.31	2012.05.13
S.LL-17	Font del Guinardeu	2011.09.02	2012.05.06
S.LL-18	Font de la Cansalada	2011.09.02	2012.05.06
S.LL-19	Font de Casajoana	2011.09.02	2012.05.06
S.LL-20	Font del Vià	2011.09.02	2012.05.11
S.LL-21	Font de Can Cotis	2011.09.02	2012.05.06
S.LL-22	Pou nº 2 Rellinars	2011.10.25	2012.05.15
S.LL-23	Pou nº 3 Rellinars	2011.10.25	---
S.LL-24	Pou Marquet Paradís	2011.10.26	2012.05.14
S.LL-25	Pou Horts del Valentí	2011.10.26	2012.05.14
S.LL-26	Pou riera Sta. Magdalena	2011.10.26	2012.05.14

S.LL-27	Pou profund River Park	2011.10.26	2012.05.14
S.LL-28	Pou Rocafort	2011.10.26	2012.05.14
S.LL-29	Pou Recàrrega	2011.10.27	2012.05.08
S.LL-30	Pou Dipòsit	2011.10.27	2012.05.08
S.LL-31	Pou Marina	2011.10.27	2012.05.08
S.LL-32	Font Soleia	---	2012.05.07
S.LL-33	Font de la Pola	---	2012.05.07
S.LL-34	Font Freda	---	2012.05.07
S.LL-35	Font de la Figuerota	---	2012.05.08
S.LL-36	Font de les Boades	---	2012.05.11
S.LL-37	Font del Trull	---	2012.05.11
S.LL-38	Captació torrent Foradot	---	2012.05.13
S.LL-39	Pou de les Comes	---	2012.05.14

*Taula 5.14: Relació de punts d'aigua mostrejats en les diferents campanyes.*

Per a totes les mostres s'han analitzat els constituents principals ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Si$ ) i varis de secundaris ( $Fe^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ). A l'apartat d'annexes es poden consultar les fitxes amb totes les dades dels punts d'aigua estudiats.

Per a l'estudi i l'anàlisi de les mostres s'han separat els diferents punts d'aigua en funció de les litofàcies a partir de les quals emergeixen (fonts) o travessen (pous). Així tenim diversos grups de mostres que es representen amb diferents colors al llarg del capítol:

- Conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp) (Vermell)
- Conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc) (Blau)
- Conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp) (Taronja)
- Gres i lutita vermells (GLv) (Verd)
- Gres gris (Gg) (Gris)
- Dipòsits quaternaris (Groc)

## **Anàlisi de les dades hidroquímiques**

S'han representat les mostres en funció de diferents tipus de diagrames amb la finalitat de reconèixer les característiques hidroquímiques dels punts d'aigua, entendre la importància de la estratigrafia en el sistema de flux, així com la interacció aigua-roca.

### **Diagrama de Piper**

A partir de la representació gràfica dels principals ions al diagrama de Piper (figura 5.22) es poden definir diversos tipus d'aigües (CoDo CIHS, 2009). Es distingeixen 2 grups principals, les aigües bicarbonatades, amb diferents variants, i les aigües bicarbonatades-sulfatades:

#### · AIGÜES BICARBONATADES

- Aigües bicarbonatades càlciques: Fonts en general, pous n°2 i n°3 Rellinars i Rocafort. La font de Can Cotis i el pou de Rocafort presenten cert enriquiment en Mg.
- Aigües bicarbonatades càlciques, amb influència clorurada: Pou Comes.
- Aigües bicarbonatades calcimagnèsiques: Pous Recàrrega i Dipòsit.
- Aigües bicarbonatades magnèsiques: Pous riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí.
- Aigües bicarbonatades calcimagnèsiques sòdiques: Pou Marina.
- Aigües bicarbonatades sòdiques: Pou profund River Park.

#### · AIGÜES BICARBONATADES-SULFATADES

- Aigües bicarbonatades-sulfatades magnèsic-càlciques: Pou Marquet Paradís.

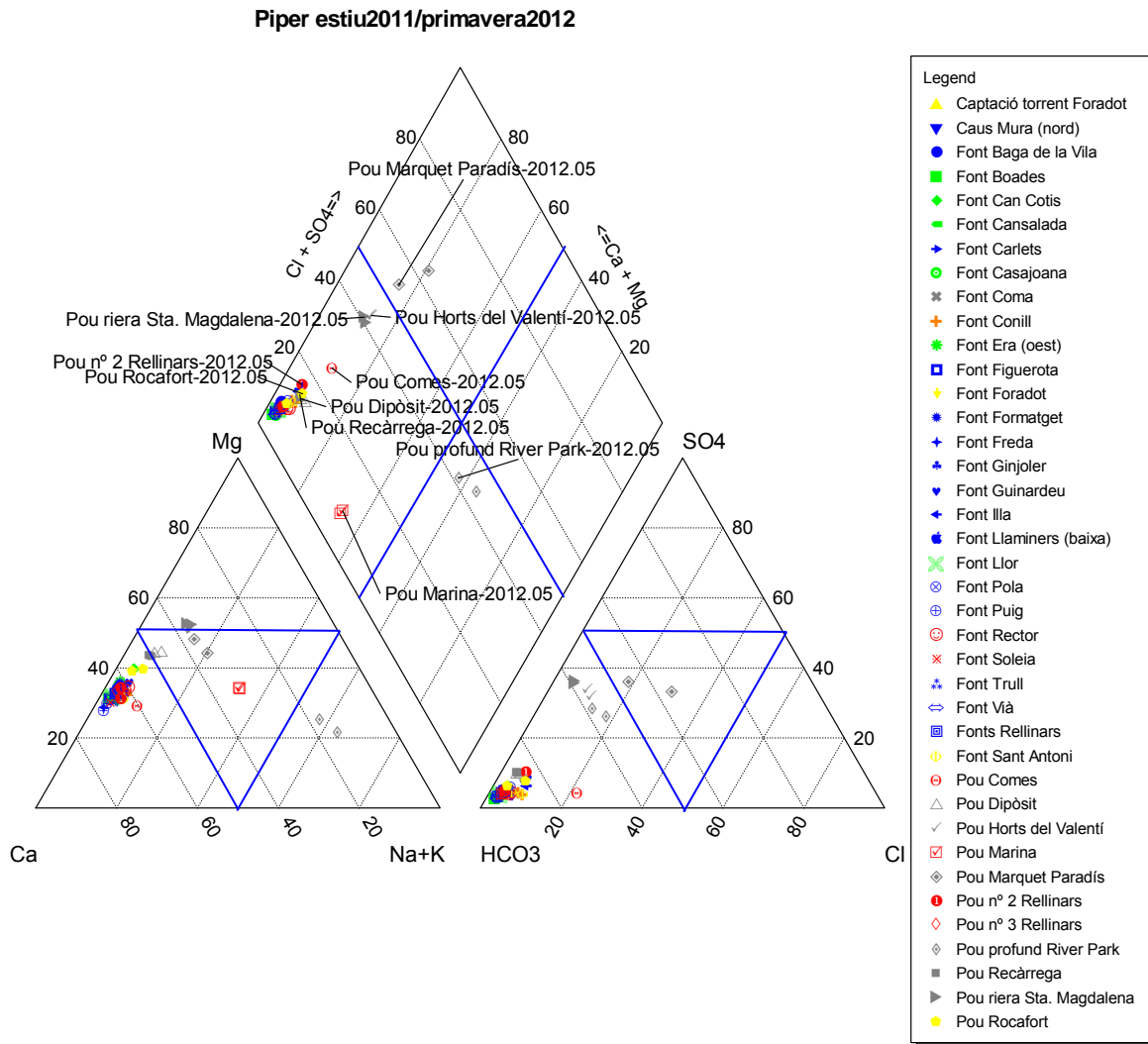


Figura 5.22: Diagrama de Piper per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012.

### Diagrama de Schoeller-Berkaloff

A partir del diagrama de Schoeller-Berkaloff (figures 5.23 i 5.24) es pot observar un predomini general dels ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ , en ordre decreixent. Els ions  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$  són

en general menys abundants, però són els que marquen més diferències entre els diversos punts d'aigua.

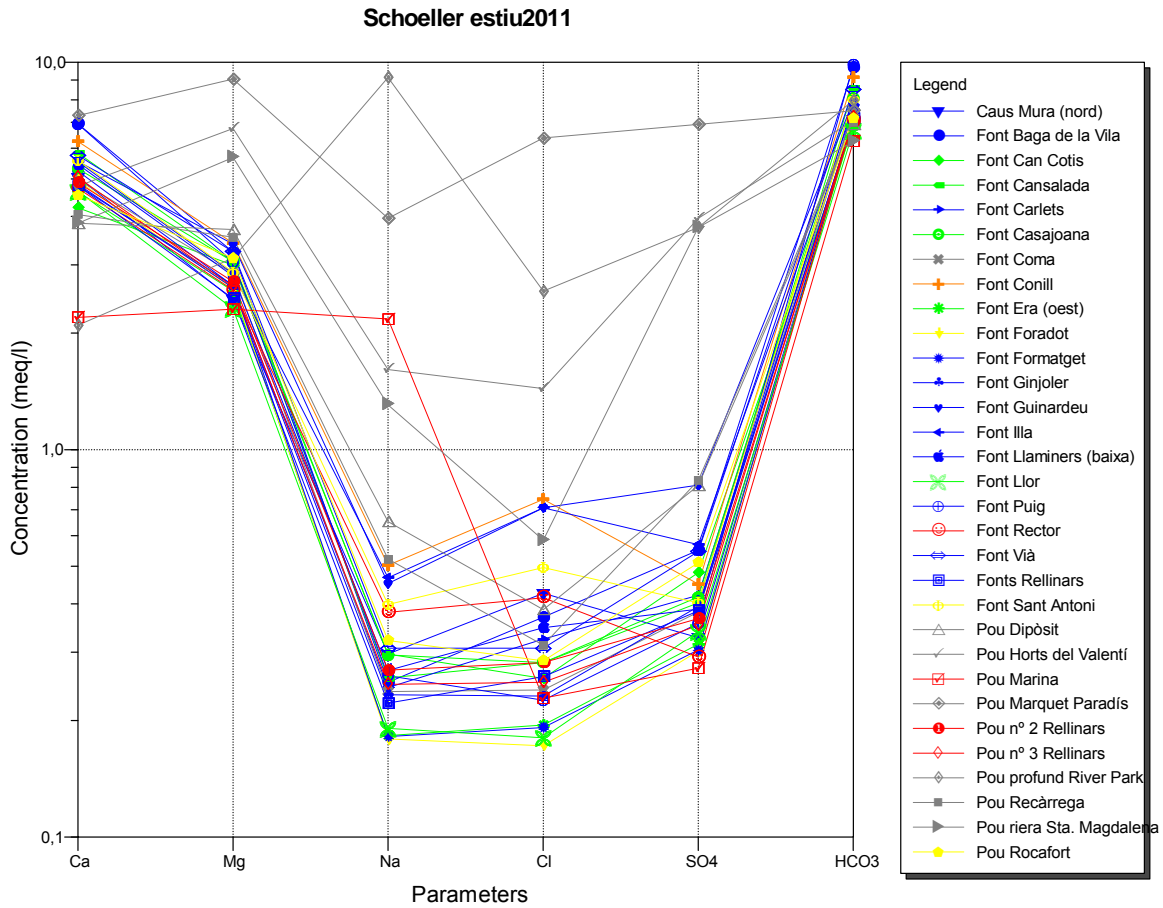


Figura 5.23: Gràfica de Schoeller-Berkaloff per la campanya de mostreig d'estiu del 2011.

Comparant les diferències de concentració iònica entre les 2 campanyes de mostreig (figures 5.23 i 5.24), no es constaten ions amb tendències concretes i es fa difícil establir grups de mostres amb increments o disminucions determinades.

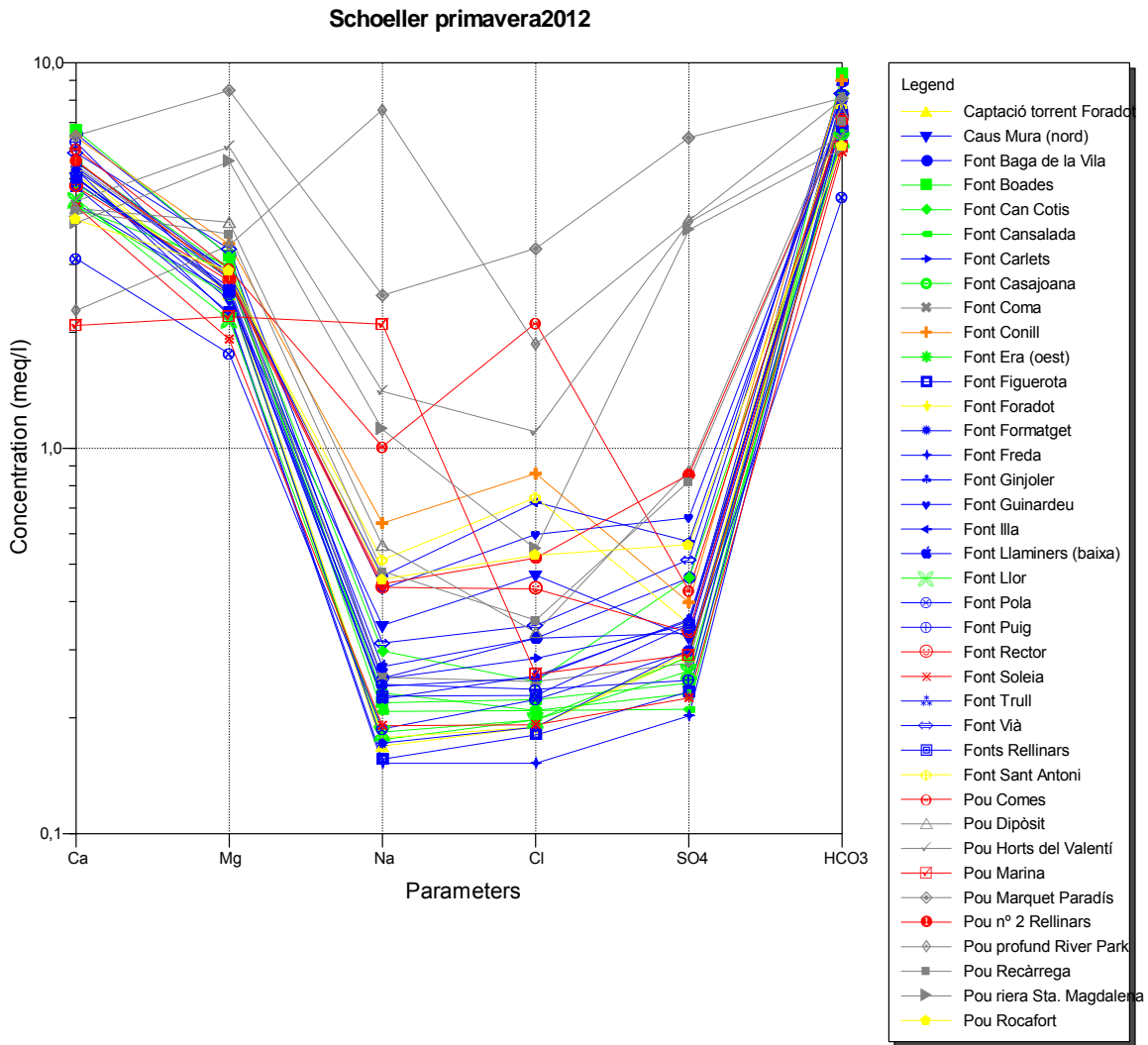


Figura 5.24: Diagrama de Schoeller-Berkaloff per la campanya de mostreig de primavera del 2012.

En aquests diagrames es pot distingir un grup principal de punts d'aigua amb una composició similar i d'altres que es separen:

- El grup principal es caracteritza per un predomini de  $\text{HCO}_3$  (4-10 meq/L), Ca (3-7 meq/L) i Mg (1'5-3'5 meq/L) i per una escassetat de  $\text{SO}_4$  (0'1-1 meq/L), Cl (0'1-1 meq/L) i Na (0'1-1 meq/L). S'inclouen les fonts en general i els pous n°2 i n°3 Rellinars, Rocafort, Dipòsit i Recàrrega.

· La resta de pous es separen del grup principal amb una variació en la concentració d'alguns dels constituents, principalment el  $\text{SO}_4$ , Cl i/o Na, tot i que també es constaten algunes diferències en el Mg i/o Ca. Aquests punts són:

- Pou profund River Park: Concentracions de Na (7'5-9 meq/L),  $\text{SO}_4$  (3'5-4 meq/L) i Cl (1'5-2'5 meq/L) més elevades. Disminució en la concentració de Ca (2-2'5 meq/L).
- Pou Marquet Paradís: Concentracions de Mg (8-9 meq/L),  $\text{SO}_4$  (6-7 meq/L), Cl (3-6'5 meq/L), Na (2'5-4 meq/L) clarament més elevades.
- Pous Horts del Valentí i riera Sta. Magdalena: Concentracions una mica més elevades de Mg (5'5-7 meq/L),  $\text{SO}_4$  (3'5-4 meq/L), Na (1-1'5 meq/L) i Cl (0'5-1'5 meq/L).
- Pou Marina: Destaca per una concentració més alta en Na (2-2'5 meq/L) més i baixa en Ca (2-2'5 meq/L).
- Pou Comes: Destaca per una concentració una mica més alta en Cl (1'5-2'5 meq/L) i Na (0'5-1'5 meq/L).

En general, es pot dir que les fonts de la Pola i Freda són els punts menys mineralitzats i els pous Marquet Paradís i River Park els que més.

## Diagrames d'Stiff

S'han representat els diagrames d'Stiff (Ca-Mg-Na enfront  $\text{HCO}_3$ - $\text{SO}_4$ -Cl) per a cadascun dels punts d'aigua de la campanya d'estiu del 2011 i de primavera del 2012, utilitzant com a cartografia de referència el mapa geològic (annexes 7 i 8).

Així, destaca com totes les fonts estudiades i els pous n<sup>o</sup>2 i n<sup>o</sup>3 de Rellinars, situats en conglomerat i gres vermell de ventall al·luvial, presenten un diagrama d'Stiff semblant: hi predomina el  $\text{HCO}_3$  (4-10 meq/L) i el Ca (3-7 meq/L), amb certa proporció de Mg (1'5-3'5 meq/L), i escasseja el  $\text{SO}_4$  (0'1-1 meq/L), Na (0'1-1 meq/L) i Cl (0'1-1 meq/L).

Emplaçats en els mateixos materials hi ha també els pous Comes i Marina, amb uns diagrames d'Stiff lleugerament diferents:



- Pou Comes: principalment té més Cl (1'5-2'5 meq/L) i una mica de Na (0'5-1'5 meq/L) respecte al grup de les fonts.
- Pou Marina: incrementa la concentració en Na (2-2'5 meq/L) i disminueix en Ca (2-2'5 meq/L).

La resta de punts d'aigua s'emplacen en gresos grisos de front deltaic, i malgrat les seves particularitats, els diagrames d'Stiff tendeixen a incrementar en Mg, SO<sub>4</sub>, Na i Cl. Més específicament trobem que:

- Pous Rocafort, Recàrrega i Dipòsit: principalment incrementen la quantitat de Mg (2'5-4 meq/L).
- Pou profund River Park: increment important de la concentració en Na (7'5-9 meq/L) i moderat en SO<sub>4</sub> (3'5-4 meq/L) i Cl (1'5-2'5 meq/L) respecte el grup de les fonts. El Ca (2-2'5 meq/L) ha disminuït notablement.
- Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí i Marquet Paradís: es caracteritzen per l'important increment en la quantitat de Mg (5'5-9 meq/L) i SO<sub>4</sub> (3'5-7 meq/L), i moderat en Cl (0'5-6'5 meq/L) i Na (1-4 meq/L).

### **Temperatura (T) versus conductivitat elèctrica (CE)**

Pel que fa a la relació entre T i CE dels diferents punts d'aigua (figura 5.25) es pot distingir clarament un grup principal en el que es situen la major part de les mostres i diversos punts amb valors superior i inferiors:

- El grup principal té valors de T entre 9'7 i 17'4 °C i un rang de CE entre 435 i 885 µS/cm. S'inclouen les fonts i els pous n<sup>o</sup>2 i n<sup>o</sup>3 Rellinars, Rocafort, Comes, Dipòsit i Recàrrega. Destaca la font Freda per la seva menor temperatura i la font Pola per la seva menor CE.

- Els punts d'aigua amb una temperatura major de 17,4 °C i una CE menor de 885 µS/cm són els pous riera Sta. Magdalena i Marina.
- Els punts d'aigua amb una temperatura menor de 17,4 °C i una CE major de 885 µS/cm són els pous Horts del Valentí i Marquet Paradís.
- El punt d'aigua amb una temperatura major de 17,4 °C i una CE major de 885 µS/cm és el pou profund River Park.

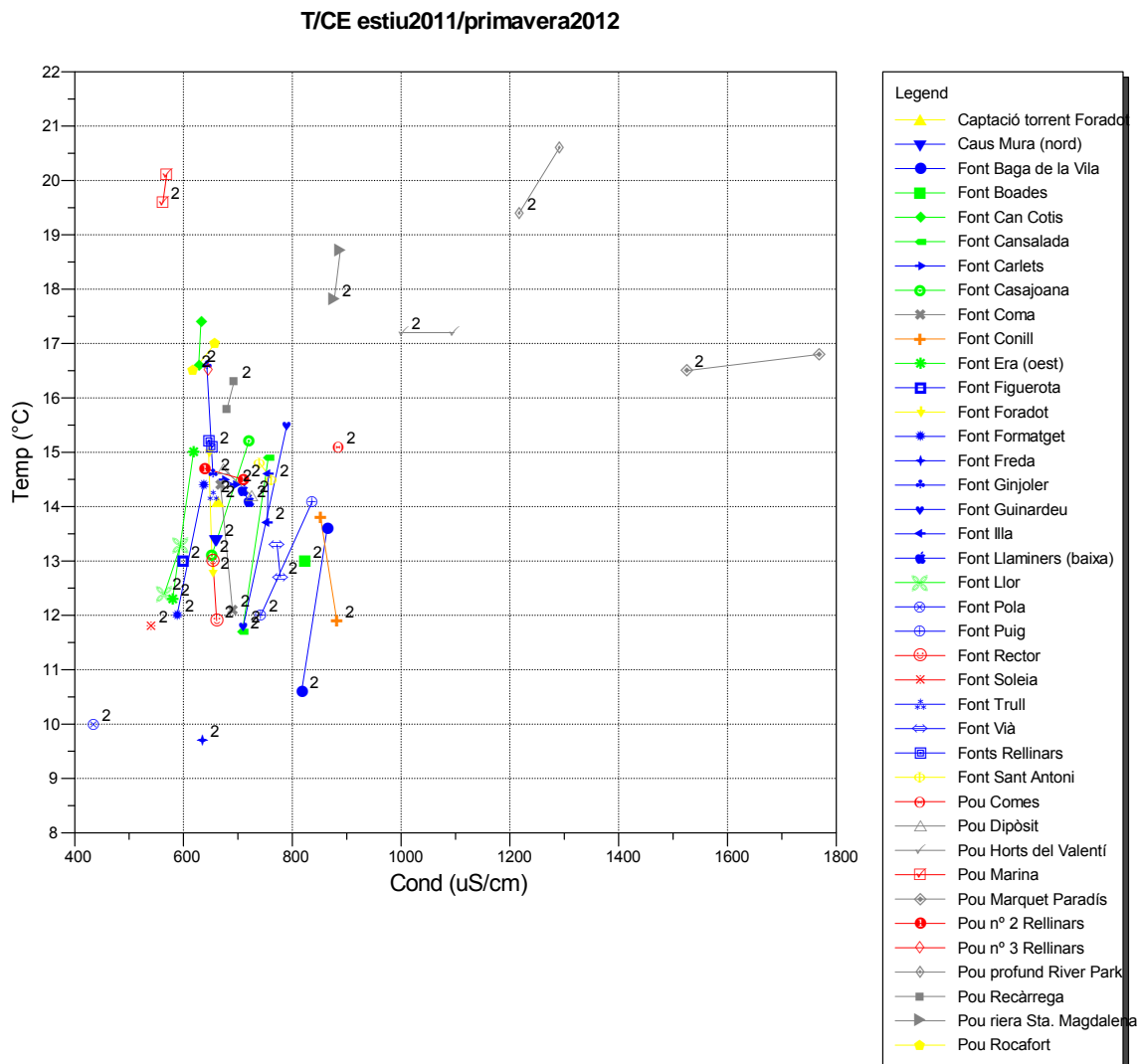


Figura 5.25: Relació Temperatura/Conductivitat Elèctrica per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

## Relacions iòniques

S'ha estudiat les relacions iòniques dels diferents punts d'aigua, essent les més significatives: Mg/Ca, Na/Cl, Na/SO<sub>4</sub>, Mg/SO<sub>4</sub>.

### Mg/Ca

Al comparar la relació Mg/Ca (figura 5.26) s'aprecia que la major part de mostres queden agrupades i unes poques que es separen:

- Els punts d'aigua del grup principal s'alineen aproximadament segons una relació 1:2. La concentració de Mg oscil·la entre 1'5-3'5 meq/L i la de Ca entre 3-7 meq/L. Pertanyen a aquest grup les fonts i els pous n°2 i n°3 Rellinars, Comes i Rocafort. Les concentracions més baixes es donen a la Font del Pola i les més elevades corresponen a les fonts Baga de la Vila, Puig, Boades i Conill.
- Els pous Recàrrega, Dipòsit, riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí s'allunyen progressivament del grup principal per enriquiment en Mg (3'5-7 meq/L) i similar concentració de Ca (3'5-5 meq/L).
- El pou Marina i profund River Park tenen una concentració menor de Ca (2-2'5 meq/L) i similar de Mg (2-3'5 meq/L) respecte el grup principal.
- El pou Marquet Paradís té una concentració clarament superior de Mg (8-9 meq/L) i una mica més gran de Ca (6-7'5 meq/L) respecte el grup principal.

Cal destacar també que les variacions de concentració estiu-primavera per a la majoria dels punts d'aigua mantenen aproximadament una mateixa relació Mg/Ca.

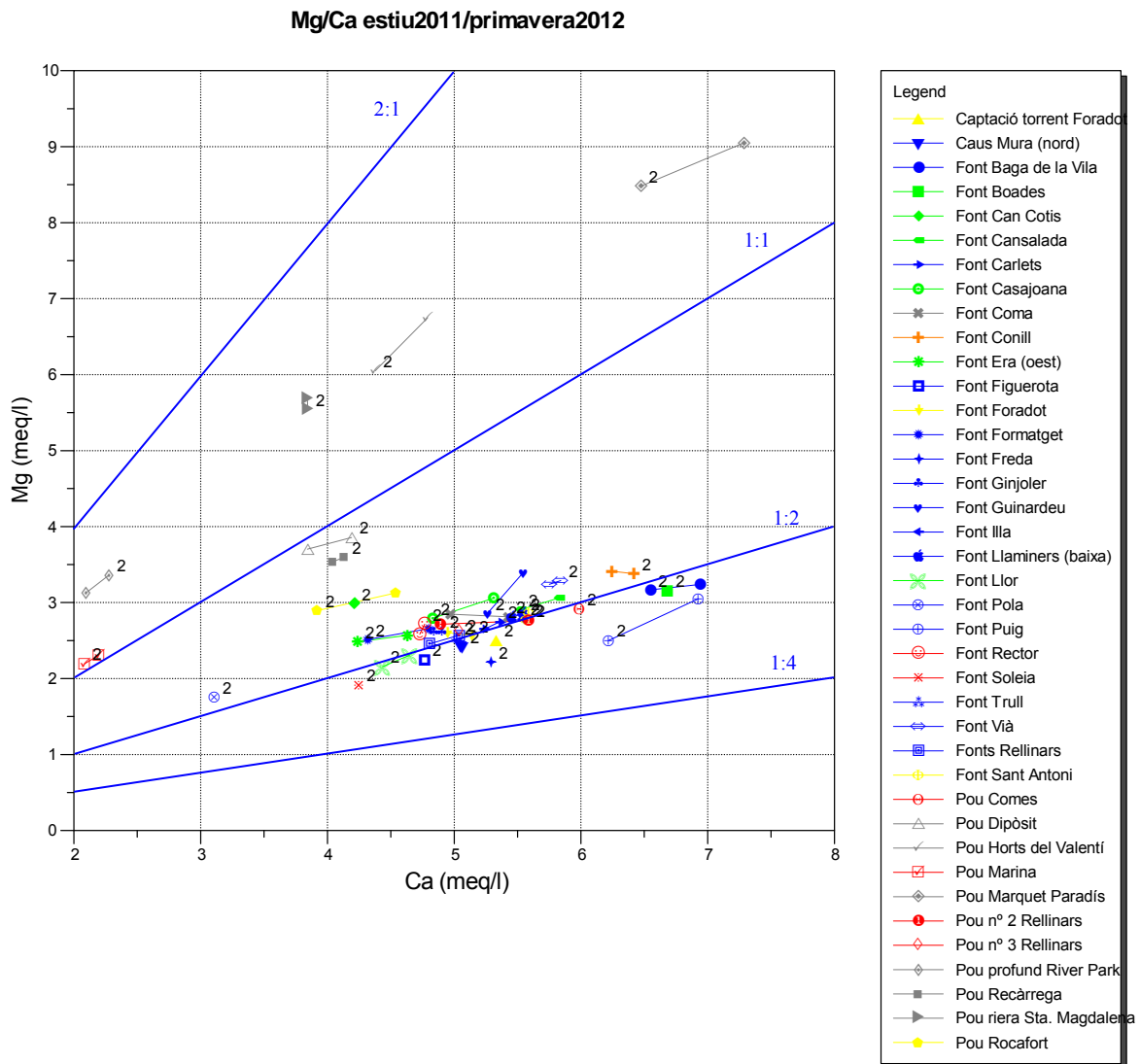


Figura 5.26: Relació Mg/Ca per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

Na/Cl

Al igual que en el cas anterior, la major part de mostres tendeixen a agrupar-se, mentre que uns quants punts es separen (figura 5.27):

- El grup principal pren els mínims valors de Na i Cl, per sota de les concentracions de 1 meq/L de Na i 1 meq/L de Cl. A la figura 5.28 es pot veure com s'inclouen en aquest grup les fonts en general i els pous nº2 i nº3 Rellinars, Rocafort, Recàrrega i

Dipòsit. Les diferents mostres es distribueixen aproximadament segons una relació Na/Cl entre 1:2 i 1:1. Les mínimes concentracions de Na i Cl corresponen a les fonts Freda i Figuerota, i les màximes del grup a les fonts Conill, St. Antoni, Illa i Guinardeu.

- Els pous Comes i Marquet Paradís estan successivament més enriquits en Na (0'5-4 meq/L) i Cl (1'5-6'5 meq/L) seguint aproximadament la mateixa relació entre 1:2 i 1:1 que el grup principal.
- Els pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí i profund River Park tenen successivament una concentració més elevada en Na (1-9 meq/L) i Cl (0'5-2'5 meq/L) seguint aproximadament una relació entre 1:1 i 4:1.
- El pou Marina està més enriquit en Na (2-2'5 meq/L) respecte el grup principal però mantenint una concentració de Cl (0'1-0'5 meq/L) molt similar.

També s'observa que les mostres amb concentracions més elevades de Na i Cl (pous profund River Park, Marquet Paradís i Horts del Valentí) presenten una disminució de la concentració a la primavera, tot seguint una mateixa relació iònica.

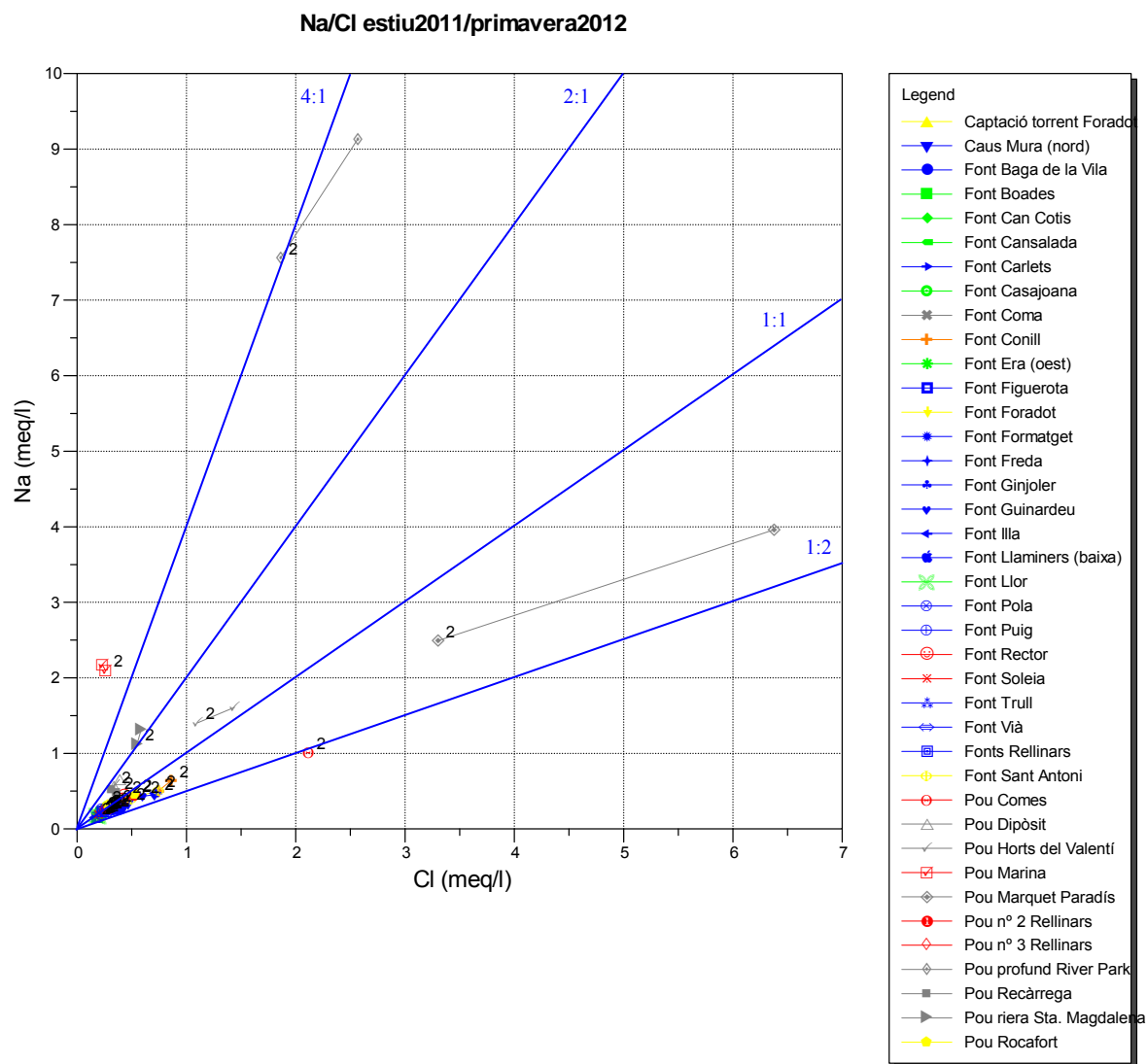


Figura 5.27: Relació Na/Cl per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

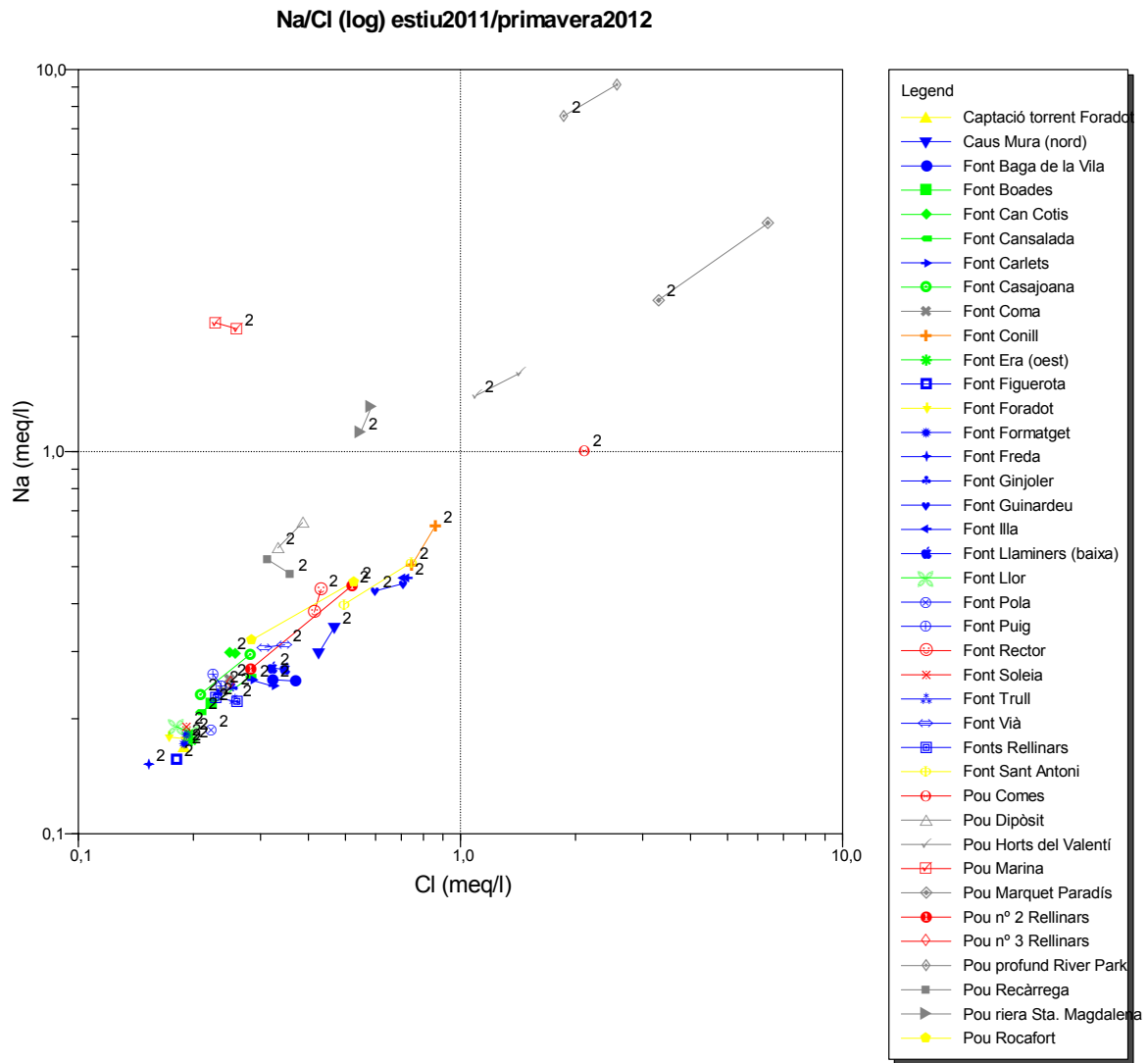


Figura 5.28: Relació Na/Cl per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

Na/SO<sub>4</sub>

Altres vegades s'observa un grup de mostres força agrupades i diversos punts que es separen (Figura 5.29):

- El grup principal pren els mínims valors de Na i SO<sub>4</sub>, per sota de les concentracions de 1 meq/L de Na i 1 meq/L de SO<sub>4</sub>. A la figura 5.30 es pot veure com s'inclouen en aquest grup les fonts i els pous nº2 i nº3 Rellinars, Rocafort,

Recàrrega i Dipòsit. Les diferents mostres es distribueixen aproximadament segons una relació Na/SO<sub>4</sub> entre 1:4 i 1:1. Les fonts del Rector, St. Antoni i Conill es troben lleugerament més enriquides en Na respecte la resta de grups. Les mínimes concentracions de Na i SO<sub>4</sub> corresponen a les fonts Freda i Figuerota, i les màximes del grup als pous Recàrrega i Dipòsit.

- Els pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí i Marquet Paradís estan successivament més enriquits en SO<sub>4</sub> (3'5-7 meq/L) i Na (1-4 meq/L) seguint aproximadament la mateixa relació entre 1:4 i 1:1 que el grup principal.
- El pou profund River Park està enriquit en Na (7'5-9 meq/L) i SO<sub>4</sub> (3'5-4 meq/L) respecte el grup principal aproximadament segons la relació 2:1.
- Els pous Comes i Marina estan successivament més enriquits en Na (0'5-2'5 meq/L) respecte el grup principal, però mantenint una concentració de SO<sub>4</sub> similar.



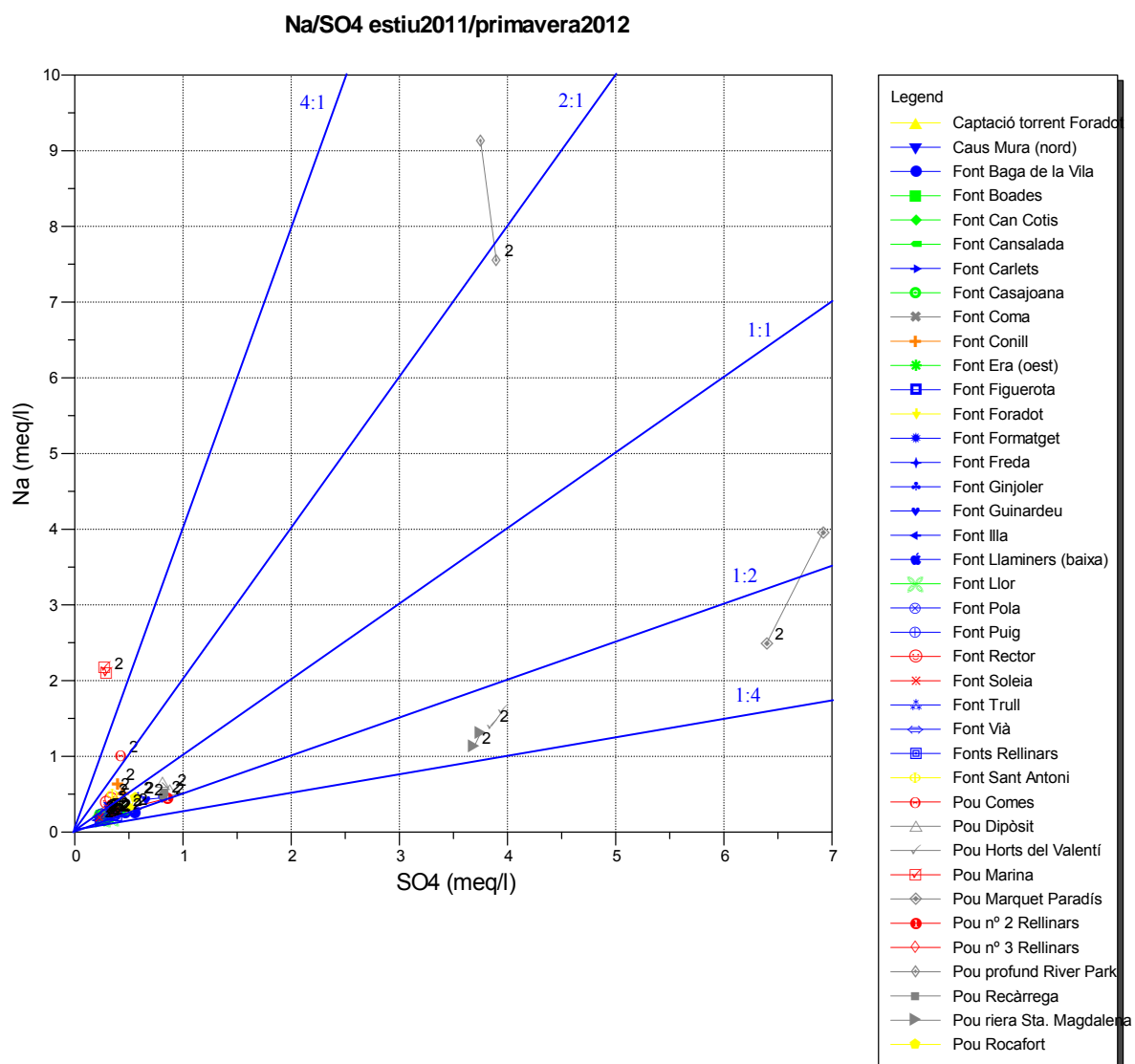


Figura 5.29: Relació Na/SO<sub>4</sub> per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

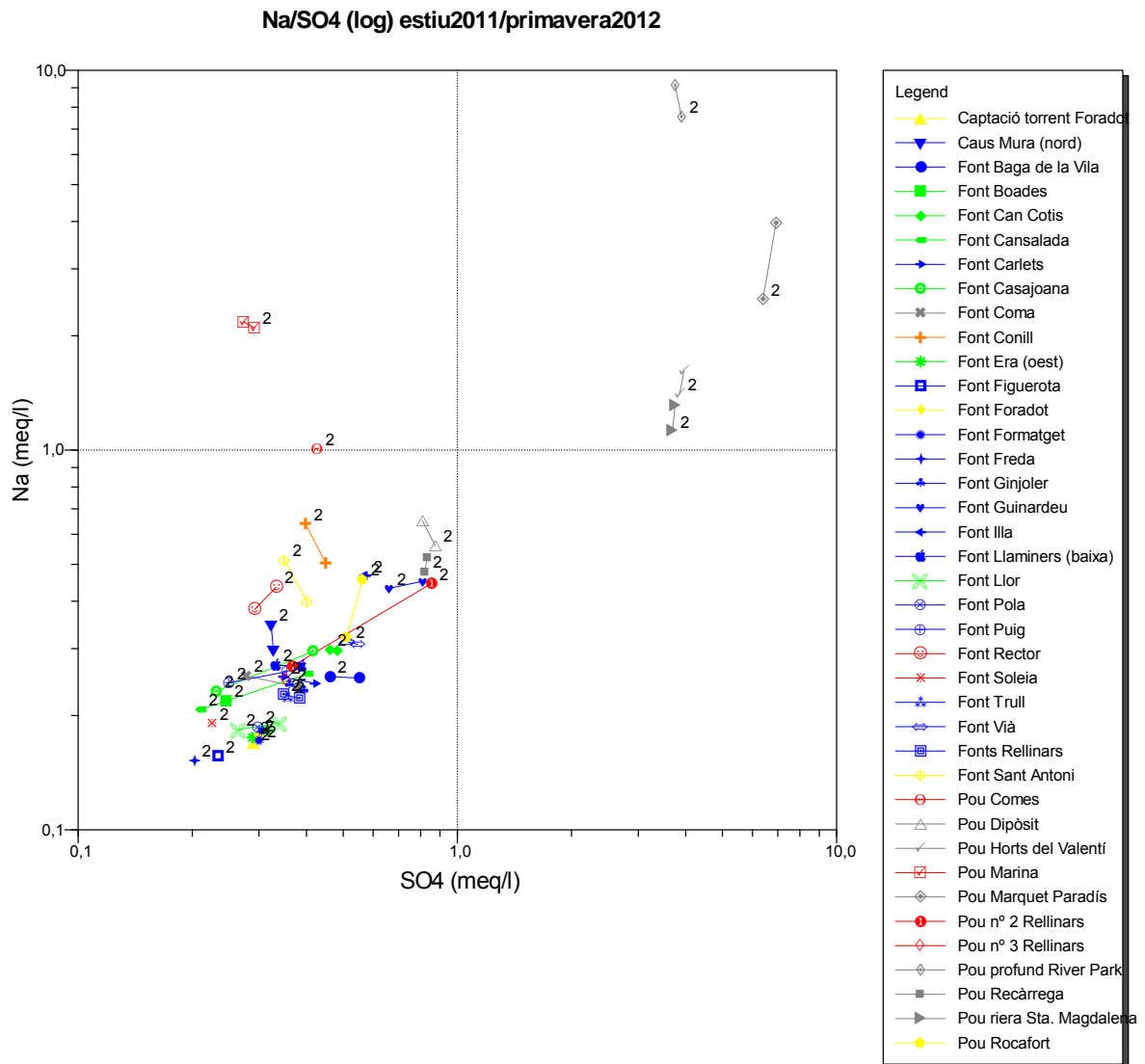


Figura 5.30: Relació Na/SO<sub>4</sub> a escala logarítmica per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

Mg/SO<sub>4</sub>

A la figura 5.31 s'observa un grup de mostres relativament agrupades i diversos punts que es separen, corresponents als pous de la zona de front deltaic:

- El grup principal té uns valors per sota de les concentracions de 4 meq/L de Mg i 1 meq/L de SO<sub>4</sub>. S'inclouen en aquest grup totes les fonts i els pous nº2 i nº3 Rellinars, Rocafort, Comes, Marina, Recàrrega i Dipòsit. La majoria de mostres es distribueixen aproximadament entorn una relació Mg/SO<sub>4</sub> de 8:1. Les mínimes

concentracions de Mg i SO<sub>4</sub> corresponen a les fonts Pola i Soleia, i les màximes del grup als pous Recàrrega i Dipòsit.

- Els pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí i Marquet Paradís estan successivament més enriquits en Mg (5'5-9 meq/L) i SO<sub>4</sub> (3'5-7 meq/L).
- El pou profund River Park està enriquit en SO<sub>4</sub> (3'5-4 meq/L), mantenint una concentració en Mg (3-3'5 meq/L) semblant al grup principal.

En línies generals, cal destacar l'agrupament dels punts d'aigua corresponents a les litofàcies de conglomerat i gres vermell (zona de ventall al·luvial) prenent el valors més baixos de Mg i SO<sub>4</sub>, i el progressiu enriquiment en Mg i/o SO<sub>4</sub> dels pous alimentats per les litofàcies de gres gris (zona de front deltaic).

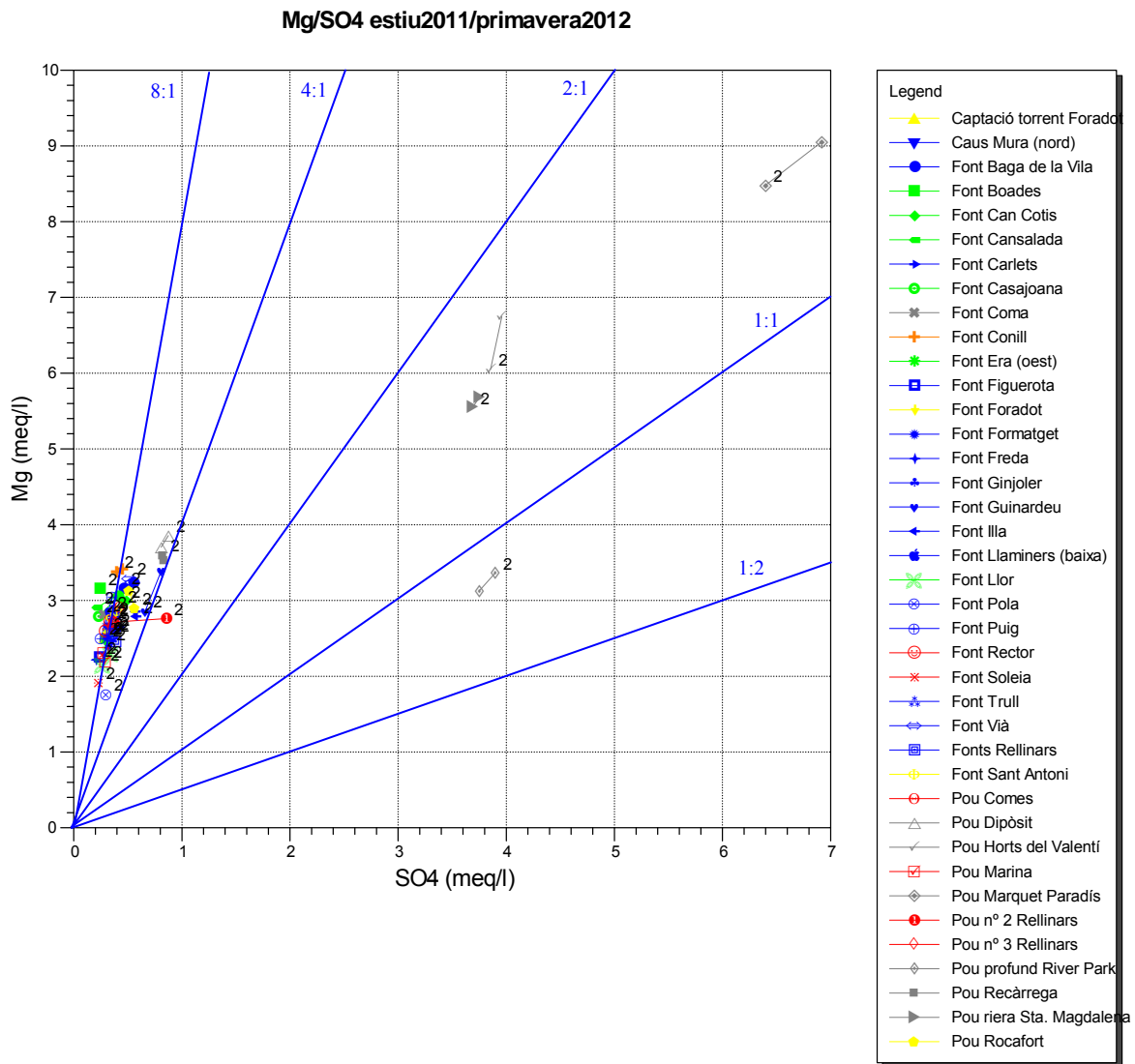


Figura 5.31: Relació Mg/SO<sub>4</sub> per les campanyes de mostreig d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

## Discussió

A manera de síntesi, s'ha realitzat un quadre per tal de visualitzar les diferents característiques hidroquímiques observades (taula 5.15):

DIAGRAMA	CARACTERÍSTIQUES HIDROQUÍMIQUES					
	GRUP PRINCIPAL	GRUPS SECUNDARIS				
Piper	HCO <sub>3</sub> -Ca	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg-Na	HCO <sub>3</sub> -Na	HCO <sub>3</sub> -Mg	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Mg-Ca
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Comes.	Pous Recàrrega, Dipòsit.	Pou Marina	Pou profund River Park	Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí.	Pou Marquet Paradís
Schoeller-Berkaloff	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	↑Cl-Na	↑Na, ↓Ca	↑↑Na, ↑SO <sub>4</sub> -Cl ↓Ca	↑Mg-SO <sub>4</sub> -Na-Cl	↑Mg-SO <sub>4</sub> -Cl-Na
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Dipòsit, Recàrrega.	Pou Comes	Pou Marina	Pou profund River Park.	Pous Horts del Valentí, riera Sta. Magdalena.	Pou Marquet Paradís
Stiff	Conglomerat i gres vermell			Gres gris		
	HCO <sub>3</sub> -Ca	↑Cl-Na	↑Na, ↓Ca	↑↑Na, ↑SO <sub>4</sub> -Cl ↓Ca	↑Mg	↑↑Mg-SO <sub>4</sub> , ↑Cl-Na
	Fonts, pous n° 2, n°3 Rellinars	Pou Comes	Pou Marina	Pou profund River Park.	Pous Rocafort (dip. quaternaris), Recàrrega, Dipòsit.	Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí, Marquet Paradís.
T/CE	T=9'7-17'4 CE=435-885	T>17'4 i CE<885	T<17'4 i CE>885	T>17'4 i CE>885	---	---
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Comes, Dipòsit, Recàrrega.	Pous riera Sta. Magdalena, Marina.	Pous Horts Valentí, Marquet Paradís.	Pou profund River Park	---	---
Mg/Ca	Relació 1:2	↑Mg	↓Ca	↑↑Mg, ↑Ca	---	---
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Comes i Rocafort	Pous Recàrrega, Dipòsit, riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí	Pous Marina, profund River Park.	Pou Marquet Paradís	---	---
Na/Cl	Na < 1, Cl < 1	↑Na, ↑Cl	↑Na	↑↑Na, ↑Cl	---	---
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Recàrrega, Dipòsit.	Pous Comes, Marquet Paradís.	Pou Marina	Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí, profund River Park	---	---
Na/SO <sub>4</sub>	Na < 1, SO <sub>4</sub> < 1	↑Na	↑↑SO <sub>4</sub> , ↑Na,	↑↑Na, ↑SO <sub>4</sub>	---	---
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Recàrrega, Dipòsit.	Pous Comes, Marina.	Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí, Marquet Paradís	Pou profund River Park	---	---
Mg/SO <sub>4</sub>	Mg < 4, SO <sub>4</sub> < 1	↑Mg, ↑SO <sub>4</sub>	↑SO <sub>4</sub>	---	---	---
	Fonts, pous n°2, n°3 Rellinars, Rocafort, Comes, Marina, Recàrrega, Dipòsit.	Pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí, Marquet Paradís	Pou profund River Park	---	---	---

*Taula 5.15: Quadre sintètic amb les característiques hidroquímiques observades als diferents diagrames. La primera columna de dades marca les característiques hidroquímiques que presenten la majoria de mostres per cada digrama/relació estudiada. La resta de columnes indiquen les diferències de composició respecte a aquest grup principal. T = Temperatura (°C), CE=Conductivitat Elèctrica (μS/cm). Unitats de concentració en meq/L.  
 ↑=Increment, ↓=Disminució.*

En els diagrames d'Stiff (annexes 7 i 8: mapes diagrames Stiff) s'observa l'agrupament espacial de la majoria de punts dins la zona de ventall al·luvial, concretament en litofàcies de conglomerat i gres vermell. Més al N i NO es troben 6 pous emplaçats a la zona de front deltaic, estant alimentats bàsicament per nivells aquífers de gres gris (annex 6: fitxes punts d'aigua). També hi ha 4 punts situats en materials quaternaris, que es troben en diferents posicions damunt dels substrat Eocè.

En funció dels diagrames d'Stiff, Piper i la informació geològica/estratigràfica de detall, es poden establir 6 grups hidroquímics (taula 5.16):

GRUP HIDROQUÍMIC	PUNTS D'AIGUA	Nº PUNTS	FÀCIES HIDROQUÍMICA	LITOFÀCIES	AMBIENT SEDIMENTARI
A	Fonts, pous nº2 i nº3 Rellinars, Comes.	31	HCO <sub>3</sub> -Ca	Conglomerat i gres vermell	Ventall al·luvial
B	Pou Marina	1	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg-Na		
C	C.1 Pou Rocafort	1	HCO <sub>3</sub> -Ca, ↑Mg	Dipòsits quaternaris	Front deltaic
	C.2 Pous Recàrrega i Dipòsit	2	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg	Gres gris	
D	D.1 Pou riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí	2	HCO <sub>3</sub> -Mg		
	D.2 Pou Marquet Paradís	1	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Mg-Ca		
E	Pou profund River Park	1	HCO <sub>3</sub> -Na		

*Taula 5.16: Quadre dels grups hidroquímics obtinguts.*

Tot i el nombre limitat de mostres que representen alguns grups, es pot entrar en més detall en les seves característiques. Així, el grup principal (**grup 'A'**) queda representat per totes les fonts, els pous n°2, n°3 Rellinars i Comes. Pertany a la fàcies hidroquímica bicarbonatada càlcica, amb certa influència magnèsica. Els punts d'aigua es troben en conglomerat i gres vermell de la zona de ventall al·luvial. Les moderades temperatures i conductivitats de les seves aigües són pròpies de poca profunditat i escàs recorregut dins dels nivells aquífers. Dins d'aquest gran grup es poden concretar algunes particularitats:

- Punts d'aigua del grup principal poc mineralitzats: Fonts Pola, Freda i Figuerota. Atenent a la seva situació en zones de relleu aïllat (annex 5: mapa situació mostres) i al règim de funcionament temporal (durant els períodes de recàrrega), es pot interpretar la baixa mineralització per un reduït temps de trànsit i escàs recorregut de circulació. Per tant, corresponen a nivells aquífers de limitada extensió.

- Punts d'aigua del grup principal mitjanament mineralitzats, majoritàriament en  $\text{HCO}_3$  i Ca: Fonts Carlets, Rellinars, Ginjoler, Llaminers, Puig, Baga Vila, Formatget, Foradot, Coma, Era, Caus Mura, Rector, Llor, Cansalada, Casajoana, Vià, Can Cotis, Soleia, Boades, Trull, captació torrent Foradot i pous n°2 i n°3 Rellinars. Es tracta de la majoria de les fonts del massís, situades en zones de relleu moderat i amb un règim de funcionament entre permanent i temporal (apartat 5.1: inventari punts d'aigua).

- Punts d'aigua del grup principal amb valors més alts de Na i Cl: Fonts Conill, St. Antoni, Illa, Guinardeu. Aquest petit enriquiment en Na i Cl pot ser atribuït a un major temps de trànsit i/o recorregut de circulació lleugerament més gran dins del grup principal, tot seguint la seqüència teòrica de mineralització (Freeze & Cherry, 1979; Martínez & Ruano, 1998; Martínez et al., 2005):

Anions:  $\text{HCO}_3 \rightarrow \text{SO}_4 \rightarrow \text{Cl}$

Cations:  $\text{Ca} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Na}$

A més, la seva situació en zones baixes del massís i el seu règim de funcionament relativament permanent dona suport a aquesta possibilitat.

El pou Marina pertany a la fàcies bicarbonatada calcimagnèsica sòdica i també està situat en conglomerat i gres vermell de ventall al·luvial (**grup 'B'**). La seva menor quantitat de Ca i major de Na respecte el grup principal pot estar atribuït a l'intercanvi Na/Ca que es produeix a partir de les argiles a mida que incrementa el temps de trànsit dins l'aqüífer, alliberant-se 2 mols de Na per cada mol de Ca retingut. A la zona d'estudi, es troben argiles a les litofàcies lutítiques.

Els punts d'aigua del **grup 'C'** es caracteritzen per tenir una composició lleugerament enriquida en Mg respecte el grup principal. Tal i com s'exposa a l'apartat 3 (litoestratigrafia), en els materials lutítics i gresosos de la zona marina del ventall deltaic han estat identificades eflorescències de sulfats magnèsics, atribuïdes a la precipitació a partir d'aigües d'infiltració que han circulat en contacte amb nivells d'aquestes litologies (Mata & Colldeforns, 1988). L'origen del Mg es podria atribuir a la dedolomitització de la roca o bé a la presència d'algunes sals magnèsiques a les fàcies marines. D'aquesta manera, el petit increment en Mg que presenta aquest grup respecte el principal, pot indicar unes aigües provinents de la zona de ventall al·luvial que han patit una escassa circulació per la zona de front deltaic. Pertanyen a aquest grup:

- El pou Rocafort pertany a la fàcies bicarbonatada càlcica amb influència magnèsica (**subgrup 'C.1'**). Es troba al costat de la riera de Mura, excavat en graves de la seva llera (dipòsits quaternaris). El material del substrat de la zona és gres gris i conglomerat gris.
- Els pous Recàrrega i Dipòsit pertanyen a la fàcies bicarbonatada calcimagnèsica (**subgrup 'C.2'**) i es troben al costat de la riera de Talamanca. El substrat de la zona és gres gris. La major quantitat en Mg respecte el pou Rocafort pot indicar una major circulació de les seves aigües a través dels materials de front deltaic.

Donades les característiques físico-químiques dels pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí i Marquet Paradís es poden considerar un mateix grup (**grup 'D'**). Aquestes mostres presenten un important increment en la quantitat de Mg i SO<sub>4</sub>, i moderat en Na i Cl, respecte el grup principal. El fort enriquiment en Mg i SO<sub>4</sub> segurament respongui a una major circulació de les aigües d'aquest grup per les litofàcies marines, riques SO<sub>4</sub> i Mg (Mata & Colldeforns, 1988). El possible origen del Mg, tal i com ha estat exposat, es podria atribuir a la dedolomitització de la roca o bé a la presència d'algunes sals magnèsiques. Otero et al. (2007) van estudiar la riera de Calders i de Mura, atribuint l'origen del SO<sub>4</sub> a l'oxidació de la pirita que es troba disseminada a



les margues. Així doncs, es pot constatar que les litofàcies marines contenen Mg i SO<sub>4</sub> capaços de dissoldre's en quantitats destacables a les aigües subterrànies. El moderat increment en Na i Cl pot respondre a la pròpia evolució de la seqüència teòrica de mineralització per increment de temps de trànsit i/o recorregut de circulació (Freeze & Cherry, 1979; Martínez & Ruano, 1998; Martínez et al., 2005). Aquest grup es pot subdividir segons les fàcies hidroquímiques:

- Els pous riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí pertanyen a les fàcies bicarbonatada magnèsica (**subgrup 'D.1'**) i es troben a la zona de front deltaic. Ambdós estan situats al costat de la riera de Santa Creu però el pou Horts del Valentí té unes aigües més mineralitzades que el pou riera Sta. Magdalena, seguint una d'evolució cap al NO en el sentit del cabussament de les capes.
- El pou Marquet Paradís pertany a la fàcies bicarbonatada-sulfatada magnèsic-càlcica (**subgrup 'D.2'**) i també s'emplaça en fàcies de front deltaic. Tot i que la situació del pou Marquet Paradís és propera al riu Llobregat, segons l'esquema constructiu del pou i el propi cabussament de les capes (annexes 5 i 6), és possible descartar la seva recàrrega a partir de la connexió hidràulica amb la llera del riu. La mineralització més elevada respecte el subgrup 'D.1' pot indicar petites diferències en la zona de recàrrega/interacció aigua-roca o un major temps de circulació de les aigües.

El pou profund River Park pertany a la fàcies bicarbonatada sòdica i està emplaçat en fàcies de front deltaic (**grup 'E'**), a la part baixa de la riera de Mura. Les seves particularitats són que està enriquit en Na, SO<sub>4</sub> i Cl i empobrit en Ca respecte el grup principal. La fàcies HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>- Na juntament amb l'enriquiment en Cl pot ser atribuït a un major temps de trànsit a l'aqüífer (Tóth 1995, 2000; Carrillo-Rivera et al., 2007). L'empobriment en Ca es pot interpretar a partir de l'intercanvi Na/Ca que es produeix a les argiles a mida que incrementa el temps de trànsit dins l'aqüífer. L'increment en la quantitat de SO<sub>4</sub> respecte al grup principal és possible per la pròpia circulació a través de les litofàcies marines, tal i com ha estat anteriorment explicat.

## **Conclusions**

S'han realitzat dues campanyes de mostreig d'aigües subterrànies al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt, una a l'estiu del 2011 i l'altra a la primavera del 2012, amb un total de 39 punts estudiats.

En base a la informació aportada pels diagrames d'Stiff projectats al mapa geològic, de Piper i de Schoeller-Berkaloff, juntament amb les principals característiques hidroquímiques, s'han establert 5 grups:

- GRUP A: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ , litofàcies conglomerat i gres vermell i ambient de ventall al·luvial. Constituït per totes les fonts, els pous n<sup>o</sup>2, n<sup>o</sup>3 Rellinars i Comes.
- GRUP B: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg-Na}$ , litofàcies conglomerat i gres vermell i ambient de ventall al·luvial. Constituït pel pou Marina.
- GRUP C:
  - Subgrup C.1: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  amb influència Mg, desenvolupada en dipòsits quaternaris damunt de litofàcies de gres i conglomerat grisos d'ambient de front deltaic. Constituït pel pou Rocafort.
  - Subgrup C.2: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ , litofàcies gres gris i ambient de front deltaic. Constituït pel pou Recàrrega i Dipòsit.
- GRUP D:
  - Subgrup D.1: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Mg}$ , litofàcies gres gris i ambient de front deltaic. Constituït pels pous riera Sta. Magdalena, Horts del Valentí.
  - Subgrup D.2: fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Mg-Ca}$  litofàcies gres gris i ambient de front deltaic. Constituït pel pou Marquet Paradís.
- GRUP E: Fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Na}$ , litofàcies gres gris i ambient de front deltaic. Constituït pel pou profund River Park.

## **5.5-ISÒTOPS**

### **Introducció**

S'han analitzat els isòtops estables oxigen-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i deuteri ( $\delta^2\text{H}$  o D) de les mostres de fonts permanents i pous de la campanya d'estiu del 2011, més de les fonts temporals i el pou Comes, exclusives de la campanya de primavera del 2012 (taula 5.17).

CODI	PUNT D'AIGUA	DATA	ESTIU 2011		PRIMAVERA 2012	
			$\delta^{18}\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ (‰)	$\delta\text{D} - \text{H}_2\text{O}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ (‰)	$\delta\text{D} - \text{H}_2\text{O}$ (‰)
S.LL-01	Font de Carlets	2011.08.26	-7,5	-47,3	---	---
S.LL-02	Fonts de Rellinars	2011.08.26	-8,4	-49,6	---	---
S.LL-03	Font del Ginjoler	2011.08.26	-8,4	-49,4	---	---
S.LL-04	Font de Sant Antoni	2011.08.29	-8,3	-48,6	---	---
S.LL-05	Font dels Llaminers	2011.08.29	-8,4	-49	---	---
S.LL-06	Font del Conill	2011.08.29	-8,1	-47	---	---
S.LL-07	Font del Puig	2011.08.30	-8,7	-51,1	---	---
S.LL-08	Font de la Baga de la Vila	2011.08.30	-8	-48,9	---	---
S.LL-09	Font del Formatget	2011.08.30	-7,9	-48,9	---	---
S.LL-10	Font del Foradot	2011.08.30	-8,4	-50,4	---	---
S.LL-11	Font de la Coma	2011.08.30	-8,2	-49,4	---	---
S.LL-12	Font de l'Era	2011.08.30	-8,4	-50	---	---
S.LL-13	Font del Rector	2011.08.30	-8,1	-48,8	---	---
S.LL-14	Caus de Mura	2011.08.30	-8,4	-49,4	---	---
S.LL-15	Font de l'Illa	2011.08.31	-7,6	-45,5	---	---
S.LL-16	Font del Llor	2011.08.31	-8,2	-49,1	---	---
S.LL-17	Font del Guinardeu	2011.09.02	-8	-47,4	---	---
S.LL-18	Font de la Cansalada	2011.09.02	-8,3	-50,2	---	---
S.LL-19	Font de Casajoana	2011.09.02	-8,1	-50,2	---	---
S.LL-20	Font del Vià	2011.09.02	-8	-48,5	---	---
S.LL-21	Font de Can Cotis	2011.09.02	-7,8	-48,8	---	---
S.LL-22	Pou nº 2 Rellinars	2011.10.25	-8,2	-49,5	---	---
S.LL-23	Pou nº 3 Rellinars	2011.10.25	-8,3	-50	---	---
S.LL-24	Pou Marquet Paradís	2011.10.26	-7,8	-49,7	---	---
S.LL-25	Pou Horts del Valentí	2011.10.26	-6,9	-45	---	---

S.LL-26	Pou riera Sta. Magdalena	2011.10.26	-7,1	-45,7	---	---
S.LL-27	Pou profund River Park	2011.10.26	-8	-50	---	---
S.LL-28	Pou Rocafort	2011.10.26	-8	-49,3	---	---
S.LL-29	Pou Recàrrega	2011.10.27	-7,5	-48	---	---
S.LL-30	Pou Dipòsit	2011.10.27	-6,4	-42,7	---	---
S.LL-31	Pou Marina	2011.10.27	-8,4	-50,3	---	---
S.LL-32	Font Soleia	2012.05.07	---	---	-8,1	-47,5
S.LL-33	Font de la Pola	2012.05.07	---	---	-8,1	-47,6
S.LL-34	Font Freda	2012.05.07	---	---	-8,7	-50,1
S.LL-35	Font de la Figuerota	2012.05.08	---	---	-8,4	-49
S.LL-36	Font de les Boades	2012.05.11	---	---	-7,7	-46,7
S.LL-37	Font del Trull	2012.05.11	---	---	-8,4	-50,3
S.LL-38	Captació torrent Foradot	2012.05.13	---	---	-8,7	-50,9
S.LL-39	Pou de les Comes	2012.05.14	---	---	-7,9	-47,7

Taula 5.17: Valors de  $^{18}O$  i  $D$  de les aigües subterrànies obtinguts en les diferents campanyes de mostreig.

La principal característica dels isòtops ambientals a les aigües subterrànies és que mantenen la composició isotòpica que tenia l'aigua en el moment de la seva infiltració a la zona de recàrrega, i per tant són indicadors del seu origen. També informen sobre diversos processos modificadors de la composició isotòpica, com ara l'evaporació superficial, la hidròlisi de silicats, l'intercanvi amb  $CO_2$ ,... (Freeze i Cherry, 1979; CoDo CIHS, 2009).

### **Característiques isotòpiques dels punts d'aigua:**

Per interpretar les diferents dades isotòpiques d'estiu i primavera han estat representades per separat en gràfiques  $\delta D/\delta^{18}O$ , (figures 5.32 i 5.33), amb la finalitat d'evitar barrejar valors isotòpics de diferents estacions de l'any, amb possible diferent origen dels fronts de precipitació (López-Bustins, 2007). Aquestes dades s'han comparat amb la recta meteòrica de les Guillerries, proposada per ACA, 2002:  $\delta^2H = 8 * \delta^{18}O + 14,97$  essent la que representa les condicions climàtiques i orogràfiques més similars a la zona d'estudi.

Les dades isotòpiques per la campanya d'estiu del 2011 corresponen a les fonts permanents i els pous n°2 i n°3 de Rellinars, Marquet Paradís, Horts del Valentí, riera Sta. Magdalena, profund River Park, Rocafort, Recàrrega, Dipòsit i Marina. La seva projecció a la gràfica  $\delta D/\delta^{18}O$  (figura 5.32) situa la majoria de punts propers a la línia meteòrica de les Guillerries amb una lleugera desviació cap a l'esquerra. En aquest grup principal trobem la majoria de punts d'aigua de la zona de ventall al·luvial (excepte fonts Cotis i Carlets) i els pous Rocafort i profund River Park, de la zona de front deltaic.

Hi ha una sèrie de punts que queden desplaçats cap a la dreta de la línia meteòrica. Corresponen a diversos pous de la zona de front deltaic i a dues fonts de la zona de ventall al·luvial. Aquesta sèrie de punts que s'allunyen cap a la dreta tendeixen a valors més enriquits de  $\delta^{18}O$  i  $\delta D$  i s'alineen al voltant d'una recta amb un pendent aproximat de 4'8 (figura 5.32). Aquesta tendència isotòpica, amb pendent entre 4 i 6, indica fenòmens d'evaporació des d'una superfície lliure (riu, embassament, llac...) (Freeze & Cherry, 1979; CoDo CIHS, 2009). Els punts implicats són: pou Marquet Paradís, font de Can Cotis, pou Recàrrega, font de Carlets, pou riera Santa Magdalena, pou Horts del Valentí i pou Dipòsit, cada vegada més allunyats del grup principal.

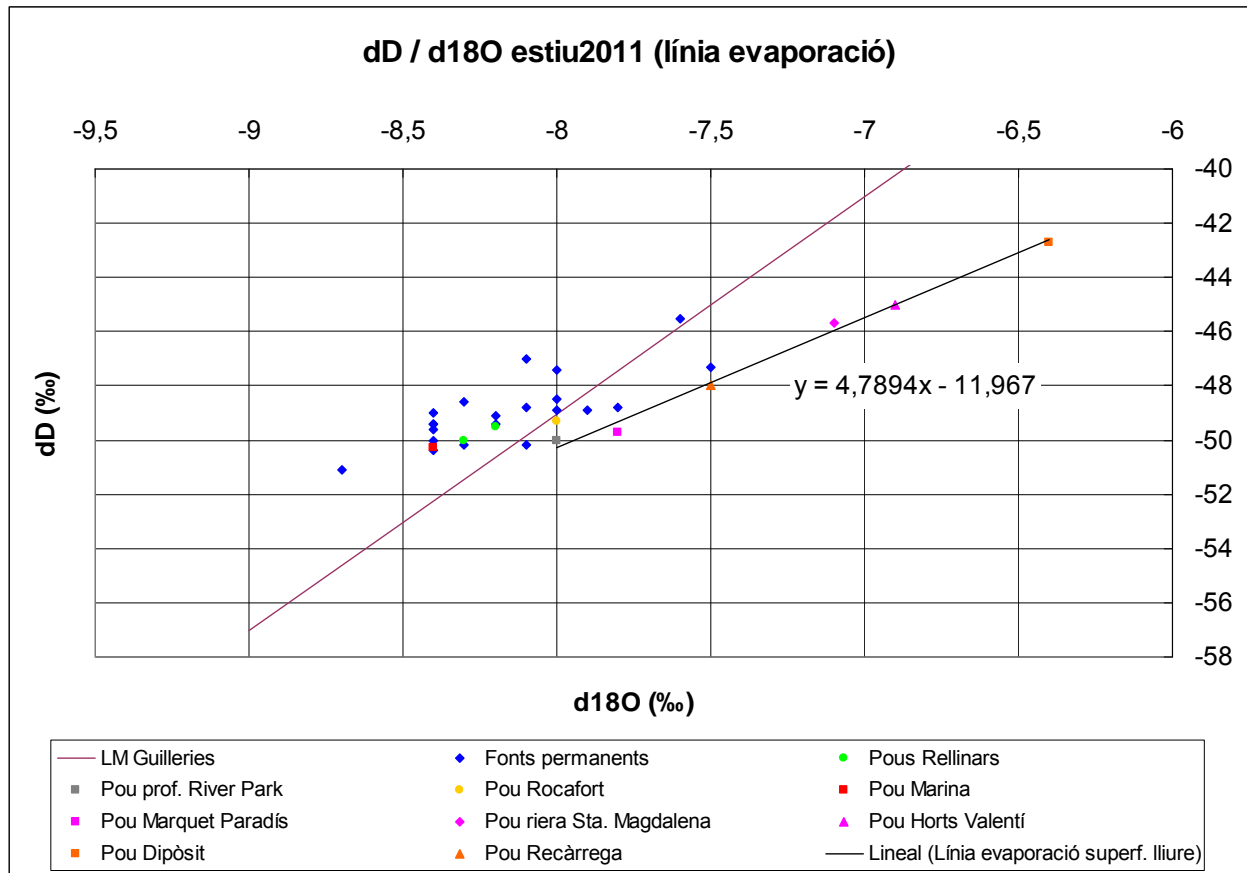


Figura 5.32: Relació  $\delta D/\delta^{18}O$  de la campanya d'estiu del 2011, representant la recta meteòrica de les Guillerries (ACA, 2002) i el càlcul de la línia d'evaporació de superfície lliure.

Les dades isotòpiques per la campanya de primavera del 2012 corresponen a les fonts temporals i al pou Comes. La seva projecció (figura 5.33) les situa també properes a la recta meteòrica de les Guillerries, amb una distribució similar al grup principal de mostres d'estiu del 2011 i també marcant una tendència general desplaçada cap a l'esquerra de la línia meteòrica local. Les úniques mostres que cauen sobre la línia meteòrica en aquest període són el pou Comes i la font Boades.

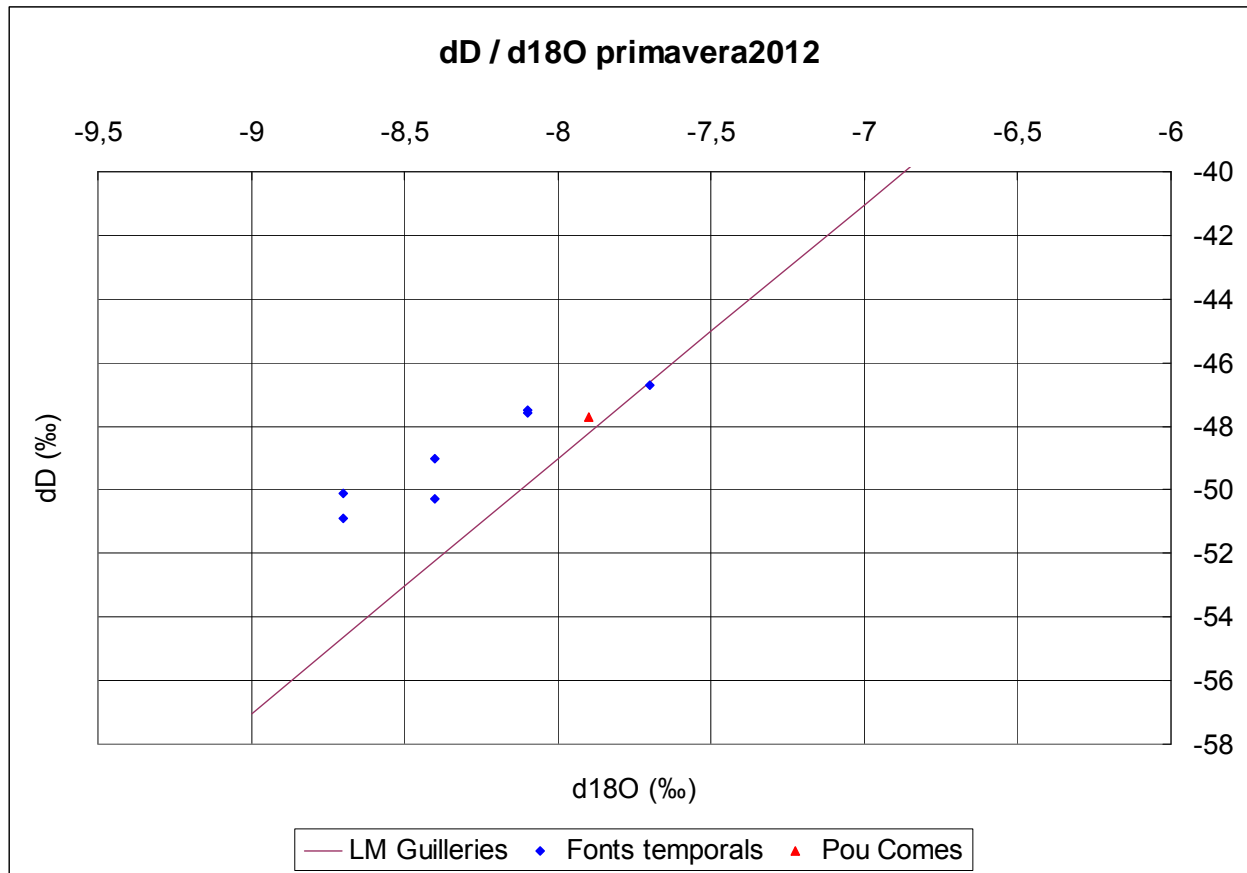


Figura 5.33: Relació  $\delta D/\delta^{18}O$  de la campanya de primavera del 2012

Una de les causes de la variació de la marca isòtopica és la variació de l'alçada de recàrrega. Així, les aigües caigudes a més alçada, per efecte del fraccionament isotòpic són cada vegada més empobrides (CoDo CIHS, 2009). Per tal de verificar si aquest efecte és el principal condicionant de la composició isotòpica, s'han escollit les fonts en les quals es pot acotar un rang d'altitud de recàrrega a partir de la informació estratigràfica i donada la seva situació orogràfica relativament aïllada, i s'han representat gràficament separades per campanya d'estiu i primavera (figures 5.34 i 5.35).

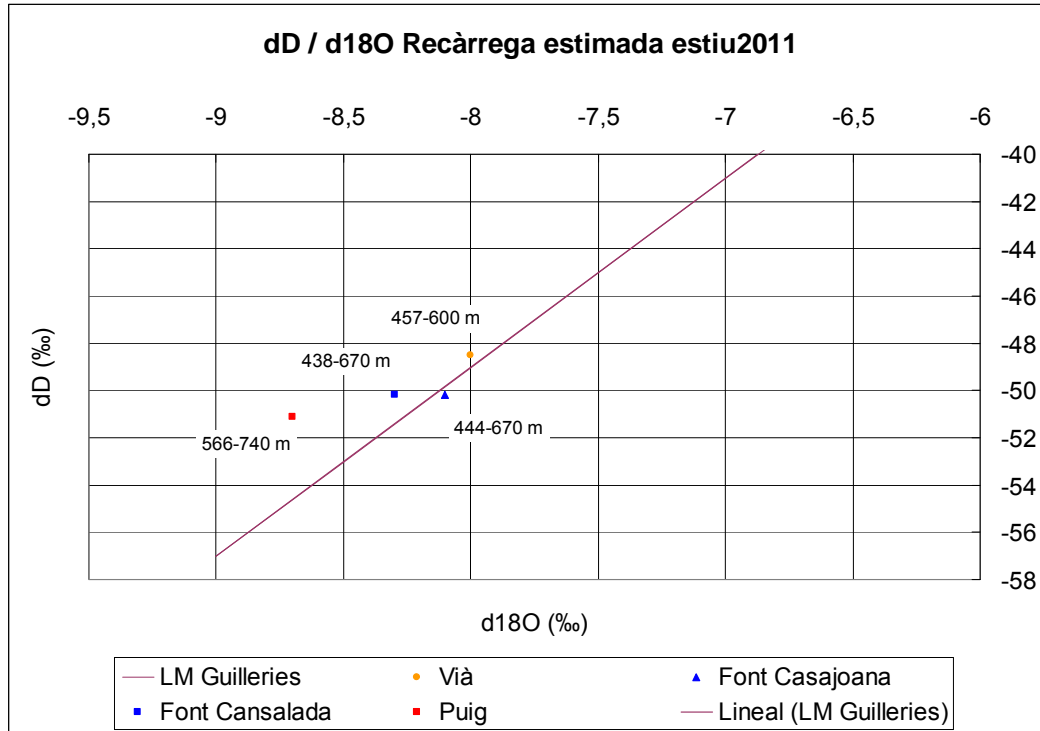


Figura 5.34: Relació  $\delta D/\delta^{18}O$  de les fonts de la campanya d'estiu del 2011 amb el potencial rang d'alçada de recàrrega.

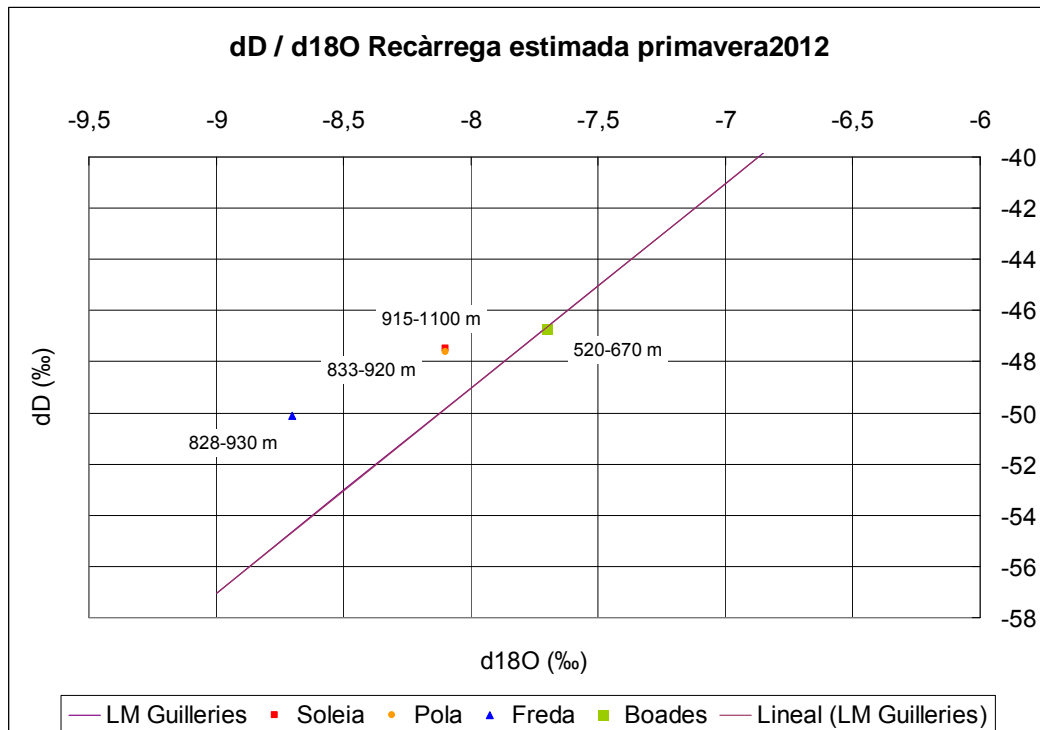


Figura 5.35: Relació  $\delta D/\delta^{18}O$  de les fonts de la campanya de primavera del 2012 amb el potencial rang d'alçada de recàrrega.



Tal i com es pot apreciar, existeix relativament poca correlació entre l'alçada de recàrrega i l'empobriment de  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta\text{D}$ . Aquesta baixa correlació és encara més marcada per a la campanya de primavera en el que la font recarregada a més alçada no presenta els valors més empobrits. Tot i així, cal destacar el reduït nombre de mostres, essent limitada la seva representativitat del conjunt en general.

Separant les mostres segons les seves litofàcies podem veure també que aquestes queden agrupades en dos grups (figura 5.36):

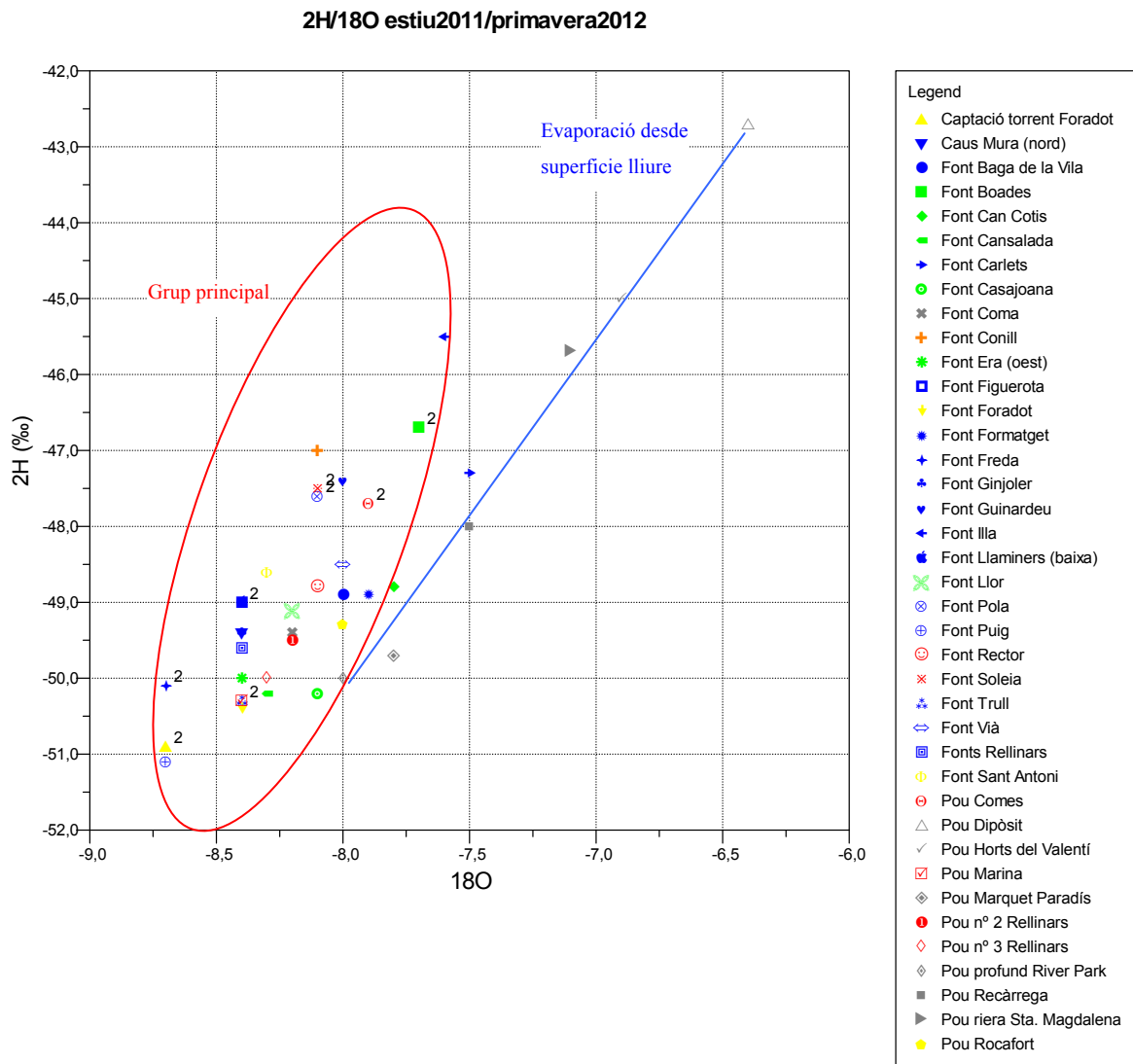


Figura 5.36: Relació  $\delta\text{D}/\delta^{18}\text{O}$  de les campanyes d'estiu del 2011 i de primavera del 2012. S'indiquen amb un "2" les mostres corresponents a la darrera campanya.

Es pot observar un grup principal relativament dispers i els punts que es separen seguint una tendència d'evaporació de superfície lliure (figura 5.36).

- Grup principal: Està representat per la majoria de fonts (excepte Cotis i Carlets) i els pous n°2, n°3 Rellinars, Marina, Comes, Rocafort i profund River Park. Aquests punts es troben situats a la zona de ventall al·luvial, excepte el pou Rocafort i profund River Park. El primer es troba excavat en materials quaternaris de la riera de Mura i el segon en materials de front deltaic.

Els valors mínims de  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta\text{D}$  del grup queden representats per les fonts Puig, captació torrent Foradot i Freda, i els màxims per les fonts Illa i Boades.

Els valors isotòpics dels pous Marina, n°3 Rellinars, n°2 Rellinars i Comes queden distribuïts de manera creixent en aquest ordre i aproximadament alineats.

- Grup enriquit: El grup enriquit està format pels pous Marquet Paradís, Recàrrega, riera Santa Magdalena, Horts del Valentí i Dipòsit, de la zona de front deltaic, i dues fonts (Cotis i Carlets) de la zona de ventall al·luvial.

GRUP ISOTÒPIC	PUNTS D'AIGUA	Nº PUNTS
Grup principal	Majoria de fonts (excepte Cotis i Carlets) i pous n°2, n°3 Rellinars, Marina, Comes, Rocafort i profund River Park.	32
Grup enriquit	Progressivament: Pou Marquet Paradís, font Cotis, pou Recàrrega, font Carlets, pou riera Santa Magdalena, pou Horts del Valentí, pou Dipòsit.	7

Taula 5.18: Grups de mostres d'aigua segons les seves característiques isotòpiques de  $\delta^{18}\text{O}$  i  $\delta\text{D}$ .

### **Discussió:**

La precipitació en un indret determinat depèn de varies causes i són variables al llarg de l'any. Tot i aquesta complexitat, sí que es pot deduir l'origen dels fronts predominants en amplis territoris i per diferents moments de l'any (López-Bustins, 2007). En aquest sentit, López-Bustins (2007) proposa que, a grans trets, la Serralada Prelitoral té una precipitació d'origen atlàntic

durant les estacions de primavera i hivern, mentre que predomina la d'origen mediterrani a la tardor. A l'estiu predominen els sistemes convectius, com els fronts de brisa.

Per tant, existeix una variació en l'origen de les precipitacions que pot donar lloc a variacions en la composició isotòpica. A més d'aquest fet, cal tenir en compte que les fonts representen aigües de circulació força local, compartimentades estratigràficament (diferents nivells de conglomerat i gres) i tectònicament (falles i megaclases que separen blocs) (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Freixes, 1986), implicant fenòmens de surgència i reinfiltració cap a subunitats estructurals diferents, acompanyades de petites evaporacions superficials (a partir del terreny i/o superfície lliure). Aquesta estructura no permet una homogeneïtzació de les aigües, fent que les diferents fonts analitzades presentin certa dispersió isotòpica i que no hi hagi una correlació clara entre l'alçada de recarrega i la composició isotòpica, tot i conèixer en detall l'estratigrafia.

En canvi, els valors isotòpics dels pous situats al ventall al·luvial es presenten relativament alineats, responent a un major d'homogeneïtzació de les aigües que capten de diferents nivells i/o amb més temps de trànsit. D'aquesta manera, els pous Marina, nº3 Rellinars i nº2 Rellinars tenen uns valors isotòpics successivament més elevats, plantejant la possibilitat de que tinguin successivament unes zones de recàrrega d'altitud menor.

A part d'aquesta interpretació, també existeix una altra possible explicació per a la variació isotòpica observada a la major part de les fonts. Aquesta podria ser conseqüència de que la línia meteòrica local, degut a les condicions climàtiques relativament diferents de les Guillerries, presentés una equació del tipus  $\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 18$ . La variació isotòpica s'interpretaria com el resultat de petits processos d'evaporació degut a la complexitat geològica anteriorment comentada. En qualsevol cas, és necessari un estudi més detallat per saber amb més precisió a que es deu la variació isotòpica observada en una part de les mostres.

Els pous i fonts del grup enriquit s'ajusten a una línia d'evaporació des d'una superfície lliure, indicant que reben certa recàrrega a partir d'un curs superficial, embassament, llac... (CoDo CIHS, 2009). Tots els punts d'aquest grup es troben ubicats al costat de cursos de rieres, a partir de les quals sembla probable que es puguin recarregar.

Els pous Recàrrega i Dipòsit es troben al costat de la riera de Talamanca. Malgrat no es disposa de perfil litològic, es coneix per part de la companyia gestora d'aigües que la seva recàrrega està molt influenciada pel règim de funcionament de la riera. Concretament en aquest punt s'ha construït una resclosa per tal de garantir la infiltració. Els valors isotòpics més pesats s'han mesurat al pou Dipòsit, el situat més aigües avall en la riera i més proper a la resclosa, així doncs, és qui rep les aigües més evaporades superficialment dels dos i de totes les mostres analitzades. Això queda contrastat pels valors de Na i Cl lleugerament més enriquits (apartat 4.4 de hidroquímica) al pou Dipòsit, indicant cert increment en el recorregut de circulació (Freeze & Cherry, 1979; Martínez & Ruano, 1998; Martínez et al., 2005).

Els pous riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí es situen al costat de la riera de Santa Creu. Els valors isotòpics més elevats dels dos corresponen al pou Horts del Valentí, el situat més aigües avall de la riera, i així doncs, qui té la possibilitat de rebre les aigües que han circulat més recorregut per la riera i han pogut patir més evaporació superficial. Això queda contrastat pels valors de Na i Cl lleugerament més enriquits al pou Horts del Valentí (apartat 5.4: hidroquímica), indicant cert increment en el recorregut de circulació (Freeze & Cherry, 1979; Martínez & Ruano, 1998; Martínez et al., 2005). En qualsevol cas, tot i la variació isotòpica observada, segons la metodologia presentada per Gonfiantini (1986) i sintetitzada a Carol et al. (2013), indica que l'evaporació d'aquests punts està al voltant del 5-7%. Per tant, no es d'esperar importants variacions a nivell hidroquímic degut a aquest procés.

El pou Marquet Paradís es troba proper al riu Llobregat, però segons l'esquema constructiu del pou i el propi cabussament de les capes (annexes 5 i 6), és possible descartar la connexió hidràulica amb la llera del riu. No obstant, els seus valors isotòpics lleugerament enriquits permeten plantejar la possibilitat de certa influència d'aigües de recàrrega provinents d'algun altra curs superficial.

A la zona de ventall al·luvial hi ha les fonts de Can Cotis i de Carlets que també presenten aigües una mica evaporades en superfície. Aquestes fonts es troben a diferents punts al costat de la riera de Rellinars. Freixes (1986) va plantejar la possibilitat de recàrrega de la font de Can Cotis a partir de la riera de Rellinars. En funció dels valors isotòpics que presenten aquestes dues fonts i la seva proximitat amb la riera de Rellinars, resulta probable certa recàrrega a partir de les seves aigües superficials.

## **Conclusions:**

S'han analitzat els isòtops estables oxigen-18 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) i deuteri ( $\delta\text{D}$ ) dels 39 punts d'aigua de la zona d'estudi, distribuïts de la següent manera: 31 mostres de la campanya d'estiu del 2011 i de 8 mostres de la campanya de primavera del 2012.

A partir de la gràfica  $\delta\text{D}/\delta^{18}\text{O}$  es poden agrupar les mostres en 2 grans grups:

- Grup principal: Fonts (excepte Cotis i Carlets) i pous n°2, n°3 Rellinars, Marina, Comes, Rocafort i profund River Park.
- Grup enriquit: Pou Marquet Paradís, font de Can Cotis, pou Recàrrega, font de Carlets, pou riera Santa Magdalena, pou Horts del Valentí i pou Dipòsit.

Les fonts en general tenen valors molt dispersos i amb escasses relacions ni entre elles, ni respecte altituds de recàrrega. S'interpreta com a resultat de les variacions en l'origen de la precipitació i a la dificultat d'homogeneïtzació de les aigües poc profundes provocada per la pròpia complexitat estratigràfica i de fracturació que presenta la zona de ventall al·luvial.

En funció de l'ordenació creixent dels valors isotòpics dels pous Marina, n°3 i n°2 Rellinars es pot interpretar que tenen successivament unes zones de recàrrega d'altitud menor.

Els valors isotòpics del grup enriquit s'ajusten a una línia d'evaporació des d'una superfície lliure (5-7% d'evaporació), indicant certa infiltració a partir d'aigües superficials (CoDo CIHS, 2009). S'interpreta que els pous Recàrrega i Dipòsit reben aigües a partir de la riera de Talamanca, i els pous riera Sta. Magdalena i Horts del Valentí de la riera de la Santa Creu. Per a cadascuna d'aquestes 2 rieres es constata una relació entre l'increment d'evaporació i l'enriquiment en Na i Cl, indicant que les mostres més evaporades han tingut un major recorregut de circulació (Freeze & Cherry, 1979; Martínez & Ruano, 1998; Martínez et al., 2005).

Les fonts de Can Cotis i Carlets també presenten certa influència d'aigües evaporades en superfície lliure i s'interpreta la seva relació amb la riera de Rellinars.

## **6- DISCUSSIÓ GENERAL**

### **6.1- CORRELACIÓ ENTRE PUNTS D'AIGUA**

A partir de l'estudi hidroquímic dels diferents punts d'aigua (apartat 5.4) s'han pogut establir 5 grups en funció la seva composició química. A més, es poden arribar a establir relacions físiques entre els diferents d'aigua a partir de l'estructura del medi geològic estudiada a l'apartat de litoestratigrafia.

Per una banda, hi ha diversos pous dels quals es disposa de perfil litològic: pous nº2, nº3 Rellinars, Marina, Comes, Rocafort, profund River Park i Marquet Paradís. Per l'altra banda, hi ha altres pous dels quals no es disposa de perfil litològic: Pous Recàrrega, Dipòsit, riera Santa Magdalena i Horts del Valentí.

Donada la proximitat entre els pous nº2 i nº3 Rellinars i entre els pous Marina i Comes, i el fet de disposar dels seus perfils litològics, ha permès la seva correlació a partir de l'elaboració de talls geològics que s'analitzen detalladament més endavant.

Cal destacar que entre els pous nº2 Rellinars i Marina, desenvolupats ambdós en zona de ventall al·luvial i amb nivells aquífers de la mateixa litologia (conglomerat), s'ha pogut constatar que el primer té una conductivitat hidràulica major (al voltant de 1 m/d) que el segon (al voltant de 0'3 m/d). Aquest fet molt probablement estigui atribuït a la major profunditat a la que es troba el nivell aquífer del pou Marina, constatant així la disminució en profunditat de la freqüència i amplada de les fractures (Custodio i Llamas, 2001), que influeix directament en aquestes litologies permeables per fracturació.

El pou Rocafort es troba excavat íntegrament en les graves de la riera de Mura, sense correlació estratigràfica amb cap altra punt d'aigua similar.

El pou profund River Park es troba al sector NO del ventall deltaic, relativament aïllat de la resta de punts d'aigua estudiats. Tot i això, s'analitzen més endavant les possibles relacions amb el pou Marina, situat 7'8 km més a l'ESE.

El pou Marquet Paradís es troba relativament proper a 2 pous dels quals no es disposa de perfil litològic: pous Horts del Valentí i riera Santa Magdalena. El pou Marquet Paradís pertany a la fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Mg-Ca}$  (grup D.2) i es troba molt poc influenciat per aigües d'evaporació superficial (apartat 5.5: isòtops), mentre que els altres 2 pous pertanyen a la fàcies  $\text{HCO}_3\text{-Mg}$  (grup D.1) i tenen una influència destacada d'aigües d'evaporació des d'una superfície lliure. S'interpreta que les aigües evaporades dels pous Horts del Valentí i riera Santa Magdalena provenen de la riera de Santa Creu (apartat 5.5: isòtops). Atenent a aquestes diferències hidroquímiques i al distint grau d'influència d'aigües de circulació superficial, sembla poc probable una estreta relació entre les aigües d'aquests 2 grups, malgrat no es pot descartar del tot alguna possible influència de les aigües de la riera de Santa Creu en la recàrrega del pou Marquet Paradís. De totes maneres caldria més informació per tal comprovar-ho.

Pel que fa als paràmetres hidràulics, cal destacar la major conductivitat hidràulica que presenta el pou Marquet Paradís (de l'ordre de  $10^{-1}$  m/d), enfront el pou profund River Park (de l'ordre de  $10^{-3}$  m/d), trobant-se ambdós emplaçats en zona de front deltaic i presentant uns nivells aquífers de la mateixa litologia (gres gris) (apartat 4.2: paràmetres hidràulics). Tal i com ha estat comentat pels cas dels nivells aquífers conglomeràtics, aquestes diferències molt probablement siguin atribuïdes a la diferent profunditat a la es troben també els nivells aquífers gresosos grisos d'aquests pous de front deltaic.

Els pous Recàrrega i Dipòsit es troben a la riera de Talamanca, en zona de front deltaic. Tot i no disposar dels seus perfils litològics, s'ha establert la seva relació hidroquímica i isotòpica (apartats 5.4 i 5.5).

Pel que fa a les fonts, cal destacar que totes pertanyen a la fàcies hidroquímica  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  (grup A) i que es situen a la zona de ventall al·luvial. Les seves relacions estratigràfiques són analitzades més endavant en funció de la litofàcies per on emergeixen.

### **Pou n°2 – pou n°3 Rellinars**

Els pous n°2 i n°3 Rellinars es troben tan sols a 340 m de distància en direcció NE-SO i les seves aigües pertanyen a la fàcies hidroquímica HCO<sub>3</sub>-Ca (grup A). Per tal d'analitzar les possibles relacions estratigràfiques entre ells s'ha realitzat un tall geològic (figura 6.1) en base a la informació dels perfils litològics dels pous i les litofàcies observades en superfície. Destaca el pou-3 Rellinars per la presència de 4 nivells aquífers enfront de l'únic que alimenta al pou-2. Tots aquests nivells aquífers estan desenvolupats en conglomerat. A partir de les mesures de camp i de la representació cartogràfica de la geologia del sector de Rellinars es coneix que el cabussament de les capes segueix una direcció aproximadament NO. Tenint en compte això, el tall realitzat entre els 2 pous (NE-SO) és perpendicular al cabussament. Donat que la direcció del cabussament coincideix amb l'evolució frontal del sistema deposicional, el tall realitzat també resulta transversal a aquest.

Els materials que tallen aquests pous en profunditat pertanyen a les fàcies de Vacarisses (Anadón, 1978), corresponents al ventall al·luvial distal. En aquesta part del ventall són comuns els cossos conglomeràtics d'escassa continuïtat lateral, però amb un traçat longitudinal continu i més o menys sinuós. Corresponen a canals distributaris que solquen la plana d'inundació gresosa i lutítica. Donat que la relació entre els 2 pous és transversal al sistema deposicional, els diferents trams conglomeràtics tendeixen a l'escassa continuïtat lateral, provocant la no connexió entre els nivells aquífers d'un pou i l'altre. Malgrat això, es constata el desenvolupament d'alguns nivells aquífers en conglomerat (Cp) confinats entre els gresos i lutites (GLv). La circulació de l'aigua és possible en sentit longitudinal als canals distributaris.

El pou-2 de Rellinars té menys trams conglomeràtics i menys potents, donada la seva posició més marginal respecte el ventall al·luvial. Les situacions més cap al NE d'aquesta zona, s'acosten cap a sectors més centrals del ventall, trobant-se cossos conglomeràtics de més continuïtat lateral i longitudinal, i més ben relacionats amb les zones de recàrrega conglomeràtiques de les parts proximals. Això queda manifestat en la major importància dels nivells aquífers tallats pel pou-3.

També cal esmentar la presència del nivell de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc-0.4) que es troba a la llera de la riera de Rellinars. Malgrat no va ser detectat en la perforació del



pou-3, es pot plantejar la seva correlació amb el primer nivell aquífer que talla el pou. El nivell Cc-0.4 és el que dona aigua també a les fonts Rellinars, situades a uns 350 metres al SE del pou.

### **Pou Marina – pou Comes**

Durant la realització de l'assaig de bombeig al pou Marina es va fer un seguiment de l'evolució del nivell piezomètric del pou Comes, constatant un descens progressiu però no podent-se correlacionar directament amb l'efecte del bombeig pou Marina (apartat 5.2, paràmetres hidràulics). A partir dels perfils litològics dels 2 pous, juntament amb les dades relatives als nivells aquífers i trams ranurats, s'ha realitzat un tall geològic per tal de correlacionar-los (figura 6.2). S'ha emprat principalment com a nivell guia el moment transgressiu existent (litofàcies Lg, Gg i Cg), així com els trams conglomeràtics (Cp) i gresosos (GLv) més continus. En aquest tall es pot observar que el nivell aquífer explotat pel pou Marina queda per sota dels nivells aquífers que alimenten al pou Comes, i per tant, en principi es pot deduir que no existeix una relació hidràulica directa entre ambdós pous. No obstant això, es pot constatar l'existència de varis nivells de conglomerats que es correlacionen.





### **Pou profund River Park – pou Marina**

Entre el pou profund River Park i el pou Marina hi ha una distància d'uns 7'8 km (figura 4.11). El primer es troba a la zona de front deltaic i el segon a la zona de ventall al·luvial.

Els nivells aquífers del pou profund River Park corresponen a gresos grisos i alguns nivells de conglomerat gris. Es troben confinats entre nivells de lutita gris. Atenent a la seqüencialitat de la sèrie estratigràfica, el conglomerat de la part inferior del pou profund River Park es pot correlacionar amb un màxim progradant del ventall al·luvial que es dona estratigràficament per damunt del pou Marina. D'aquesta manera, els nivells aquífers dels dos pous queden fora de l'àmbit de correlació.

Un altra fet destacable és com els nivells inferiors del pou profund River Park són tallats en aquest sector per la riera de Mura. Les dades isotòpiques d'aquest pou (apartat 5.5: isòtops) no mostren influència d'aigües evaporades superficialment, però donada la relació estratigràfica dels nivells de la riera i del pou es podria considerar que alguna petita part de la recàrrega del pou pogués provenir de la riera de Mura. A més d'aquest fet, la seva recàrrega pot estar relacionada també amb els mateixos conglomerats al·luvials progradants esmentats, que en aquest punt arriben fins al front deltaic afavorint que les aigües subterrànies provinents de la zona continental recarreguin els nivells de conglomerat gris (Cg) i gres gris (Gg) que alimenten al pou profund River Park. Aquesta possibilitat és recolçada per la mineralització de les seves aigües (apartat 5.4: hidroquímica), riques en  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  i  $\text{Cl}$ , i pobres  $\text{Ca}$ , indicant un elevat temps de trànsit respecte les mostres del ventall al·luvial. I com a tercera aportació d'aigües de recàrrega, seria per infiltració a partir de la precipitació damunt dels materials conglomeràtics i gresosos aquífers en l'àrea d'aflorament en superfície.

El primer tram del pou Marina talla una sèrie conglomeràtica i gresosa de ventall al·luvial distal, en canvi lateral de fàcies. En profunditat, el pou talla alguns paquets de conglomerat més propers a la base del sistema i confinats entre gresos i lutites (GLv), el que permet el desenvolupament del nivell aquífer explotat. Al tall geològic B (annexes: talls geològics) es pot observar com aquest nivell conglomeràtic equival als trams baixos del massís. La composició química de les seves aigües (apartat 5.4: hidroquímica) rica en sodi i baixa en calci respecte el grup principal indica un temps de trànsit relativament elevat i els seus valors isotòpics més

lleugers (apartat 5.5: isòtops) en relació als pous de Rellinars denoten una recàrrega de més altitud. En funció d'això, sembla probable que els seves aigües es recarreguin en zones mitjanes i/o altes del massís i tinguin un recorregut relativament llarg fins al pou. Això també es corrobora pel seu elevat temps de resposta a partir de les precipitacions en relació al pou profund River Park (apartat 5.3: evolució dels nivells piezomètrics), denotant una zona de recàrrega possiblement més gran i/o complexa, tal i com resulta ser la part central del massís.

Pel que fa als paràmetres hidràulics entre els pou profund River Park i Marina, situats a zones del ventall diferents i amb nivells aquífers de diferent litologia (gres gris i conglomerat, cal destacar la menor permeabilitat del primer (de l'ordre de  $10^{-3}$  m/d) respecte del segon (de l'ordre de  $10^{-1}$  m/d). També existeix certa diferència de conductivitat hidràulica entre els pous Marquet Paradís i nº2 Rellinars, igualment amb nivells aquífer de gres gris i conglomerat, respectivament, però situats a menors profunditats. En aquest cas, per això, la diferència és menor: 0'2 m/d pel primer enfront 1 m/d pel segon. Així doncs, és possible que el conglomerat tingui una major permeabilitat que el gres gris.

## **Fonts**

S'ha establert físicament una correlació litoestratigràfica a partir del punt d'emergència de les diferents fonts del massís a on estat possible identificar els materials (annex 5: mapa situació mostres) (taula 6.1). La seva finalitat es centra en establir una ordenació estratigràfica dels diferents exutoris per a la posterior comparativa amb les relacions hidrològiques.

LITOFÀCIES	FONTS
Cp	
Cc-4.1	
Cp	
Cc-4	F. Pola + F. Freda + F. Puig
Cp	
Cc-3.1	
Gg	F. Coma
Cp	
Cc-3	F. Figuerota + F. Formatget
Cp	
Cc-2.1	
GLv	F. Era
Cp	
Cc-2	F. Soleia + F. Rector + Caus Mura
GLv	F. Boades + F. Casajoana + F. Cansalada
Cc-1.1	
Cp	
Cc-1	F. Ginjoler + F. Cotis
Cp	
Cc-0.4	F. Rellinars
Cmp	F. Conill
Cp	
Cc-0.3	F. Vià + F. Carlets + F. Llaminers + F. Trull
Cp	
Cc-0.2	F. Guinardeu
Cp	
Cc-0.1	
Cp	
Cb	F. Illa

Taula 6.1: Nivells litoestratigràfics d'emergència de les fonts estudiades.

De les relacions litoestratigràfiques abans exposades només s'ha pogut establir una relació hidroquímica per dos grups de mostres dins del grup principal HCO<sub>3</sub>-Ca:

- GRUP BOADES (fonts de les Boades, Casajoana i Cansalada): Evolució paral·lela estiu-primavera a les relacions Ca-Mg, Ca-Na, Cl-Na, Cl-SO<sub>4</sub>, Ca-SO<sub>4</sub>. Relació litoestratigràfica a favor dels nivells gresosos i conglomeràtics matriu-sostinguts carbonàtics (GLv i Cmc) a la base del nivell Cc-2 de la carena del Camí Ral.
- GRUP RELLINARS (fonts de Rellinars, Carlets i Llaminers): Evolució paral·lela estiu-primavera a les relacions Ca-Mg, Ca-Na, Cl-Na, Cl-SO<sub>4</sub>. Relació litoestratigràfica entre els nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic Cc-0.3 i Cc-0.4 de la riera de Rellinars.

El fet que les fonts del grup Boades brollin sota del nivell Cc-2 a favor de materials menys fracturats (GLv i Cmc) suggereix la implicació d'aquest nivell suprajacent en la infiltració i circulació de les aigües.

Les fonts del grup Rellinars impliquen la circulació d'aigua a favor dels nivells Cc-0.3 i Cc-0.4. Les relacions entre les aigües d'aquesta zona també va ser establerta hidroquímicament per Freixes (1986) per les fonts de Rellinars, Carlets, Barbotera, Pedregosa, i probablement també la Saiola, interpretant el seu funcionament càrstic. A partir de la cartografia de detall realitzada al sector de Rellinars i de les dades de camp (annex 5: mapa situació mostres), s'identifica que les surgències Barbotera, Pedregosa i Saiola també es troben situades entre els nivells Cc-0.3 i Cc-0.4.

Tot i les demés relacions litoestratigràfiques entre les fonts, no es demostren més relacions hidroquímiques de detall. La resta de punts d'aigua mantenen escasses similituds i són poc marcades. Això pot indicar que els fluxos d'aigua subterrània en aquests nivells de conglomerat carbonàtic són molt locals, i que només comparteixen la composició general HCO<sub>3</sub>-Ca.

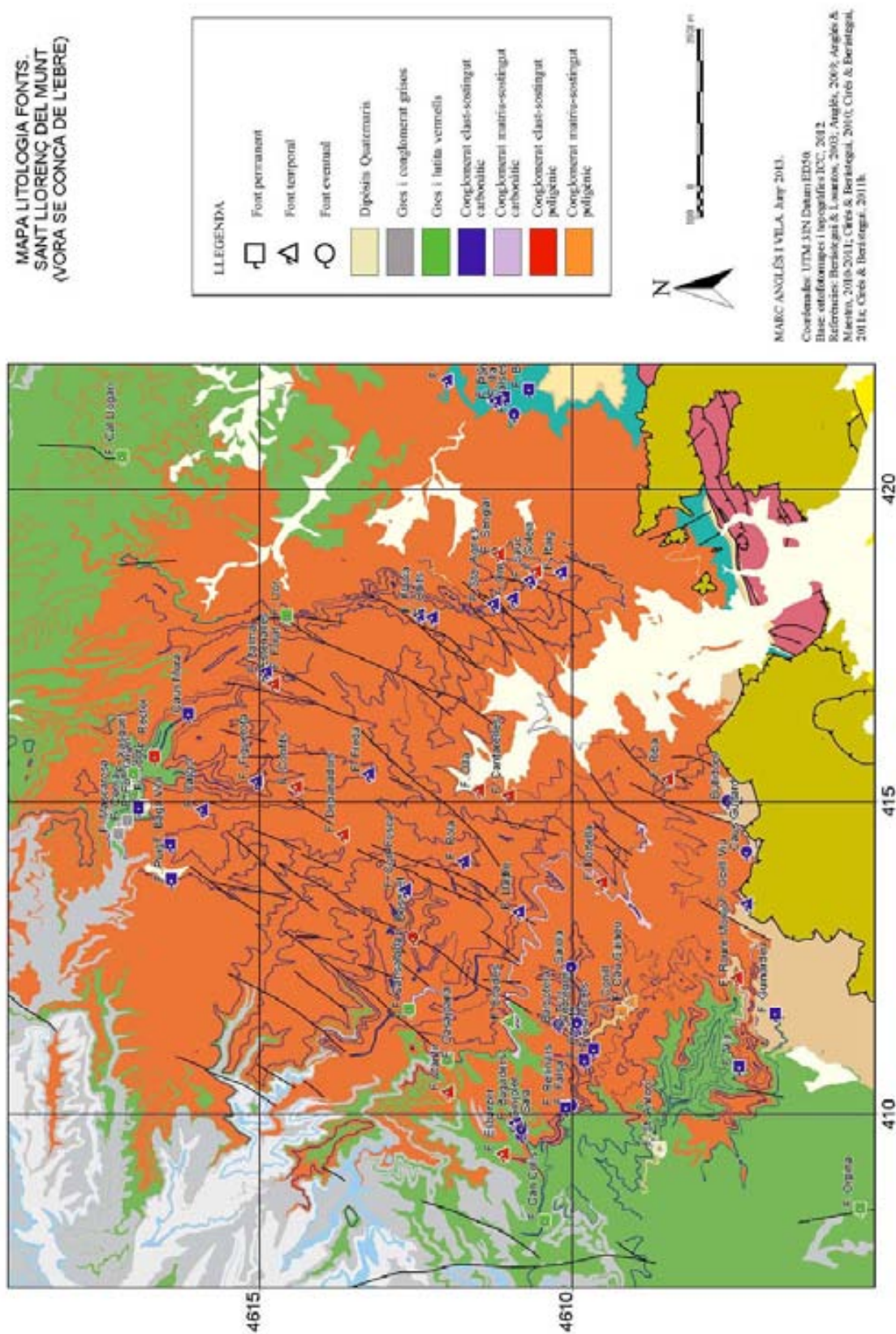


Figura 6.3: Situació i litologia dels punts d'emergència de les principals fonts del massís.



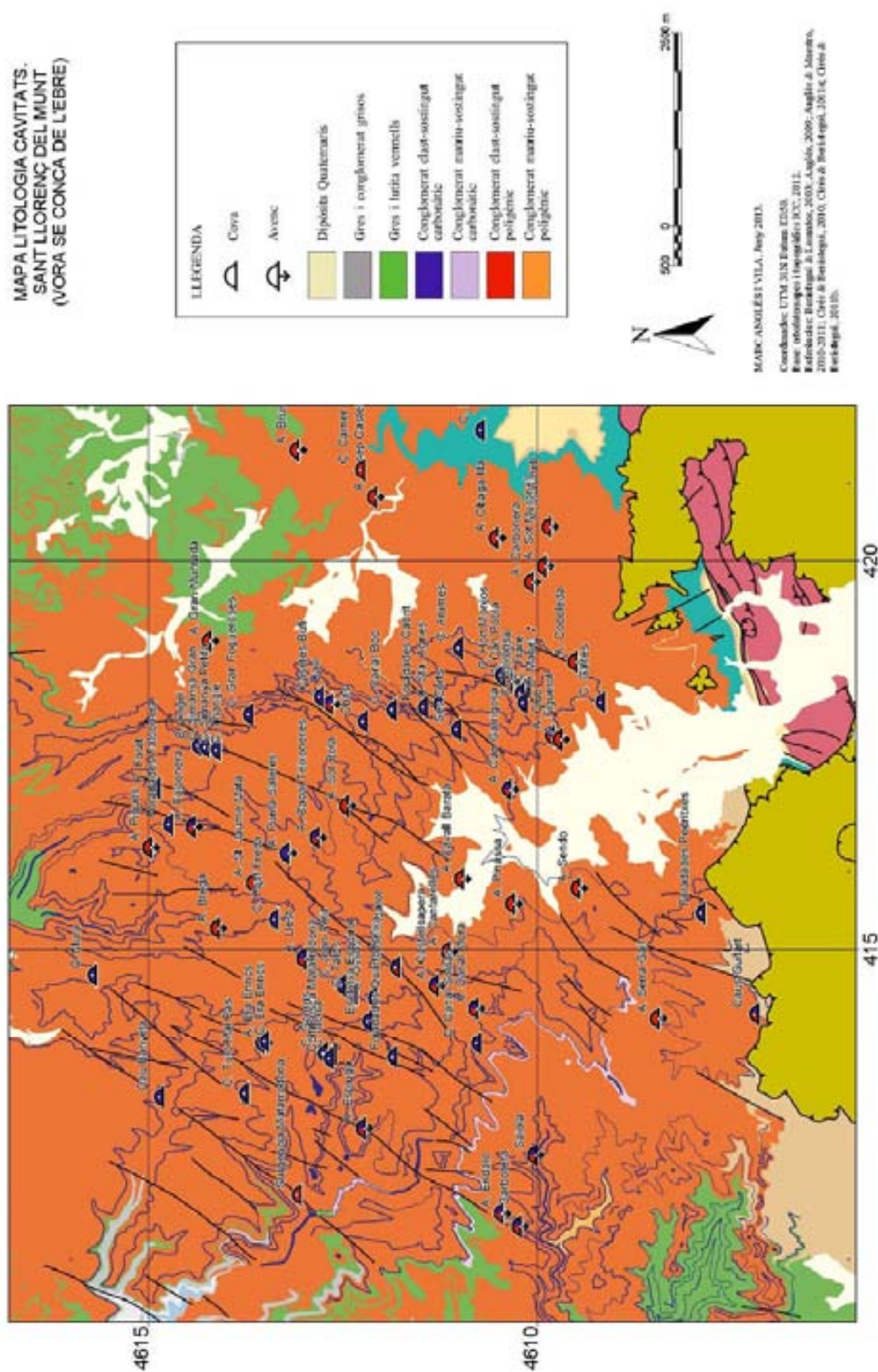


Figura 6.4: Situació i litologia de les principals cavitats del massís.

## **6.2- INFLUÈNCIA DEL NIVELLS Cc**

Han estat projectades damunt del mapa geològic les principals de fonts del massís (permanents i temporals), indicant la litofàcies del punt d'emergència (figura 6.3). Tal i com es pot observar, el major percentatge de fonts (56 %) es troba a la litofàcies de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc) (taula 6.2). Les altres fonts (44 %) es situen en conglomerat clast-sostingut poligènic (Cp), gres i lutita vermells (GLv), conglomerat matriu-sostingut poligènic (Cmp), gres gris (Gg) i dipòsits quaternaris (Q).

LITOFÀCIES	FONTS	LITOFÀCIES	CAVITATS
Cc	56 %	Cc	51 %
Cp	22 %	Cp	29 %
GLv	13 %	Cc+Cp	20 %
Cmp	3 %		
Gg	3 %		
Q	3 %		

*Taula 6.2: Proporcions de punts d'aigua i de cavitats a les diferents litofàcies.*

Pel cas de les cavitats, han estat projectades damunt del mapa geològic les coves amb un recorregut superior o igual a 20 m i els avencs amb una profunditat superior o igual a 20 m, indicant la litofàcies on es desenvolupen (figura 6.4). El major percentatge de cavitats (51 %) es troba a la litofàcies de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc), seguit del conglomerat poligènic (29 %) (taula 6.2). La resta de cavitats estan desenvolupades a través de megaclases que travessen tan Cc com Cp.

La presència predominant de fonts als nivells Cc suggereix la relativa importància que tenen en la circulació de les aigües subterrànies. El major nombre de cavitats desenvolupades als nivells Cc denota la seva relativa facilitat de fracturació i carstificació respecte el conglomerat clast-sostingut poligènic i la resta de litologies.

La major fracturació i carstificació que presenten els nivells Cc respecte les litofàcies Cp infrajacentes, fa que aquests funcionin com a nivell de base local relatiu (Llopis, 1944; Andrés, 1964). Malgrat que localment les aigües subterrànies circulin a favor del cabussament dels

esmentats nivells, la presència de megaclases i falles que travessen varis nivells de conglomerat, amb uns espaiats més amplis que les interclases dels nivells Cc (apartat 4: litoestratigrafia), fan que les aigües també tendeixin a infiltrar en vertical, tot guanyant profunditat.

En moltes galeries de les cavitats del massís, com poden ser la cova de Mura, la cova Simanya Gran, la cova de les Ànimes,... s'observen formes de conducció lliure i forçada (Andrés, 1964). No obstant, la circulació d'aigua actual en aquestes cavitats és dóna només en temporades plujoses i ho fa principalment de forma lliure. Així doncs, es pot interpretar que la majoria de coves i avencs de Sant Llorenç del Munt són l'herència d'un antic règim de carstificació més humit i de més relleu que l'actual, resultant avui en dia galeries i pous abandonats (Llopis, 1944).

En períodes d'abundants i continuades precipitacions hi ha una sèrie de petites cavitats situades a les parts més baixes del massís que són inundades per les aigües subterrànies funcionant molt temporalment com a surgències (Vives, 1977; Cardona et al., 1979; Cuadrat et al., 1982; Badiella, 1986; Freixes, 1986; Anglés i Monterde, 2007). Aquestes principals surgències es troben al sector de Rellinars: la Barbotera, la Pedregosa, la Saiola i els Caus del Guitard. Totes elles travessen o es desenvolupen a favor d'algun nivell Cc. Donat el seu caràcter molt temporal, a vegades de varis anys, no han rajat durant l'etapa de mostreig, i per tant no han estat estudiades per manca dades.

### **6.3- NIVELLS AQÜÍFERS**

Donada la baixa porositat que presenten les mostres de roca estudiades (1-5 %) (annex: petrologia) i constatant la presència destacada de diàclasis i falles al massís (Freixes, 1986), es pot interpretar que la fracturació resulta l'element clau per la circulació de les aigües subterrànies.

En un massís permeable per fissuració, cal tenir en compte que les fractures són més freqüents i amples prop de la superfície (descompressió del terreny), i decreixen ràpidament en profunditat (Custodio i Llamas, 2001). D'aquesta manera, cal esperar una disminució de la permeabilitat en profunditat. Això ha estat constatat als pous independentment per a cada litofàcies (apartat 4.2: paràmetres hidràulics). Així, per a cada litologia s'ha identificat una menor conductivitat en els nivells situats a major profunditat. En comparació, els nivells aquífers

conglomeràtics estudiats han resultat tenir una major conductivitat hidràulica que els nivells de gres gris.

Donat que els conglomerats de la zona d'estudi tenen una proporció variable de carbonats cal valorar la permeabilitat per dissolució a favor de les discontinuïtats de la roca (fractures i superfícies d'estratificació) tot provocant carstificació. Es constata la presència de conductes càrstics desenvolupats preferentment en els nivells de conglomerat clast-sostingut carbonàtic (Cc) (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Cardona et al., 1979; Freixes, 1986; Cardona, 1990; Anglés i Monterde, 2007), atesa la solubilitat dels seus constituents enfront l'àcid carbònic de les aigües.

Donada l'alternança al ventall al·luvial proximal de nivells Cc carstificats amb trams de menor permeabilitat (Cp, Cmp i Cmc), els primers actuen com a nivells d'escorrentia ràpida, moltes vegades només funcionant en època de pluges. És llavors quan s'identifica un moviment predominant de l'aigua pels conductes càrstics, que al anar-se buidant s'estableix un flux més lent dominat per les fissures d'amplada cada vegada menor (Custodio i Llamas, 2001).

Això queda palès al massís quan en temporades plujoses entren en funcionament les surgències més temporals, drenant els excedents pels conductes càrstics majors, mentre que la resta l'any només funcionen les fonts permanents, desenvolupades a favor de fissures de menor amplada i desenvolupament. Una exemple concret pot ser la zona de la riera de Rellinars, on en les fonts permanents brollen a favor de fissures menors (fonts de Rellinars, Carlets i Llaminers), mentre que les surgències més temporals (Saiola, Barbotera o Pedregosa) desguassen a través de conductes majors situats algunes desenes de metres per damunt.

#### **6.4.- EVOLUCIÓ DEL FLUX**

Atenent la seqüència de mineralització de les aigües subterrànies observada (apartat 5.4: hidroquímica), es poden deduir unes relacions evolutives possibles entre els diferents grups hidroquímics (figura 6.5). L'establiment d'aquestes relacions teòriques es basa en l'evolució espacial de les aigües que tenen una composició  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  a la zona de ventall al·luvial i es van enriquir en ions  $\text{Mg-SO}_4$  al circular per litofàcies marines, riques sulfats magnèsics (Mata i Colldeforns, 1988; Otero et al., 2007) i incrementen en  $\text{Na-Cl}$  al llarg del temps i/o recorregut

(Freeze i Cherry, 1979; Martínez i Ruano, 1998). La presència de sulfat a les litofàcies marines és interpretat per Otero et al. (2007) com a producte de l'oxidació de la pirita que es troba disseminada a les margues. La presència de magnesi a les mateixes litofàcies es podria explicar per la possible dedolomitització de la roca o bé per la presència d'algunes sals magnèsiques a les fàcies marines.

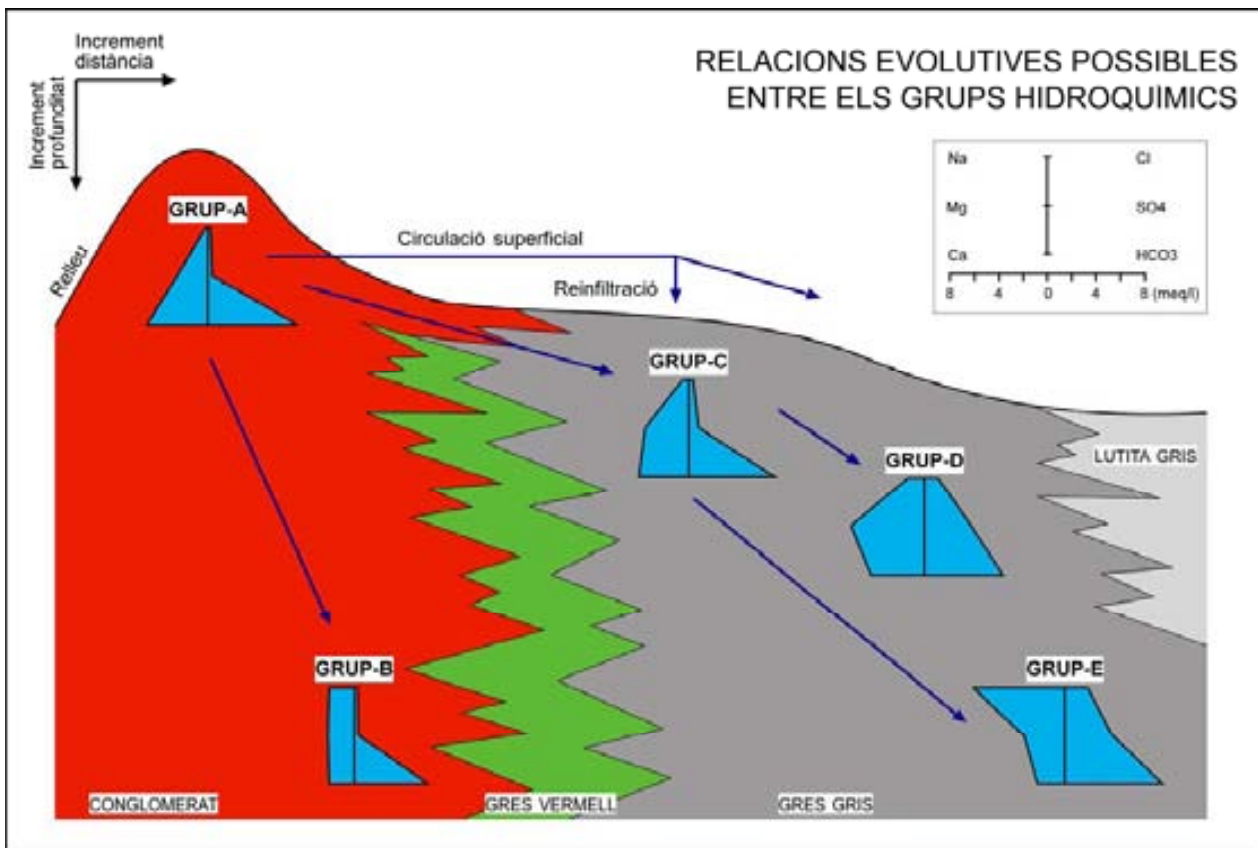


Figura 6.5: Esquema de les relacions evolutives possibles que es poden donar entre els diferents grups hidroquímics.

El grup 'A' representa a les aigües subterrànies amb menys temps de trànsit i/o circulació a la zona de ventall al·luvial, infiltrades a través dels conglomerats i amb una mineralització predominantment bicarbonatada càlcica. A mesura que s'aprofundeixen van guanyant en Cl i/o Na (grup 'B'). El grup 'B' ha disminuït en Ca i incrementat en Na molt probablement per intercanvi Na/Ca amb els materials lutítics, indicant un increment del temps de trànsit i/o recorregut de circulació. Segurament representen les aigües més evolucionades de la zona de ventall al·luvial. La litofàcies de gres i lutita vermells que generalment es troba entre les litofàcies de conglomerat i gres gris funciona com a barrera de menor permeabilitat, dificultant en gran

mesura que les aigües del grup 'B' segueixin circulant i evolucionant cap als gresos grisos de front deltaic. En aquest sentit, a l'estudi de Cabello et al. (2010, 2011), on es proposa una modelització del sector de Pont de Vilomara com anàleg teòric de reservori d'hidrocarburs en cas que no estigués cimentat, també es planteja aquesta orla de gres i lutita vermells (GLv) com a una barrera de permeabilitat.

A partir d'aquí hi ha 2 línies evolutives que poden continuar:

- Primera línia evolutiva: les aigües del grup 'A' que sorgeixen per les fonts, circulen per les rieres i són reinfiltrades juntament amb les eventuais aigües de pluja a través de la litofàcies de gres gris (grup 'C'). Això ha estat reconegut a les aigües dels pous a partir de la influència d'aigües evaporades en superfície lliure. A mesura que aquestes aigües circulen per les litofàcies d'origen marí s'enriqueixen en Mg i SO<sub>4</sub> (grup 'D').
- Segona línia evolutiva: les aigües subterrànies del grup 'A' que s'infiltra fins la litofàcies de gres gris en els sectors on està en contacte directe amb el conglomerat, generalment a les parts altes de les seqüències regressives (López-Blanco, 1996). En aquestes zones, el conglomerat de ventall al·luvial (generalment Cp o Cc) arriba a la part marina passant lateralment a conglomerat gris (Cg), i més distalment a gres gris (Gg). Això afavoreix que les aigües infiltrades a la zona de ventall al·luvial es puguin transmetre cap als materials de front deltaic, guanyar recorregut i profunditat a través del gres gris, tot enriquint-se en Mg, SO<sub>4</sub>, Na, Cl i empobrint-se en Ca (successivament grups 'C', 'D' i 'E').

## **6.5.- MODEL HIDROESTRATIGRÀFIC/HIDROGEOLÒGIC CONCEPTUAL**

Al ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt és destacat com l'arquitectura sedimentària condiona la dinàmica de l'aigua subterrània (figura 6.6). A la zona de ventall al·luvial, es manifesta en la successió de fàcies conglomeràtiques carbonàtiques (bàsicament fàcies Cc) intercalades entre les fàcies conglomeràtiques poligèniques (Cp i Cmp). En les primeres, la seva major fracturació i carstificació permet una circulació preferencial de les aigües d'infiltració a favor del cabussament de la capa. Aquest fet queda constatat pel predomini de fonts relacionades amb els nivells de conglomerat carbonàtic i per la presència de nombroses coves desenvolupades principalment en temps geològics més humits a favor dels esmentats nivells. No obstant, l'aigua també circula a favor de les falles i megaclases que afecten al conjunt conglomeràtic (Cp, Cc, Cmp, Cmc), fet que afavoreix línies de flux cap a nivells aquífers més profunds. En moments de molta precipitació i de saturació de la xarxa de fracturació vertical dels conglomerats poligènics dominants (Cp), la major part del flux circula per la xarxa carstificada i més densa dels conglomerats carbonàtics (Cc).

En contraposició, en el cas del ventall deltaic de Montserrat, al no existir aquest contrast litològic entre els conglomerats, l'aigua té una circulació predominantment vertical a favor de la fracturació (diàclasis i falles) fins al nivell de base que es troba a la part baixa del massís.

En la part més distal del ventall al·luvial trobem gresos vermells, que tot i presentar fracturació, es troben intercalats entre lutites (GLv), dificultant de manera important la circulació de les aigües subterrànies. D'aquesta manera, la orla que conformen entre el ventall al·luvial i el front deltaic constitueix a efectes pràctics un aquítard.

Un comportament hidrodinàmic similar el trobaríem a les fàcies de Vacarisses i de Sant Llorenç Savall (Anadón, 1978) també estan formades per gres i lutita vermells (GLv), constituint la base dels aquífers conglomeràtics al sector NE i SO del ventall al·luvial.

Els nivells conglomeràtics (Cc, Cp) més baixos i propers a la base del sistema es recarreguen i queden confinats pel canvi lateral de fàcies entre gres i lutita vermells (GLv). Quan es troben tallats per les rieres, especialment a la vall de Rellinars, aquestes funcionen com a drens, i per tant punts de descàrrega d'aquests nivell aquífers.

Els nivells de conglomerat carbonàtic (Cc) tendeixen a direccionar les aigües d'infiltració a favor del cabussament, cap al NO. Quan aquests són tallats pel relleu al sector septentrional, especialment a la vall de Mura, aquestes sorgeixen a través de fonts o alimentant les rieres.

Les aigües que s'infilten en profunditat a favor de falles i megaclases del conjunt conglomeràtic (Cp, Cc, Cmp, Cmc) arriben a les parts baixes del massís i constitueixen nivells aquífers confinats entre gres i lutita vermells (GLv).

El desplaçament cap conca del cinturó de fàcies en els moments de màxima progradació fa que arribin conglomerats fins a zones marines, constituint barres de desembocadura (Cg), que connectarien hidràulicament les fàcies conglomeràtiques de ventall al·luvial (Cp, Cc) amb les fàcies gresoses marines (Gg). Un exemple d'aquest comportament seria el pou de River Park, que rep quantitats significatives d'aigua a favor d'un d'aquests màxims progradants (figura 4.11).

Per contra, dins d'una mateixa seqüència deposicional, les parts inferiors (de nivell mar baix, transgressiu i d'inici de nivell de mar alt) estan desproveïdes d'aquesta connexió, i per tant, limitant la recàrrega d'aquests nivells aquífers. D'aquesta manera, els sectors del front deltaic sense la influència conglomerats d'aquest màxim de progradació, tindran una recàrrega més local.

A més, l'evolució paleogeogràfica del front deltaic cap al NO, fa que en zones com Talamanca, situades al marge NE del ventall, els nivells aquífers siguin molt pobres perquè tampoc es poden recarregar a partir del massís conglomeràtic (annex 2: cartografia geològica). En canvi, els pous de Pont de Vilomara (pous Marquet Paradís, riera Santa Magdalena, Horts del Valentí i River Park) estan situats a favor de la distribució frontal del sistema deposicional, i per tant més favorables a la recàrrega dels nivells potencialment aquífers.

Els gresos grisos (Gg) passen frontalment a fàcies de lutita gris (Lg). Aquestes tenen una escassa permeabilitat, constituint el segon aquítard del ventall deltaic. D'aquesta manera, els nivells de gres gris (Gg) interdigitats entre lutita gris (Lg) desenvolupen aquífers confinats.



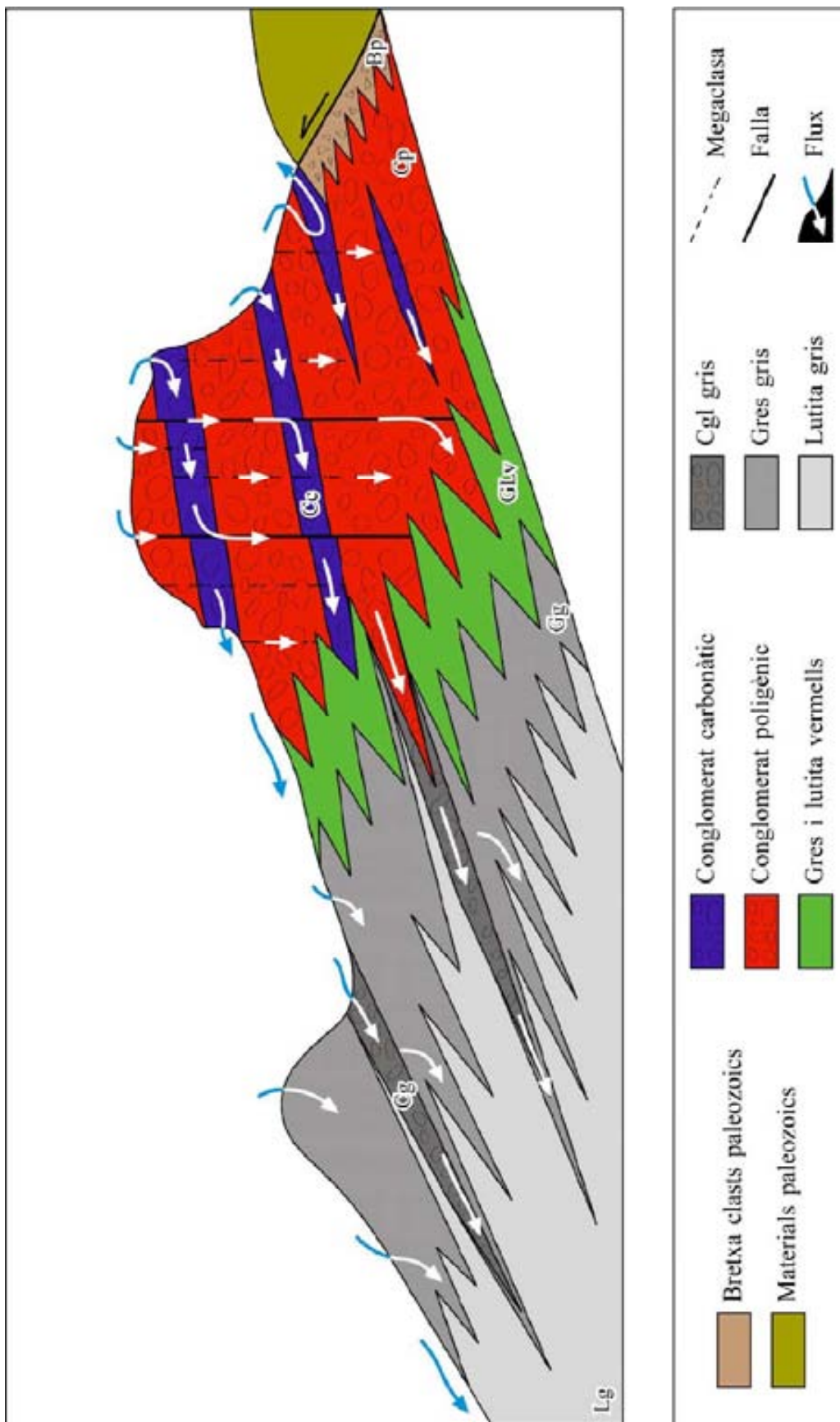


Figura 6.6: Model hidrogeològic conceptual.

## **7- CONCLUSIONS GENERALS**

L'estudi integrat de la hidrologia subterrània (paràmetres hidràulics, evolució piezomètrica, hidroquímica i isòtops ambientals  $\delta^2\text{H}$  i  $\delta^{18}\text{O}$ ) i la geologia (cartografia, talls geològics, litostratigrafia) del massís de Sant Llorenç del Munt i zones circumdants, ha permès definir el seu model hidrogeològic conceptual.

El ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt presenta 10 unitats litoestratigràfiques que tenen un comportament hidrodinàmic diferenciat.

A les zones properes a l'encavalcament de les Pedritxes es troben dipòsits sintectònics de bretxes de clasts paleozoics (Bp) amb matriu argilosa i fracturació molt poc desenvolupada.

A les zones proximals del ventall al·luvial es troben 4 tipus de conglomerats: clast-sostingut poligènic (Cp), clast-sostingut carbonàtic (Cc), matriu-sostingut poligènic (Cmp) i matriu-sostingut carbonàtic (Cmc). Les fàcies Cp són dominants i s'alternen amb 4 nivells principals de Cc. Aquestes darreres fàcies presenten una xarxa de fracturació més densa, que juntament amb la seva composició carbonàtica en facilita la carstificació.

La zona al·luvial distal (orla de ventall) està constituïda per fàcies de gres i lutita vermells (GLv). Presenten certa fracturació a favor dels nivells gresosos, però és limitada per l'alternança de lutites. Puntualment, coincidint amb màxims progradants, es connecten fàcies més proximals (conglomerats de ventall al·luvial) amb altres més distals (conglomerat i gres de front deltaic).

El front deltaic està format per conglomerat gris (Cg) i gres gris (Gg). Aquestes fàcies s'ordenen en cicles grano i estratocreixents on la fracturació és progressivament més espaiada a favor dels nivells de més potència.

També es troben calcàries i margues (CM) corresponents a plataformes carbonatades en zones restringides del front deltaic. Presenten cert grau de fracturació.

El prodelta està format principalment per lutita gris (Lg) i generalment no presenta fractures.

En les fàcies de conglomerat carbonàtic (bàsicament fàcies Cc), la seva major fracturació i carstificació ha donat lloc a nivells més permeables que permeten una circulació preferencial de l'aigua subterrània.

Les unitats litoestratigràfiques han donat lloc a 4 unitats hidrogeològiques ben diferenciades: les alternances de nivells de conglomerat (principalment Cp i Cc) que funcionen com aqüífers, les fàcies de gres i lutita vermells (GLv) que funcionen com aqüítard, el conglomerat gris i gres gris (Cg, Gg) que funciona com aqüífer i les fàcies de lutita gris (Lg) que funcionen com aqüítard.

Els nivells de conglomerat (principalment Cp i Cc) de ventall al·luvial es recarreguen principalment a partir de l'aigua de les precipitacions. El flux de l'aigua subterrània es produeix subhoritzontalment a través de la xarxa d'interclases dels nivells més competents (generalment nivells Cc) i verticalment a favor de les fractures principals (falles i megaclases). La circulació d'aigua ha donat lloc a un eixamplament de les fractures per carstificació en els nivells de conglomerat carbonàtic (Cc).

Els gresos grisos (Gg) de front deltaic es recarreguen a partir de la precipitació però també per infiltració de les aigües superficials de les rieres principals. A més, localment reben aigües subterrànies del ventall al·luvial a partir dels màxims progradants. Els nivells aqüífers es distribueixen a favor del cabussament cap a part més profundes, on els nivells de gresos grisos (Gg) queden confinats entre litofàcies de lutita gris (Lg).

La xarxa de drenatge també condiciona de forma significativa la hidrogeologia del sistema. Així, a les parts altes de la conca, aquesta tendeix principalment a tallar i drenar els nivells conglomeràtics continentals. A la part baixa, en canvi, tendeix a recarregar els gresos marins que es troben majoritàriament desconnectats de les fàcies continentals.

L'arquitectura sedimentària ha condicionat hidrodinàmica del sistema. El desplaçament cap conca del cinturó de fàcies en els moments de màxima progradació fa que arribin

conglomerats fins a zones marines, constituint barres de desembocadura (Cg), que connectarien les fàcies conglomeràtiques de ventall al·luvial (Cp, Cc) amb les fàcies gresoses marines (Gg). Per contra, dins d'una mateixa seqüència, les parts inferiors (de nivell mar baix, transgressiu i inici de nivell de mar alt) estan desproveïdes d'aquesta connexió, i per tant, difícilment poden transmetre aigua. A més, l'evolució paleogeogràfica del front deltaic cap al NO, fa que en zones situades a favor de la distribució frontal del sistema deposicional siguin més favorables a la recàrrega dels nivells potencialment aquífers, mentre que a les zones perifèriques del sistema, aquests nivells seran menys productius. D'altra banda, zones desproveïdes de conglomerats d'aquest màxim de progradació tindran recàrregues menys significatives.

Per tant, les característiques hidrostratigràfiques han demostrat ser el primer condicionant a nivell quantitatiu del recurs disponible a partir de les unitats hidrogeològiques definides, més exactament a partir de la geometria dels nivells aquífers, les seves propietats i les seves condicions de recàrrega. A més, també ho son a nivell qualitatiu ja que aquesta mateixa estructura hidrostratigràfica condiona els potencials problemes de qualitat dels recursos disponibles del sistema (recàrrega per pluja *versus* recàrrega per aigües superficials). En aquest sentit, és de destacar que degut a l'estructura dels nivells aquífers i al funcionament hidrodinàmic, no és efectiu la definició de perímetres de protecció al voltant dels pous d'abastament sinó que s'haurien de protegir directament les zones de recàrrega associades a cada pou i definides a partir de la litostratigrafia. Així, la caracterització hidrostratigràfica de Sant Llorenç de Munt ha permès definir criteris de prospecció, aportar més informació per a la millora de la gestió dels recursos hídrics del massís i les zones circumdants i entendre millor la hidrodinàmica d'aquest tipus de sistemes hidrogeològics.

## **8- BIBLIOGRAFIA**

- Agència Catalana de l'Aigua (2002). Model de Gestió del sistema hidrogeològic de naturalesa granítica del sistema Montseny-Guillerics. Generalitat de Catalunya. Inèdit, 460 p.
- Aigües de Manresa (2011). Memòria descriptiva de les captacions del servei municipal d'abastament d'aigua potable del municipi del Pont de Vilomara i Rocafort. Aigües de Manresa, S.A., Manresa. Inèdit.
- Alamán, C.; Calle, D. (2011). Estudio hidrogeológico de los acuíferos consolidados existentes en las sierras prelitorales catalanas, sector occidental Castellar del Vallès, Caldes de Montbui y Sant Feliu de Codines (Vallès Oriental, Vallès Occidental - Barcelona). Trabajo práctico del 45 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona, 60 p.
- Alsaker, E.; Gabrielsen, R.H.; Roca, E. (1996). *The significance of the fracture pattern of the Late-Eocene Montserrat fan-delta, Catalan Coastal Ranges (NE Spain)*. Tectonophysics: 266: 465-491.
- Alvarado, A.; Larragán, A.; Masachs, V. (1956). Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 363, Manresa. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Álvarez, J. (1997). Fonts i llocs d'aprovisionament d'aigua. Parc Natural Sant Llorenç del Munt, Serra de l'Obac i zones limítrofes. Inèdit, 390 p.
- Anadón, P. (1978). El Paleogeno continental anterior a la transgresión Biarriztiense (Eoceno medio) entre los ríos Gaià y Ripoll (Provincias de Tarragona y Barcelona). Tesi Doctoral, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 256 p.
- Anadón, P.; Colombo, F.; Esteban, M.; Marzo, M.; Santanach, P.; Sole-Sugrañes, L. (1979). Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. Acta Geológica Hispánica, 14: 242-270.

- Anadón, P (1980). Olistostromas asociados a depósitos de cono de deyección en el Eoceno inferior continental del borde oriental de la cuenca del Ebro (Zona de St. Llorenç del Munt, Prov. de Barcelona). Resúmenes y Comunicaciones del XI Congreso Nacional de Sedimentología, Salamanca, 1: 41-42.
- Anadón, P.; Cabrera, L.; Guimerà, J.; Santanach, P. (1985a). *Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the southeastern margin of the Ebro Basin*. A: Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation (Biddle, K.T. & Christie-Blick, N.; Editors), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 37: 303-318.
- Anadón, P.; Marzo, M.; Puigdefàbregas, C. (1985b). *The Eocene fan delta of Montserrat (Southeastern Ebro Basin, Spain)*. A: Excursion guidebook (Milà, M.D. & Rosell, J.; Editors), 6th European Regional Meeting I.A.S., Lleida, Spain. Excursion 3: 108-146.
- Anadón, P.; Cabrera, L.; Colombo, F.; Marzo, M.; Riba, O. (1986). *Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, East Ebro Basin (NE Spain)*. I.A.S. Special Publication, 8: 259-271.
- Andrés, O. (1964). Karstificación en conglomerados. Su estudio en el macizo de Sant Llorenç del Munt – serra de l'Obac (Barcelona). *Geo y Bio Karst*, 2: 9-12.
- Anglés, M. (2009). Sedimentologia del sistema al·luvial de Sant Llorenç del Munt (Eocè mig-superior). Vora sud-est de la Conca Central Catalana. Conca de l'Ebre. Tesi de Llicenciatura, Unitat d'Estratigrafia, Departament de Geologia, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 92 p.
- Anglés, M.; Maestro, E. (2010-2011). Els conglomerats de Sant Llorenç del Munt (Eocè mitjà-superior). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 76: 71-82.
- Anglés, M.; Monterde, E. (2007). Les surgències del vessant sud-oest del massís de Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. *Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa*, 113: 199-212.

- Badiella, X. (1986). Els Caus del Guitard. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 47-48: 1167-1169.
- Berástegui, X.; Losantos, M. (2003). Mapa Geològic de Catalunya 1:25 000 - Full 392-1-1 (71-29) Monistrol de Montserrat. Servei Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- Busquets, P.; Ortí, F.; Pueyo, F.; Riba, O.; Rosell, L.; Saez, A.; Salas, R.; Taberner, C. (1985). *Evaporite deposition and diagenesis in the saline (potash) Catalan Basin, Upper Eocene*. A: Excursion guidebook (Milà, M.D. & Rosell, J.; Editors), 6th European Regional Meeting I.A.S., Lleida, Spain. Excursion 1: 11-59.
- Cabello, P.; Falivene, O.; López-Blanco, M.; Howell, J.; Arbués, P.; Ramos, E. (2010). *Modelling facies belt distribution in fan deltas coupling sequence stratigraphy and geostatistics: The Eocene Sant Llorenç del Munt example (Ebro foreland basin, NE Spain)*. Marine and Petroleum Geology, 27: 254-272.
- Cabello, P.; Falivene, O.; López-Blanco, M.; Howell, J.; Arbués, P.; Ramos, E. (2011). *An outcrop-based comparison of facies modelling strategies in fan-delta reservoir analogues from the Eocene Sant Llorenç del Munt fan-delta (NE Spain)*. Petroleum Geoscience, 17: 65-90.
- Capdevila, J. (1992). El complex fan-deltaic de Sant Feliu de Codines-Gallifa (Eocè del marge SE de la Depressió Central Catalana). Tesi de Llicenciatura, Universitat Autònoma de Barcelona, 100 p.
- Capdevila, J.; Remacha, E. (1994). Análisis estratigráfico de los sedimentos paleógenos de la sección de Sant Miquel del Fai (complejo deltaico de Sant Feliu de Codines-Gallifa NE de la Cuenca del Ebro). Geogaceta, 15: 45-48.
- Cardona, F.; Miret, F.; Salvador, F. (1979). Las surgencias del torrent de la Saiola. Serra de l'Obac. Cavernas, 21 (4): 5-44.

- Cardona, F. (1990). Grans Cavitats de Catalunya. Volum 2: El sistema Mediterrani i la Depressió Central. Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Espeleo Club de Gràcia, Barcelona, 484 p.
- Carol, E.; Mas-Pla, J.; Kruse, E. (2013). *Interaction between continental and estuarine waters in the wetlands of the northern coastal plain of Samborombón Bay, Argentina*. *Applied Geochemistry*, 34: 152-163.
- Carreras, J. (1987). Diccionari de la llengua Catalana. Enciclopèdia Catalana S.A., Barcelona, 1677 p.
- Carrillo-Rivera, J.J., Irén Varsányi, I., Kovács, L.O., Cardona, A. (2007). *Tracing groundwater flow systems with hydrogeochemistry in contrasting geological environments*. *Water Air and Soil Pollution*, 184: 77–103.
- Catalana de Perforacions (1989a). Perfil litològic de la perforació a la zona Est de Rellinars. Catalana de Perforacions, S.A., Fonollosa. Inèdit.
- Catalana de Perforacions (1989b). Perfil litològic de la perforació profunda a River Park (Pont de Vilomara i Rocafort). Catalana de Perforacions, S.A., Fonollosa. Inèdit.
- Catalana de Perforacions (1990). Perfil litològic de la perforació n. 1 de Rellinars. Catalana de Perforacions, S.A., Fonollosa. Inèdit.
- Catalana de Perforacions (1996). Perfil litològic de la perforació a la zona dipòsit Marina (Mura). Catalana de Perforacions, S.A., Fonollosa. Inèdit.
- Catalana de Perforacions (2008). Perfil litològic de la perforació al Marquet Paradís (Pont de Vilomara i Rocafort). Catalana de Perforacions, S.A., Fonollosa. Inèdit.
- Catuneanu, O. (2002). *Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls*. *Journal of African Earth Sciences*, 35 (1): 1-43.



Catuneau, O. (2006). *Principles of Sequence Stratigraphy*. Elsevier, Amsterdam: 375 p.

Catuneau, O.; Abreu, V.; Bhattacharya, J.P.; Blum, M.D.; Dalrymple, R.W.; Eriksson, P.G.; Fielding, C.R.; Fisher, W.L.; Galloway, W.E.; Gibling, M.R.; Giles, K.A.; Holbrook, J.M.; Jordan, R.; Kendall, C.G.St.C.; Macurda, B.; Martinsen, O.J.; Miall, A.D.; Neal, J.E.; Nummedal, D.; Pomar, L.; Posamentier, H.W.; Pratt, B.R.; Sarg, J.F.; Shanley, K.W.; Steel, R.J.; Strasser, A.; Tucker, M.E.; Winker, C. (2009). *Towards the standarization of sequence stratigraphy*. *Earth-Science Reviews*, 92: 1-33.

Centre Excursionista de Terrassa (1935). *Guia Monogràfica de Sant Llorenç del Munt*. Tallers Gràfics Joan Morral, Terrassa, 280 p.

Cirés, J.; Berástegui, X. (2010). *Mapa geològic de Catalunya. Geotrebball I. Mapa geològic 1:25.000 - Full 363-2-2 (72-28) Sant Llorenç Savall*. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

Cirés, J.; Berástegui, X. (2011a). *Mapa geològic de Catalunya. Geotrebball I. Mapa geològic 1:25.000 - Full 392-2-1 (72-29) Castellar del Vallès*. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

Cirés, J.; Berástegui, X. (2011b). *Mapa geològic de Catalunya. Geotrebball I. Mapa geològic 1:25.000 - Full 363-1-2 (71-28) Manresa*. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

Clark, I.D.; Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in hidrogeology*. Lewis Publishers, New York, 312 p.

Comisión Docente Curso Internacional Hidrología Subterránea (2009). *Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea*. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona, 768 p.

Corbera, F. (1988). *Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Mapa topogràfic excursionista 1:20.000*. Centre excursionista de Terrassa, Editorial Albada, Terrassa.

- Costa, E. (2011). *Paleogene Chronostratigraphy of the SE margin of the Ebro Basin: Biochronological and Tectonosedimentary Evolution Implications*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona: 242 p.
- Cuadrat, A.; Claverí, J.; Moreno, P.; Martínez, M.; Navarro, F.; Gutiérrez, J.; Pérez, J.A. (1982). Contribució al coneixement de l'aparell càrstic del Caus del Guitard. Butlletí del Grup d'Exploracions Subterrànies del Club Muntanyenc de Terrassa, 3.
- Cuéllar, M.A.; Quintana, L. (1984). Estudio de los acuíferos de la cordillera Prelitoral entre el riu Ripoll y la riera de las Arenas. Trabajo práctico del 18 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.
- Custodio, E.; Llamas, M.R. (2001). Hidrología subterránea. Ediciones Omega, Barcelona, 1157 p.
- Diputació de Barcelona (1992). Camins i fonts del parc natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Diputació de Barcelona, Servei de Parcs Naturals, 165 p.
- Elèctrica Pintó (1989). Aforament pou profund River Park (Pont de Vilomara i Rocafort). Elèctrica Pintó, instal·lacions electrohidràuliques. Fonollosa. Inèdit.
- Elèctrica Pintó (2008a). Aforament pou Horts del Valentí (Pont de Vilomara i Rocafort). Elèctrica Pintó, instal·lacions electrohidràuliques, Fonollosa. Inèdit.
- Elèctrica Pintó (2008b). Aforament pou Marquet Paradís (Pont de Vilomara i Rocafort). Elèctrica Pintó, instal·lacions electrohidràuliques, Fonollosa. Inèdit.
- Favre, C.; González, A. (1967). Estudio hidrogeológico de Fuentes Calentes (Castellar del Vallès). Trabajo práctico del 1 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.
- Ferrando, A. (1983). El Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i serra de l'Obac. Història i arqueologia vistes per un excursionista. El Pot Cooperativa, Sabadell: 377 p.

- Ferrer, J. (1967). *La Paléocène et Eocène des cordillères côtières de la Catalogne*. Ecl. Geol. Helv., 60: 567-575.
- Ferrer, J. (1971a). El Paleoceno y Eoceno del borde suroriental de la Depresión del Ebro (Catalunya), *Mémoires suisses de Paléontologie*, 90: 1-70.
- Ferrer, J. (1971b). Presencia de macroforaminíferos priabonienses en el Eoceno de Igualada. *Acta Geológica Hispánica*, 6: 4-7.
- Folch, A. (2010). *Geological and human influences on groundwater flow systems in range-and-basin areas: the case of the Selva Basin (Catalonia, NE Spain)*. Tesis doctoral de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 149 p.
- Freeze, R.A.; Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, United States of America, 604 p.
- Freixes, A. (1982). Problemática hidrogeológica de la vertiente occidental de los conglomerados de Sant Llorenç del Munt (Sector Vacarisses-Rellinars). Trabajo práctico del 16 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.
- Freixes, A.; Monterde, M.; Cervelló, J.M. (1983). El paleocarst i el carst actual de les serres de Sant Llorenç del Munt i de l'Obac. El carst experimental de Rellinars. Espeleo Club de la Unió Excursionista de Sabadell, Sabadell, 55 p.
- Freixes, A. (1986). El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic. Tesis de Llicenciatura, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 152 p.
- Gomà, J.L. (1990). Pou experimental de Talamanca. Informe de la Junta d'Aigües de Catalunya, Barcelona, 7 p. Inèdit.

- Gómez-Paccard, M.; López-Blanco, M.; Costa, E.; M. Garcés, M.; Beamud, E., i Larrasoaña, J.C. (2012). *Tectonic and climatic controls on the sequential arrangement of an alluvial fan / fan-delta complex (Montserrat, Eocene, Ebro Basin, NE Spain)*. Basin Research, 24: 437–455.
- Gonfiantini, R. (1986). *Environmental isotopes in lake studies*. A: Handbook of Environmental Isotope Geochemistry (Fritz, P. & Fontes, J. Ch., Editors), Elsevier, 2: 113-168.
- Guillemot, J.; Badiella, E.; Anglés, M. (2010-2011). Una nova troballa a Sant Llorenç del Munt: L'avenc Quim Solbas. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 116: 422-436.
- Guimerà, J.; Santanach, P.F. (1978). Sobre la compresión Alpina en el sector central de las Cadenas Costeras Catalanas. Acta Geológica Hispánica, XII (2): 33-42.
- Guimerà, J. (1983). *Evolution de la deformation Alpine dans le NE de la Chaîne Côtière Catalane*. C. R. Acad. Sc., 297 (2): 425-430.
- Guimerà, J. (1984). *Paleogene evolution of deformation in the northeastern Iberian Peninsula*. Geol. Magazine, 121: 413-420.
- Guimerà, J. (1994). *Cenozoic evolution of eastern Iberia: Structural data and dynamic model*. Acta Geológica Hispánica, 29 (1): 57-66.
- Imagawa, C.; Takeuchi, J.; Kawachi, T.; Chono, S.; Ishida, K. (2012). *Statistical analyses and modeling approaches to hydrodynamic characteristics in alluvial aquifer*. DOI: 10.1002/hyp.9538
- Institut Cartogràfic de Catalunya (2005). Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50.000. Full 40, Vallès Occidental. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- Institut Cartogràfic de Catalunya (2006). Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50.000. Full 7, Bages. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

- Julivert, M. (1978). *The areas of the Alpine cover folding in the Iberian meseta, Iberian Chain, Catalánides, etc.* A: Geological Atlas of Alpine Europe and adjoining areas (Lemoine, M.; Editor), Elsevier: 93-112.
- Lindholm, R.C.; Finkelman, R.B. (1972). *Calcite staining: semiquantitative determination of ferrous iron.* Journal of Sedimentary Research, 42 (1): 239-242.
- Llobet, S. (2001). Mapa excursionista i turístic de Sant Llorenç del Munt i l'Obac 1:25.000. Editorial Alpina, Granollers.
- Llopis, N.; Masachs, V. (1943). El problema de los conglomerados del margen meridional de la depresión del Ebro. Nota y comunicaciones del Instituto Geológico i Minero de Espanya, 11.
- Llopis, N. (1944). Morfoestructura de los relieves de pudingas de Sant Llorenç del Munt – serra de l'Obac (Barcelona). Estudios Geográficos, 17: 687-814.
- López-Blanco, M. (1991). Estratigrafia y sedimentología del sector occidental del abanico costero de Sant Llorenç del Munt al Este de Sant Vicenç de Castellet (Eoceno, Cuenca de antepaís surpirenaica). Tesi de llicenciatura, Universitat de Barcelona, Barcelona, 135 p.
- López-Blanco, M.; Marzo, M. (1993). Sedimentología del sector occidental del abanico costero de Sant Llorenç del Munt (Eoceno, cuenca de antepaís surpirenaica). Geogaceta, 14: 83-86.
- López-Blanco, M. (1994). Estructuras contractivas de la Cordillera Prelitoral Catalana entre la sierra de Les Pedritxes y el río Ripoll: evolución y relación con los depósitos del margen de la cuenca del Ebro. Geogaceta: 16: 43-46.
- López-Blanco, M.; Piña, J., Marzo, M. (1994). Diferentes estilos de organización secuencial en depósitos de abanico aluvial y abanico costero lateralmente relacionados (Sant Llorenç del Munt, Eoceno, cuenca de antepaís surpirenaica). Geogaceta: 15: 49-51

- López-Blanco, M. (1996). Estratigrafia secuencial de sistemas deltaicos en cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno, cuenca de antepaís surpireanica). Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona, 238 p.
- López-Blanco, M.; Marzo, M.; Burbank, D.W.; Vergés, J.; Roca, E.; Anadón, P.; Piña, J. (2000a). *Tectonic and climatic controls on the development of foreland fan deltas: Montserrat and Sant Llorenç del Munt systems (Middle Eocene, Ebro Basin, NE Spain)*. *Sedimentary Geology*, 138: 17-39.
- López Blanco, M., Marzo and M., Piña, J. (2000b). *Transgressive-regressive sequence hierarchy of foreland, fan-delta clastic wedges (Montserrat and Sant Llorenç del Munt, Middle Eocene, Ebro Basin, Spain)*. *Sedimentary Geology*, 138: 41-69.
- López-Blanco, M. (2002). *Sedimentary response to thrusting and fold growing on the SE margin of the Ebro basin (Paleogene, NE Spain)*. *Sedimentary Geology*, 146: 133-154.
- López-Blanco, M. (2006). *Stratigraphic and tectonosedimentary development of the Eocene Sant Llorenç del Munt and Montserrat fan-delta complexes (Southeast Ebro basin margin, Northeast Spain)*. *Contributions to Science*, 3 (2): 125-148.
- López-Bustins, J.A. (2007). L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans. Tesis Doctoral, Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional, Universitat de Barcelona, 400 p.
- MacKenzie, W.S.; Guilford, C. (1996). *Atlas of rock-forming minerals in thin section*. Longman Group, Harlow, England, 98 p.
- Maestro, E. (1987). Estratigrafia i fàcies del complex deltaic (Fan delta) de Sant Llorenç del Munt (Eocè mig-superior. Catalunya). Tesis Doctoral, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 302 p.
- Maestro, E. (1991). *The deltaic complex of Sant Llorenç del Munt (Middle-upper Eocene, SE Catalan Basin)*. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 15: 73-102.

- Marín, A.; Lis, B. (1946). Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 392, Sabadell. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Martínez P.E; Martínez, P.; Castaño, S. (2005). Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 284 p.
- Martínez, J.; Ruano, P. (1998). Aguas subterráneas, captación y aprovechamiento. PROGENSA, S.A., Sevilla, 404 p.
- Mata-Perelló, J.M. (1979). Nota sobre la troballa de la Hexahidrita. Acta del Grup Autònom de Manresa de la Institució Catalana d'Història Natural 1, 18 p.
- Mata-Perelló, J.M. (1981). Els minerals del Bages i llurs jaciments. Les fonts, Quaderns de Recerca i Divulgació 2, 75 p.
- Mata-Perelló, J.M. (1983). Taules sistemàtiques per a la determinació de minerals. Xaragall 3, Manresa, 38 p.
- Mata-Perelló, J.M.; Colldeforns, B. (1988). Inventari mineralògic de la comarca del Bages. Xaragall 21, 42 p.
- Mata-Perelló, J.M.; Sanz, J. (1988). Guia d'identificació de minerals (Països Catalans i d'altres). Parcir Edicions Selectes, Manresa, 208 p.
- Mata-Perelló, J.M. (1990). Els minerals de Catalunya. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 441 p.
- Menció, A. (2005). Anàlisi multidisciplinària de l'estat de l'aigua a la depressió de la Selva. Tesi Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 265 p.
- Morsilli; M.; Bosellini, F.R.; Pomar, L.; Hallock, P.; Aurell, M.; Papazzoni, C.A. (2012). *Mesophotic coral buildups in a prodelta setting (Late Eocene, southern Pyrenees, Spain): a mixed carbonate-siliciclastic system*. Sedimentology, 59: 766-794.

- Nichols, G. (1999). *Sedimentology and stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, 355 p.
- Otero, N.; Canals, A. ; Soler, A. (2007). *Using dual-isotope data to trace the origin and processes of dissolved sulphate: a case study in Calders stream (Llobregat basin, Spain)*. *Aquatic Geochem*, 13: 109-126.
- Pallí, L. (1972). *Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zona limítrofes*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra: 338 p.
- Peón, A.; Alonso, F.; Rosell, J.; Trilla, J.; Obrador, A. (1975a). Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 363, Manresa. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Peón, A.; Alonso, F.; Rosell, J.; Trilla, J.; Obrador, A. (1975b). Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 392, Sabadell. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Puigdefàbregas, C.; Muñoz, J.A.; Marzo, M. (1986). *Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin*. A: *Foreland Basins* (Allen, P.A. & Homewood, P.; Editors). International Association of Sedimentologists, Special Publication 8: 229-246.
- Reguant, S. (1967). El Eoceno marino de Vic (Barcelona). *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid*, LXVIII: 350 p.
- Roca, E. (1994). La evolución geodinámica de la Cuenca Catalano-Balear y áreas adyacentes desde el Mesozoico hasta la actualidad. *Acta Geológica Hispánica*, 29 (1): 3-25.
- Rosell, J.; Juliá, R.; Ferrer, J. (1966). Nota sobre la estratigrafía de unos niveles con Carófitas existentes en el tramo rojo de la base del Eoceno al S de los Catalánides (Provincia de Barcelona). *Acta Geológica Hispánica*, 1 (5): 17-20.
- Ruiz de Gaona, M. (1952). Resultado del estudio de las formas de Foraminíferos del Nummulítico de Montserrat y zonas limítrofes. *Estudios Geológicos*, 8: 21-28.



- Scholle, P. A. (1979). *A color illustrated guide to constituents, textures, cements and porosities of sandstones and associated rocks*. American Association of Petroleum Geologists, Oklahoma, Memoir 28, 201 p.
- Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales (1995). Estudi de la dotació d'aigua present i futura al municipi de Mura. Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales S.A. (SAUR), Mura. Inèdit.
- Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales (1996). Informe i justificació tècnica per la realització d'un aforament en el sondeig efectuat al costat del dipòsit Marina del municipi de Mura. Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales S.A. (SAUR), Mura. Inèdit.
- Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales (2008). Pla director del Servei Municipal d'abastament d'aigua del municipi de Mura. Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales S.A. (SAUR), Mura. Inèdit.
- Straub, K.M.; Esposito, C.R. (2013). *Influence of water and sediment supply on the stratigraphic record of alluvial fans and deltas: Process controls on stratigraphic completeness*. Journal of Geophysical Research F: Earth Surface, 118 (2): 625-637.
- Tóth, J. (1995). *Hydraulic continuity in large sedimentary basins*. Hydrogeology Journal, 3: 4–16.
- Tóth, J., (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: Causas, procesos y manifestaciones. Boletín Geológico y Minero, 111 (4): 9–26.
- Tourís, R. (1992). Mapa d'àrees hidrogeològiques de Catalunya 1:250.000. Servei Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- Travé, A. (1988). Estratigrafia i sedimentologia dels dipòsits deltaics de l'Eocè mitjà-superior al sector de Manresa. Tesi de Llicenciatura, Universitat de Barcelona, 85 p.

- Ullastre, J. (1968). Estudio geomorfológico y comparativo del Avenc de l'Espluga, con otras cavidades del macizo Obac – Sant Llorenç (Barcelona). *Geo y Bio Karst*, 14-15: 31-34.
- Ullastre, J. (1983). La morfología y el karst de los conglomerados de la Cordillera Prelitoral entre Montserrat i Gallifa (Barcelona). *Speleon*, 26-27: 105-123.
- Vail, P. R. (1987). *Seismic stratigraphy interpretation procedure*. Atlas of Seismic Stratigraphy, American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 27-1: 277-281.
- Van Dijk, M.; Kleinhans, M.G.; Postma, G.; Kraal, E. (2013). *Contrasting morphodynamics in alluvial fans and fan deltas: effect of the downstream boundary*. *Sedimentology*, 59: 2125–2145.
- Vila, F. (1965). Llibre de Sant Llorenç del Munt. Gersa, Industria gráfica, Barcelona, 214 p.
- Vives, S. (1977). Les fonts intermitents de la serra de l'Obac. *Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa*, 16: 580-594.

WEB:

- Arribas, M.E.; Arribas, J.; De la Peña, J.A.; Estrada, R.; López-Acevedo, F.J.; Marfil, R.; Varas, M.J. (2007-2011). Atlas de petrología sedimentaria. Disponible a internet: < <http://www.ucm.es/info/petrosed> > [data consulta: febrer 2013].
- Institut Cartogràfic de Catalunya (2012). Mapa topogràfic 1:25.000. Fulls 71-28, 71-29, 72-28, 72-29. Data vol 2008. Data edició 2009. Disponible a internet < <http://www.icc.cat/vissir3/> > [data consulta: 2012].
- Institut Cartogràfic de Catalunya (2012). Ortofotomapa 1:25.000. Fulls 71-28, 71-29, 72-28, 72-29. Data vol 2010. Data edició 2011-2012. Disponible a internet < <http://www.icc.cat/vissir3/> > [data consulta: 2012].

Institut Cartogràfic de Catalunya (2012). Mapa topogràfic 1:5.000. Fulls 283-110, 283-111, 283-112, 283-113, 283-114, 283-115, 283-116, 284-110, 284-111, 284-112, 284-113, 284-114, 284-115, 284-116, 285-110, 285-111, 285-112, 285-113, 285-114, 285-115, 285-116, 286-110, 286-111, 286-112, 286-113, 286-114, 286-115, 286-116. Data vol 2010. Data edició 2011-2012. Disponible a internet < <http://www.icc.cat/vissir3/> > [data consulta: 2012].

Servei Meteorològic de Catalunya (2011-2013). Dades diàries de precipitació i temperatura de les estacions de Pont de Vilomara, Rellinars, Sant Llorenç Savall i Vacarisses [en línia]. Actualització diària. Disponible a internet: < [www.meteocat.cat](http://www.meteocat.cat) > [data consulta: maig 2013].

Tàpias, Q. (2005-13). Sant Llorenç del Munt. Disponible a internet: < <http://santllorencdelmunt.com> > [data consulta: gener 2013].

#### CD-ROM:

Suades, R. (2012). Guia interactiva de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Tercera edició. Format CD-ROM.

## **9- ANNEXES**