

LES FONTS PICANTS DE LA VALL D'ARO

PER

M.T. CLOTET*

*DEPT. GEOLOGIA
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

RESUM

Aquest estudi proposa una dinàmica pel funcionament del sistema aqüífer de les fonts picants de la Vall d'Aro en relació amb les fonts dolces sorgents a la zona. A partir de les dades obtingudes en aplicar diverses metodologies del camp de la Geologia, especialment de la Hidrogeologia, s'arriba a la interpretació del sistema com a un massís granític, poc permeable, saturat d'aigua que es mou molt lentament, donades les característiques físiques del medi. Aquest aqüífer és travessat per un flux ascendent d'anhidrid carbònic gràcies a zones de fisures i permeabilitat preferent.

ABSTRACT

The main purpose of this work is the study of the hydrologic relation between the aquifer system formed by the so called «fonts picants» and the freshwater springs found in «Vall d'Aro». The field work allows us to conclude that this aquifer is fully saturated, and that its low value of hydraulic conductivity is totally in accordance with the granitic nature of its lithology. Nevertheless, the presence of some fractured area, with a higher local permeability allows a quick upward flux of carbon dioxide.

1. INTRODUCCIÓ

A les terres del Baix Empordà s'anomenen «fonts picants» aquelles surgències de les quals brolla aigua amb un gust «picant» degut a l'abundància d'anhidrid carbònic que contenen en dissolució, fins a l'extrem de bombo-llejar així que arriben a l'exterior. De la mateixa manera, s'anomenen «fonts



Mas Reixac de Bell-lloc. El pou picant es situa uns tres-cents metres al davant de la casa, dins dels camps que es veuen a primer terme de la fotografia. La mina d'aigua dolça sorgeix del massís granític que es veu al fons (Fotografia: Antoni Bendicho).

d'aigua dolça» les que ragen aigua exempta d'aquest gust característic, indicant l'absència d'una elevada concentració d'anhídrid carbònic dissolt.

Les «aigües picants» de Catalunya han estat l'objecte d'estudi de nombroses publicacions pel fet que són de gran interès hidrogeològic i minero-medicinal. Si bé en molts casos és manifest un bon coneixement de l'origen i dinàmica d'aquestes aigües, en el cas de les fonts de la Vall d'Aro no s'ha considerat fins el moment una explicació que concreti la procedència de les aigües picants.

L'objectiu d'aquest treball és, doncs, justificar l'origen de les aigües picants de la Vall d'Aro, així com la seva dinàmica dins del medi i en relació amb les aigües dolces coexistents en la zona. Per això s'ha realitzat un estudi de l'entorn geològic, s'ha tractat l'hidrometeorologia de l'àrea de surgència i s'han determinat les característiques químiques i isotòpiques —contingut en triti— de les fonts. Tot això ha permès aportar una proposta de la dinàmica del sistema hídric de les fonts picants de la Vall d'Aro.

2.— SITUACIÓ GEOGRÀFICA DE LES SURGÈNCIES

La zona de surgència de les fonts se situa a la part nord de la Vall d'Aro,

al sud del massís de les Gavarres. Concretament, es localitza a les valls formades per dues rieres afluent al marge esquerre del riu Ridaura: la riera de Salenys —on es troben escalonadament les fonts picants de Panedes, del Plat i de Salenys— i la riera de Bell-lloc, on brolla la font picant del mateix nom (Fig. 1).

També han estat motiu d'estudi les aigües procedents de dos pous situats

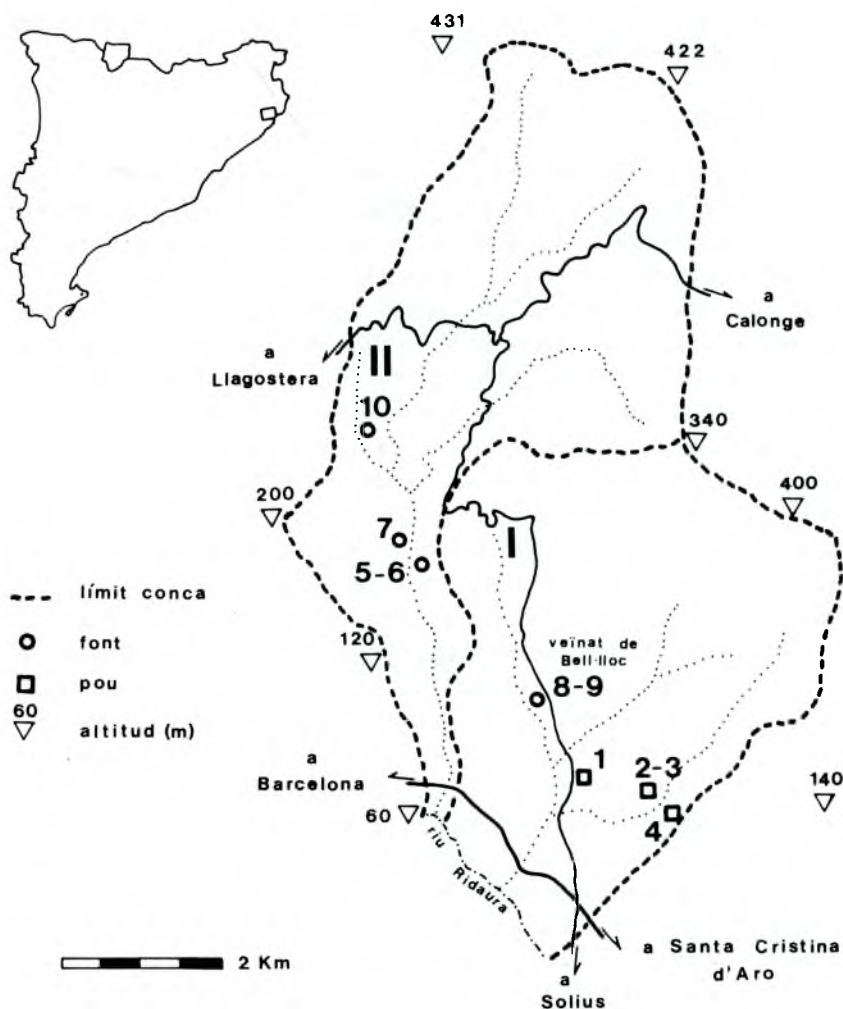


Fig. 1 Situació detallada de les fonts i pous mostrejats. I: Riera de Bell-lloc, II: Riera de Salenys, 1: Pou Estació, 2 i 3: Pou i mina de Mas Reixac, 4: Mina de Mas Bou, 5 i 6: Fonts de Salenys, 7: Font del Plat, 8 i 9: Fonts de Bell-lloc, 10: Font de Panedes.

a la part més septentrional de la zona: el pou de Mas Reixac de Bell-lloc, d'aigua picant, i el pou de l'antiga estació de Bell-lloc, a la línia de ferrocarril de Sant Feliu de Guíxols a Girona, considerat popularment com a picant, però que al llarg del període d'estudi ha manifestat, a intervals temporals, característiques que han portat a classificar-lo com a punt d'aigua dolça. De la mateixa manera s'ha fet el seguiment de quatre punts d'aigua dolça: les mines de Mas Reixac i Mas Bou, situades prop dels masos del mateix nom, i les fonts de Salenys i Bell-lloc, localitzades en el mateix indret que les fonts picants així anomenades.

3.— EL MEDI GEOLÒGIC

El massís de les Gavarres és un dels retalls, visibles arreu de Catalunya, testimoni de la gran serralada que s'hi aixecà durant el Paleozoic superior. És constituït per materials intensament metamorfosats, els quals formen la cobertura del batòlit central de la Serralada Costanera Catalana.

En particular, els materials que afloren com a substrate als voltants de les fonts de la Vall d'Aro pertanyen al gran batòlit esmentat. Són granits de gra gros a mitjà, granodiorites localment fenoblàstiques, i granits biotítics amb enclavaments màfics, tots ells travessats per diversitat de roques filonianes. També s'hi distingeixen com a formacions superficials dipòsits col·luvials als vessants (argiles i sorrenques vermelloses), formacions al·luvials a les valls del Ridaura i rieres afluent (graves, sorres, llims i argiles) i dipòsits de con de dejecció de la part SO de la zona estudiada (acumulació de blocs, palets, sorres, llims i argiles) (Pallí, 1985) (Fig. 2).

Els materials que formen el substrate del massís de les Gavarres han sofert els efectes de dues orogènies: l'Herciniana i l'Alpina. Això fa que trobem aquests materials molt afectats per fenòmens estructurals a gran escala, com són les grans fractures que limiten el massís de les Gavarres i que enfonsaren la Vall d'Aro, i per estructures menors, com és l'intens diaclassat que afecta els materials granítics que trobem prop de la zona de sorgència de les fonts. Aquest important diaclassat del massís, juga un paper primordial car és l'element que permet una infiltració eficaç dins els materials cristal·lins i constitueix la via preferencial de circulació d'aigua. Dita consideració permet preveure quines seran les zones d'emergència de les fonts alimentades per les aigües de circulació subterrània.

El resultat de l'anàlisi de la projecció estereogràfica de les direccions de diaclassat (Fig. 3), no permet destacar cap orientació de les diàclasis i per tant, no deixa preveure cap direcció preferencial d'infiltració. Això fa que aquests materials granítics es puguin considerar com un aquífer continu, constituït per un mitjà cristal·lí fissurat.

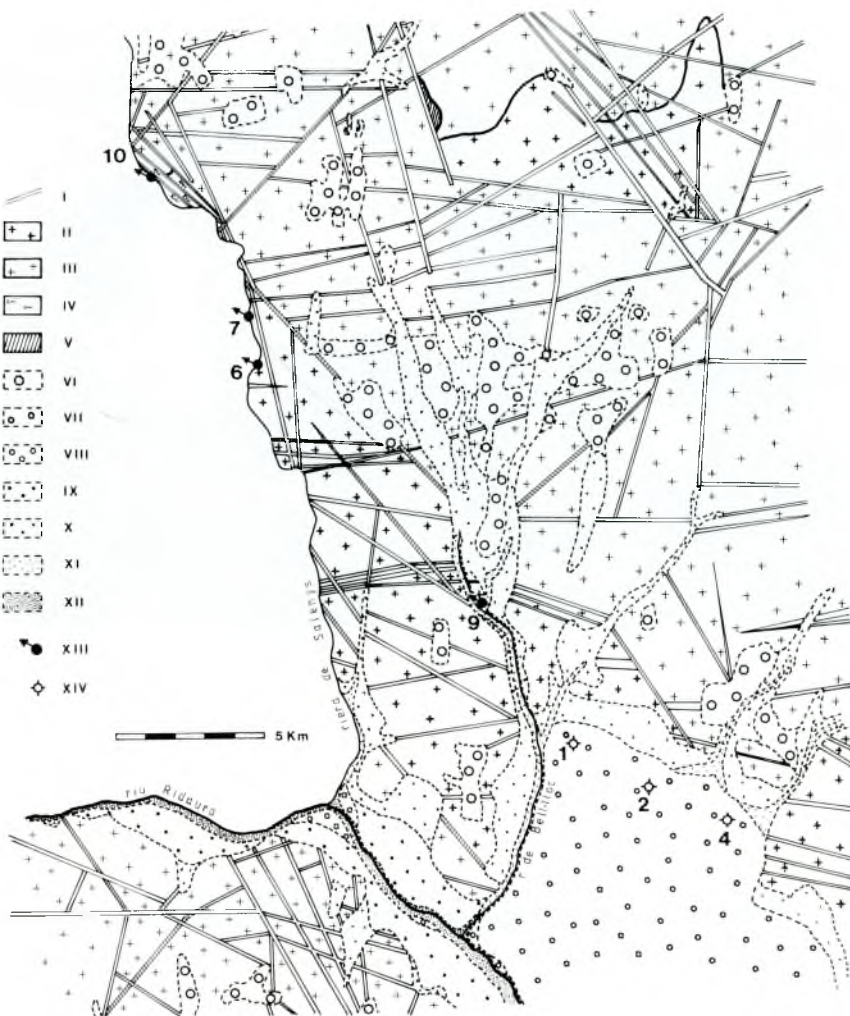


Fig. 2 Geologia de la zona estudiada. Situació de les fonts i pous picants (Pallí, 1985).

I. Roques filonianes; II. Granodiorites molt fenoblàstiques; III. Granodiorites i granits biotítics amb enclavaments màfics; IV. Milonites, cataclasites i granits cataclàstics; V. Esquists cornubianítics i/o quarsítics amb andalucita i/o cordierita; VI. Dipòsits col.luvials-eluvials: argiles sorrenques vermelloses; VII. Dipòsits de dejecció: blocs, palets, sorres, llims i argiles amb còdols; VIII. Barra fluvial: graves, sorres i llims; IX. Dipòsits al.luvials: graves, sorres, llims i argiles; X. Dipòsits col.luvials de vessant: sorres, llims marrons i argiles; nòduls calcaris; XI. Dipòsits al.luvials-col.luvials: graves, sorres, llims i argiles amb còdols; XII. Dipòsits del llit actual del Ridaura: sorres; XIII. Font picant; XIV. Pou picant. Sorgències: 1. Estació de Bell-lloc; 2. Mas Reixac; 4. Mas Bou; 6. Planta embotelladora de Saleny; 7. Font del Plat; 9. Fonts de Bell-lloc; 10. Font de Panedes.

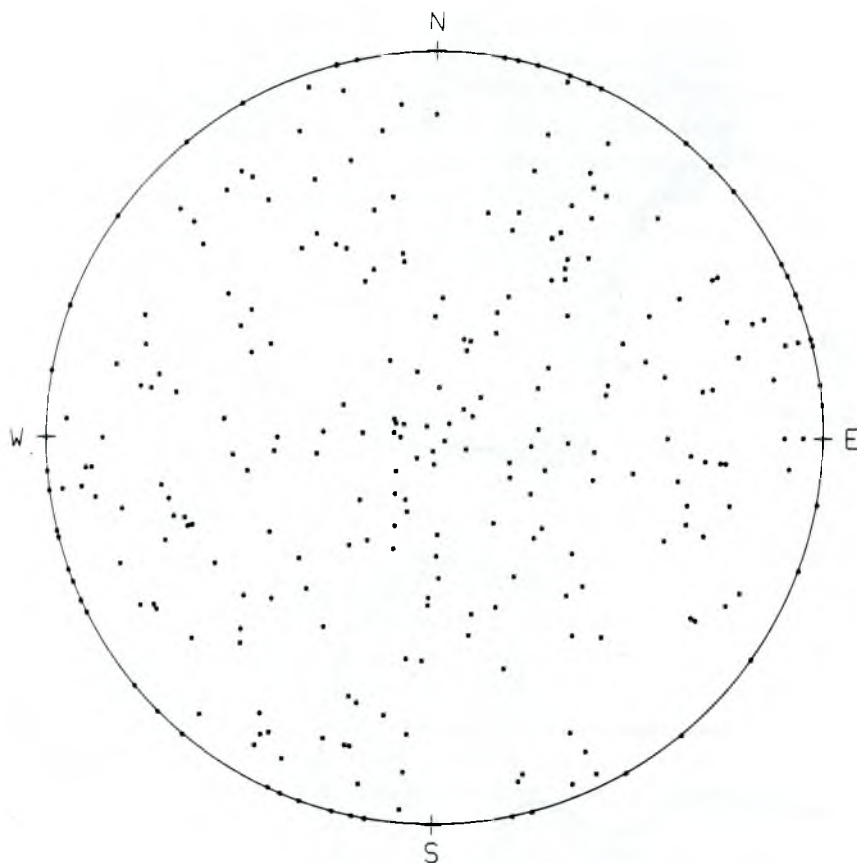


Fig. 3 Projectió equiangular de les diàclasis mesurades en la zona dels voltants de Salenys i Romanyà de la Selva.

Tots els treballs publicats en relació a les fonts picants de les Gavarres (Faura i Sans, 1909; Darder Pericas, 1941; Solé Sabarís i Llopis Lladó, 1939; Solé Sabarís, 1946; Font i Pages, 1983) consideren que les aigües picants, s'han carregat d'anhidrid carbònic en circular en profunditat, relacionant l'origen del gas amb manifestacions volcàniques remanents. Alguns autors, a més, el lliguen a una font de calor, i per això classifiquen aquestes aigües com a termals (Paris, C. *et al.*, 1976). En qualsevol dels casos, si bé es parla de la procedència de l'anhidrid carbònic, no s'explicita l'origen de les aigües que el contenen.



Pou de l'antiga Estació de Bell-lloc, en la línia de ferrocarril de Girona a Sant Feliu de Guíxols. Aquest pou s'ha considerat popularment com a picant. Al llarg d'aquest treball l'aigua ha mostrat temporalment i alternativa característiques d'aigua dolça o de picant (Fotografia: Antoni Bendicho).

4.— HIDROMETEOROLOGIA

El càlcul del balanç hídric permet avaluar la possibilitat que l'aigua de recàrrega de l'aquífer, procedent de precipitació, sigui suficient per a abastar les fonts que brollen a la Vall d'Aro. Aquests resultats constitueixen una aproximació teòrica al comportament real de la conca i permeten centrar l'ordre de magnitud del problema plantejat.

Per a l'estudi de les precipitacions, s'han utilitzat les dades mensuals de l'observatori de Castell-Platja d'Aro des de l'any 1973 fins al 1988, constituint una mostra representativa del règim pluviomètric. En base a les dades referides, la pluviometria mitjana anual per a la conca s'estima en un valor aproximat de 600 l/m².

Els càlculs d'evapotranspiració potencial, pel mètode de Thornthwaite i Penman (Trilla *et al.*, 1980) i d'evapotranspiració real, pels mètodes de Turc i de Coutagne, ofereixen resultats dispars (taula I): s'ha prè com a representatiu de l'evapotranspiració a la conca estudiada, la quantitat d'uns 400 mm/any; quantitat que matindrem àdhuc en l'any sec per a

TAULA I	ETP	ETR
Thornwhaite	2.400	
Penman	683	
Coutagne		380
Turc		338

Taula I. Valors d'evapotranspiració, en mm/any, obtinguts pels diferents mètodes.

obtenir una acotació de l'existència o no de recàrrega amb una aproximació cap a la quantitat màxima.

Així, dins a la zona estudiada s'han diferenciat dues conques hidrogràfiques: la de la riera de Bell-lloc, amb una superfície de 5,15 Km² i la de la riera de Salenys, que té una extensió de 5,30 Km². Per altra banda a l'hora d'acotar el balanç hídric en les dues subconques, primerament s'ha pres el valor de pluviometria corresponent a un any sec (1988) amb una precipitació de 461 mm i en segon lloc, s'han considerat les dades de la mitjana actual de la sèrie 1973-1988, és a dir, 600 mm/any. Els resultats del volum de recàrrega obtinguts en cada un dels casos proposats, es mostren a la taula II.

Veiem així que a cada un dels suposats considerats el balanç és positiu; és a dir, es pot afirmar que hi ha recàrrega tant en l'any mig com en l'any sec, i per tant, es fa palesa la possibilitat que part d'aquestes aigües infiltrades incorporin anhídrid carbònic i alimentin les sorgències picants.

TAULA II	Sup.	Precip.	Aports	ETP	Perd.	Ad
Conca	Km ²	mm	1x10 ⁶	mm	1x10 ⁶	1x10 ⁶
Riera de Bell-lloc	5,15	461 600	2.374 3.090	400	2.060	312 1.030
Riera de Salenys	5,30	461 600	2.443 3.180		2.120	323 1.060
Total conca	10,45	461 600	4.817 6.270		4.180	637 2.090

Taula II. Balanç hídric anual de les conques estudiades per a una pluviometria anual igual a la de 1988 (P=461 mm) i per a una pluviometria anual propera a la mitjana observada a l'estació de Castell-Platja d'Aro durant el període 1973-88 (P=600 mm).

Sup. = superfície de la conca,

Precip. = pluviometria anual,

Aports = total d'aports pluviomètrics a la conca,

ETP = evapotranspiració anual,

Perd. = total de pèrdues anuals de evapotranspiració,

Ad = aigua disponible anualment.

5.— LES MANIFESTACIONS HÍDRIQUES

Per tal de caracteritzar individualment les fonts i pous estudiats i en l'intent de trobar uns trets definitoris de les surgències picants, s'han estudiat les seves característiques físiques (cabal i temperatura) i químiques (anàlisi iònica i de contingut en triti) i la seva variació al llarg del període d'estudi.

5.1 CABAL

Els cabals mitjans mensuals mesurats donen uns valors de 2,34 l/min a la font de Bell-lloc (dolça), 1,53 l/min a la font de Bell-lloc (picant) i 1,78 l/min a la font de Panedes (taula III). Es a dir, la font dolça de Bell-lloc subministra un cabal superior en un 40% al cabal de les fonts picants.

TAULA III		Bell-lloc (d)	Bell-lloc (p)	Panedes
1987	Desembre	2,73	1,93	2,22
1988	Gener	1,54	2,22	1,87
	Febrer	3,75	1,57	2,22
	Març	3,33	1,50	1,71
	Abril	1,80	1,50	1,60
	Juliol	3,30	1,40	1,70
	Agost	1,70	1,30	1,60
	Setembre	1,46	1,25	1,58
	Novembre	1,43	1,10	1,50
	mitjana	2,34	1,53	1,78

Taula III. Cabals observats en les fonts de Bell-lloc i Panedes. (d): font dolça; (p): font picant.

Els cabals mesurats a l'uníson al llarg de diferents mesos presenten unes certes similituds, però també marcades diferències relacionades amb la seva evolució. La fase d'esgotament d'estiu a tardor d'un any notablement sec (1988), amb balanç hídric negatiu pràcticament en tots aquests mesos, ens mostra un pendent d'aquest esgotament molt planer a les fonts picants que sorgeixen del medi granític, i un esgotament molt més ràpid a la font d'aigua dolça (Bell-lloc) relacionada amb una formació quaternària. Els mesos de desembre de 1987 a abril de 1988, de cabals variables a cada font i d'aquestes entre si, semblen relacionar-se amb els episodis plujosos de la tardor de 1987 i principis de l'hivern de 1988.

D'altres fonts i pous no sotmesos a aforament periòdic, hom té notícia del seu cabal pels usuaris i explotadors dels mateixos, amb la qual cosa s'ha pogut acotar els totals d'aigua de surgència de l'àrea estudiada (taula IV).

TAULA IV

Font	1/dia	1x10 ⁶ /any
Mas Reixac (p)	14.000	5,11
Mas Reixac (d)	2.500	0,91
Mas Bou (d)	5.000	1,82
Salenys (d)	7.000	2,55
Salenys (p)	10.000	3,65
Plat (p)	15.000	5,47
Bell-lloc (d)	3.300	1,20
Bell-lloc (p)	3.200	1,17
Panedes (p)	3.200	1,17
Total	63.200	23,05
total aigua dolça	17.800	6,48
total aigua picant	45.400	16,57

Taula IV. Volum d'aigua de surgència.

5.2 TEMPERATURA

Paral·lelament a la mesura dels cabals, s'ha portat un control de la temperatura de surgència de les fonts. Això ha permès observar una semblança entre la temperatura de l'aigua picant i la dolça, les quals oscil·laven entre valors propers als 14°C (Taula V). També s'ha pogut constatar que la temperatura de surgència de les aigües picants no és superior a les de l'aigua dolça.

Així doncs, considerant la possibilitat d'un origen profund o semi-profund de les aigües estudiades, caldria esperar temperatures lleugerament elevades de l'aigua picant, tant si són provocades per un possible focus calorífic relacionat amb el vulcanisme de la zona, com si ho són pel gradient geotèrmic que escalfaria l'aigua en profunditat i eixiria per zones localitzades, de major permeabilitat, com pot ser una fractura.

TAULA V

		Bell-lloc (d)	Bell-lloc (p)	Es.Salenys (p)	Panedes (p)	Temp. aire
1987	Desembre	13,5	14,0	13,5	13,5	10,0
1988	Gener	14,0		12,0	12,5	10,0
	Març	12,0	13,0	12,0	13,0	8,0
	Abril	12,0	14,0	13,0	14,0	20,0
	Maig	13,5	14,0	15,0	14,0	15,0
	Juny	15,0	15,0		15,0	25,0
	Agost	16,0	15,5	17,0	15,0	26,0
	Setembre	19,5	15,5	18,0	16,5	29,0
	Novembre	15,5	15,5	17,0	15,0	19,0

Taula V. Temperatures mesurades en les fonts i de l'aire en el moment del mostreig (en °C).



Font picant de Bell-lloc, sorgeix dels materials granítics molt a prop del punt on brolla la font d'aigua dolça, provinent de l'aqüífer quaternari (Fotografia: Antoni Bendicho).

Les mesures i observacions realitzades porten a desestimar el terme hidrotermal en fer referència a les aigües picants de la Vall d'Aro, atès que, pel que fa a la temperatura de surgència, no es pot constatar cap manifestació de fenomen termal, ja que les variacions de temperatura de les fonts controlades es poden explicar en funció de les variacions de la temperatura de l'aire (taula IV), i per de prompte, les temperatures absolutes d'aquestes fonts són més representatives d'una mitjana termomètrica anual que d'un focus hidrotermal.

5.3 QUIMISME

El fet que el quimisme de l'aigua sigui conseqüència directa del seu origen i evolució, permet que el coneixement dels components dissolts en l'aigua aportí dades significatives al problema plantejat.

Al llarg d'aquest estudi, s'ha portat un control mensual dels valors de pH i total de sòlids dissolts (TSD) de les fonts, així com s'ha realitzat una anàlisi química de l'aigua de les fonts, per tal de caracteritzar els ions majoritaris que contenen en dissolució (annex).

5.3.1 CONTROL DE PH I MINERALITZACIÓ

L'estudi del pH i la concentració en bicarbonats de les aigües estudiades és altament significatiu per als objectius d'aquest treball, donada la seva íntima relació amb el seu contingut en anhidrid carbònic dissolt.

En el cas que ens ocupa, els valors de pH no difereixen d'una manera important entre aigües dolces i picants (valors propers a 6,5, vegeu annex), encara que es pot notar un caràcter lleugerament més àcid en les aigües picants.

L'anàlisi dels valors de mineralització o total de sòlids dissolts (TSD) permet establir en el sistema estudiat, una clara diferència entre el quimisme de les aigües dolces i el de les aigües picants. Les aigües dolces tenen un contingut en TSD unes deu vegades inferior al de les aigües picants. (Fig. 4). Aquest elevat grau de mineralització a les aigües picants és atribuïble principalment al seu elevat contingut en bicarbonats que és conseqüència directa de l'anhidrid carbònic dissolt a l'aigua.

Els valors de TSD enregistrats durant el període de mostreig manifesten una marcada uniformitat per a cada font. Tanmateix, cal assenyalar una distribució dels valors de TSD en correspondència amb l'altitud de la surgència: del punt més alt —la font picant de Panedes— que presenta menor taxa de mineralització (entre 1.100 i 1.700 mg/l), a la font

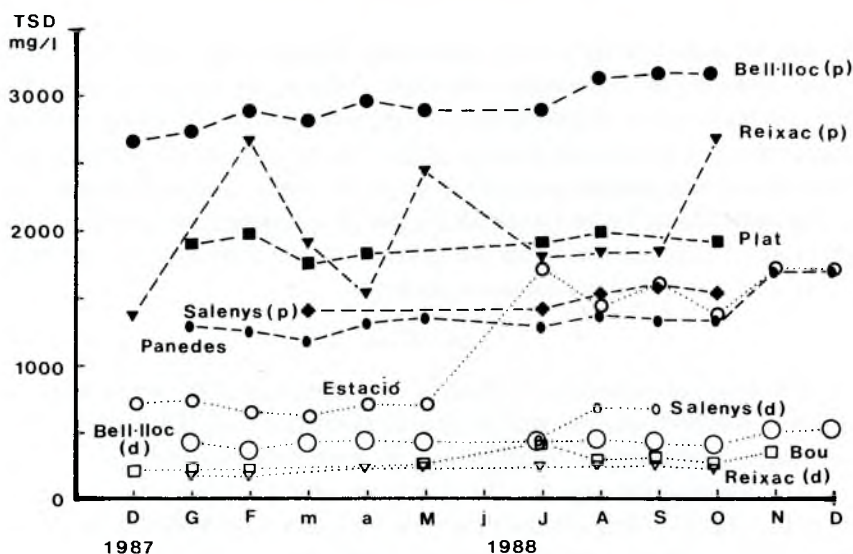


Fig. 4 Variació del TSD als punts d'aigua durant el període desembre 1987-desembre 1988. d = dolça; p = picant.

més baixa topogràficament —la font de Bell-lloc— corresponen valors propers als 3.000 mg/l (vegeu annex 1), amb una tendència a valors intermitjos corresponents a les fonts situades entre aquestes cotes.

L'estudi del TSD també ha permès observar la participació temporal d'aigües dolces en les manifestacions d'aigua picant. Aquest fenomen s'evidencia en el comportament anòmal dels valors de TSD en els pous de l'Estació de Bell-lloc i de Mas Reixac. En ambdós casos, per tractar-se de punts situats a les cotes topogràficament més baixes de la zona estudiada, s'esperava que les seves aigües haurien de presentar valors de TSD molt elevats; en canvi, els valors de TSD són molt inferiors als esperats i es comporten de forma variable al llarg del temps. Aquest fet es fa especialment rellevant en el pou de l'Estació de Bell-lloc durant les èpoques de recàrrega, fins el punt de donar uns valors de TSD clarament similars als de les aigües dolces.

5.3.2 ANÀLISI IÒNICA

S'ha realitzat l'anàlisi de les aigües de les fonts i pous amb la intenció de caracteritzar i diferenciar químicament les aigües dolces de les picants.

Per tal de facilitar l'estudi i la interpretació de les dades obtingudes, s'ha confeccionat el diagrama de Schoeller dels resultats analítics. S'ha representat a l'esquerra els ions majoritaris (calci, magnesi, sodi, clorurs, sulfats i bicarbonats) i a la dreta dos ions minoritaris que, per les característiques del medi, s'han considerat importants (ferro i potasi) (Fig. 5).

Respecte la distribució dels cations, es tracta d'aigües carregades especialment en sodi, calci i ferro; en el cas del potassi, és ben sabut que és retingut per absorció en els minerals resultants de la descomposició dels granits. Pel que fa al ferro, com s'ha pogut comprovar als voltants de les surgències, queda retingut en gran part en la zona d'alteració, o bé precipita en forma d'hidroxid quan les aigües emergeixen al medi atmosfèric.

Els continguts catiónics d'aquestes aigües segons Schoeller (1962) correspondrien a aigües de circulació en un medi granític com és el cas estudiat. En aquest sentit, l'elevat contingut en calci i al mateix temps el baix contingut en clorurs d'aquestes aigües, posa en dubte la seva procedència termal segons Fournier i Truesdell (1973).

Pel que fa als anions, els clorurs representen l'anió majoritari a les aigües dolces, mentre que a les aigües picants ho és el bicarbonat que es troba en concentracions molt elevades (900 ppm). Aquest elevat contingut en bicarbonats com a conseqüència de l'elevada pressió parcial

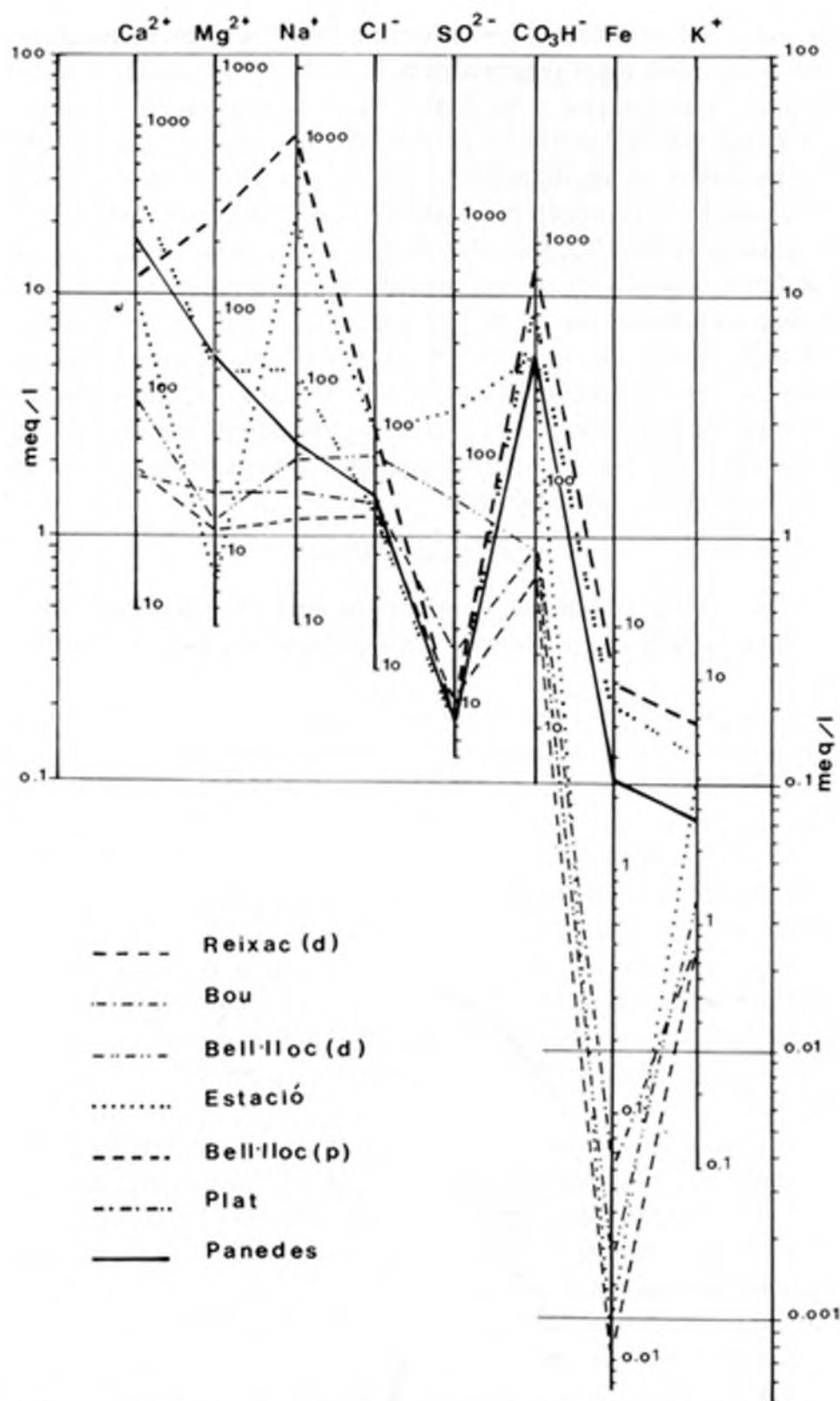


Fig. 5 Diagrama de Schoeller de les aigües estudiades. d=dolça; p=picant.



Font dolça de Bell-lloc. El contrast en el nivell de sorgència de la font, i per descomptat en les característiques de les aigües que subministra, respecte de la font picant de Bell-lloc, ve donada pel diferent origen de les fonts (Fotografia: Antoni Bendicho).

d'anhidrid carbònic pròpia de les aigües de les fonts picants, proporciona una considerable agressivitat a l'aigua, permetent una major dissolució de cations procedents fonamentalment de la dissolució dels feldspats.

Es important destacar el baix contingut de sulfats en les aigües picants, excepte en el cas concret dels pous, on possiblement a causa d'un fenomen de contaminació a partir de les aigües provinents del regadiu dels horts, és subministrat un excedent de sulfats.

En conseqüència, les característiques químiques de les aigües analitzades han permès definir les condicions químiques que han de complir les aigües per ser considerades de la família de les aigües picants estudiades: elevades concentracions en Ca, Fe i CO_3H i baix contingut en SO_4 .

5.4 ANÀLISI ISOTÒPICA

Com s'ha dit en el present estudi, s'han sotmès també les aigües de les fonts estudiades a l'anàlisi del seu contingut en triti, isòtop radiactiu de l'hidrogen, de massa 3, el qual s'incorpora a la circulació hídrica con-



Font del Plat, pertanyent al conjunt de les fonts de Salenys (fonts picant i dolça de Salenys i font del Plat). La sorgència s'efectua d'una manera difusa per les esquerdes de la roca i es recull en una petita excavació que s'observa a primer terme de la fotografia (Fotografia: Antoni Bendicho).

tinental a partir dels seus aportats atmosfèrics (vegeu annex). Si comparem els resultats de les anàlisis realitzades, s'obtenen uns fets diferencials rellevants:

- a.— Elevats continguts en triti, mantingut al llarg del temps i molt semblants entre sí, pel que fa a les aigües dolces.
- b.— Valors diversos, baixos i variables pel que fa a les aigües picants.
- c.— Concentracions determinades de valors nuls o gairebé indetectables de triti radiactiu també en les aigües picants.

Particularitzant, i en el cas de les aigües dolces, les surgències de Mas Bou i Bell-lloc presenten un màxim de 24 UT (1 UT correspon a un àtom d' ^3H per cada 10^{18} àtoms d' ^1H) nivell isotòpic assolit probablement en relació amb els episodis plujosos de la tardor de 1987. Aquest efecte o és menys palès en el cas de Mas Reixac o bé és que hi arriba amb notable retard; cas semblant pot ser el del pou de l'Estació.

En el cas del grup de les manifestacions d'aigua picant, a la font de Bell-lloc a final de 1987 no hi ha gairebé triti; és a dir, les aigües que alimentaven aquesta surgència eren aigües que romanien molt temps en el medi granític que les subministra. A partir de final de gener de 1988 s'evidencia una arribada d'aigua meteòrica, havent-se pogut controlar com es manté almenys durant un any.

La font del Plat, amb un nivell indetectable de triti a l'inici de l'any 1988, sembla que a finals del mes de gener del mateix any és sensible a un inici d'aports d'aigües meteòriques del darrer episodi plujós; la manca de continuïtat d'anàlisis no permet veure l'evolució, probablement ascendent en aquest isòtop, que aquest punt hauria presentat en els mesos següents. Es a dir, l'arribada d'aquesta aigua meteòrica es realitza amb un cert retard respecte al punt Bell-lloc. Cas semblant es dedueix de la Font de Panedes en la que les poques anàlisis disponibles no permeten detectar l'arribada d'isòtop. Molt altrament succeeix en el cas de les mostres subministrades pel pou picant de Mas Reixac, les quals presenten una forta —gairebé exclusiva— participació d'aigües meteòriques des de principis de l'any 1988 fins el mes de setembre del mateix any; curiosament les aigües obtingudes d'aquest punt a principi de gener de l'any següent (1989) evidencien una participació d'aigües meteòriques recents, nul·la.

6.— LA DINÀMICA DEL SISTEMA HÍDRIC DE LES FONTS PICANTS DE LA VALL D'ARO

A manera de conclusions, presentem en síntesi a on creiem que ens porten les sèries d'observacions fetes des de la contemplació i anàlisi de



Vista general de les instal·lacions de la font picant de Panedes per allà els anys quaranta. La font es troba a l'interior del cobert situat a mà esquerra de l'edifici.

diferents paràmetres del fenomen de les fonts picants de la Vall d'Aro.

Tenim un massís granític el qual reb els aportos hídrics directament de l'atmosfera mitjançant la pluviometria allí incident. Per les acotacions fetes del balanç entre aquests aportos atmosfèrics i la quantitat d'aigua que l'atmosfera retorna per medi de l'evaporació directa i la transpiració florística —evapotranspiració— opinem que aquest balanç resulta positiu fins i tot en anys secs; és a dir, que molt probablement hi ha recàrrega interanual, malgrat que la quantia de la mateixa sigui molt diferent, és clar, d'anys humits a anys secs.

Part de l'excedent d'aigua d'aquest balanç s'infiltra en un medi granític, a través de la seva aurèola de meteorització, circulant després preferentment en forma d'aigua subterrània a través de les discontinuïtats



Estat actual del brollador de la font de Panedes (Fotografia: Antoni Bendicho).

mecàniques —fisures— que aquest conjunt granític presenta, abundants i no preferentment orientades; en conjunt, aquest medi de circulació cal qualificar-lo com de baixa permeabilitat.

Saturat el medi granític, i en funció de trets morfològics generals —pendents de vessants— i de trets tectònics particulars —falles i fractures— com franges de permeabilitat relativa preferent, l'aigua de circulació subterrànea es manifesta a la superfície.

Aquesta manifestació té lloc, per una banda amb un retard considerable respecte el moment en que l'aigua s'infiltrà en el medi (algunes desenes d'anys per a les mostres amb un contingut en triti inferior a la unitat); tenim doncs, una circulació hídrica subterrània lenta.

Per altra banda i com a resposta a episodis plujosos singulars —com els d'octubre a desembre de 1987— el medi rep una injecció (infiltració) d'aigües molt més noves, actuals, que es superposen a les més o menys homogeneïtzades aigües antigues, amb les quals es barregen en part. Aquestes aigües de recent infiltració enlairen el nivell piezomètric i desguassen finalment per les surgències, que es tradueix en augments considerables dels continguts de l'isòtop analitzat que presenten les fonts.

Cal advertir també que els aportos subterranis d'aquests episodis plujosos afecten i es noten a les fonts picants, augmentant-ne el contingut en isòtop de les aigües que pot tornar després a nivells molt baixos o nuls —cas del sondeig de Mas Reixac— passada la influència de l'episodi plujós i tornant a aflorar per la font o manifestació hídrica picant aigua antiga o que no té res a veure amb els episodis de pocs mesos abans.

En aquesta dinàmica hídrica, que en esquema és vertical —pluja/infiltració— i cap avall, s'hi superposa una altre gasosa, la dinàmica esquemàtica de la qual és també vertical i cap amunt; es tracta d'un flux de gas, CO_2 , que en contacte amb l'aigua que satura el medi granític, s'hi dissol en forma de bicarbonat. Quan aflora la resultant d'aquesta barreja de fluxes, tenim les fonts picants (Fig. 6).

Que la font sigui o no picant no depèn, en primer terme, de que l'aigua sigui actual o antiga, sinò que l'anhídrid carbònic es barregi amb l'aigua i circuli subterràneament pel massís. Amb tot, les manifestacions d'aigua picant presenten, com s'ha dit, aigües antigament diferenciades respecte les més superficials, mentre que les aigües dolces nomès provenen d'aques-

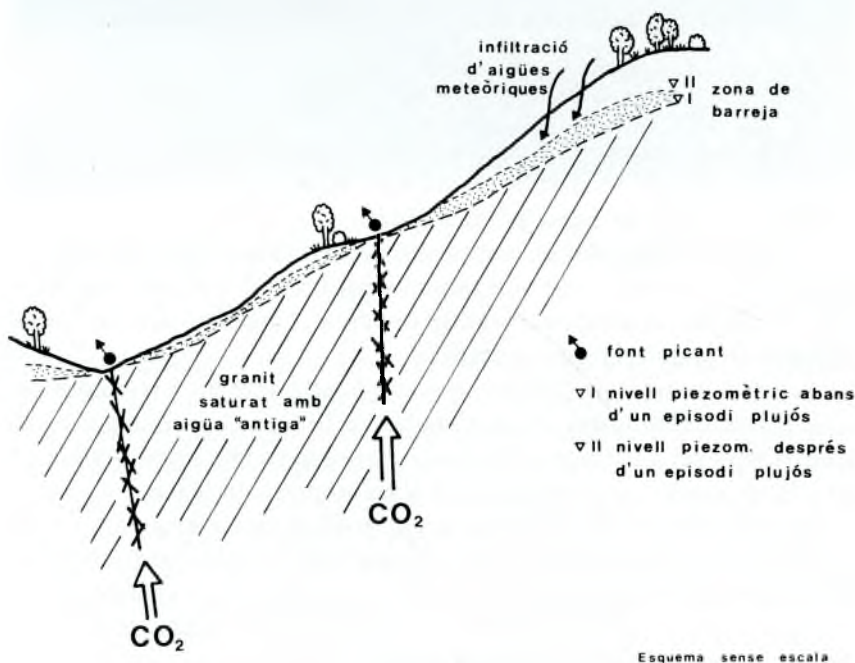


Fig. 6 Esquema proposat per al funcionament del sistema hídric de les fonts picants de la Vall d'Aro.

tes més superficials o més modernes, malgrat ésser ambdues aigües sempre subterrànies.

Es en profunditat on s'origina majoritàriament la integració del flux en fase gasosa al flux en fase líquida o de circulació hídrica.

Tenim, doncs, en el cas que ens ocupa, un model d'integració d'anhidrid carbònic a les aigües subterrànies que no té un origen termal, sinó que té lloc en fred o a la temperatura ambient del massís granític. La procedència de l'anhidrid carbònic, potser sí que està en relació amb una manifestació vulcànica, però en tot cas llunyana i hídricament marginal.

7. BIBLIOGRAFIA

- DARDER PERICAS, B. (1941): *Informe sobre investigaciones de aguas subterráneas de la inmortal ciudad de Gerona*. Girona.
- FAURA I SANS, M. (1909): Origen geológico de los manantiales de la Font de la Pólvora (Gerona). *Bol. R. Soc. Esp. de Historia Natural*, t. IX, pp. 376-491.
- FONT I PAGES, A. (1983): Estudio de los manantiales ferruginosos de Les Gavarres. *Anales de la farmacia gerundense. Colegio oficial de farmacéuticos de la provincia de Gerona*. Vols. IX, X i XI.
- FOURNIER & TRUESDELL (1973): An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, v. 37, pp. 1255-1275.
- PALLI BUXO, L. (1985): *Mapa geològic de Santa Cristina d'Aro*. Departament de Geologia del Col·legi Universitari de Girona, U.A.B.
- PARIS, C. i ALBERT-BELTRAN, J. F. (1976): Sobre la génesis de las aguas carbónicas de la provincia de Gerona. *Acta Geológica Hispánica*, v. XI, núm. 5, pp. 124-128.
- SCHOELLER, H. (1962): *Les eaux souterraines*. Masson & Cie. Ed. Paris.
- SOLE SABARIS I LLOPIS LLADO (1939): Terminación septentrional de la Cordillera Costera Catalana. *Asociación para el estudio geológico del Mediterraneo Occidental*, T. IV, Estudios Geomorfológicos de la Península Hispánica, N° 1. 87 pp.
- SOLE SABARIS, L. (1966): Características hidrogeológicas de los manantiales carbónicos de Gerona llamados «Fonts Picants». *Anales del Instituto de Estudios Gerundenses*. Edició especial.
- TRILLA, J.; PALLI, L.; BACH, J.; ESTALRICH, J.; ZARROCA, M. (1980): *Estudi hidrogeològic de la conca del Ridaura*, informe tècnic, Departament de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia. U.A.B. (inèdit).

ANNEX

RESULTATS DE LES ANÀLISIS QUÍMIQUES (mg/l)

PUNTS D'AIGUA DOLÇA

Anàlisi	ESTACIÓ	REIXAC	BOU	SALENYS	BELL-LLOC
ph	6,4	6,7	7,1	—	6,5
cond	2.300	370	460	—	630
T.S.D.	1.743,4	351,4	6,6	—	6,5
Cl	106,5	42,6	48,3	—	76,7
SO4	160	10	16	—	67
HCO3	358,7	41,5	54,9	—	52,5
Ca	203,2	35,2	46,4	—	76,3
Mg	7,7	12,5	17,3	—	13,4
Fe	0,01	0,016	0,06	—	0,02
K	3,36	0,90	0,96	—	1,37
Na	492	26	34	—	47

PUNTS D'AIGUA PICANT

Anàlisi	REIXAC	SALENYS	PLAT	BELL-LLOC	PANEDES
pH	—	—	6,3	6,4	6,1
cond	—	—	2.700	4.250	1.970
T.S.D.	—	—	2.046,6	3.221,5	1.493,3
Cl	—	—	42,6	89,5	52,5
SO4	—	—	8,4	8,4	8,4
HCO3	—	—	586,8	911,3	384,3
Ca	—	—	560	232	344
Mg	—	—	57,6	249,6	67,2
Fe	—	—	4,66	5,63	2,38
K	—	—	5,34	6,95	2,72
Na	—	—	112	1.080	57

VALORS DE pH
PUNTS D'AIGUA DOLÇA

Data	ESTACIÓ	REIXAC	BOU	SALENYS	BELL-LLOC
30/12/87	7,4	6,2	6,6	—	6,4
13/01/88	7,5	—	6,5	6,2	6,3
30/01/88	7,2	6,3	6,6	—	6,5
02/03/88	7,3	6,0	—	—	6,4
25/03/88	7,3	6,0	—	—	6,4
13/05/88	8,0	6,2	6,6	—	6,4
30/06/88	6,9	6,4	6,7	6,5	6,2
29/07/88	6,6	6,2	6,8	6,6	6,5
05/09/88	6,5	6,2	7,1	—	6,5
07/11/88	—	6,3	6,7	6,8	6,5
18/12/88	—	—	—	—	6,5

PUNTS D'AIGUA PICANT

Data	REIXAC	SALENYS	PLAT	BELL-LLOC	PANEDES
30/12/87	6,2	—	—	6,5	6,1
13/01/88	—	6,6	6,3	6,4	6,0
30/01/88	6,3	—	6,2	6,4	6,0
02/03/88	6,0	6,1	6,1	6,4	6,0
25/03/88	6,0	—	6,1	6,3	6,0
13/05/88	6,2	—	—	6,4	6,0
30/06/88	6,4	6,2	6,2	6,4	5,9
29/07/88	6,2	6,2	6,3	6,4	6,1
05/09/88	6,2	—	—	6,4	6,1
07/11/88	6,3	6,2	6,2	6,5	6,1
18/12/88	—	—	—	6,5	6,1
30/01/89	6,2	—	—	6,0	—

TOTAL DE SÒLIDS DISOLTS (mg/l)

PUNTS D'AIGUA DOLÇA

Data	ESTACIÓ	REIXAC	BOU	SALENYS	BELL-LLOC
30/12/87	720	153	191	—	—
13/01/88	739	—	210	—	411
30/01/88	644	153	210	—	357
02/03/88	622	229	—	—	420
25/03/88	701	222	—	—	439
13/05/88	697	244	260	—	420
30/06/88	1364	248	420	458	435
29/07/88	1421	257	298	690	458
05/09/88	1592	237	317	—	428
07/11/88	1364	—	275	682	413
20/11/88	1700	—	370	—	520
18/12/88	—	—	—	—	540

PUNTS D'AIGUA PICANT

Data	REIXAC	SALENYS	PLAT	BELL-LLOC	PANEDES
30/12/87	1365	—	—	2653	—
13/01/88	—	4358	1895	2729	1289
30/01/88	2653	—	1971	2880	1251
02/03/88	1895	1402	1743	2805	1175
25/03/88	1516	—	1819	2956	1307
13/05/88	2426	—	—	2880	1349
30/06/88	1781	1515	1895	2880	1273
29/07/88	1819	1592	1971	3108	1364
05/09/88	1819	—	—	3146	1326
07/11/88	2653	1516	1895	3132	1326
20/11/88	—	—	—	3600	1700
18/12/88	—	—	—	3300	1685
30/01/89	3400	—	—	3700	—

CONTINGUT EN TRITI (UT)

PUNTS D'AIGUA DOLÇA

Data	ESTACIÓ	REIXAC	BOU	SALENYS	BELL-LLOC
30/12/87	20 ± 19	20 ± 2	$12,7 \pm 2$	—	$19,4 \pm 2$
13/01/88	$7,8 \pm 3$	$22,2 \pm 3$	$24,2 \pm 3$	$9,7 \pm 19$	$24,2 \pm 3$
30/01/88	$19,6 \pm 3$	$10,7 \pm 3$	$19,4 \pm 3$	—	21 ± 3
02/03/88	15 ± 1	22 ± 1	—	—	—
25/03/88	14 ± 1	25 ± 1	—	—	—
13/05/88	13 ± 1	29 ± 1	—	—	—
30/06/88	22 ± 1	28 ± 1	—	—	21 ± 1
29/07/88	20 ± 1	27 ± 1	—	—	23 ± 1
05/09/88	23 ± 1	—	—	—	20 ± 1

PUNTS D'AIGUA PICANT

Data	REIXAC	SALENYS	PLAT	BELL-LLOC	PANEDES
30/12/87	19 ± 3	—	—	$0,44 \pm 2$	$5,2 \pm 2$
13/01/88	—	$7,8 \pm 3$	0	$2,46 \pm 2$	$8,8 \pm 2$
30/01/88	$10,7 \pm 3$	—	$5,7 \pm 3$	$15,2 \pm 4$	0
02/03/88	$24,7 \pm 1,7$	—	—	9 ± 1	—
25/03/88	$25,6 \pm 1,7$	—	—	12 ± 1	—
13/05/88	$24,9 \pm 1,7$	—	—	8 ± 1	—
30/06/88	$31 \pm 1,7$	—	—	9 ± 1	—
29/07/88	$29,9 \pm 1,7$	—	—	12 ± 1	—
05/09/88	$37,8 \pm 1,7$	—	—	10 ± 1	—