

ESTUDI DE LA CONTAMINACIÓ QUÍMICA DE LES AIGÜES SUBTERRÀNIES DE PARETS DEL VALLÈS

per

G. RAURET, R. RUBIO, LL. MATIA

Departament de Química Analítica. Facultat de Química.
Universitat de Barcelona. I SCCQM

RESUM

La zona objecte d'estudi, riu Tenes-riera Seca, terme municipal de Parets del Vallès, correspon a un aquífer lliure de litologia de sorres i graves, amb nivells llimosos intercalats.

D'acord amb la vulnerabilitat de l'aquífer i amb el seu comportament hidrodinàmic, aquest aquífer es veu força afectat per les aigües superficials que són notablement contaminades. Hom estima els abocaments en la conca del Tenes en $8.825 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, amb $3.724 \text{ kg s.s. dia}^{-1}$; els abocaments domèstics corresponen a $1.164 \text{ kg DBO}_5 \text{ dia}^{-1}$ i els industrials a $2.473 \text{ kg DBO}_5 \text{ dia}^{-1}$; aquests darrers s'inicien a partir de Lliçà de Munt i han estat ben estudiats pel Departament de Química Analítica durant els anys 1980 i 1981.

El present treball, efectuat dins el terme municipal de Parets del Vallès, ha consistit en mostreigs i anàlisis sistemàtics de l'aigua de diferents pous de la zona, a ambdós vessants i a distàncies diferents del riu Tenes. La comparació de les diferents característiques dels pous mostrejats posa de manifest la representativitat del mostreig. Els resultats mostren canvis en la qualitat de l'aigua que no sempre s'avenen amb les característiques del model hidroquímic preestablert.

Hom aprofundeix també l'estudi de les característiques físico-químiques i de contaminació per metalls pesants. Els resultats palesen que es tracta d'aigües hidrogenocarbonatades càlciques del tipus $r\text{HCO}_3^- + r\text{SO}_4^{2-} < r\text{Ca}^{2+} + r\text{Mg}^{2+}, r\text{Cl}^- > r\text{Na}^+$ (segons Alekine) amb un i.c.b. > 0 .

Es mostra una relació clara de les aigües subterrànies amb les aigües superficials, de característiques similars excepte en el fet que la relació $r\text{Na}^+/r\text{Ca}^{2+}$ és més elevada per a aquestes últimes, fet que és justificat pel bescanvi de bases (i.c.b.) Hom avalua també el sistema de mostreig, la representativitat dels punts escollits, les dades obtingudes en relació amb la vulnerabilitat de l'aquífer i els mètodes analítics utilitzats.

L'estudi d'elements abasta el Pb, Cd, Cu, Hg, Cr(VI) i B, considerant la incidència sanitària i ambiental. A part, hom estableix les diferents cartes hidroquímiques (diagrames de Stiff i de Schöller Berkaloff) per tal de comparar les dades obtingudes i la representativitat del sistema.

SUMMARY

In the present work a study of chemical characterization of groundwaters, based on their ionic ratios, as well as metal trace determination is carried out in Parets del Vallès, an industrialized village near Barcelona (Catalonia).

Thirteen parameters have been analyzed in seventeen wells and from the data obtained, Schoeller-Berkaloff, modified Stiff and Piper-Hill-Langelier diagrams have been constructed, in order to settle the different groups characterizing groundwaters in the studied zone.

Nitrate content has been specially studied because his occurrence is highly related with the use of fertilizers in agricultural areas. Sampling and analytical procedures are described.

All samples studied are calcium hydrogencarbonate type with $r\text{HCO}_3^- + r\text{SO}_4^{2-} < r\text{Ca}^{2+} + r\text{Mg}^{2+}$, $r\text{Cl}^- > r\text{Na}^+$, according Alekine, and with $\text{c.b.i.} > \text{O}$. The results show a clear relationship between groundwaters and surface waters quality.

On the other hand a study of Pb, Cu, Cd, Hg, Cr and B is carried out in twenty four wells. The analytical methods used are AAS for Pb, Cu, Cd and Hg, and ICP-AES method for B and Cr. The contents are compared with those measured in surface waters corresponding to four sampling points in Tenes river that crosses the zone.

Formant part d'un estudi sobre la contaminació química i caracterització de les aigües de la conca del Besòs, en el present treball hom fa una valoració dels resultats obtinguts pel que fa a la qualitat físico-química i a la contaminació per ions metàl·lics de les aigües subterrànies del terme municipal de Paret del Vallès.

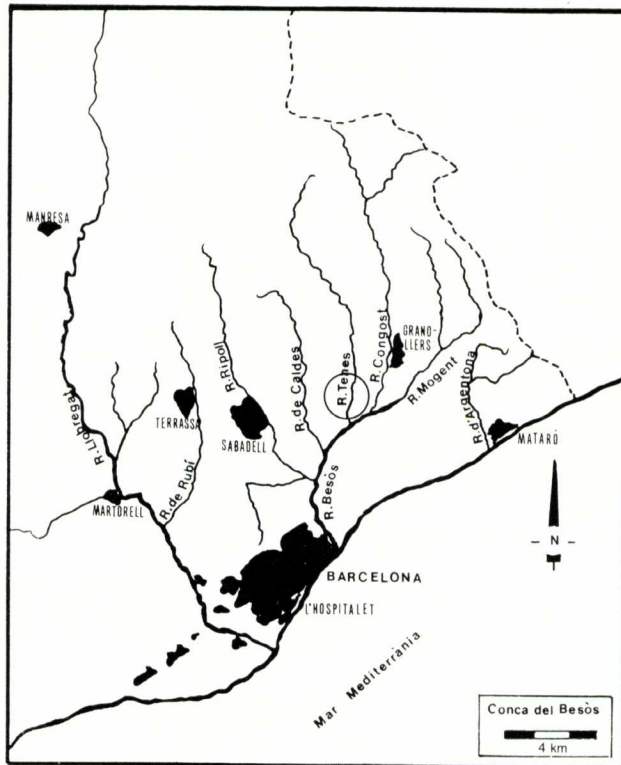


Fig. 1. - Situació de la zona d'estudi.

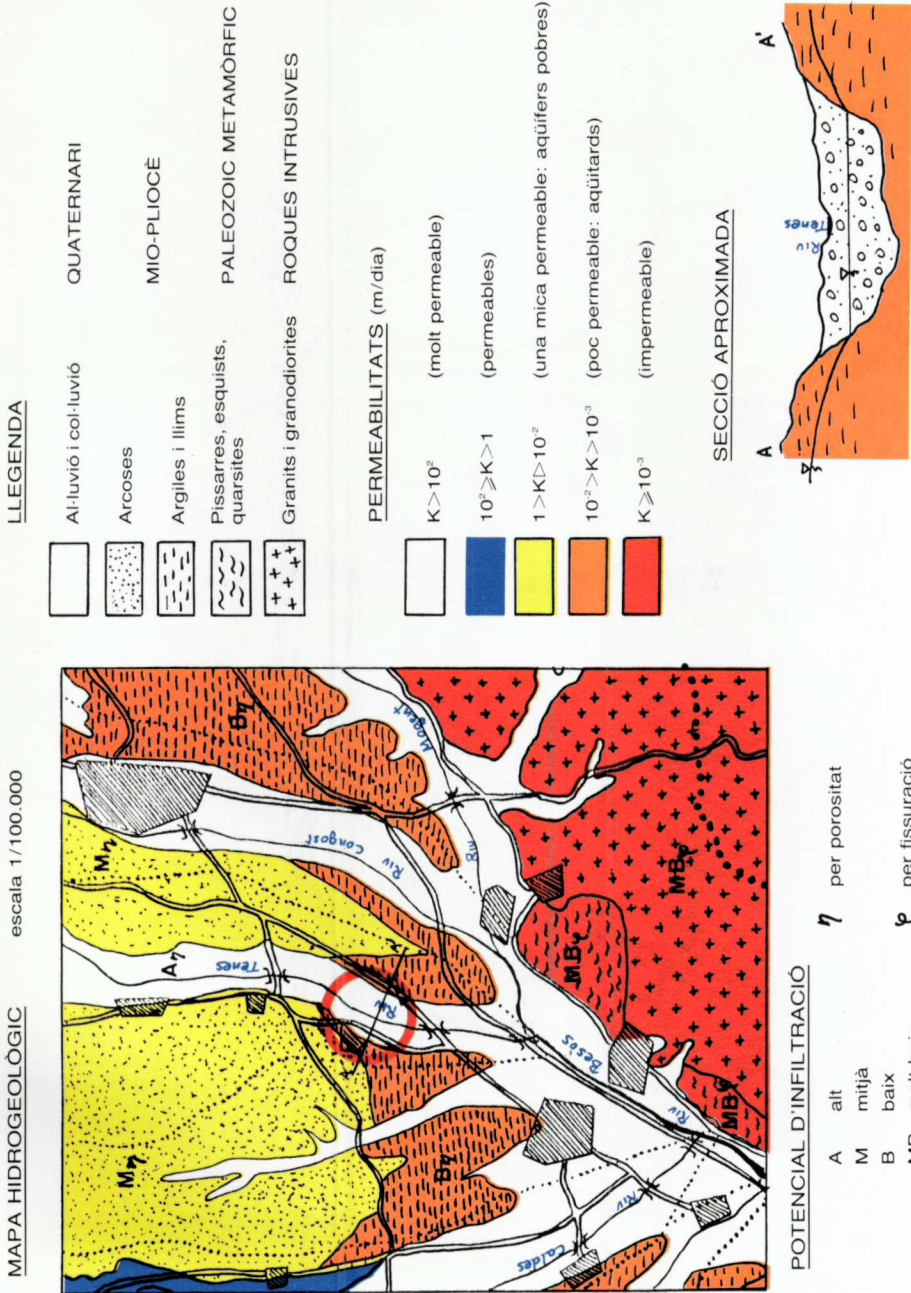


Fig. 2. - Mapa hidrogeològic de la conca del Besòs.

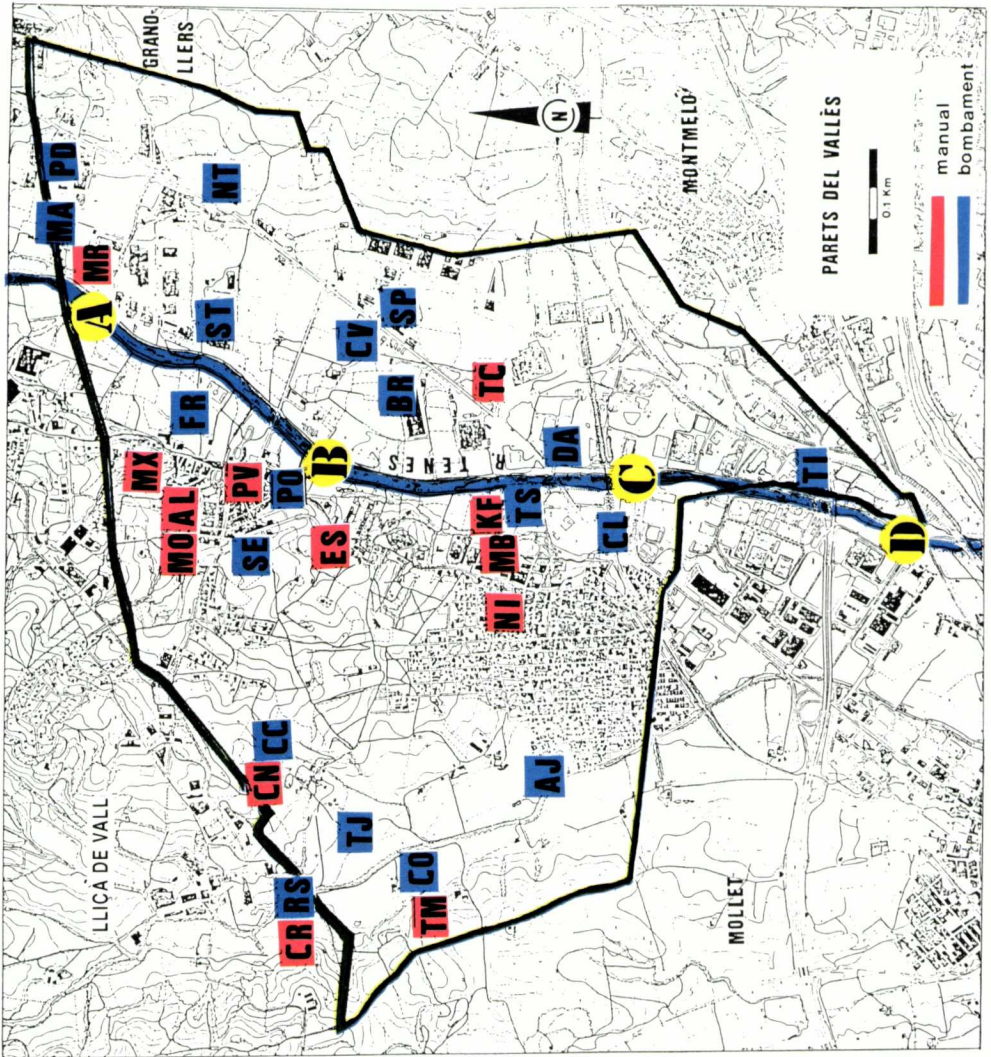


Fig. 3. - Punts de mostreig per a les etapes primera i segona del treball.

Diagrama logarímic de
SCHOELLER-BERKALOFF

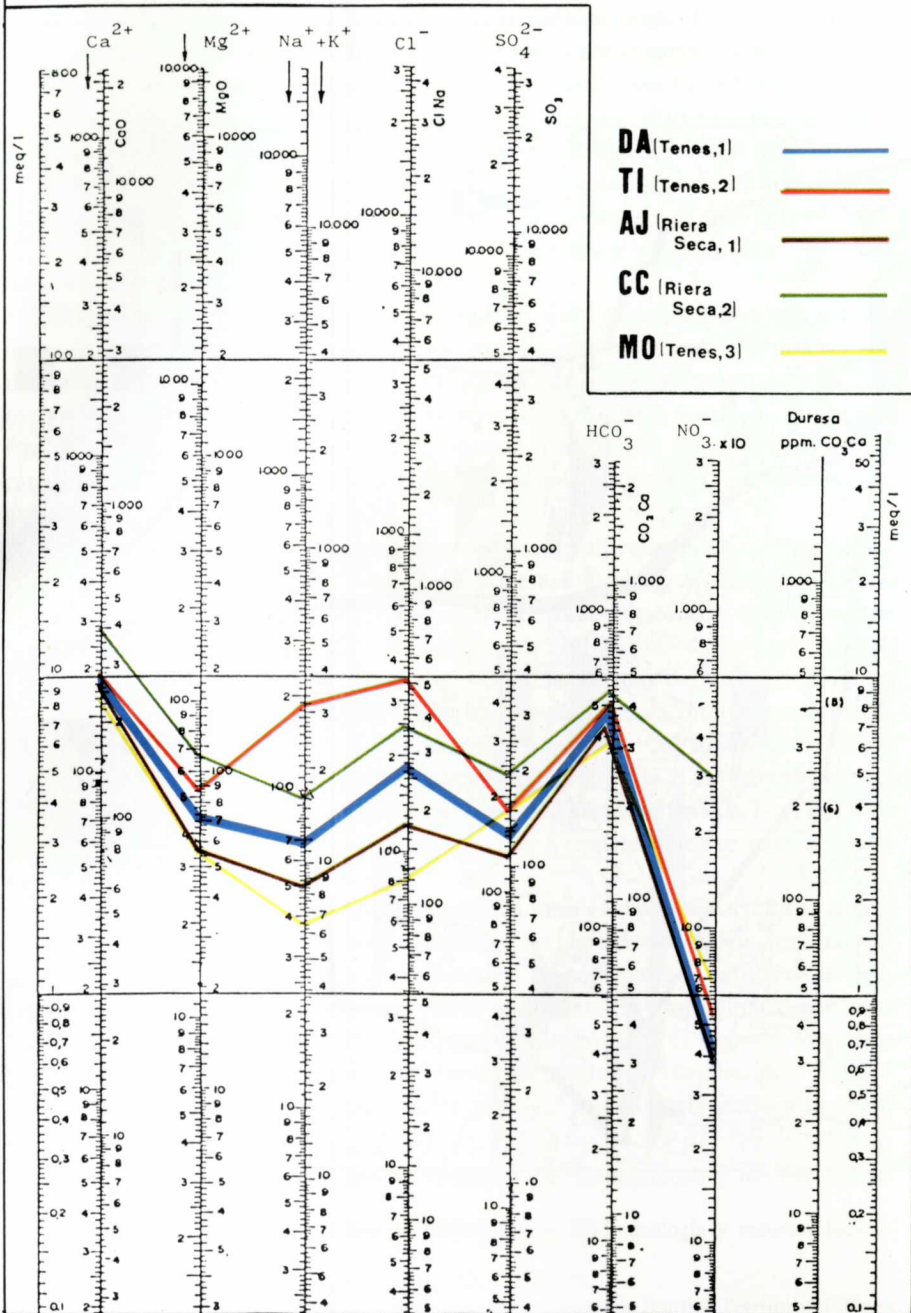


Fig. 4. - Representació dels diagrames de Schoeller-Berkaloff per als cinc tipus d'aigües subterrànies.

cat mitjana d'abocaments diaris que rep el riu Tenes, tant d'origen domèstic com industrial, i als valors de càrrega de DBO₅ (demanda bioquímica d'oxígen), hom pot observar aquesta mala qualitat del riu.

Per tal d'estudiar d'una banda l'estat actual del riu Tenes i d'una altra conèixer la influència d'aquest en l'aquífer, hom determinà una sèrie de paràmetres en ambdós tipus d'aigües.

L'estudi fou dividit en dues etapes; en la primera el grup de paràmetres determinats ens proporcionen el coneixement de la qualitat físico-química de les aigües subterrànies, i en la segona etapa hom determina el contingut en Cu, Cd, Pb, Hg, Cr i B tant a les aigües superficials com a les subterrànies.

Part experimental

Situació dels punts de mostreig

A la fig. 3 són indicats els punts de mostreig per a la primera i segona etapa del treball, i també el tipus de presa de mostra: manual o per bombament. En l'elecció dels punts hom tingué en compte de considerar pous de característiques diverses; així n'hi ha de cases de pagès, d'abastament municipal i d'indústries, A la taula 1 donem el nom dels punts de presa de mostra tant per a la primera etapa del treball com per a la segona.

Taula 1

DENOMINACIÓ DELS PUNTS DE MOSTREIG CORRESPONENTS A
LES DUES ETAPES DEL TREBALL, LA SITUACIÓ DELS QUALS
ES TROBA A LA FIGURA 3

1.ª etapa				2.ª etapa				
ES	AL	MB	MO	CL	CN	CV	TS	MX
TM	TC	PV	TI	PD	CC	ST	KF	NT
DA	CV	RS	CR	FR	MO	SE	MB	PV
AJ	MA	CC	SP	TJ	MR	NI	RS	AJ
CO				TI	DA	PO	BR	

Presa de mostra

La presa de mostra fou duta a terme mitjançant bombes o manualment. En aquest últim cas hom emprà un aparell de la casa Niskin, especialment dissenyat per a la presa de mostres d'aigua. La presa de mostra fou feta en les dates indicades a les taules 3, 6, 7 i 8.

Preparació i conservació de la mostra

Tenint en compte la marcada incidència que sobre el resultat final de les anàlisis té la presa de mostra i la conservació, foren seguides les normes dictades per l'EPA 1981⁵ pel que fa a flascons a utilitzar, addició de substàncies preservadores si cal i refrigeració fins a l'hora de fer les anàlisis; en cap cas el període de temps transcorregut entre la presa de mostra i l'inici de les anàlisis superà les 24 hores.

Mètodes d'anàlisi

Per a determinar els paràmetres base de la primera part del treball com són: temperatura, conductivitat, calci, magnesi, sodi, potassi, bicarbonat, clorur, sulfat i nitrat, foren seguits els mètodes estàndard d'anàlisi d'aigües.⁵

Pel que fa a la segona part del treball, els paràmetres determinats foren: coure, cadmi, plom, mercuri, crom i bor. Per a triar el mètode òptim per a llur determinació, hom féu un estudi crític comparatiu entre el mètode d'emissió atòmica per plasma acoblat inductivament (ICP-AES) i els mètodes estàndard, que en el cas de Pb, Cd, Cu i Cr es basen en un mesurament per espectrometria d'absorció atòmica prèvia extracció amb el sistema APDC (pirrolidinditiocarbamat amònic) i metilisobutilcetona, i en el cas del B es basa en un mesurament per espectrofotometria visible del complex format amb el reactiu àcid oxàlic-

Taula 2

MÈTODES D'ANÀLISI PER A LA DETERMINACIÓ DE METALLS PESANTS I DE BOR

Element	Mètode	Referència
Pb	Espectrofotometria d'absorció atòmica, prèvia extracció amb el sistema APDC-MIBK	(5)
Cu	»	(5)
Cd	»	(5)
Hg	Espectrofotometria d'absorció atòmica, tècnica del vapor fred	(5)
Cr	Espectrofotometria d'emissió atòmica per plasma acoblat inductivament	(7)
B	»	(7)

5. APHA-AWWA-WPCF «Standard Methods for the Examination of Water and waste water» 15th. Ed, 38 (1980).

curcumin. A partir de l'estudi comparatiu per a Pb, Cu, i Cd⁶ i per a B i Cr,⁷ els mètodes emprats foren els indicats a la taula 2.

Resultats i discussió

A la taula 3 hom dona els valors dels paràmetres determinats en la primera part de l'estudi. Els resultats obtinguts mostren que les aigües subterrànies són dels tipus bicarbonatades càlciques i en general del tipus $r \text{HCO}_3^- + r \text{SO}_4^{2-} < r \text{Ca}^2 + r \text{Mg}^2, r \text{Cl}^- > r \text{Na}^+$, segons Alekine,⁸

Per tal de poder distingir els diferents tipus d'aigua presents a l'aqüífer, hom ha usat els diagrames logarítmics de Schoeller-Berkaloff.⁹ A causa de la diferència observada en la concentració de nitrat en diverses aigües, han estat modificats els diagrames de Schoeller agrupant les concentracions de sodi i de potassi en una columna i introduint les concentracions de nitrat en una altra. A partir dels valors mitjans de cadascun dels paràmetres obtinguts en un mateix punt de mostreig, a la fig. 4 hi ha representats cinc diagrames de les aigües de la zona corresponents a punts en els quals el mostreig ha pogut ésser fet en condicions adients per tal que la mostra sigui totalment representativa de l'aqüífer. Cadascuna de les aigües representades correspon a un tipus característic d'una determinada zona del conjunt estudiat: El primer diagrama pertany a les aigües que podem denominar aigües característiques de l'alluvió del Tenes (Tenes, 1) i correspon al pou d'una indústria amb un nivell notable de bombament. El segon tipus, correspon també a l'alluvió del Tenes (Tenes, 2) i es caracteritza per un contingut salí elevat, car l'aigua escollida com a representativa pertany a una captació situada aigües avall del riu, quan aquest ja ha travessat gairebé tot el terme municipal i les aigües d'aquest han aportat a l'aqüífer continguts elevats de sals, fonamentalment en forma de clorur de sodi. El tercer tipus d'anàlisi representa l'aigua característica de l'alluvió de la riera Seca (Riera Seca, 1). El quart tipus correspon a una aigua amb un contingut elevat de nitrat, localitzada a prop de la Riera Seca (Riera Seca, 2) i en una zona de conreu; les relacions iòniques són similars a les de l'aigua comentada anteriorment, però la concentració de nitrat difereix notablement, car aquesta concentració és força superior a la màxima admesa per la normativa de la Comunitat Econòmica Europea¹⁰ i per la legislació espanyola vigent.¹¹ Finalment un cinquè tipus d'aigua correspon a una

6. RUBIO, R., HUGUET, J. i RAURET, G.; *Water, Res*, 18 núm. 4, 423 (1984).

7. GÓMEZ, P. *Tesina de Llicenciatura*. Universitat de Barcelona. Departament de Química Analítica. 1986.

8. CATALÁN, J. «Química del agua». Blume, Madrid 1969.

9. SCHOELLER, H. «Les eaux souterraines» Masson. París 1962.

10. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, núm. L 229, p. 11, 30 agost 1980.

11. R. D. 16.316, B.O.E. núm. 154, 29 juny 1982.

TAULA 3. DADES FÍSICO-QUÍMIQUES DE LES AIGÜES SUBTERRÀNIES CORRESPONENTS A LES CAPTACIONS ESTUDIADAES

CAPTACIÓ	DATA MOSTREIG	CONDUCTIVITAT $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ (20°C)	pH	ALCALINITAT $\text{CaCO}_3\text{mg l}^{-1}$	SULFATS $\text{SO}_4^{2-}\text{mg l}^{-1}$	CLORURS $\text{Cl}^-\text{mg l}^{-1}$	NITRATS $\text{NO}_3^-\text{mg l}^{-1}$	NITRITS $\text{NO}_2^-\text{mg l}^{-1}$	SODI Na(I)mg l^{-1}	POTASSI K(I)mg l^{-1}	CALCI Ca(II)mg l^{-1}	MAGNESI Mg(II)mg l^{-1}
E _S	19.1.84	938	7,20	258	200,1	94,8	172,0		35,5	0,5	635	25
	2.2.84	1062	7,20	256	226,1	93,3	168,0	9	40,0	0,03	527	132
A _L	19.1.84	902	7,60	310	203,4	130,0	41,4	8	63,3	1,0	482	115
	2.2.84	1067	7,50	309	229,6	129,5	47,4	< 7	81,2	1,7	480	128
M _B	19.1.84	1104	—	337	215,1	133,5	182,2	< 7	75,3	5,9	552	142
	2.2.84	1233	—	133	230,8	133,5	178,7	< 7	84,3	5,7	542	148
M _O	19.1.84	810	7,70	343	173,2	77,4	65,6	< 7	37,0	1,5	425	155
	2.2.84	967	7,50	337	175,2	79,6	76,8	< 7	50,0	3,6	442	138
T _M	2.2.84	1176	7,55	292	205,8	122,1	180,4	385	53,7	8,5	560	147
T _C	19.1.84	681	8,15	278	101,1	94,3	23,0	1670	46,5	5,4	310	105
P _V	6.10.83	962	7,79	223	133,4	83,7	59,8	39	35,6	11,7	370	60
	14.11.83	834	8,10	209	151,9	73,9	92,4	70	42,0	13,9	344	88
	6.12.83	807	7,90	229	151,7	85,9	98,9	< 7	52,3	13,3	347	102
	19.1.84	938	7,15	294	189,6	117,6	135,0	< 7	58,5	4,3	460	140
	2.2.84	1138	7,10	292	205,3	118,6	138,1	15	69,0	11,1	480	132
T _I	6.10.83	1862	6,96	397	152,1	319,8	18,3	< 7	161,4	17,7	460	212
	14.11.83	1762	7,10	437	180,9	368,8	23,2	10	172,5	5,7	590	185
	6.12.83	1562	6,90	440	233,9	323,8	43,0	14	160,5	5,5	565	257
	19.1.84	1698	6,90	437	238,0	313,4	31,6	< 7	174,3	6,2	530	182
D _A	6.10.83	1345	7,02	377	148,0	156,0	37,7	16	69,8	12,6	407	186
	14.11.83	1224	6,80	416	163,7	165,3	31,3	10	72,0	3,2	467	187
	6.12.83	1018	7,15	421	151,7	127,8	33,6	10	73,9	3,1	410	197
	19.1.84	902	7,10	398	144,3	118,4	37,0	< 7	71,0	3,1	407	187
	2.2.84	1119	7,10	393	170,3	128,0	45,3	< 7	69,0	3,3	492	115
C _V	6.10.83	1220	7,13	307	143,5	112,4	57,6	< 7	52,0	6,6	400	170
	14.11.83	1057	7,10	382	150,9	107,2	60,3	20	49,0	2,2	452	170
	6.12.83	957	7,20	386	160,0	108,7	57,5	< 7	59,3	2,4	430	177
	19.1.84	957	7,20	395	148,6	114,6	53,5	< 7	54,7	2,6	445	182
	2.2.84	1062	7,15	393	160,7	108,7	56,1	< 7	72,8	2,7	500	127
R _S	6.10.83	1272	7,15	337	151,1	121,2	31,9	56	43,4	5,6	459	140
	14.11.83	1122	7,05	409	139,7	116,9	44,5	160	51,0	2,7	466	159
	6.12.83	957	7,20	387	151,7	109,7	56,8	< 7	56,9	2,5	435	192
	19.1.84	902	8,10	379	145,5	117,6	50,5	< 7	59,0	6,7	437	182
	2.2.84	1043	7,30	398	170,3	111,4	54,4	< 7	64,4	2,0	505	118
C _R	19.1.84	524	11,2	189	43,9	30,3	< 1,3	467	12,7	11,2	215	32
	2.2.84	512	11,0	165	70,4	31,8	4,7	694	16,5	12,3	235	-
A _J	6.10.83	1262	6,96	310	152,1	118,0	55,8	< 7	42,2	5,1	470	103
	14.11.83	1252	6,95	408	148,7	169,0	46	10	58,0	2,7	543	183
	6.12.83	983	7,10	396	150,2	123,6	55,0	< 7	63,7	1,3	470	147
M _A	6.10.83	1437	7,03	290	129,3	219,1	15,6	10	48,7	11,8	420	210
	14.11.83	1215	7,60	346	119,3	216,9	17,8	100	82,0	3,9	397	169
	6.12.83	974	7,25	355	126,5	164,3	27,4	< 7	90,9	3,8	360	170
C _C	6.10.83	1758	6,73	417	211,2	188,2	237,8	30	59,1	5,8	677	278
	14.11.83	2271	6,73	508	294,6	260,1	313,7	30	95,0	26,1	937	322
	6.12.83	1843	6,70	475	289,8	238,2	363,7	30	126,5	16,6	825	360
S _P	6.10.83	1292	6,93	352	158,9	145,1	65,1	13	53,3	11,0	473	156
	14.11.83	1121	7,05	362	165,1	136,1	96,1	10	51,0	3,0	471	176
	6.12.83	974	6,95	364	150,2	134,5	53,7	< 7	58,9	2,4	432	180
C _O	6.10.83	1210	7,07	353	143,8	103,5	37,6	43	52,6	8,3	437	105
	14.11.83	1038	7,25	410	134,0	84,9	47,6	10	49,0	0,5	485	130
	6.12.85	895	7,05	410	133,9	82,4	40,0	< 7	55,5	0,4	447	127

captació (brollador) situada a prop de la zona del riu Tenes (Tenes, 3), de característiques diferents a la resta d'aigües representades, sobretot pel que fa a la relació $r \text{SO}_4^{2-} / r \text{Cl}^-$ i al baix contingut en sodi; aquest fet pot ésser originat per l'explotació parcial o total de l'aqüífer miocènic.

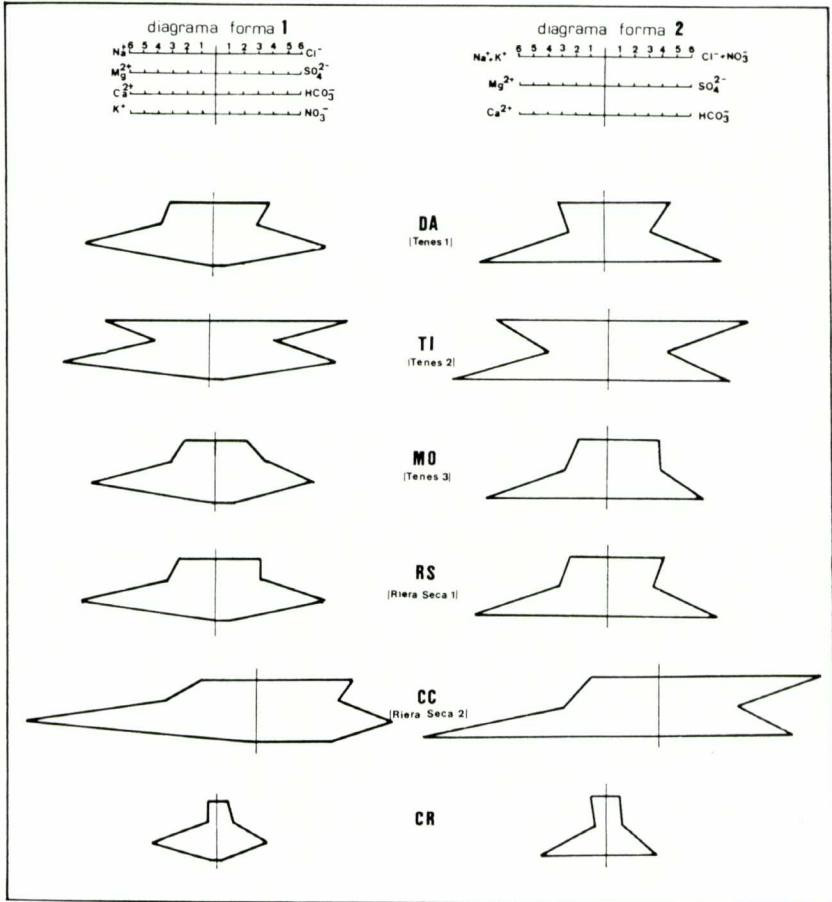


Fig. 5 - Diagrames de Stiff modificats, per als cinc tipus d'aigües subterrànies

La fig. 5, que ens mostra dues formes dels diagrames de Stiff modificats¹² de les mateixes aigües, palesa igualment les diferents formes de cada un dels diagrames i per tant les diferents característiques hidroquímiques de cadascun dels tipus esmentats. Hom afegeix a la figura el diagrama de Stiff de l'aigua ano-

12. CUSTODIO, E. i LLAMAS, R. «Hidrología subterránea» Omega. Barcelona 1976.

TAULA 4. RELACIONS HIDROQUÍMIQUES D'INTERÈS

C A P T A C I O N S

	ES	AL	MB	MO	TM	TC	PV	TI	DA	CV	RS	CR	AJ	MA	CC	SP	CO
rNa^+ / rK^+	164	105	23,1	34,2	10,6	14,1	8,00	35,5	23,8	27,8	23,9	2,13	29,6	18,9	9,93	16,9	28,5
rMg^{2+} / rCa^{2+}	0,14	0,25	0,27	0,34	0,26	0,34	0,26	0,39	0,40	0,37	0,34	0,14	0,29	0,47	0,39	0,37	0,27
rSO_4^{2-} / rCl^-	1,67	1,23	1,23	1,64	0,74	0,79	1,28	0,45	0,83	1,02	0,97	1,38	0,81	0,46	0,86	0,84	1,13
$rCl^- / rHCO_3^-$	0,52	0,59	0,56	0,33	0,59	0,48	0,54	1,09	0,49	0,42	0,43	1,38	0,52	0,85	0,69	0,54	0,32
$rCl^- + rNO_3^-$	1,05	0,71	1,00	0,51	1,09	0,54	0,88	1,15	0,56	0,54	0,52	0,26	0,63	1,11	1,22	0,71	0,35
$rHCO_3^-$	0,69	0,28	0,46	0,39	0,60	0,30	0,2	0,21	0,29	0,36	0,38	0,03	0,48	0,43	0,61	0,50	0,14
i. c. b.																	

$$i. c. b. = (rCl^- + rNO_3^-) - (rNa^+ + rK^+) / rCl^- + rNO_3^-$$

menada CR, que pertany a un pou situat en l'al·luvió de la riera Seca, molt proper al denominat RS, representatiu de l'aigua de la zona; correspon a una aigua anòmala, de baixa mineralització i pH elevat, que respon probablement a una aigua mescla de l'aqüífer amb aigua d'infiltració recent i ràpida, probablement contaminada.

A la taula 4 es donen les relacions hidroquímiques d'interès, obtingudes a partir de les dades (valors mitjans). Hom hi observa que els cinc tipus d'aigües considerades presenten unes relacions iòniques característiques que permeten d'assimilar a algun d'aquests cinc tipus cadascuna de les aigües de totes les captacions analitzades. En queda exclosa la mostra anòmala CR. Hom hi observa també que totes les aigües presenten un índex de bescanvi de bases (i.c.b.) major que zero, amb bescanvi de sodi per calci.

Tenint en compte les relacions hidroquímiques i l'agrupació esmentada, hom ha pogut elaborar la taula 5 que ens permet de distingir els diferents tipus d'aigua d'acord amb les relacions hidroquímiques. Queda clar que els tipus d'aigua

Taula 5

AGRUPACIÓ DE LES AIGÜES SEGONS ELS VALORS DE
DIFERENTS RELACIONS HIDROQUÍMIQUES

Denominació tipus d'aigua	$\frac{r \text{ Cl}^-}{r \text{ HCO}_3^-}$	$\frac{r \text{ Cl}^- + r \text{ NO}_3^-}{r \text{ HCO}_3^-}$	$\frac{r \text{ SO}_4^{2-}}{r \text{ Cl}^-}$
Tenes, 1	< 1	< 1	< 1
Tenes, 2	> 1	> 1	< 1
Tenes, 3	< 1	< 1	> 1
Riera Seca, 1	< 1	< 1	< 1
Riera Seca, 2	< 1	> 1	< 1
Anòmala	> 1	> 1	> 1

Tenes, 1 i Tenes, 3 es diferencien tan sols per la relació $r \text{ SO}_4^{2-} / r \text{ Cl}^-$, i que el tipus Riera Seca, 1 i Riera Seca, 2 difereixen pel canvi en la relació $r \text{ Cl}^- + r \text{ NO}_3^- / r \text{ HCO}_3^-$ degut a la contaminació per nitrats de l'aigua del segon grup. Veiem també que no hi ha grans diferències hidroquímiques entre les aigües més característiques d'ambdues rieres (Tenes, 1 i Riera Seca, 1).

Per tal d'establir possibles relacions entre els tipus d'aigües i llur situació en el mapa, considerant també el tipus de presa de mostra (manual o per bombament), a la fig. 6 són representats els diagrames de Stiff modificats, per a cada captació, i calculats amb els valors mitjans corresponents a les determinacions; també hom hi diferencia el contingut en nitrats. Hom hi observa que totes les aigües són bicarbonatades càlciques, i que queden convenientment agrupades d'acord amb els criteris zonals establerts anteriorment.

Denominació punt de mostreig	21 març 1984			6 juny 1984			19 setembre 1984			29 novembre 1984		
	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd
CL	<0.82	<11.3	<0.37	4.5	<11.3	<0.37	5.1	<11.3	<0.37	3.82	<11.3	<0.37
CN	9.5	<11.3	<0.37	6.1	<11.3	<0.37	9.5	<11.3	<0.37	5.71	<11.3	<0.37
CV	21.0	<11.3	<0.37	40.8	<11.3	<0.37	8.0	<11.3	<0.37	7.81	<11.3	7.53
TS	2.5	<11.3	<0.37	3.9	<11.3	<0.37	3.9	<11.3	<0.37	3.82	<11.3	<0.37
MX	13.0	<11.3	<0.37	4.2	<11.3	<0.37	3.9	<11.3	<0.37	3.15	<11.3	<0.37
PD	9.5	<11.3	<0.37	10.5	<11.3	<0.37	6.5	<11.3	<0.37	8.81	<11.3	<0.37
CC	68.0	<11.3	<0.37	22.4	<11.3	<0.37	16.0	<11.3	<0.37	45.08	<11.3	<0.37
ST	1.5	<11.3	<0.37	4.8	<11.3	<0.37	4.6	<11.3	<0.37	1.82	<11.3	<0.37
KF	7.0	<11.3	0.50	8.4	<11.3	<0.37	10.7	<11.3	<0.37	14.13	<11.3	<0.37
NT	10.0	<11.3	<0.37	26.2	<11.3	<0.37	7.6	<11.3	<0.37	51.73	<11.3	<0.37
FR	10.0	<11.3	<0.37	13.4	<11.3	<0.37	5.4	<11.3	<0.37	5.81	<11.3	<0.37
MO	<0.82	<11.3	<0.37	1.9	<11.3	0.49	3.9	<11.3	<0.37	2.15	<11.3	<0.37
SE	7.0	<11.3	<0.37	3.2	<11.3	<0.37	5.0	<11.3	<0.37	1.03	30.14	<0.37
MB	8.8	<11.3	<0.37	1.5	<11.3	<0.37	4.6	<11.3	<0.37	<0.82	14.0	<0.37
PV	7.0	<11.3	<0.37	1.7	<11.3	<0.37	6.1	<11.3	<0.37	1.4	<11.3	<0.37
TJ	7.0	<11.3	0.76	2.3	<11.3	3.56	5.0	<11.3	<0.37	2.16	<11.3	<0.37
MR	10.5	<11.3	<0.37	3.5	<11.3	<0.37	6.1	<11.3	<0.37	2.16	<11.3	<0.37
NI	9.4	<11.3	<0.37	2.4	<11.3	<0.37	5.8	<11.3	<0.37	<0.82	<11.3	<0.37
RS	19.5	<11.3	<0.37	27.2	<11.3	<0.37	12.9	<11.3	<0.37	10.86	<11.3	<0.37
AJ	10.0	<11.3	<0.37	4.9	<11.3	<0.37	7.3	<11.3	<0.37	2.92	<11.3	<0.37
TI	11.0	<11.3	<0.37	5.5	<11.3	<0.37	5.0	<11.3	<0.37	<0.82	<11.3	<0.37
DA	7.6	<11.3	<0.37	1.2	<11.3	<0.37	4.6	<11.3	<0.37	1.03	<11.3	<0.37
PO	8.8	<11.3	<0.37	2.3	<11.3	<0.37	4.6	<11.3	<0.37	<0.82	<11.3	<0.37
BR	11.1	<11.3	<0.37	8.1	<11.3	<0.37	8.0	<11.3	<0.37	3.67	<11.3	<0.37

Taula 6

Concentracions de Cu, Pb i Cd (expressades en µg l⁻¹) mesurades en les aigües subterrànies, en les dates que hom indica.

29 novembre 1984

19 setembre 1984

6 juny 1984

21 març 1984

Denominació punt de mostreig	21 març 1984			6 juny 1984			19 setembre 1984			29 novembre 1984		
	Hg	Cr	B	Hg	Cr	B	Hg	Cr	B	Hg	Cr	B
CL	<0.40	24	154	<0.40	25	80	<0.40	19	164	<0.40	<5	126
CN	<0.40	10	112	0.57	13	63	<0.40	<5	115	<0.40	<5	74
CV	<0.40	9	81	1.48	<5	33	0.80	<5	70	<0.40	<5	42
TS	<0.40	14	90	<0.40	<5	43	<0.40	<5	85	<0.40	<5	63
MX	<0.40	8	57	<0.40	<5	9	<0.40	11	43	<0.40	<5	24
PD	<0.40	<5	81	<0.40	<5	43	<0.40	<5	115	<0.40	<5	74
CC	<0.40	5	158	1.02	<5	117	<0.40	12	141	<0.40	<5	122
ST	<0.40	<5	78	2.05	<5	20	<0.40	5	55	<0.40	<5	34
KF	<0.40	12	154	3.99	18	88	<0.40	18	290	<0.40	<5	199
NT	<0.40	11	62	1.14	<5	14	<0.40	8	61	<0.40	<5	33
FR	<0.40	<5	80	<0.40	<5	32	<0.40	<5	72	<0.40	<5	50
MO	<0.40	10	67	<0.40	<5	20	<0.40	5	78	<0.40	<5	51
SE	<0.40	7	3	0.45	<5	<5	<0.40	<5	31	<0.40	<5	14
MB	<0.40	16	61	<0.40	<5	58	<0.40	<5	111	<0.40	<5	72
PV	<0.40	7	22	<0.40	<5	20	<0.40	7	59	<0.40	<5	33
TJ	<0.40	<5	11	0.68	<5	<5	<0.40	9	45	<0.40	<5	25
MR	<0.40	5	40	0.68	<5	44	<0.40	9	94	<0.40	<5	58
NI	<0.40	6	45	<0.40	<5	51	<0.40	13	99	<0.40	<5	57
RS	<0.40	10	65	1.71	<5	34	<0.40	11	84	<0.40	<5	63
AJ	<0.40	8	66	0.68	<5	16	<0.40	10	79	<0.40	<5	29
TI	<0.40	9	130	1.82	<5	144	<0.40	11	200	<0.40	<5	139
DA	<0.40	30	79	0.68	19	54	<0.40	29	104	<0.40	<5	64
PO	<0.40	10	69	<0.40	<5	35	<0.40	9	78	<0.40	<5	45
BR	<0.40	<5	74	4.34	5	43	<0.40	<5	97	<0.40	<5	58

Taula 7

Concentracions de Hg, Cr i B (expressades en $\mu\text{g l}^{-1}$) mesurades en les aigües subterrànies, en les dates que hom indica.

Pel que fa al contingut en nitrats, observem que és elevat en les aigües situades en zones de conreu, fet que està d'acord amb què la presència de fertilitzants en el sòl manté una relació directa amb el contingut en nitrats a les aigües.¹³ A més, i tenint en compte que, en el 75 % dels pous situats en zones de conreu, la presa de mostra ha estat feta manualment, aquest fet pot relacionar-se amb l'obtenció, en algun cas possible, de mostres poc homogènies on poden ésser importants els fenòmens de nitrificació.

Un altre fet destacable és l'augment progressiu de la salinitat en els pous de l'alluvial del Tenes al llarg del curs del riu, la qual cosa guarda una relació directa amb l'augment de la salinitat en les aigües superficials al llarg del terme

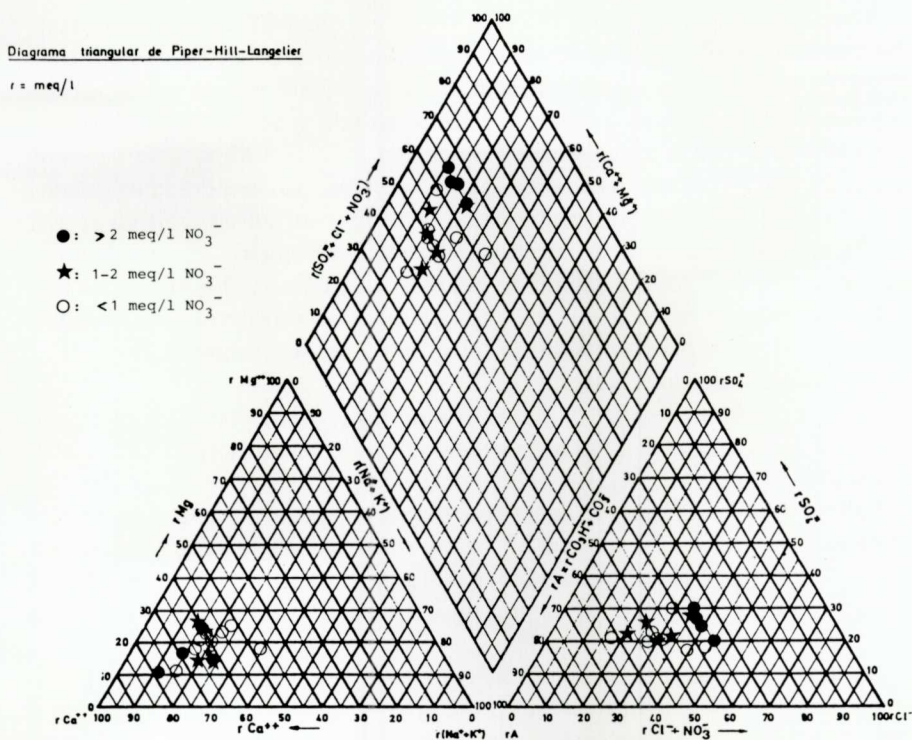


Fig. 7. - Diagrama de Piper-Hill-Langelier.

municipal, i mostra la connexió directa entre aigües superficials i subterrànies i per tant la vulnerabilitat a la contaminació de l'aquífer estudiat. Malgrat tot, hom pot observar-hi algunes anomalies, com la corresponent al punt situat més al nord en el mostreig, el qual presenta un contingut en clorurs anòmal.

13. RODIER, J. «L'analyse de l'eau», vol. 2, Dunod. París 1975.

Per a concloure, i tal com precisa el diagrama de Piper¹⁴ a la fig. 7, podem considerar en general que es tracta d'aigües de la mateixa família química amb processos de contaminació per nitrats, aportació de clorurs i posterior bescanvi de sodi per calci. Els fenòmens de reducció de sulfats són lleugers. Les aigües que sofreixen contaminació notable per nitrats formen un grup diferenciat de la resta, com palesa el diagrama, amb una composició de bicarbonats constant.

Pel que fa a la segona part del treball, i que correspon a la determinació de Pb, Cu, Cd, Hg, Cr i B en 24 punts de mostreig que pertanyen a l'aqüífer, i en mostres d'aigua superficial corresponents a quatre punts del riu Tenes des que el riu entra al terme municipal de Parets fins que en surt, els resultats obtinguts figuren a les taules 6, 7 i 8.

Aquests elements han estat escollits tenint en compte llur incidència sanitària i ambiental. Hom pot observar la presència de coure en totes les mostres, bé que en concentracions molt per sota del límit màxim tolerat per la legislació vigent.¹¹ El plom només ha estat detectat en una ocasió el mes de novembre en el pou SE, i a la mina MB, però també en concentració per sota del límit tolerat. El cadmi ha estat detectat en quatre ocasions, per sota del límit tolerat, excepte el mes de novembre en què ha estat ultrapassat aquest límit en el pou CV. El mercuri ha estat detectat en gairebé totes les mostres el mes de juny, ultrapassant el límit màxim tolerat en els pous CV, CC, ST, KF, RS, TI i BR.

El bor ha estat detectat en totes les mostres i en concentracions variables entre 9 i 290 ppb, molt per sota del nivell guia de la Comunitat Econòmica Europea relativa a aigües alimentàries.¹⁰

El crom ha estat detectat en la majoria de les mostres preses els mesos de març i de setembre, però sempre per sota del límit màxim tolerat per la normativa abans esmentada.

Pel que fa a les mostres d'aigües superficials, aquestes presenten un contingut més elevat de metalls, així, per al Cu han estat obtinguts valors entre $< 0,8$ i $1.475 \mu\text{g l}^{-1}$, per al Cd entre $< 0,4$ i $0,8 \mu\text{g l}^{-1}$, per al Pb entre < 11 i $36 \mu\text{g l}^{-1}$, per al Hg entre $0,4$ i $463 \mu\text{g l}^{-1}$, per al Cr entre < 5 i $111 \mu\text{g l}^{-1}$ i per al B entre 100 i $480 \mu\text{g l}^{-1}$.

La gran diferència de concentració en metalls trobada a les aigües superficials respecte de les subterrànies mostra la gran capacitat de retenció que per a aquests components presenten tant els sediments com el substrat, la qual cosa fa que sigui de gran interès l'estudi d'aquests tipus de materials. Actualment duem a terme aquest estudi, del qual esperem obtenir un coneixement més profund sobre la contaminació per metalls pesants.

14. PIPER, A. M. Am. Geophysical Union Trans., 25, 914 (1944).

AGRAÏMENTS

Els autors volen agrair a la CIRIT els ajuts institucionals rebuts a través de l'Ajuntament de Paret del Vallès al llarg dels anys 1983 i 1984. Tanmateix agraeixen als senyors J. M. Falgueres, M. Llauredó i L. Pineda llur col·laboració en la presa de mostres i determinacions analítiques.

Punt	26 abril 1984			3 juliol 1984			25 octubre 1984		
	Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb
A	8.5	< 0.37	< 11.3	< 0.82	< 0.37	< 11.3	2.01	0.58	< 11.3
B	11.0	< 0.37	< 11.3	< 0.82	< 0.37	36.0	< 0.82	< 0.37	< 11.3
C	1475	< 0.37	< 11.3	460	< 0.37	< 11.3	3.66	0.40	< 11.3
D	860	< 0.37	< 11.3	1210	< 0.37	36.0	< 0.82	0.76	< 11.3
	Hg	Cr	B	Hg	Cr	B	Hg	Cr	B
A	11.08	6	100	1.49	6	113	11.55	41	132
B	136	< 5	210	2.30	15	317	< 0.40	18	259
C	463	8	280	4.79	16	431	5.28	17	348
D	25	21	480	< 0.40	111	400	< 0.40	9	355

Taula 8

Concentracions de Cu, Cd, Pb, Hg, Cr i B (expressades en $\mu\text{g l}^{-1}$) mesurades en les aigües superficials del riu Tenes, en les dates que hom indica.