

CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

SEGUIMENT DE LA QUALITAT DE LES
AIGÜES A LA ZONA DEL PARC NATURAL
DELS AIGUAMOLLS DE L'ALT EMPORDÀ

Informe: **ESTUDI DE LA QUALITAT DE LES AIGÜES
SUBTERRÀNIES**

Realitzat per: *Joan Bach i Plaza*

amb la col.laboració de:

*Teresa Clotet i Massana
Rogelio Linares Santiago
Teresa Robles i Rafols
Xavier Ros i Calsina
Félix Sacristán Solano*

*Unitat de Geodinàmica Externa i d'Hidrogeologia de la
Universitat Autònoma de Barcelona*

Estudi emmarcat dins del Projecte de Restauració Ambiental al
Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà i finançat en un
80% pels Fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi
Ambient de la Unió Europea

Girona, Desembre de 1997

ÍNDEX

1.- INTRODUCCIÓ

2.- CARACTERÍSTIQUES DE LA ZONA D'ESTUDI

3.- METODOLOGIA

- 3.1.- XARXA DE PUNTS DE CONTROL
- 3.2.- SITUACIÓ DELS PUNTS DE MOSTREIG.
- 3.3.- CAMPANYES REALITZADES
- 3.4.- TÈCNIQUES ANALÍTIQUES
- 3.5.- TRACTAMENT ESPACIAL DE LES DADES

4.- RESULTATS

- 4.1.- PIEZOMETRIA
 - Variabilitat espacial
 - Variabilitat temporal
- 4.2.- CARACTERÍSTIQUES DE pH I EH DE LA ZONA D'ESTUDI
 - 4.2.1.- pH
 - 4.2.2.- Eh
- 4.3.- SALINITAT GLOBAL
 - 4.3.1.- Conductivitat elèctrica (CE)
 - 4.3.2.- Total de sòlids dissolts (TSD)
- 4.4.- NUTRIENTS
 - 4.4.1.- Nitrogen nítric
 - 4.4.2.- Nitrogen nítrós
 - 4.4.3.- Nitrogen amoniacal
 - 4.4.4.- Fòsfor
- 4.5.- ANIONS
 - 4.5.1.- Clorurs
 - 4.5.2.- Sulfats
 - 4.5.3.- Bicarbonats
- 4.6.- CATIONS
 - 4.6.1.- Calci
 - 4.6.2.- Magnesi
 - 4.6.3.- Sodi
 - 4.6.4.- Potassi
- 4.7.- DQO (OXIDABILITAT AL PERMANGANAT)

5.- CONCLUSIONS

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

ANNEXOS

ÍNDIX DE FIGURES

- FIG. 1.- MAPA DE SITUACIÓ DE LA XARXA DE PUNTS DE CONTROL.
- FIG. 2.- MAPA DELS AMBIENTS MORFODINÀMICS DE LA FRANJA LITORAL DE LA ZONA CENTRAL DE LA BADIA DE ROSES (BACH, 1986).
- FIG. 3.- ESQUEMA INTERPRETATIU DELS MATERIALS D'OMPLIMENT DE LA PLANA LITORAL DE L'ALT EMPORDÀ (BACH, 1986-87).
- FIG. 4.- MAPES DE LA SUPERFÍCIE PIEZOMÈTRICA A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 5.- SITUACIÓ DE LES CAMPANYES DE MOSTREIG RESPECTE A LA DISTRIBUCIÓ MENSUAL DE PLUGES DE L'ESTACIÓ DEL CORTALET (PNAE).
- FIG. 6.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE PIEZOMETRIA, AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 7.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DEL pH A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 8.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE pH AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 9.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DE L'Eh A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 10.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE L'Eh AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 11.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DE LA CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA (CE) A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 12.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE LA CE AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 13.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DEL TOTAL DE SÒLIDS DISSOLTS (TSD) A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 14.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE NITROGEN NÍTRIC, A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 15.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE LA CONCENTRACIÓ DE NITROGEN NÍTRIC AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 16.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE NITROGEN NITRÓS, A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 17.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE LA CONCENTRACIÓ DE NITROGEN NITRÓS AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 18.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE NITROGEN AMONIACAL, A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 19.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE LA CONCENTRACIÓ DE NITROGEN AMONIACAL AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 20.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE FÒSFOR, A CADASCUNA DE LES CAMPANYES REALITZADES. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 21.- E VOLUCIÓ TEMPORAL DELS VALORS DE LA CONCENTRACIÓ DE FÒSFOR AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES.
- FIG. 22.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE CLORURS I DE SULFATS, A LA PRIMERA I LA QUARTA CAMPANYA. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 23.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE BICARBONATS I DE CALCI, A LA PRIMERA I LA QUARTA CAMPANYA. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 24.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE SODI I DE MAGNESI, A LA PRIMERA I LA QUARTA CAMPANYA. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.
- FIG. 25.- MAPES DE LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS VALORS DE CONCENTRACIÓ DE POTASSI I D'OXIDABILITAT AL PERMANGANAT (DQO), A LA PRIMERA I LA QUARTA CAMPANYA. L'ESCALA DELS MAPES ÉS APROXIMADAMENT D'1/35.000.

ÍNDIX D'ANNEXOS

ANNEX 1.-FITXES INDIVIDUALS DE LES CARACTERÍSTIQUES DE CADASCUN DELS PUNTS DE LA XARXA DE CONTROL.	46-68
ANNEX 2.-TAULA DE LES COORDENADES UTM (X, Y) I COTA TOPOGRÀFICA DE CADA PUNT DE LA XARXA DE CONTROL.	69
ANNEX 3.-TAULA DE LES DADES CORRESPONENTS A LES MESURES PIEZOMÈTRIQUES OBTINGUDES AL LLARG DE LES QUATRE CAMPANYES DE CONTROL.	70
ANNEX 4.-RESULTATS DE LES ANÀLISIS QUÍMIQUES DE LES MOSTRES D'AIGUA DELS PUNTS DE LA XARXA DE CONTROL, EN LES QUATRE CAMPANYES REALITZADES	71-72

1.- Introducció

L'estudi realitzat s'emmarca dins d'un projecte més ampli d'estudi de la qualitat de l'aigua del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (PNAE). Aquest projecte forma part de la proposta de restauració ambiental del Parc dels Aiguamolls de l'Empordà amb l'aigua de l'EDAR d'Empuriabrava, presentada pel Consorci de la Costa Brava (CCB) al Fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi Ambient (FIMMA) i aprovada amb un finançament d'un 80% per la Unió Europea.

Dins d'aquest marc l'objectiu general que es planteja aquest estudi es el d'avaluar la qualitat de les aigües subterrànies en les proximitats de la zona prevista per a la reutilització de les aigües de l'EDAR d'Empuriabrava. Es tracta d'establir l'estat inicial respecte a les característiques de la qualitat química de les aigües subterrànies de l'aquífer més superficial d'aquesta zona d'estudi.

Els objectius específics de l'estudi es poden concretar en els següents:

- 1.- Establir una xarxa de punts de control de la qualitat de les aigües subterrànies
- 2.- Realitzar la caracterització hidroquímica de les aigües subterrànies (cations i anions principals)
- 3.- Determinar els nivells de nutrients (nitrogen i fòsfor) a les aigües subterrànies
- 4.- Avaluar la qualitat sanitària de les aigües subterrànies a partir de la determinació de les concentracions de microorganismes indicadors
- 5.- Determinar i quantificar la possible presència de compostos tòxics en les aigües subterrànies
- 6.- Relacionar, en la mesura que sigui possible, els resultats obtinguts amb la informació disponible sobre les activitats que poden alterar la qualitat de l'aigua
- 7.- Comparar els resultats obtinguts amb d'altres de similars que es puguin trobar en la literatura científica i tècnica
- 8.- Realitzar una proposta per al seguiment futur de la qualitat de les aigües subterrànies en la zona d'estudi

2.- Característiques de la zona d'estudi

La tria de la zona per a la realització del control de la qualitat de les aigües subterrànies es va fer en funció de la situació de l'EDAR d'Empuriabrava, de la planificació inicial de la ubicació de la zona de tractament terciari o sistema d'aiguamolls construïts (SAC), de la resta de zona d'aiguamolls a inundar i del coneixement que es tenia del funcionament hidrogeològic d'aquesta àrea.

L'EDAR d'Empuriabrava està situat al marge dret del riu la Muga, a uns 2 km de la seva desembocadura a la mar Mediterrània i a menys de 500 m de la Reserva Salada del Parc en la zona de l'estany d'en Túries. A l'altra banda del riu la Muga, en el seu marge esquerre s'hi troba l'urbanització d'Empuriabrava.

En la planificació inicial la zona de construcció del sistema d'aiguamolls construïts i les zones a mantenir inundades es situaven a l'entorn de l'estany d'en Túries. Finalment, el sistema d'aiguamolls construïts (SAC) s'ha realitzat en els terrenys situats al costat i a la banda oest de l'EDAR d'Empuriabrava, mentre que l'aigua de sortida del SAC s'enviarà a l'estany del Cortalet i rodalies.

Des d'un punt de vista hidrogeològic la previsió inicial pressuposa que aquesta zona presenta una complexitat derivada de la interacció entre les diverses masses d'aigua que hi conflueixen: el flux subterrani d'aigua dolça continental, el de l'aigua salada del mar i les recarregues locals a partir de la pluja i les aigües superficials, tant del riu La Muga com dels estanys existents en la zona.

Així, d'acord amb la planificació inicial la zona escollida per al control, correspon a la franja estreta de terreny paral·lela al riu la Muga que s'estén des de l'interior fins al mar i que conté l'EDAR, el SAC i la zona de l'estany d'en Túries (fig. 1). Concretament els seus límits són: el marge dret del riu la Muga, el camí que passa per Can Comas i travessa la reserva salada fins a la platja, la línia de costa i cap a l'interior un límit difús situat a un 800 m de distància de l'EDAR d'Empuriabrava. Una gran part de la zona correspon a l'anomenada Reserva Salada del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà.

Els terrenys on es desenvolupa l'estudi formen part de la plana litoral de l'Alt Empordà, que correspon a una plana deltaica en sentit ampli, formada a partir dels aportats dels rius la Muga, Fluvià i Ter, i d'un retreballament del mar, per les onades i els corrents litorals en els darrers 18.000 anys (Bach, 1986-87).

La zona de la Reserva Salada del Parc (PNAE) ocupa la franja litoral entre les desembocadures dels rius la Muga i Fluvià. Aquesta zona correspon fonamentalment a un ambient sedimentari de maresma lligat a la formació i evolució de barres o cordons sorrencs litorals (fig. 2) (Bach, 1986-87). Litològicament està formada, en profunditat, per una unitat sorrenca d'uns 20 m de gruix que s'aprima cap a l'interior. Aquesta formació sorrenca pot estar recoberta de capes argiloso-llimoses amb percentatges variables de matèria orgànica, dipòsits típics de maresma o de plana d'inundació (fig. 3). En els sondeigs realitzats els gruixos travessats d'aquests materials lutítics, descrits en les fitxes d'inventari de cada punt de mostreig (annex 1), són del voltant d'un metre.

Topogràficament correspon a una zona plana amb un pendent molt suau cap al mar, des de cotes d'uns 3 m cap a l'interior fins a cotes lleugerament inferiors a 1 m en la zona més litoral.

Des del punt de vista hidrogeològic es considera l'existència d'un aquífer superficial en la unitat de sorres descrita que actua en general com un aquífer lliure, tot i que localment els recobriments de materials lutítics el poden confinar lleugerament. El nivell piezomètric es situa a profunditats que van des més de 2 m a l'interior fins a inferiors a 1 m a les zones més properes al litoral. La zona de l'estany d'en Túries i d'altres estanyols més petits corresponen a zones amb aigua lliure bona part de l'any.

Fig. 1.- Mapa de situació de la xarxa de punts de control.

Fig. 2.- Mapa dels ambients morfodinàmics de la franja litoral de la zona central de la Badia de Roses (Bach, 1986).

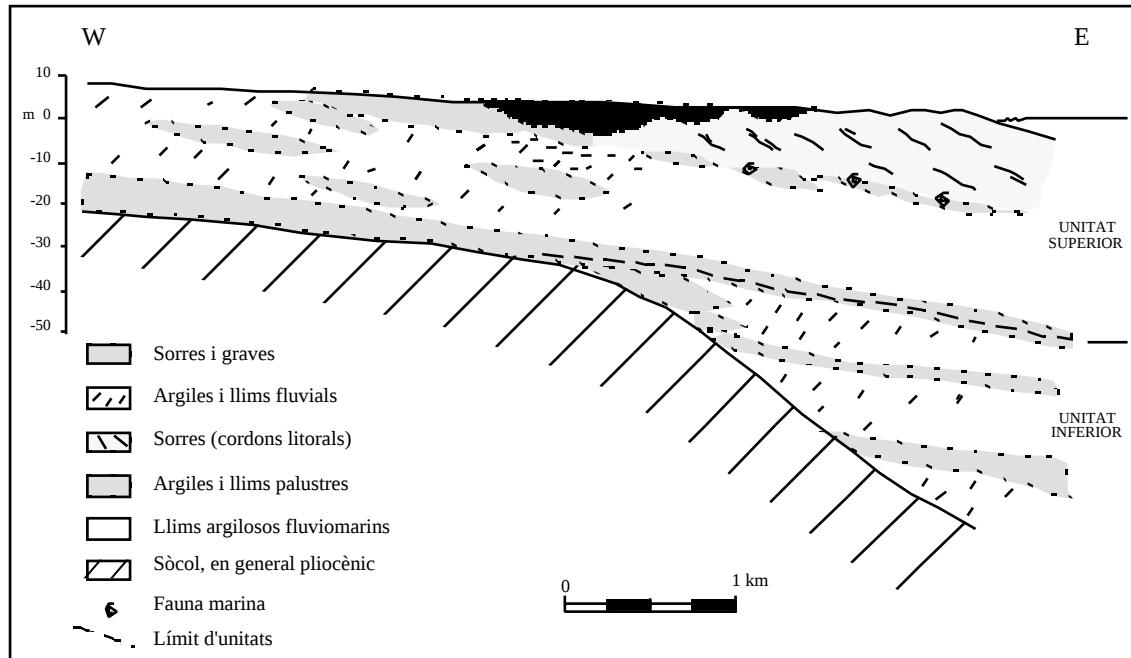


Fig. 3.- Esquema interpretatiu dels materials d'ompliment de la plana litoral de l'Alt Empordà (Bach, 1986-87).

3.- Metodologia

La metodologia utilitzada al llarg de l'estudi s'exposa a continuació agrupant la informació a l'entorn dels següents apartats: xarxa de control, situació dels punts de mostreig, campanyes realitzades, tècniques analítiques i tractament espacial de les dades.

3.1.- Xarxa de punts de control

En general, la caracterització de les aigües subterrànies es realitza a partir de les mostres que es recullen en els pous de captació d'aigua existents. En aquest cas, els pocs pous construïts i utilitzats dins d'aquesta zona, van fer necessària la planificació de sondeigs que permetessin arribar a la zona saturada a fi d'obtenir les mostres d'aigua i les mesures necessàries.

Així, la xarxa de punts de control utilitzada consta d'un total de 22 punts, dels quals 4 corresponen a pous existents a la zona, mentre que els 18 restants són piezòmetres instal·lats especialment per a la realització d'aquest estudi. La distribució dels punts (fig. 1) obeeix a procurar cobrir els diferents ambients morfodinàmics que es donen en la zona d'estudi per tal de conèixer la variabilitat, pel que fa a les característiques de les aigües subterrànies, pròpia de les condicions naturals d'aquestes àrees. Entre la ubicació de l'EDAR d'Empuriabrava i el mar la xarxa s'ha fet més estreta, perquè la

direcció del flux regional que seguirien les aigües de l'EDAR i del SAC, en cas de produir-se filtracions, passaria per aquesta zona.

Els pous existents utilitzats en la xarxa de control s'han representat (fig. 1) amb la inicial "P". Corresponen a pous utilitzats per regar (P-3 i P-4), per a la ramaderia (P-2) i sense ús (P-1). Per la seva banda, els piezòmetres s'han disposat en unes línies en direcció aproximadament perpendicular a la línia de costa. En total s'han fet 4 línies que es representen amb diferents inicials (fig. 1). De sud a nord, les inicials són: "D", "E", "F" i "G".

Les característiques de cadascun dels punts de la xarxa de control s'especifiquen en la fitxa corresponent en l'annex 1.

Respecte als piezòmetres, la seva instal·lació s'ha fet seguint les següents pautes:

1. Situar sobre el terreny el punt més idoni a perforar en funció de la distribució dissenyada *a priori* sobre els mapes i la realitat física de l'entorn.
2. Decidida la ubicació es fa la perforació amb una barrina "Edelman" de 7 cm de diàmetre. A mida que s'extreu material del sòl s'efectua la columna estratigràfica per a cada un dels punts (veure fitxes annex 1).
3. En arribar a la zona saturada es mesura la profunditat de l'aigua respecte al nivell de terra.
4. Una vegada la perforació supera el nivell piezomètric es procedeix a la seva entubació amb un tub de PVC de 75 mm de diàmetre, amb obertures a ambdós extrems. El diàmetre del tub utilitzat permet que la barrina passi per l'interior i es pugui netejar el fons del sondeig.
5. El brocal del tub es fa sobresortir de tal forma que sigui fàcil el seu tancament i la seva posterior localització.
6. L'obertura superior es cobreix amb un tap de plàstic per evitar possible entrades per via aèria.

3.2.- Situació dels punts de mostreig.

Per tal de poder fer el tractament de les dades obtingudes de cada punt amb un sistema d'informació geogràfica i considerant que la cartografia existent no ens permetia tenir la precisió necessària, es va realitzar un estudi topogràfic per posicionar els punts de la xarxa, amb col·laboració amb el Dpt. d'Enginyeria del Terreny i Cartogràfica de la UPC.

La tècnica emprada s'ha basat en la utilització d'un sistema de G.P.S. amb mètode R.T.K. Com a punt base per a la planimetria s'ha utilitzat un vèrtex pilar de la Z.M.T. (ZMT 18) i per a l'altimetria, els punts base han estat dos pous (Can Comas i Mas Pacheco) amb cota ortomètrica (normal) d'uns treballs anteriors realitzats per la UAB. L'origen de les cotes és el nivell "0" del Port de Roses, que presenta una diferència de 0,6 m respecte al N.M.M.A. (nivell mig del mar a Alacant).

La cota s'ha determinat a partir de les altituds el·lipsoïdals donades pel Sistema G.P.S., corregides en bloc per enllaçar amb les cotes prèviament conegudes dels pous i corregides de manera variable per tenir en compte la variació mitjana de l'ondulació del Geoide (N) en la zona.

Els resultats, és a dir, les coordenades UTM (X, Y) i la cota de cada punt de la xarxa es poden consultar a la taula de l'annex 2 i la posició dels punts a la fig. 1 ja es correspon als resultats obtinguts del posicionament explicat, amb referència a les coordenades UTM.

3.3.- Campanyes realitzades

Per caracteritzar la variació temporal de la qualitat de les aigües subterrànies s'han planificat quatre campanyes de recollida de mostres, des del setembre de 1996 fins a l'agost de 1997. Concretament les dates de la realització de cadascuna de les campanyes han estat:

-1a campanya: els dies 26 i 30 de setembre i 1 d'octubre de 1996.

-2a campanya: els dies 19 i 25 de gener de 1997.

-3a campanya: els dies 13 i 15 de maig de 1997.

-4a campanya: els dies 23 i 24 d'agost de 1997.

El treball de camp a cadascuna de les campanyes i a cadascun dels punts de mostreig s'ha realitzat seguint les pautes següents:

1. Localització del punt de mostreig i neteja i obertura del tap.
2. Mesura del nivell piezomètric, des del brocal del tub, mitjançant una cinta mètrica i mesura de l'alçada del brocal respecte al terra.
3. Bombeig d'aigua de l'interior del tub mitjançant una bomba manual de buit i un tub de *neoplast ultravinil* de 15 mm de diàmetre. Al final del bombeig es recull un volum de mostra per a les determinacions analítiques.
4. Mesura *in situ*, en el moment de la recollida de la temperatura, el pH i l'Eh de la mostra.

Els paràmetres controlats han estat, en totes les campanyes realitzades, al camp: pH i Eh; i al laboratori: conductivitat elèctrica (CE), total de sòlids dissolts (TSD), nitrats, nitrits, amoni i fòsfor. En la primera i en la última campanya s'han analitzat, a més, els anions: clorurs, bicarbonats i sulfats; els cations: calci, magnesi, sodi i potassi; i l'oxidabilitat al permanganat.

De quatre punts escollits de la xarxa de control, corresponents als quatre pous, se n'ha fet un seguiment de la qualitat bacteriològica i de compostos tòxics (metalls pesants i pesticides, bàsicament), en les quatre campanyes.

3.4.- Tècniques analítiques

Les mesures dels paràmetres físico-químics i les determinacions analítiques generals (excepte la qualitat bacteriològica i els compostos tòxics) s'han realitzat al laboratori de la Unitat de Geodinàmica Externa i d'Hidrogeologia de la UAB o bé directament al camp, a partir dels procediments per a cadascun dels paràmetres considerats, que a continuació es detallen:

- Conductivitat elèctrica (CE): s'ha mesurat amb el conductímetre INSTRAN 10.
- pH: s'ha mesurat amb l'elèctrode de pH ORION ROSS SURE-FLOW connectat a l'analitzador de camp ORION model 250A.
- Eh: s'ha mesurat amb l'elèctrode redox de platí ORION model 96-78 connectat a l'analitzador de camp ORION model 250A.
- Alcalinitat: s'obté per valoració automàtica amb H_2SO_4 amb l'elèctrode de pH ORION ROSS SURE-FLOW connectat a l'analitzador automàtic ORION 960.
- Clorurs: a partir del mètode de Mohr, per valoració automàtica amb $AgNO_3$ amb l'elèctrode ORION Sulfide electrode connectat a l'analitzador automàtic ORION 960.
- Sulfats: a partir del mètode turbidimètric, per precipitació de $BaSO_4$ i mesura amb espectrofotòmetre SPECTRONIC GENESYS 5.
- Nitrits, nitrats, amoni i fòsfor: a partir de test SPECTROQUANT MERCK i mesura amb espectrofotòmetre SPECTRONIC GENESYS 5.
- DQO al permanganat potàssic: s'obté mitjançant una valoració, en mesurar en medi àcid la quantitat d'oxigen que el permanganat potàssic cedeix a les matèries contingudes a l'aigua.
- Sodi, potassi, calci i magnesi: per absorció atòmica de flama, equip PERKIN ELMER 2100.
- El TDS (total de sòlids dissolts) s'ha calculat a partir dels valors de la conductivitat elèctrica (CE), segons els coeficients indicats per Rodier (1981), extrets de Richard i Van Cu (1961) que es detallen a continuació:

Conductivitat $\mu mhos/cm$	Mineralització mg/l
CE compresa entre 50 i 166,	$TSD = CE * 0,947658$
CE compresa entre 166 i 333,	$TSD = CE * 0,769574$
CE compresa entre 333 i 833,	$TSD = CE * 0,715920$
CE compresa entre 833 i 10.000,	$TSD = CE * 0,758544$
CE > 10.000,	$TSD = CE * 0,850432$

La qualitat bacteriana de les aigües s'ha determinat en la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental de la UPC. Concretament han utilitzat tres dels microorganismes indicadors habituals: bacteris aerobis totals, coliforms fecals i estreptococs fecals (Mujeriego i García, 1997).

La presència de compostos tòxics en les aigües subterrànies s'ha determinat als laboratoris de química analítica de la Universitat de Girona (Salvador, 1997).

3.5.- Tractament espacial de les dades

Per tal de mostrar les dades obtingudes dels diferents paràmetres de control de la qualitat de les aigües subterrànies en un format gràfic, de manera que es visualitzin ràpidament les variacions espacials de cada paràmetre i que es puguin també comparar les diferents campanyes, s'ha optat per l'ús d'un sistema d'informació geogràfica i d'un

mètode d'interpolació que permet fer un mapa de la zona d'estudi amb la distribució de valors de cada variable.

La seva aplicació respon a les condicions favorables de treball amb què ens trobem en aquest estudi. Així, tot i l'elevada heterogeneïtat d'alguns paràmetres de l'aigua, les característiques de l'aqüífer es poden considerar, en general, homogènies i la xarxa de punts dissenyada sembla suficient per mostrar les variacions del medi. Cal també considerar el treball previ de situació precisa dels punts de control amb les coordenades UTM que ens permet treballar amb els sistemes d'informació geogràfica.

Cal entendre els mapes realitzats com a eines de treball, en els quals la interpolació és una predicció espacial del valor que pot tenir una variable en una àrea que està situada entre diversos punts amb valors ja coneguts. Per interpolar les dades en aquest informe s'ha seguit un mètode determinístic no lineal conegut com a *Interpolation by Regularized Spline with Tension*, inclòs en el Sistema d'Informació Geogràfica GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) amb el nom de *s.surf.tps*, elaborat per H. Mitsova, L. Mitas, I. Kosinovsky i D. Gerdes (Mitsova & Hofierka, 1993). El mòdul *s.surf.tps* realitza un suavitzat regular de la superfície resultant amb opció d'afinar el resultat amb un paràmetre de tensió per interpolar des de dades de tipus puntual. La qualitat dels resultats de l'aplicació d'aquest mètode és més satisfactòria que la dels altres disponibles en el sistema GRASS (McCauley, 1995).

Així, per a cada variable mesurada en tots els punts de la xarxa de control, s'ha confeccionat un mapa utilitzant el sistema d'interpolació explicat anteriorment. Aquests mapes s'aniran presentant a mida que es vagin exposant els resultats obtinguts.

4.- Resultats

La descripció dels resultats obtinguts es farà agrupant les diferents variables controlades segons l'afinitat de les característiques de qualitat de l'aigua que defineixen. Així, en primer lloc es descriuen aquells paràmetres dels quals es disposa de dades en les quatre campanyes: el pH i l'Eh com a definidors de les condicions generals del medi, sobretot de les condicions d'oxidació-reducció; els valors de la conductivitat elèctrica i el total de sòlids dissolts, com a indicadors globals de la salinitat del medi i en l'apartat de nutrients s'hi agrupen els resultats corresponents al nitrogen (nític, nítrós i amoniacal) i fòsfor.

En segon lloc s'exposen les dades d'aquelles variables de les quals es tenen dades de la primera i l'última campanya, agrupades en: anions (clorurs, bicarbonats i sulfats), cations (calci, magnesi, sodi i potassi) i l'oxidabilitat al permanganat.

Els resultats del control de la qualitat bacteriològica en quatre punts es descriuen en Mujeriego y García (1997) i els dels compostos tòxics corresponents als mateixos quatre punts en Salvador (1997).

A més dels paràmetres indicadors de la qualitat s'ha controlat la variació del nivell piezomètric de l'aquífer, en les quatre campanyes. L'oscil·lació del nivell de la zona saturada permet adonar-se de la incidència dels episodis d'alimentació i dels de pèrdua d'aigua al llarg del període d'estudi. El coneixement d'aquesta dinàmica és necessària per poder interpretar les variacions de la qualitat de l'aigua. Per aquests motius es fa un primer apartat dedicat a l'exposició dels resultats obtinguts en el control del nivell piezomètric.

Les dades obtingudes de les mesures del nivell piezomètric poden consultar-se a la taula de l'annex 3 i els resultats de les anàlisis químiques de les mostres d'aigua dels punts de la xarxa de control, a la taula de l'annex 4.

4.1.- Piezometria

A partir de les dades mesurades del nivell piezomètric de cada punt de la xarxa de control s'ha treballat a dos nivells, per una banda, a partir de la confecció del mapa de la superfície piezomètrica de cada campanya, per obtenir la variabilitat espacial d'aquesta superfície piezomètrica. Per altra banda, mitjançant gràfics d'evolució en el temps a cada punt de control, per obtenir la variabilitat temporal de l'oscil·lació del nivell piezomètric.

-Variabilitat espacial

En la fig. 4 es presenten els mapes de la superfície piezomètrica corresponents a les quatre campanyes realitzades. Els valors representats corresponen a cotes del nivell de l'aigua en m.s.n.m. (metres sobre el nivell del mar).

Així, en el mapa de la primera campanya s'hi observa que els punts situats més a prop del mar i més allunyats del riu (línies D i E) són els que presenten les cotes del nivell de l'aigua més baixes, inferiors a 0 m (al nivell del mar). Mentre que els que es troben més a prop del riu (línies F i G) o cap a l'interior, presenten cotes pel damunt de 0 m. Aquesta situació correspon al setembre de 1996, després de sis mesos (d'abril a setembre) de pluges molt minses (fig. 5); en total, en aquests sis mesos solament s'han

donat precipitacions que sumen en conjunt 214 mm. La situació de la superfície piezomètrica reflecteix que el flux d'aigua va, per una banda, de l'interior cap al litoral i, per l'altra, del riu cap al sud, és a dir, el riu alimenta a l'aquífer (és influent).

Fig. 4.- Mapes de la superfície piezomètrica a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

En la segona campanya s'inverteix la tendència observada en la primera. De manera que s'observa (fig. 4) que és la zona més allunyada del riu la que presenta les cotes més altes, superiors a 1 m. Aquest ascens s'explica per l'alimentació que les pluges de la tardor-hivern originen. En els quatre mesos que hi ha entre les dues campanyes es donen unes precipitacions de 341 mm, sobretot concentrades en els mesos des de novembre'96 a gener'97 (fig 5). Així, la disposició de la superfície piezomètrica ens indica que el riu drena l'aquífer, de manera que les línies de flux anirien de l'interior cap al litoral i cap al riu la Muga, és a dir, que el riu és efluent.

La tercera campanya presenta un descens de la superfície piezomètrica respecte a la campanya anterior. Les cotes més altes, lleugerament pel damunt de 0,5 m, es situen a l'interior i en els punts més propers al riu la Muga. La resta presenta cotes inferiors a 0,5 m, que són menors a 0,25 m en els punts de les sèries "D" i "E", que es troben més propers al mar (fig. 4). Aquest descens generalitzat del nivell de l'aigua sembla poc comprensible tractant-se de la campanya del mes de maig. Ara bé, aquest any 1997 ha presentat una primavera totalment anòmla pel que respecta a les precipitacions. Així, en l'interval entre les dues campanyes, mesos de febrer a maig, solament s'han registrat precipitacions per un valor total de 64 mm (fig. 5). En aquestes condicions el descens es deu al drenatge que el riu fa de l'aquífer en moments de nivells alts i a l'evapotranspiració, més considerable a mida que la temperatura dels mesos de primavera augmenta. Així, el flux general va de l'interior cap al litoral i del riu cap al sud, invertint-se aquest sentit respecte al descrit per al mes de gener amb els nivells alts.

La quarta campanya mostra una situació de la superfície piezomètrica molt similar a la de la primera campanya (setembre de 1996). De fet es tracta de la mateixa època de l'any; finals d'estiu. Els valors de les cotes de la superfície piezomètrica són molt baixes: inferiors totes a 0,5 m i en tres punts inferiors a 0 m. En els tres mesos que hi ha d'interval entre la tercera i la quarta campanya ha plogut un total de 195,6 mm, correspon a una quantia més elevada que la caiguda a la primavera (64 mm). En aquest cas però, les temperatures més altes de l'estiu comporten una major evapotranspiració. Així, els càlculs d'evapotranspiració potencial a partir de la fórmula de Thornthwaite dels mesos d'estiu, amb temperatures mitjanes mensuals entre 20°C i 24°C, corresponen a valors entre 120 mm i 150 mm (Bach, 1990). Per tant, per als tres mesos l'evapotranspiració pot assolir valors de més de 350 mm, molt superiors a les entrades en forma de precipitacions. Aquestes dades explicarien la progressiva davallada de la superfície piezomètrica, malgrat els episodis plujosos estiuencs.

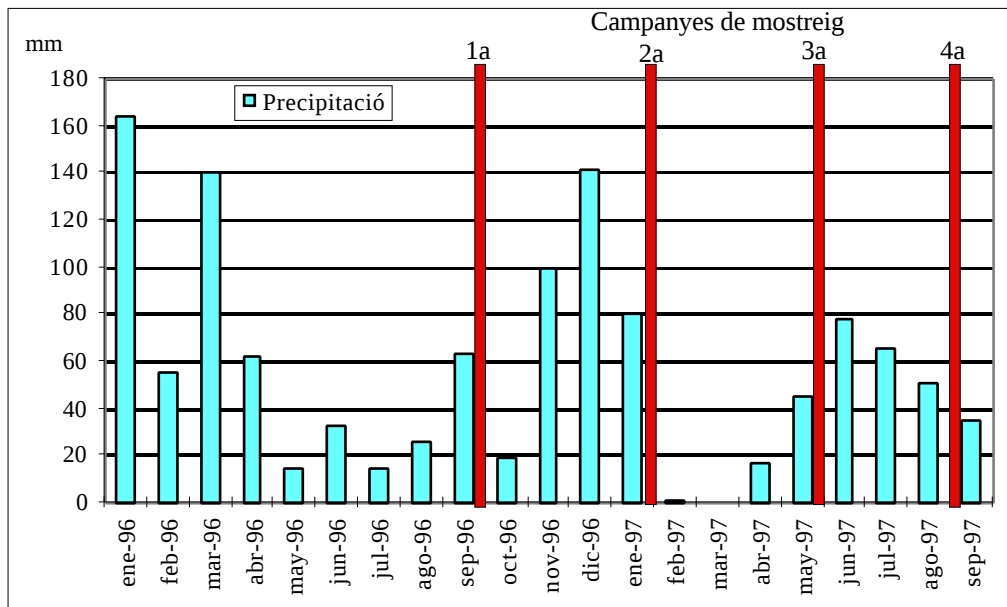


Fig. 5.- Situació de les campanyes de mostreig respecte a la distribució mensual de pluges de l'estació del Cortalet (PNAE).

-Variabilitat temporal

L'evolució temporal de les dades de piezometria, al llarg de les quatre campanyes realitzades es reflecteix a partir de quatre gràfics (fig. 6), que mostren les diferents línies de punts considerades en el control de la zona, de sud a nord, respectivament. Una primera ullada als gràfics ens mostra com la majoria de punts presenten una tendència general a tenir a la segona campanya la cota més alta, llevat de la línia de punts més propers al riu la Muga (línia G i P-1) en què, a més, l'oscil·lació del nivell és menor: d'uns 0,5 m. En aquest sentit, les oscil·lacions extremes de les línies D i E assoleixen 1,3 m entre la primera i la segona campanya (D-2, E-1). Per altra banda, la línia F presenta oscil·lacions d'uns 0,8 m entre la segona i la quarta campanya.

Així, a partir del registre obtingut en el control de la piezometria, s'observa com el riu la Muga juga un paper important amortidor de l'oscil·lació del nivell, de manera que alimenta o drena l'aquífer segons la seva oscil·lació estacional. També, s'observa com en els punts més propers a la línia de costa (D-4, E-5) oscil·lació del nivell no és tant gran com en punts situats més a l'interior, de manera que la presència del mar amb un nivell, que tendeix a ser constant, faria també d'amortidor de oscil·lació. Per aquests motius, les oscil·lacions màximes de la superfície piezomètrica es donen en els punts més allunyats del riu i relativament lluny de la línia de costa.

Cal considerar l'efecte d'explotació de l'aquífer com una altra variable a tenir en compte en oscil·lació de la superfície piezomètrica. En aquest cas, solament els punts P-2, P-3 i P-4 situats en la zona interior estan sotmesos a explotació. Per aquest motiu no es tenen prou dades per valorar la seva influència, tot i que, en el punt P-2 s'ha mesurat el valor més baix de totes les cotes en els mesos estiuencs, fet que pot ésser un exemple d'aquesta influència que comporta un descens més ràpid de la superfície piezomètrica al voltant del punt d'explotació.

Fig. 6.- Evolució temporal dels valors de piezometria, al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.2.- Característiques de pH i Eh de la zona d'estudi

Les mesures del pH i de l'Eh de l'aigua es van realitzar directament al camp en el moment de recollida de les mostres. Els valors de l'Eh mesurats al camp s'han corregit posteriorment, en funció de la temperatura i del tipus d'elèctrode utilitzat, per tal de donar la mesura en referència a l'elèctrode d'hidrogen. A continuació es descriuen els resultats obtinguts per als dos paràmetres.

4.2.1.- pH

Els valors mesurats de pH presenten, en general, una poca variabilitat, tant espacial com temporal. La majoria dels valors es troben entre 7 i 8. A la primera campanya es van mesurar, en sis punts, valors inferiors a 7 (el més baix de 6,79) i a la segona campanya en un punt un valor superior a 8 (9,5 en el punt P-4), que podria correspondre a un error de mesura.

A la fig. 7 es presenten els mapes corresponents a la distribució espacial del pH a les quatre campanyes realitzades. En la primera campanya cal destacar que tots els valors són inferiors a 7,5 i que els valors inferiors a 7 s'agrupen en la zona central. En la segona campanya, si deixem de banda el valor anòmal del punt P-4, es posa en evidència una certa tendència a l'augment del pH en direcció al mar. Aquesta mateixa tendència també s'observa a la tercera campanya, de manera que els intervals amb increments de 0,25 de valor de pH, queden distribuïts en franges més o menys paral·leles a la línia de costa. La darrera campanya presenta una distribució irregular dels pH sense cap tendència clara, amb una semblança a la primera campanya pel que fa a la presentació de valors relativament més baixos que les anteriors.

En la fig. 8 s'ha representat la variació temporal del pH a cada punt de mostreig al llarg de les quatre campanyes realitzades. S'hi observa, deixant de banda el valor del punt P-4 a la segona campanya, en primer lloc la poca variació dels pH, pràcticament sempre amb valors entre 7 i 8. En segon lloc, una certa tendència, per a cada línia representada de tenir valors més alts de pH a mida que el punt es troba situat més cap al mar. En tercer lloc, la segona i la tercera campanya presenten, en general, valors més alts de pH que les altres dues.

Del conjunt de les dades de pH es pot dir que es troben, pràcticament totes, dins l'interval situat entre els valors 7 i 8, que presenten, en general, poca variació temporal i una certa tendència estacional a distribuir-se espacialment amb valors més alts a mida que s'apropen al mar. Aquesta tendència podria correspondre a una certa relació amb l'aigua de mar que presenta pH d'aproximadament 8, segons dades de Custodio i Llamas (1976) de la costa mediterrània.

Fig. 7.- Mapes de la distribució espacial del pH a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

pH

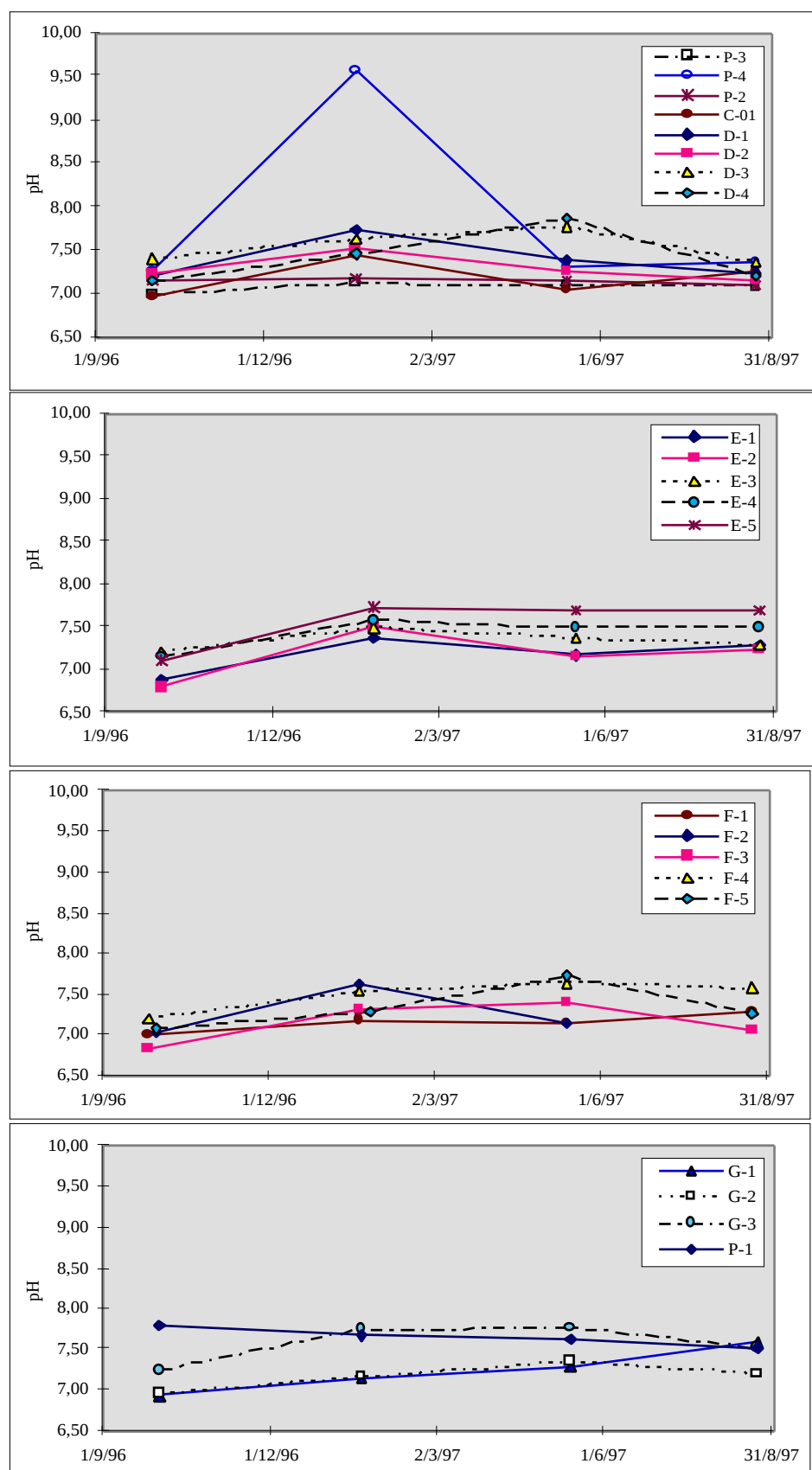


Fig. 8.- Evolució temporal dels valors de pH al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.2.2.- Eh

Els valors del potencial d'oxidació-reducció mesurats presenten una variació entre -12,6 mV i 427 mV amb una oscil·lació temporal important al llarg de les campanyes realitzades. En la fig. 9 es presenten els mapes corresponents a la distribució espacial d'aquests valors a les quatre campanyes realitzades. A la primera campanya s'observa una distribució de l'Eh amb una tendència a presentar valors alts (>200 mV) a la zona propera al litoral i al riu la Muga, i valors baixos (<150 mV) cap a l'interior. En la segona campanya es dona un increment del valor de l'Eh dels punts, tots amb valors superiors a 200 mV. En aquest cas, els valors més alts (>350 mV) estan relacionats amb la zona litoral però no tant directament amb el riu la Muga. En la tercera i quarta campanya es dona una disminució generalitzada dels valors de l'Eh, de manera que pràcticament tots són inferiors a 100 mV. Respecte a la distribució dels valors s'observa una diferència en la situació relativa dels mínims. En la tercera campanya es situen a l'interior i a les rodalies del riu la Muga, mentre que en la quarta campanya estan situats en la zona central i litoral.

Aquesta tendència general a presentar valors del potencial d'oxidació reducció més alts en la segona campanya que a la resta s'observa a la fig. 10 on es presenta l'evolució temporal dels valors de l'Eh al llarg de les quatre campanyes. Així, excepte els punts G-3 i G-1, situats a les rodalies del riu la Muga, la resta de punts ho compleixen. També, s'observa com els valors de la tercera i de la quarta campanya són inferiors als de la primera.

Per interpretar la distribució de valors, cal considerar que el mostrari de la segona campanya correspon a l'època de nivells més alts de la superfície piezomètrica. Per tant, es poden associar els valors alts de l'Eh amb el nivell alt de la superfície piezomètrica, que en sentit de balanç correspon a l'entrada d'aigües al sistema, ja sigui tant per la infiltració de l'aigua de pluja com pel flux subterrani procedent de l'interior o del riu la Muga. Així, els valors de l'Eh mesurats a l'aigua de pluja, entre 367 i 415 mV, dona una referència del valor de l'Eh que tenen les aigües d'entrada a l'aqüífer. Aquests valors relativament alts (>300 mV) evolucionen amb el temps, i la manca d'entrades considerables cap a valors més baixos (<100 mV), fet que posa de manifest l'existència de processos en el medi que comporten unes condicions reductores.

Fig. 9.- Mapes de la distribució espacial de l'Eh a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 10.- Evolució temporal dels valors de l'Eh al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.3.- Salinitat global

Com a indicador de la salinitat total que presenten les aigües subterrànies d'aquesta zona s'ha utilitzat la conductivitat elèctrica, a partir de la qual s'ha calculat el total de sòlid dissolts, que permet tenir una indicació general de la quantitat de sals presents a l'aigua. Seguidament es descriuen les dades obtingudes de conductivitat i posteriorment es comentaran els valors que corresponen al total de sòlids dissolts.

4.3.1.- Conductivitat elèctrica (CE)

Els valors de les CE presenten una gran variabilitat espacial fruit de les característiques genètiques d'aquest medi litoral. Els valors oscil·len des d'uns 1.600 $\mu\text{mhos/cm}$ (punt P-4) fins a 46.000 $\mu\text{mhos/cm}$ (punt D-2) en solament uns 2 km de distància. Aquest valor més alt és proper a les conductivitats que s'han mesurat a l'aigua de mar a la costa Mediterrània, que oscil·len entre 44.000 $\mu\text{mhos/cm}$ i 47.500 $\mu\text{mhos/cm}$ (Custodio i Llamas, 1976).

En la fig. 11 es presenten els mapes de la distribució espacial dels valors de la conductivitat elèctrica en les quatre campanyes realitzades. De l'observació dels quatre mapes en destaca la situació d'una zona d'elevada conductivitat ($>25.000 \mu\text{mhos/cm}$) lligada a la zona litoral ocupada per la maresma (rodalies de l'estany d'en Túrries) i allunyada relativament del riu la Muga. Els punts situats més cap a l'interior són els que presenten les CE més baixes.

Aquest patró de distribució dels valors de la CE es repeteix, amb lleugeres diferències, en les quatre campanyes realitzades. Així, per exemple, en la segona campanya que correspon a un moment de nivell piezomètric alt de l'aquífer després de l'entrada d'aigua al sistema, s'observa com les franges de concentració per la banda de l'interior queden més apretades cap a la zona de màxim valor de CE, els punts més propers al riu disminueixen de valor, mentre que els punts més propers al mar augmenten de valor i les franges s'obren cap al mar. En el mapa de la tercera i la quarta campanya, que corresponen a situacions de nivell piezomètric baix, la tendència és a augmentar el valor de la CE dels punts situats cap a l'interior i de disminuir els que es troben prop del mar. Així, es formen unes franges pràcticament concèntriques de valors de la CE, amb els valors més elevats situats entre 800 m i 1.000 m de la línia de costa.

En la fig. 12 que correspon a l'evolució temporal dels valors de la CE per a cada punt, al llarg de les quatre campanyes, es visualitzen millor en alguns casos les tendències exposades. En primer lloc, la gran diferència de valors de CE existent entre els màxims (D-2) i els mínims (P-4). En segon lloc, s'observa una aparent contradicció en la segona campanya entre uns punts que disminueixen de valor i uns que augmenten. Tal com s'ha comentat, en general, els punts situats a l'interior i en la zona propera al riu disminueixen el valor de la CE, mentre que els situats a la zona propera al mar l'augmenten. Tot plegat degut al efecte de rentat de les sals des de l'interior cap al mar. En les dues darreres campanyes es detecta l'efecte de concentració de sals degut a l'evapotranspiració, amb un augment generalitzat de valors, excepte en els punts més litorals on la influència del riu dona lloc a un descens de valors.

En conjunt, la distribució dels valors de CE reflecteix l'existència d'una zona d'elevada salinitat sota la zona de maresma, amb els màxims situats a uns 1.000 m de la línia de costa. La variació estacional observada dona lloc a una variació de la salinitat que correspon a una disminució de la CE en l'interior i un augment en la zona litoral coincidint amb l'ascens del nivell piezomètric per l'entrada d'aigua al sistema. I en els moments de nivell piezomètric baix degut a l'evapotranspiració, es dona un increment dels valors de la CE en l'interior i una disminució en la zona litoral, per l'efecte diluent de l'alimentació del riu.

Fig. 11.- Mapes de la distribució espacial de la conductivitat elèctrica (CE) a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 12.- Evolució temporal dels valors de la CE al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.3.2.- Total de sòlids dissolts (TSD)

La determinació de la mineralització o contingut de sals dissoltes a l'aigua a partir de la conductivitat (veure tècniques analítiques) no correspon exactament al residu sec determinat per pesada, però permet tenir un ordre de magnitud de la quantitat total de sals que conté l'aigua.

En la fig. 13 es presenten els mapes corresponents a la distribució dels totals de sòlids dissolts en les quatre campanyes realitzades. La disposició dels valors, ara en mg/l de sals dissoltes a l'aigua, es pràcticament idèntica a la que presentaven els mapes de CE. En aquest cas, en utilitzar un interval menys de valor del TSD, les franges queden més ben definides i evidencia millor la interpretació feta en motiu de la distribució dels valors de la conductivitat.

4.4.- Nutrients

En aquest apartat de nutrients s'hi agrupen els resultats corresponents a les espècies de nitrogen analitzades: nítrat, nitrit i amoni; i al fòsfor. A continuació es descriuen els resultats obtinguts per a cadascun d'ells.

4.4.1.- Nitrogen nítric

Les concentracions de nítrat analitzades corresponen a valors relativament baixos d'aquest ió. Les concentracions presenten un màxim de 4,14 mg N/l (18,4 mg/l de nitrats), mentre que un percentatge important de mostres tenen un valor inferior a 1 mg N/l; límit de detecció del mètode analític utilitzat.

En la fig. 14 es presenten els mapes de distribució dels valors de concentració de nitrogen nítric a cadascuna de les campanyes realitzades. La visió de conjunt d'aquests mapes reflecteix una gran variabilitat espacial, tot i que l'interval de concentracions en el quals es situen el conjunt de les mostres és molt petit. Així, en la primera campanya els valors màxims es situen a la zona litoral i lluny de la influència del riu la Muga. En la segona campanya solament s'observa un punt amb concentracions relativament elevades de nítrat, es tracta del P-2 situat a les rodalies de Can Comas. Aquests valors s'atribueixen al rentat i mobilització que les precipitacions fan del nitrogen dels excrements dels ramats de xais que hi guarden. En la tercera campanya els valors mesurats són tots inferiors al límit de detecció. Per altra banda, la quarta campanya presenta una disposició dels valors més elevats en relació amb la zona interior i el traçat del riu la Muga, diferent a l'observada a la primera campanya. Es repeteix el contingut elevat de nítrat del punt P-2 observat també a la segona campanya.

En la fig. 15 es presenta l'evolució temporal de les concentracions de nitrats on s'observa, igual que en els mapes, que en la segona i tercera campanya hi ha molt poca variació dels valors de les concentracions. Per la seva banda, els resultats de la primera i quarta campanya, tot i que els valors absoluts són relativament baixos, sí que presenten una variació apreciable entre els diferents punts, el que pot reflectir la variabilitat del medi.

Fig. 13.- Mapes de la distribució espacial del total de sòlids dissolts (TSD) a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 14.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen nítric, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 15.- Evolució temporal dels valors de la concentració de nitrogen nítric al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.4.2.- Nitrogen nítrós

Les concentracions de nitrats analitzades tenen valors relativament baixos, de manera que no sobrepassen els 0,3 mg N/l (1 mg/l de nitrats) i aproximadament un 50 % de les mostres presenten valors inferiors a 0,01 mg N/l (0,03 mg/l de nitrats) que correspon al límit de detecció del mètode analític utilitzat.

En els mapes de la fig. 16 s'observen les distribucions espacials dels valors de nitrats a les quatre campanyes realitzades. En la primera campanya es dibuixen dues zones de valors alts, una situada al voltant del punt F-2, en la zona central, que presenta el valor de nitrat més alt (0,28 mg N/l) i l'altra al voltant del punt D-3, en la zona més litoral, amb valors menys elevats. Per altra banda, els valors baixos corresponen a punts situats cap a l'interior. En la segona campanya es mantenen uns valors relativament alts en la zona central, mentre que la zona litoral passa a tenir valors baixos. En la tercera campanya els valors obtinguts són baixos, de manera que la majoria no superen els 0,03 mg N/l. Finalment, en la quarta campanya es dibuixa una zona de valors més alts al voltant del punt D-2 i unes zones de valors inferiors al límit de detecció situades cap a l'interior i a la zona del riu.

En els gràfics d'evolució temporal de la fig. 17 s'observen els valors baixos de nitrats i la poca variació estacional de la majoria de punts. Així, solament algun punt a cada campanya supera els 0,1 mg N/l, excepte a la tercera campanya en que tots els valors són inferiors a 0,03 mg N/l.

En conjunt, els continguts de nitrats mesurats a l'aigua presenten valors baixos i amb una poca variació estacional, que es situa sobretot a la part central de la zona estudiada i en la zona litoral.

4.4.3.- Nitrogen amoniacal

Els valors dels continguts de nitrogen amoniacal són més alts que els ja comentats de nitrogen nítric i de nitrogen nítrós. El valor màxim analitzat correspon a 14,7 mg N/l, ara bé, la majoria de valors són inferiors a 2 mg N/l.

En els mapes de la fig. 18 s'observa la distribució espacial de les concentracions de nitrogen amoniacal en les quatre campanyes realitzades. En la primera campanya es dibuixa una zona de màxims al voltant dels punts CO-1 i F-1 situats en la zona central;

mentre que els valors més baixos es disposen en la zona litoral. Aquesta distribució està relacionada a grans trets amb els valors mesurats del potencial d'oxidació-reducció, de manera que les zones de valors baixos de l'Eh corresponen a valors alts de nitrogen amoniacal. Per altra banda, la zona de valors més alts de l'Eh presenta, també valors més alts de nitrats (fig. 14).

En la segona campanya s'han mesurat valors baixos de nitrogen amoniacal amb una repartició geogràfica similar a la primera campanya. Aquesta segona campanya coincideix amb un moment de nivells alts de la superfície piezomètrica de l'aquífer (fig. 4), amb valors relativament alts de l'Eh, sobretot en la zona més litoral (fig. 9) i amb els valors baixos d'amoni, sobretot a la zona més litoral.

Fig. 16.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen nitrós, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 17.- Evolució temporal dels valors de la concentració de nitrogen nitrós al llarg de les quatre campanyes realitzades.

En la tercera i quarta campanya es torna a observar una disposició similar a la de la primera campanya, amb valors relativament alts a la zona interior i a la zona central i baixos a la zona litoral. Aquesta distribució es més accentuada en la quarta campanya, on els valors de les concentracions d'amoni són més elevats i la zona de valors baixos queda reduïda a una franja estreta prop del litoral.

Als gràfics d'evolució temporal de la concentració d'amoni (fig. 19) s'observa una disminució generalitzada dels valors en la segona campanya i una tendència a l'augment en la tercera i sobretot en la quarta campanya.

Així, la distribució general de les concentracions d'amoni observades en les quatre campanyes evidencia que si les condicions d'oxidació-reducció que presenten aquestes aigües és inferior a uns 100 mV, la forma de nitrogen més estable és l'amoni, de manera que la disposició de les zones de valors més alts correspon en general a les zones de valors de l'Eh baixos. Contràriament, en la segona campanya es donen els valors més baixos relacionats amb els valors de l'Eh més alts deguts a l'ascens del nivell piezomètric per l'entrada d'aigua al sistema. Per altra banda, els valors més alts mesurats a la primera, tercera i quarta campanya, sembla que es poden relacionar amb l'aplicació de purins com a adobs en els camps de conreu de la zona central i, també, amb algunes explotacions ramaderes, com la ja comentada del punt P-2. Respecte aquest darrer punt considerat es pot observar com el màxim d'amoni de la tercera campanya pot relacionar-se amb el màxim de nitrats observat en la segona campanya (fig. 14) quan els valors de l'Eh eren superiors a 350 mV.

4.4.4.- Fòsfor

Les concentracions de fòsfor corresponen a valors relativament baixos, la majoria de les mostres presenten concentracions inferiors a 1 mg/l i el valor màxim analitzat és de 3,96 mg/l.

En els mapes de la fig. 20 es pot observar la distribució espacial de les concentracions de fòsfor a cadascuna de les campanyes realitzades. Solament en la primera i segona campanyes s'hi aprecia una variació remarcable dels valors pel damunt de les franges inferiors a 0,5 mg/l que corresponen als valors dominants. En la primera campanya es disposa una zona de valors més alts al voltant del punt E-1 que s'estén cap al litoral a les rodalies de la llacuna d'en Túries. En la segona campanya es localitza un màxim puntual al punt G-2.

En els gràfics d'evolució temporal de les concentracions de fòsfor de la fig. 21 es visualitzen també, tant els valors baixos de la majoria de mostres analitzades, com la poca variació dels valors a cada campanya i entre les diferents campanyes. Solament destaquen alguns valors puntualment alts.

Així, les concentracions de fòsfor d'aquesta zona presenten valors baixos i solament en la primera campanya amb una distribució de valors més alts que sembla relacionada amb la zona ocupada per la llacuna d'en Túries.

Fig. 18.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen amoniacal, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 19.- Evolució temporal dels valors de la concentració de nitrogen amoniacal al llarg de les quatre campanyes realitzades.

Fig. 20.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de fòsfor, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

Fig. 21.- Evolució temporal dels valors de la concentració de fòsfor al llarg de les quatre campanyes realitzades.

4.5.- Anions

En aquest apartat d'anions s'hi agrupen els resultats corresponents als anions majoritaris de l'aigua analitzats: clorurs, sulfats i bicarbonats. D'aquests anions, se n'ha fet un control en la primera i darrera campanyes, per tal d'observar-ne la variació en l'interval anual entre les dues campanyes. A continuació es descriuen els resultats obtinguts per a cadascun d'ells.

4.5.1.- Clorurs

Els continguts de clorurs de les aigües d'aquesta zona presenten una gran variabilitat espacial, d'acord amb la seva situació geològica: en una zona de maresma litoral i a les rodalies d'un riu (la Muga). Les concentracions analitzades oscil·len entre 214 mg/l

com a més baixa i 17.000 mg/l com a valor més alt. Aquest màxim té un valor proper a la concentració de clorurs a l'aigua de mar, que davant la costa de Barcelona dona valors d'uns 21.000 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

Als mapes de la fig. 22 s'observa la distribució espacial dels valors de les concentracions de clorurs en la primera i quarta campanyes. Ambdós mapes presenten una disposició de les franges de concentració molt similar, amb una zona de màximes concentracions situada sota la zona de maresma, mentre que les de baixa concentració es disposen cap a l'interior i seguint el traçat del riu la Muga. Respecte als valors obtinguts en les dues campanyes s'observa, en general, un augment de les concentracions en la campanya de l'agost de 1997, amb diferències més grans en els punts en què els valors són més elevats (D-2, D-3, D-4, E-1, E-4).

En general, aquesta distribució observada pels clorurs correspon a la mateixa que ja s'ha comentat en parlar de la conductivitat elèctrica. Els clorurs són l'anió més abundant en la majoria de les mostres i això fa que les variacions de conductivitat reflecteixin les variacions d'aquest ió. El coeficient de correlació entre la conductivitat i les concentracions de clorurs és de 0,98.

4.5.2.- Sulfats

Els continguts en sulfats de les aigües subterrànies presenten també una gran variabilitat fruit de les característiques del medi. Així, les concentracions analitzades varien des de <25 mg/l (límit de detecció amb el mètode d'anàlisi utilitzat) fins a 2.269 mg/l. Aquest valor màxim és proper al valor de sulfats de l'aigua de mar que oscil·la entre 2.500 mg/l i 3.200 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

La distribució espacial de les concentracions de sulfats que s'observa als mapes de la fig. 22, de la primera i quarta campanyes, mostra una disposició de les franges de concentracions idèntica a la comentada per als clorurs i la conductivitat, amb una zona de valors alts corresponents a la zona de la maresma, mentre els valors baixos es situen cap a l'interior i seguint el riu la Muga. En el cas dels sulfats cal ressaltar, per una banda, la disminució de valors entre els dos controls realitzats que pot assolir diferències de més de 600 mg/l en els punts de valors més alts (D-1, D-2, E-2, E-3). Per l'altra, les baixes concentracions (<25 mg/l) trobades en les dues campanyes al punt F-1, situat a la zona més propera a l'EDAR d'Empuriabrava. El coeficient de correlació entre la conductivitat i els sulfats és de 0,92, inferior al dels clorurs.

Fig. 22.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de clorurs i de sulfats, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

La disminució de valors de sulfats, contrària a la dels clorurs en alguns punts podria ser indicadora d'un procés de reducció de sulfats. De tota manera amb solament dues dades de cada punt de control es consideren poques dades per poder confirmar aquesta hipòtesi.

4.5.3.- Bicarbonats

Les concentracions de bicarbonat presenten una variació de valors entre 159 mg/l i 1.088 mg/l, de manera que la majoria de valors són superiors a 400 mg/l. Aquests valors relativament alts no tenen relació directa amb la concentració de bicarbonat a l'aigua de mar que presenta valors entre 66 mg/l i 174 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

En la distribució espacial dels continguts de bicarbonats que es presenta a la fig. 23 s'observa una disposició de les franges de concentració ben diferent a les que fins ara s'han descrit per als clorurs i per als sulfats. En el mapa de la primera campanya es disposen unes zones alternades de valors mínims i màxims des de l'interior cap al litoral. Concretament les zones de valors més alts corresponen: una, a la zona més litoral (punts E-5, F-5) i l'altra, a la zona central (punts F-1, E-1, C0-1). En el mapa de la quarta campanya es mantenen pràcticament les mateixes franges que en el mapa anterior i únicament la zona de valors alts de la zona litoral presenta valors inferiors, de manera que no destaca tant.

L'existència d'aquests valors alts de les concentracions de bicarbonats es justifica a partir de l'activitat dels microorganismes heteròtrofs que produeixen CO_2 i la seva combinació en medi aquós dóna l'augment del bicarbonat dissolt a l'aigua. Per interpretar les franges de valors màxims observades es pot plantejar, per una banda, la variació de matèria orgànica disponible per part dels microorganismes i l'heterogeneïtat del medi en la seva part més superficial, com a factors determinants d'una major o menor activitat que comporti les variacions de bicarbonats detectades.

En les experiències lisimètriques realitzades s'obtenen valors de bicarbonats d'uns 1.000 mg/l en regar el lisímetre llimós amb l'aigua procedent de l'efluent de l'EDAR d'Empuriabrava (amb concentracions de 200 mg/l de bicarbonats). Per contra, en el lisímetre sorrenc els valors de bicarbonats no superen els 350 mg/l. Així, s'interpreta que l'aportació de matèria orgànica, present en el cas dels lisímetres en els materials llimosos, permet l'activitat dels organismes heteròtrofs i comporta l'augment dels bicarbonats.

En el cas de la zona estudiada, per una banda, la disposició en franges més o menys paral·leles a la línia de costa suggereix una interpretació lligada amb la formació geològica del medi, és a dir, a variacions texturals: unes zones més sorrenques altres més argiloses. Per altra, el valor màxim de bicarbonats està situat, en els dos controls realitzats, en el punt F-1 situat en la zona central ocupada per camps de conreu que utilitzen purins com a adobs. Aquest fet suggereix una possible infiltració d'aigües de reg d'aquests camps que lixivien els adobs de la superfície i que a favor del flux regional (fig. 4) permeti la dispersió d'aigües cap al sud.

Fig. 23.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de bicarbonats i de calci, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

4.6.- Cations

En aquest apartat de cations s'hi agrupen els resultats corresponents als cations majoritaris de l'aigua analitzats: calci, magnesi, sodi i potassi. D'aquests anions se n'ha fet un control en la primera i darrera campanyes, per tal d'observar-ne la variació en

l'interval anual entre les dues campanyes. A continuació es descriuen els resultats obtinguts per a cadascun d'ells.

4.6.1.- Calci

Els valors de calci presenten una variació entre un mínim de 46 mg/l fins a un màxim de 479 mg/l. Aquest valor més alt és del mateix ordre que els valors trobats a l'aigua de mar que oscil·len entre 379 mg/l i 537 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

En els mapes de distribució espacial dels valors de concentració de calci que es presenten en la fig. 23, es pot observar, en les dues campanyes controlades, que les franges de concentració es disposen més o menys paral·leles a la línia de costa i que es diferencia una zona de valors alts (superiors a 300 mg/l) entre els punts F-3 i D-1, que forma una franja relativament estreta si la comparem amb les corresponents als clorurs o sulfats (fig. 22). Aquesta zona de concentracions elevades segueix en part la disposició general de les aigües d'elevada salinitat, caracteritzada a partir dels mapes de conductivitat (fig. 11). Però, sobretot a la zona més litoral, alguns valors són menors que els que caldria esperar de la quantia de la salinitat. El coeficient de correlació entre la conductivitat elèctrica i les concentracions de calci és solament de 0,6.

Així, sembla que en determinades zones, com per exemple a la zona més litoral, es produeix una precipitació del calci, que deu ser en forma de carbonat si observem que en aquesta zona les concentracions de bicarbonats són altes (fig. 23).

4.6.2.- Magnesi

Les concentracions de magnesi en les dues campanyes realitzades oscil·len entre un mínim de 63 mg/l i un màxim de 1.244 mg/l. Aquest valor màxim es troba dins l'ordre de magnitud que presenta l'aigua de mar (entre 1.037 mg/l i 1.418 mg/l, Custodio i Llamas, 1976).

En la distribució espacial dels continguts de magnesi que es presenten a la fig. 24, s'observa una disposició de les franges de concentració idèntica que les observades per a la conductivitat i els clorurs, és a dir, una zona de màximes concentracions en la zona de maresma i unes zones de valors baixos cap a l'interior i seguint el riu la Muga. En aquest cas el coeficient de correlació entre la conductivitat i les concentracions de magnesi és de 0,97.

Fig. 24.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de sodi i de magnesi, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

4.6.3.- Sodi

Les concentracions de sodi analitzades en les dues campanyes presenten una gran variació de valors, entre un mínim de 132 mg/l i un màxim de 11.800 mg/l. També, en aquest cas, el valor màxim es troba dins de l'ordre de magnitud de les concentracions que corresponen a les anàlisis fetes de l'aigua de mar, que oscil·len entre 9.687 mg/l i 11.800 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

La distribució espacial dels valors de la concentració de sodi, en les dues campanyes controlades, que es presenten a la fig. 24, mostren una disposició de les franges de continguts idèntica a les explicades en el cas de la conductivitat, els clorurs i del magnesi. El coeficient de correlació entre les valors de la conductivitat i les concentracions de sodi és molt similar al trobat pel magnesi, de 0,97.

4.6.4.- Potassi

Les concentracions de potassi en les dues campanyes controlades oscil·len entre 2 mg/l i 346 mg/l. També en el cas del potassi el valor màxim té el mateix ordre de magnitud que els valors corresponents a la composició de l'aigua de mar, que varien entre 267 mg/l i 500 mg/l (Custodio i Llamas, 1976).

La distribució espacial dels valors dels continguts de potassi es presenten a la fig. 25. En les dues campanyes controlades s'observa una disposició de les franges de concentració similars, de manera que els valors més elevats se situen, per una banda, en la zona litoral ocupada per la maresma i allunyada del riu la Muga, situació definida en descriure la distribució dels valors de la conductivitat. Per altra banda, en el punt P-2 (Mas Comas) s'han trobat valors relativament elevats d'aquest ió. Aquests valors elevats de la zona del Mas Comas s'interpreten com el resultat de l'impacte de l'activitat ramadera d'aquesta zona, fet que ja s'ha comentat al descriure la distribució dels continguts en nitrat de la aigua.

Aquesta influència de l'impacte de focus de contaminació local en la distribució dels valors de potassi, queda reflectit en que el coeficient de correlació entre la conductivitat elèctrica i les concentracions de potassi és de 0,77 , valor que indica que la relació entre els dos paràmetres no és del tot bona.

4.7.- DQO (Oxidabilitat al permanganat)

Els valors de la DQO mesurada com oxidabilitat al permanganat, indicadora de la quantitat total de matèria orgànica, presenten una variació entre 2 mg/l d'O₂ i 28 mg/l d'O₂. En la distribució espacial d'aquests valors, en les dues campanyes controlades, que es presenta a la fig. 25, s'observa una disposició de les franges de concentració que segueix, en general, la zonació de la salinitat, amb valors elevats a la zona litoral ocupada per la maresma i baixos a l'interior i seguint el riu la Muga. Ara bé, si s'observa de manera detallada el límit de la zona de valors superiors a 10 mg/l d'O₂, es pot comprovar com s'estén cap a l'interior fins arribar al punt F-1. De fet, el coeficient de correlació entre la conductivitat i la DQO és de 0,81, que confirma que no hi ha una relació total entre la salinitat i els valors de la DQO.

Així, si s'agafa de referència el valor de 5 mg/l d'O₂ que correspon a la concentració màxima admissible de l'oxidabilitat al permanganat per a les aigües de consum humà, s'observa com, en les dues campanyes realitzades, solament els punts situats més a l'interior presenten valors inferiors a 5 mg/l d'O₂, mentre que la resta tenen sempre continguts superiors. La distribució espacial dels valors més elevats coincideix amb les zones d'elevada salinitat i, també, en part amb la problemàtica plantejada d'ús de purins en el camps de conreu de la zona central.

Fig. 25.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de potassi i d'oxidabilitat al permanganat (DQO), a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1/35.000.

5.- Conclusions

A partir de la valoració feta dels diferents paràmetres indicadors de la qualitat de les aigües, s'obtenen les següents conclusions:

1. El control del nivell piezomètric ha reflectit que en el període d'estudi, compres entre el setembre de 1996 i l'agost de 1997, el règim de precipitacions solament ha donat lloc a un període de recàrrega a la tardor-hivern de l'any 1996. Aquest procés ha comportat variacions de la superfície piezomètrica de l'aqüífer de més d'un metre (1,3 m) a la zona interior i de 0,5 m a les proximitats del riu la Muga. Els mapes piezomètrics corresponents a cadascuna de les campanyes (fig. 4) han posat en evidència el paper que juga el riu la Muga, pel que respecte al control de la superfície piezomètrica de l'aqüífer. Quan la superfície piezomètrica presenta nivells alts el riu és efluent, provoca un drenatge de l'aqüífer i fa descendir el nivell. Quan els nivells de l'aqüífer descendeix el riu és influent, alimenta a l'aqüífer.

2. Els resultats obtinguts en el control de la qualitat de les aigües subterrànies de l'aqüífer superficial indiquen l'existència en la zona estudiada d'una gran variabilitat espacial en la composició de les aigües. Aquesta variabilitat s'interpreta com el resultat dels processos geològics que condicionen la dinàmica i l'evolució de les zones de maresma litoral. Així, la presència d'un nucli d'aigües d'elevada salinitat, amb valors de conductivitat elèctrica i concentracions de clorurs, sodi i magnesi similars a l'aigua de mar, corrobora que la dinàmica d'aquestes zones va lligada a la interacció entre l'aigua salada del mar i l'aigua dolça del continent.

3. La coincidència en la ubicació de les zones d'elevada salinitat de les aigües subterrànies i la zona de maresma permet suposar un mecanisme natural de salinització de les aigües de l'aqüífer (Bach, 1990), de manera que les sals que procedents del mar entren al continent, s'incorporen al sediment a partir de l'evaporació, i tenen el rentat vertical com a única via de tornada cap a l'aigua de la zona saturada i d'aquesta cap al mar, molt lentament ja que el gradient d'aquestes zones costaneres és molt baix. El nucli d'aigua d'elevada salinitat se situa en la zona litoral relativament allunyat de la influència del riu la Muga i sota la zona de maresma actual, sotmesa a una dinàmica d'entrada d'aigua de mar en els temporals de llevant.

4. La dinàmica estacional a la que està sotmesa aquesta zona, respecte al règim hídric, dóna lloc a unes relatives variacions en la composició de les aigües. Per una banda, l'entrada d'aigües continentals que ocasionen un ascens del nivell piezomètric, comporta una disminució del grau de salinitat de les aigües subterrànies, des del continent cap al mar; i també, un augment del flux de l'aqüífer cap al mar. Per altra banda, la manca d'aports continentals lligada a l'elevada evapotranspiració estiuenca comporta el descens del nivell piezomètric i un augment del grau de salinitat de les aigües sota la zona de maresma i zones de baixa permeabilitat.

5. A més de la salinitat pròpia de les relacions entre l'aigua salada del mar i l'aigua dolça, que correspon en la majoria de casos a la mineralització més important de l'aigua, s'han detectat altres processos que afecten a la qualitat de les aigües i que es superposen a aquest. En primer lloc, cal considerar l'activitat de microorganismes que s'evidencia en l'augment important de les concentracions de bicarbonat que poden ser superiors a 1.000 mg/l. En aquest cas, es tracta de l'activitat d'organismes heteròtrofs que dóna lloc a l'augment de la pressió del CO_2 i per tant de l'alcalinitat. Les variacions espacials de les concentracions de bicarbonats suggereixen una variació de la matèria orgànica disponible per part dels microorganismes, que podria estar relacionada amb les característiques texturals dels sediments i en l'aportació d'aigües riques en matèria orgànica en l'entorn de les zones d'utilització de purins com a adobs. L'activitat dels microorganismes podria, també, ser la causa de les variacions en les concentracions de sulfats fruit d'un procés de reducció dels sulfats.

6. L'activitat dels microorganismes controla, també, la distribució dels nutrients a les aigües subterrànies. Així, l'entrada d'aigües al sistema amb uns potencial d'oxidació-reducció relativament alts marca un estadi de continguts baixos de nitrogen a l'aigua. Per contra, s'interpreta que, a mida que l'activitat dels microorganismes s'incrementa, quan hi ha una manca d'arribada d'aigües al sistema, es produeix una mineralització del nitrogen orgànic a ió amoni, com a forma més estable als nivells de potencial d'oxidació-reducció que té en aquesta situació l'aigua. La zona de concentracions més elevades d'amoni coincideix amb l'entorn del punt F-1, on s'ha comprovat la utilització de purins com a adobs i en l'entorn del Mas Comas, utilitzat com a explotació ramadera. Les concentracions de nitrats i nitrats corresponent a valors molt baixos que indiquen que en les condicions de potencials d'oxidació-reducció relativament baixos aquestes formes són inestables i es transformen per desnitrificació a nitrogen gasós. Solament es detecta algun valor mesurable en alguna zona que presenta puntualment focus de nitrogen.

7. En conjunt, la qualitat de les aigües subterrànies de l'aquífer superficial de la zona estudiada presenta una variabilitat molt gran del grau de salinitat fruit d'un procés natural d'interacció aigua dolça - aigua salada en aquests medis de maresma litoral i, superposada a aquesta, una variabilitat de composició sobretot dels nutrients i de l'alcalinitat lligada amb l'activitat dels microorganismes com a resposta a la dinàmica del sistema i a l'existència de focus puntuals d'impacte: activitats agrícoles i ramaderes.

8. Els canvis constatats en la composició química de les aigües com a conseqüència d'impactes deguts a l'activitat humana fan aconsellable el control de les àrees d'aiguamolls construïts (SAC) i de les zones inundades (estany del Cortalet i altres a determinar), per tal de seguir els canvis que puguin ocasionar en les aigües subterrànies. A partir de l'experiència obtinguda caldria contemplar una freqüència mínima de mostreig trimestral, per tal de poder obtenir la variació estacional relacionada amb els episodis de recàrrega de l'aquífer. Respecte a la xarxa espacial de punts caldria redefinir-la a partir de la nova ubicació de les zones escollides com a SAC i com a zones de distribució final de les aigües tractades.

Referències bibliogràfiques

Bach, J. (1986-87). Sedimentación holocena en el litoral emergido de "L'Alt Empordà" (NE de Catalunya). *Acta Geológica Hispánica*, t. 21-22, pàgs. 195-203.

Bach, J. (1990). *L'Ambient hidrogeològic de la plana litoral de l'Alt Empordà (NE. Catalunya)*. Tesis doctoral, Univ. Autònoma de Barcelona. 464 pp.

Custodio, E.; Llamas, M.R. (1976). *Hidrología subterránea*. Ed Omega. Barcelona.

McCauley, J.D. (1995). *Spatial analysis of sensor data for site specific farming*. Ph. D. in Engineering. Purdue University.

Mujeriego, R.; García, J. (1997). *Avaluació de la Qualitat Bacteriològica de les Aigües Superficials i Subterrànies del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*. Consorci de la Costa Brava.

Mitasova, H. & J. Hofierka (1993). Interpolation by regularized spline with tension: II: Application to terrain modeling and surface geometry analysis. *Mathematical Geology*, 25: 657-669.

Salvador, V. (1997). *Avaluació de la Qualitat Química de les Aigües Superficials, Subterrànies, Sediments i Peixos del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*. Consorci de la Costa Brava.

Annex 1.-Fitxes individuals de les característiques de cadascun dels punts de la xarxa de control

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

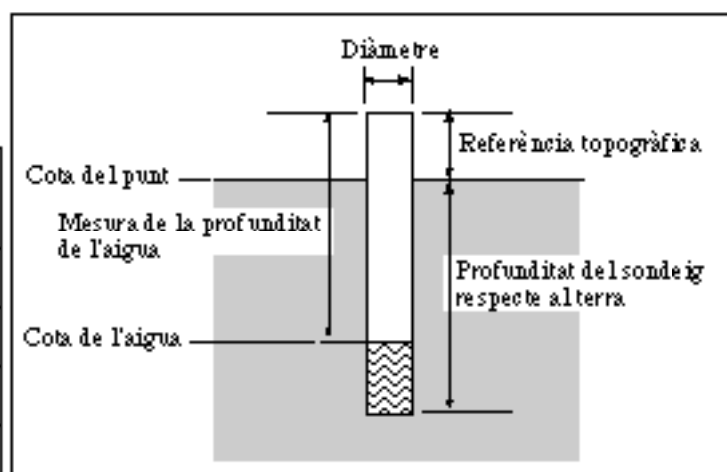
N. referència: C-01
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies Mas Comas

Coordenades UTM X: 508.493
UTM Y: 4.676.008
Cota, m.s.n.m.: 1,34

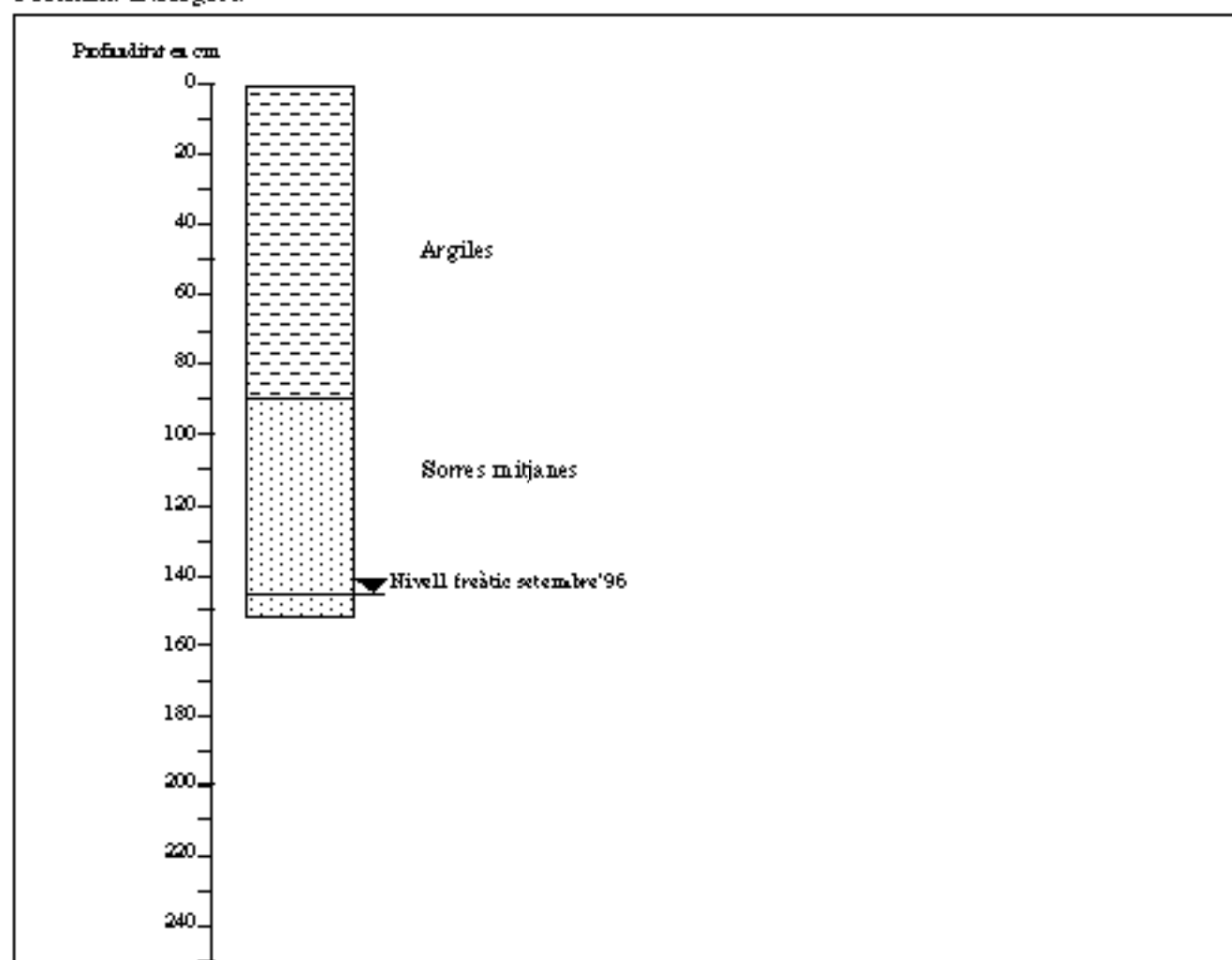
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,50

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,08	-0,09
2a Campanya	0,09	1,18
3a Campanya	0,09	0,30
4a Campanya	0,09	0,14



Columna litològica



Data inventari: 1/10/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

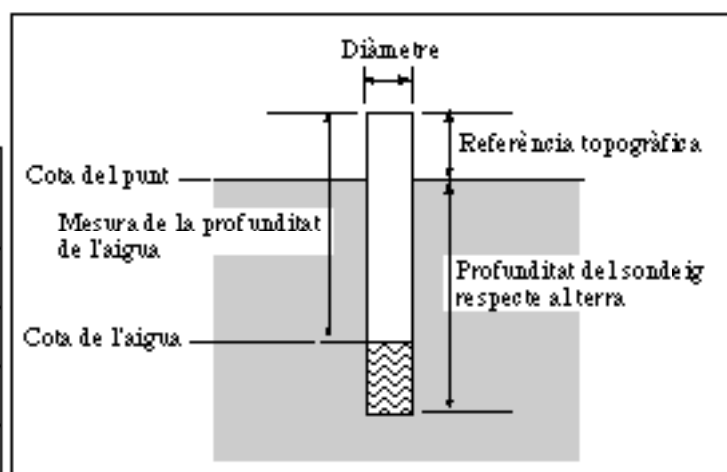
N. referència: D-1
 Tipus de punt: Piezòmetre manual
 Toponímia: rodalies del camí de Can Comas a la platja

Coordenades UTM X: 509.071
 UTM Y: 4.675.825
 Cota, m.s.n.m.: 1,15

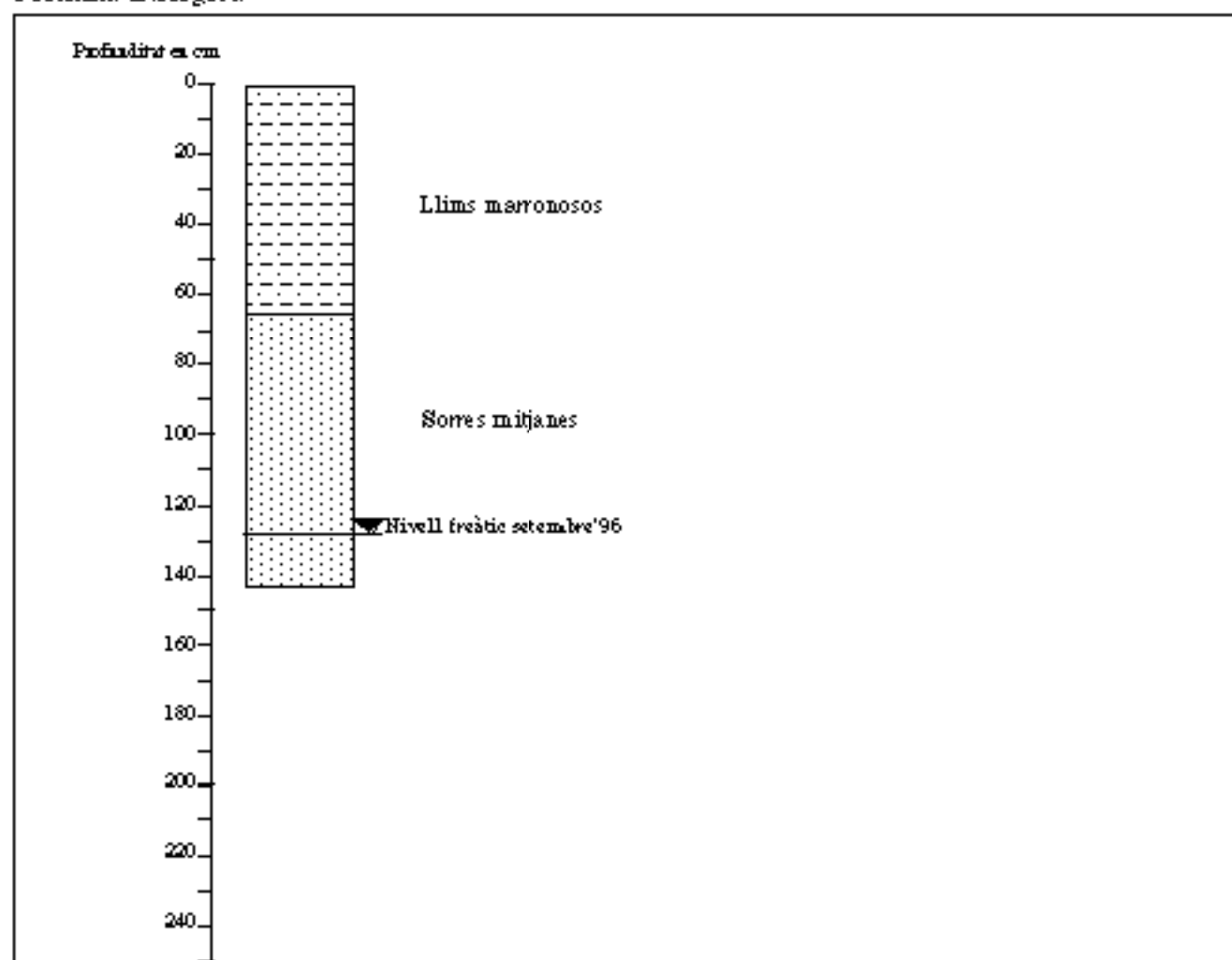
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
 Profunditat respecte al terra, m.: 1,42

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,14	-0,12
2a Campanya	0,14	1,02
3a Campanya	0,14	0,19
4a Campanya	0,14	0,08



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

N. referència: D-2

Tipus de punt: Piezòmetre manual

Toponímia: rodalies del camí de Can Comas a la platja

Coordenades UTM X: 509.280

UTM Y: 4.675.642

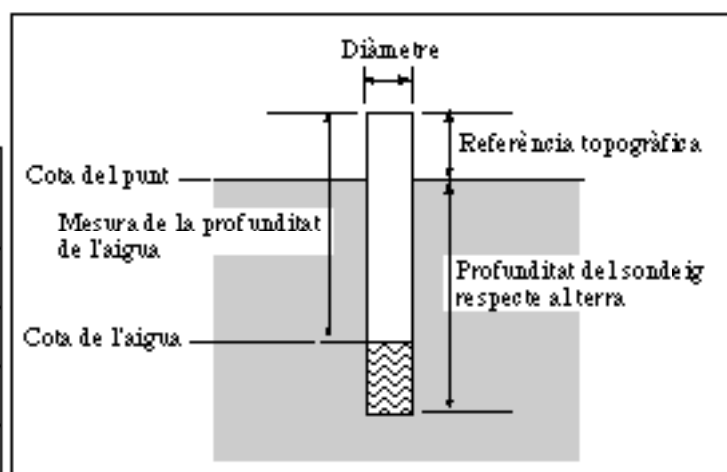
Cota, m.s.n.m.: 0,88

Característiques

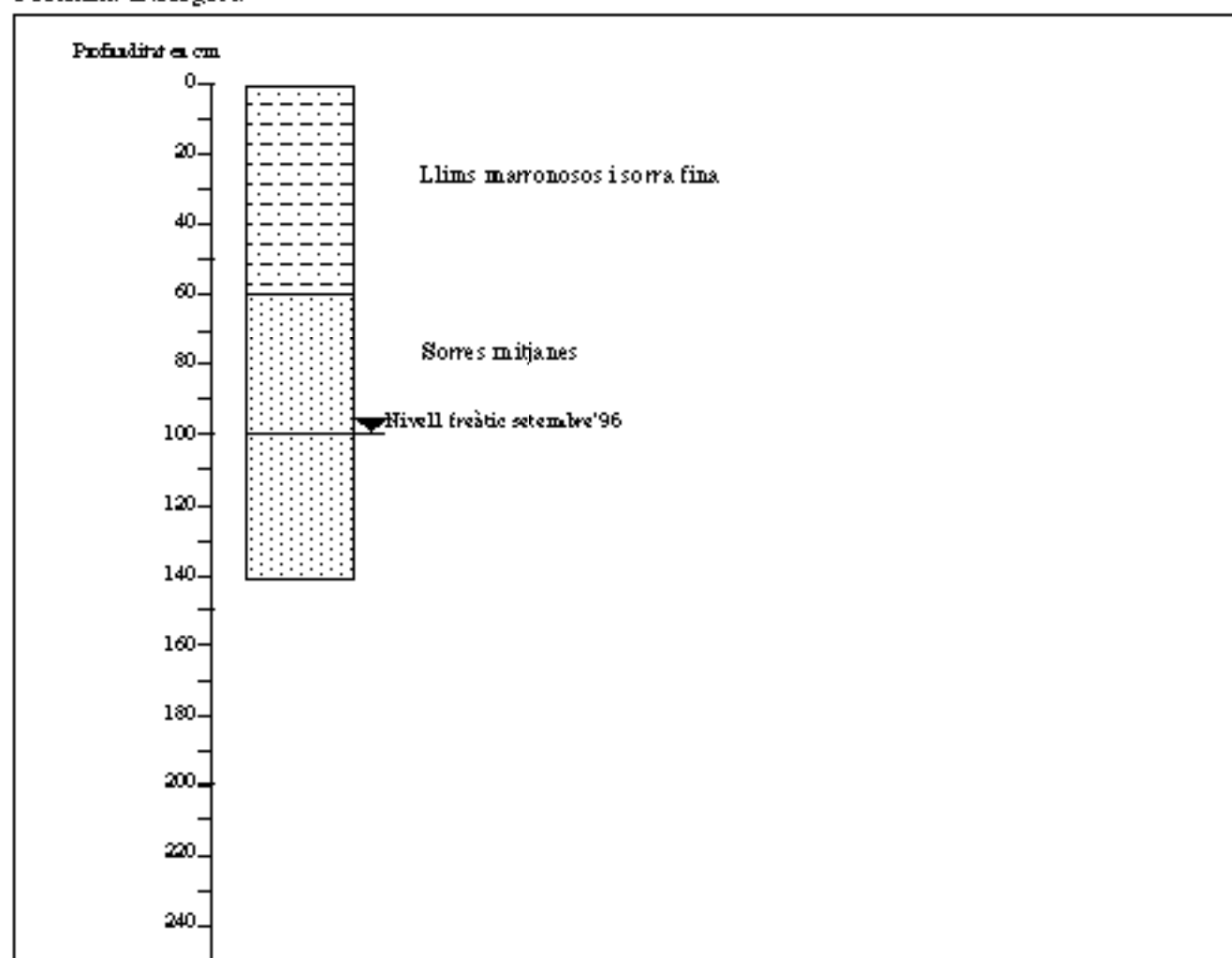
Diàmetre, mm.: 75

Profunditat respecte al terra, m.: 1,40

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,355	-0,12
2a Campanya	0,355	1,175
3a Campanya	0,35	0,195
4a Campanya	0,365	0,065



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

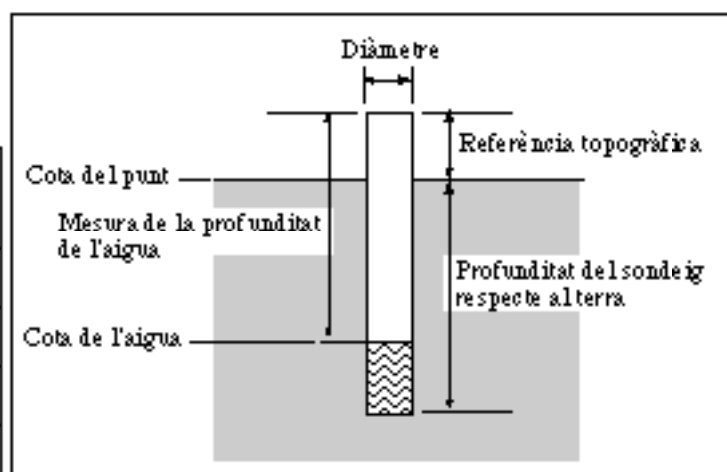
N. referència: D-3
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies del camí de Can Comas a la platja

Coordenades UTM X: 509.473
UTM Y: 4.675.524
Cota, m.s.n.m.: 0,84

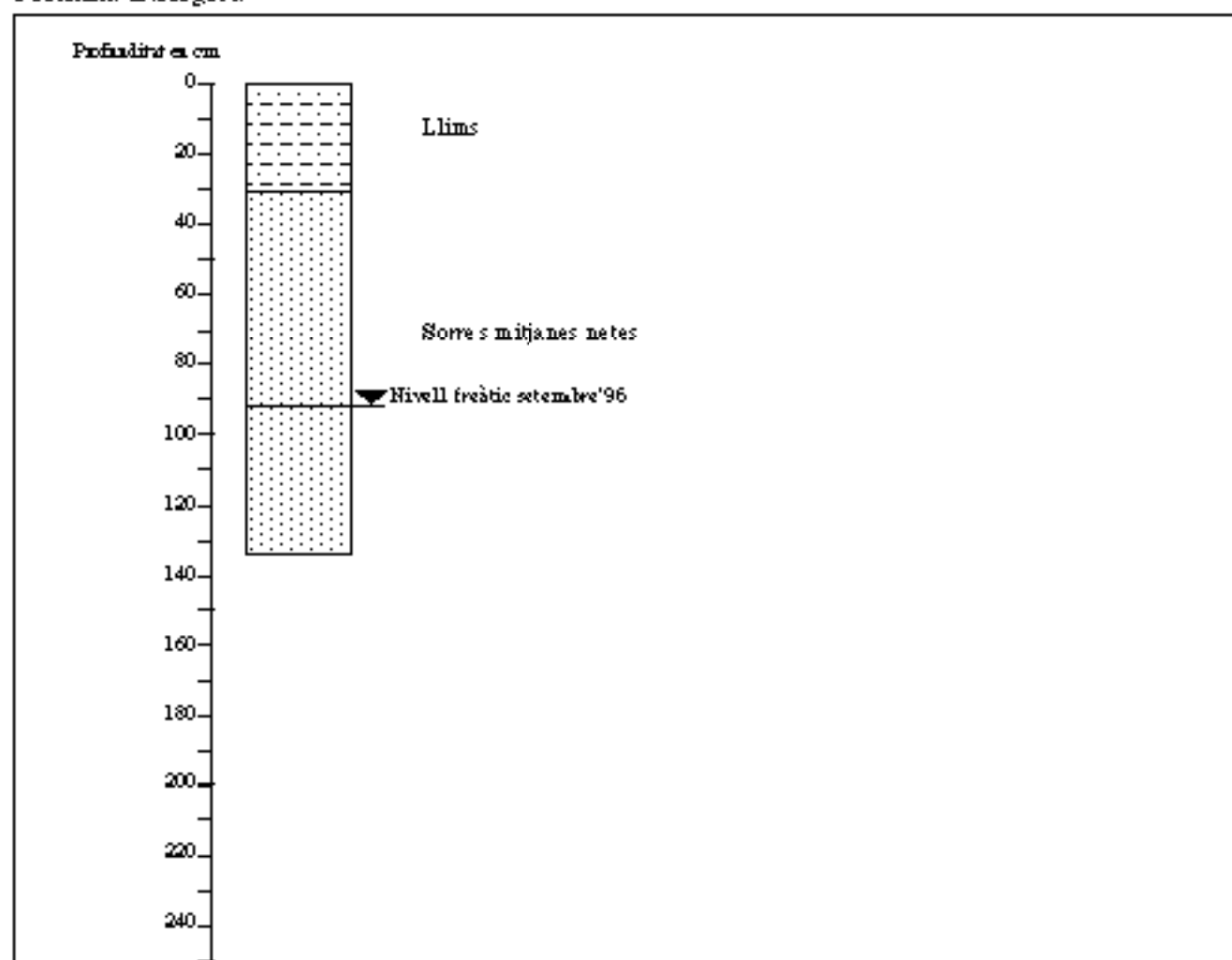
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,33

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,16	-0,08
2a Campanya	0,16	0,92
3a Campanya	0,16	0,19
4a Campanya	0,16	0,005



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

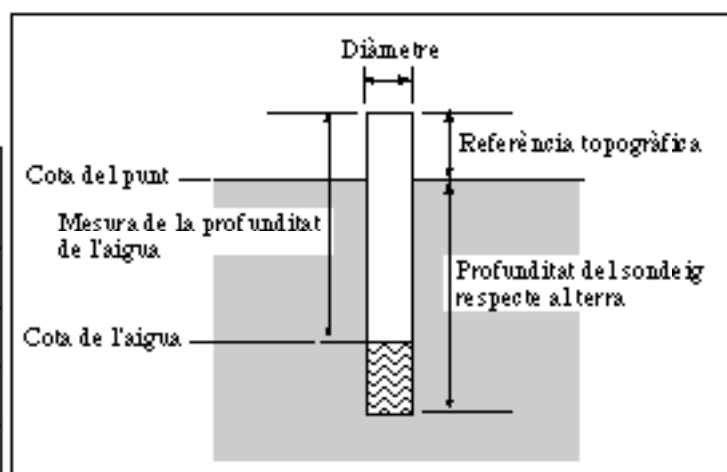
N. referència: D-4
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: darrera la platja

Coordenades UTM X: 509.830
UTM Y: 4.675.590
Cota, m.s.n.m.: 1,02

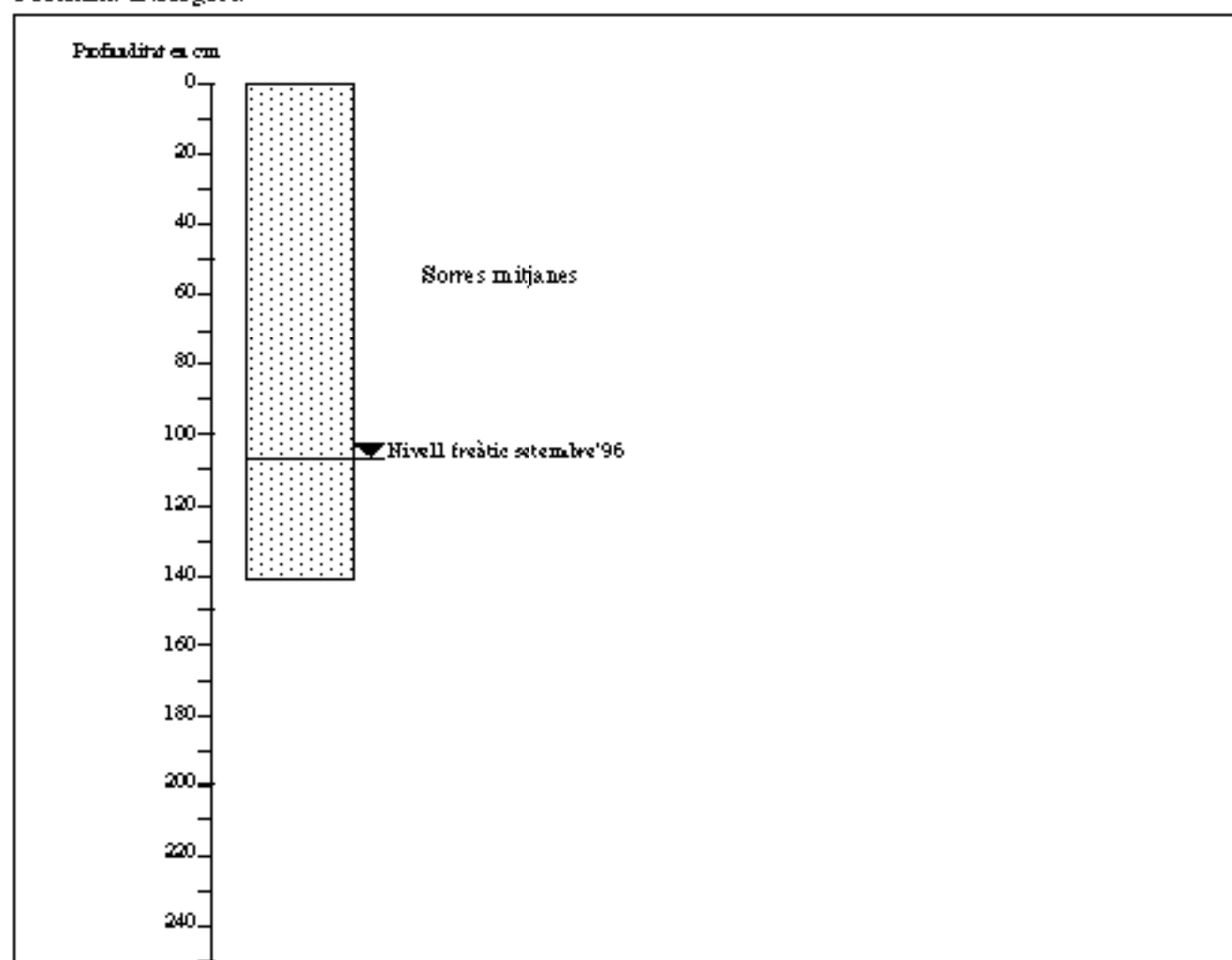
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,40

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,205	-0,03
2a Campanya	0,21	0,765
3a Campanya	0,11	0,33
4a Campanya	0,105	0,095



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

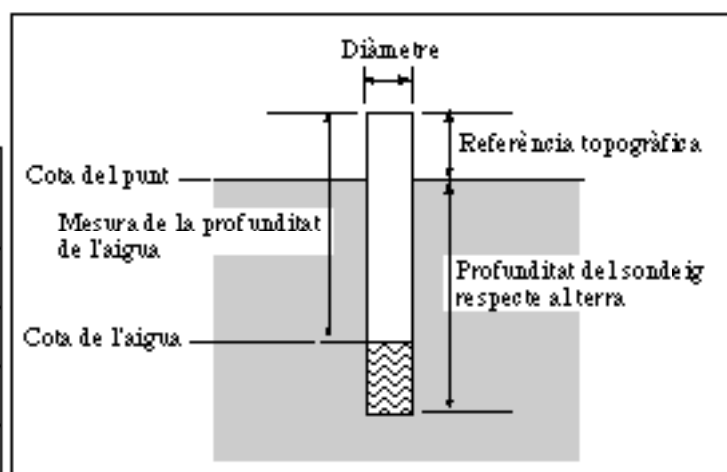
N. referència: E-1
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies EDAR

Coordenades UTM X: 508.854
UTM Y: 4.676.459
Cota, m.s.n.m.: 1,53

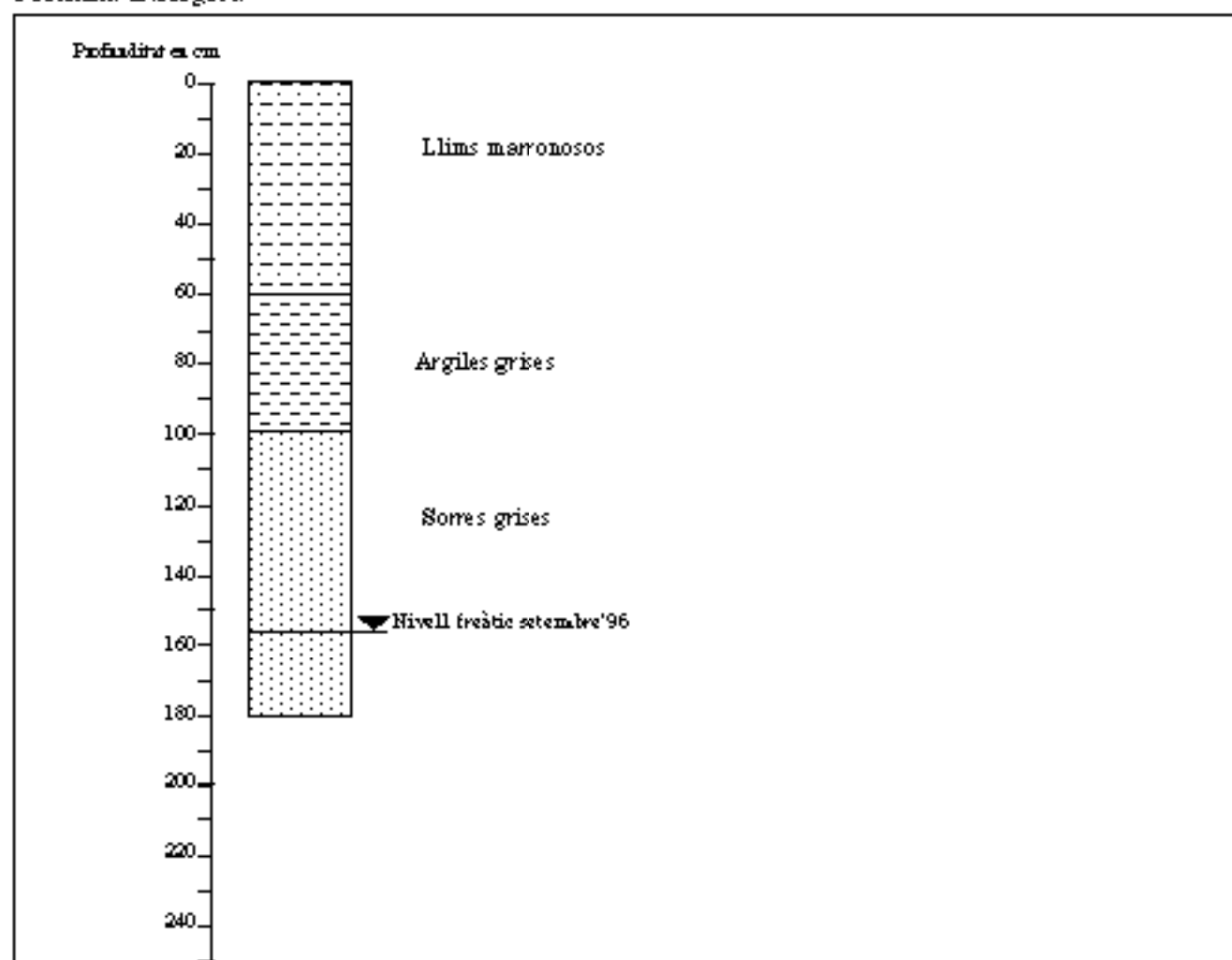
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,80

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,08	-0,19
2a Campanya	0,0	1,09
3a Campanya	0,0	0,32
4a Campanya	0,0	0,045



Columna litològica



Data inventari: 30/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

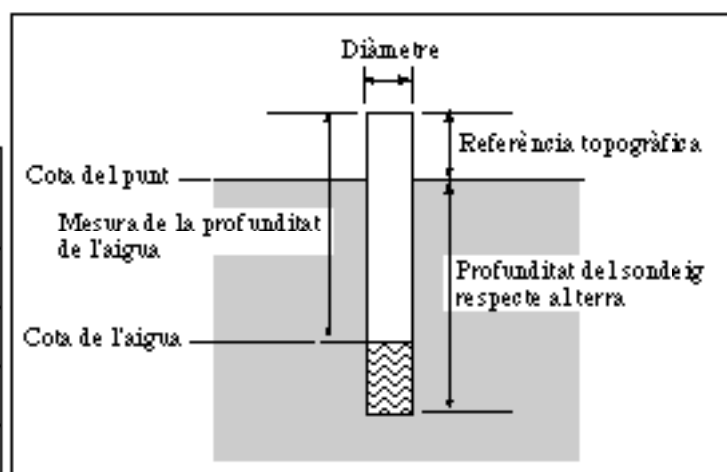
N. referència: E-2
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: acabament de la tanca del Parc

Coordenades UTM X: 509.131
UTM Y: 4.676.200
Cota, m.s.n.m.: 0,94

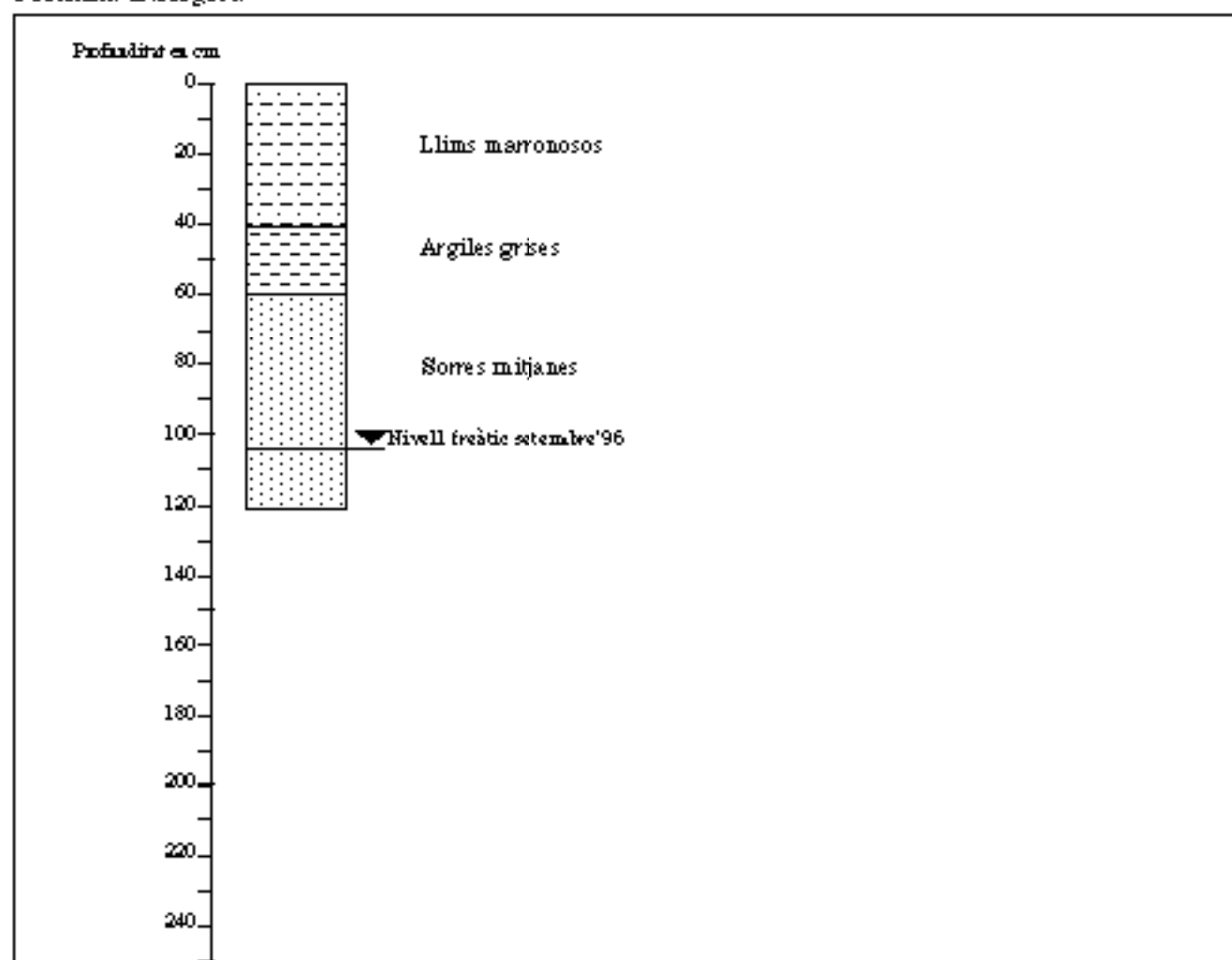
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,20

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,18	-0,09
2a Campanya	0,17	0,915
3a Campanya	0,18	0,19
4a Campanya	0,17	0,035



Columna litològica



Data inventari: 30/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

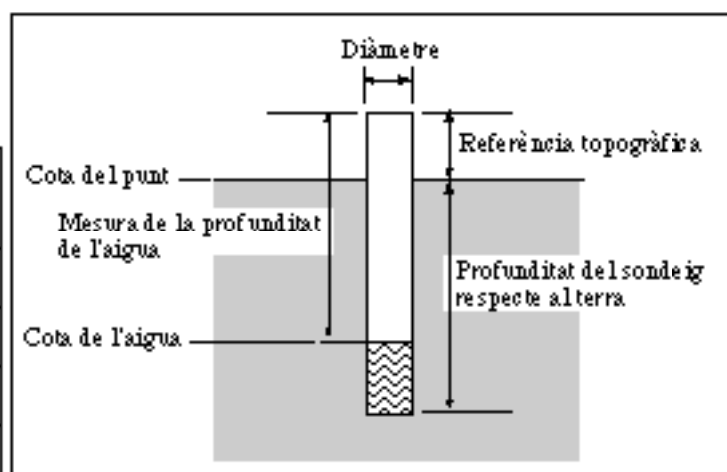
N. referència: E-3
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies estany d'en Túries

Coordenades UTM X: 509.346
UTM Y: 4.676.097
Cota, m.s.n.m.: 1,07

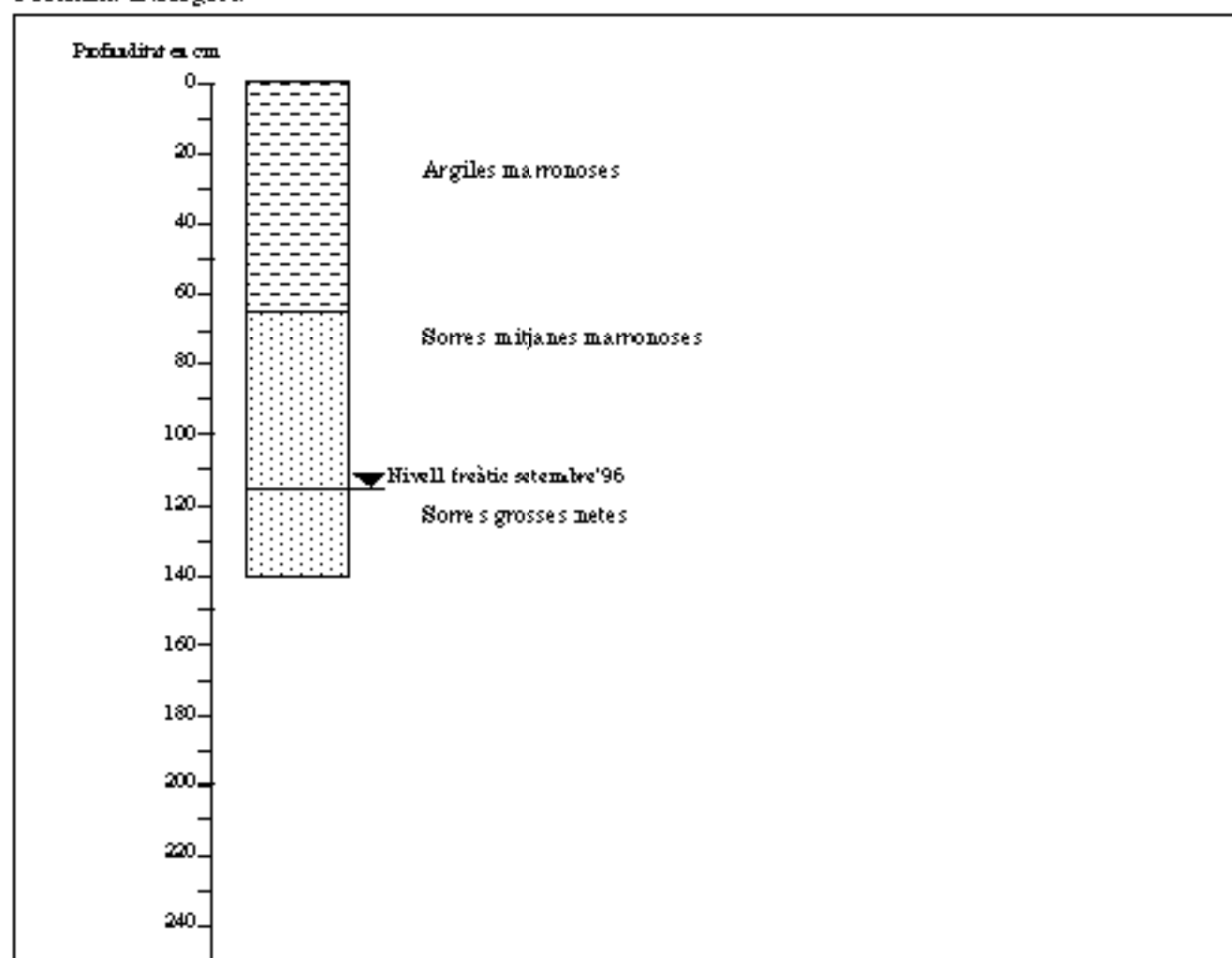
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,40

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,10	-0,08
2a Campanya	0,10	0,85
3a Campanya	0,10	0,16
4a Campanya	0,10	0,02



Columna litològica



Data inventari: 30/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

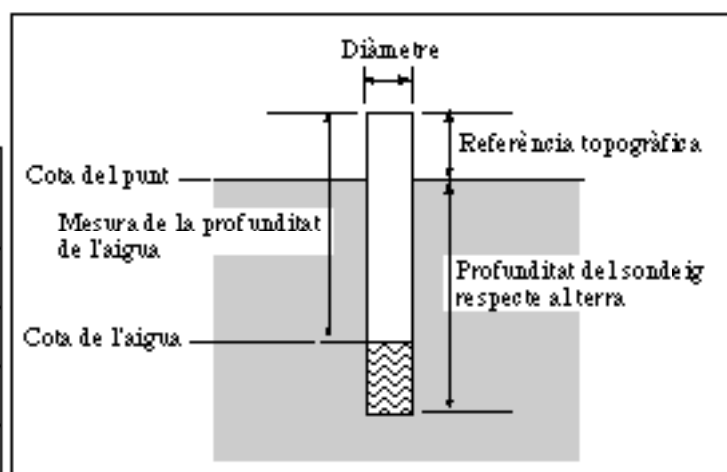
N. referència: E-4
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies estany d'en Túries

Coordenades UTM X: 509.660
UTM Y: 4.676.031
Cota, m.s.n.m.: 0,83

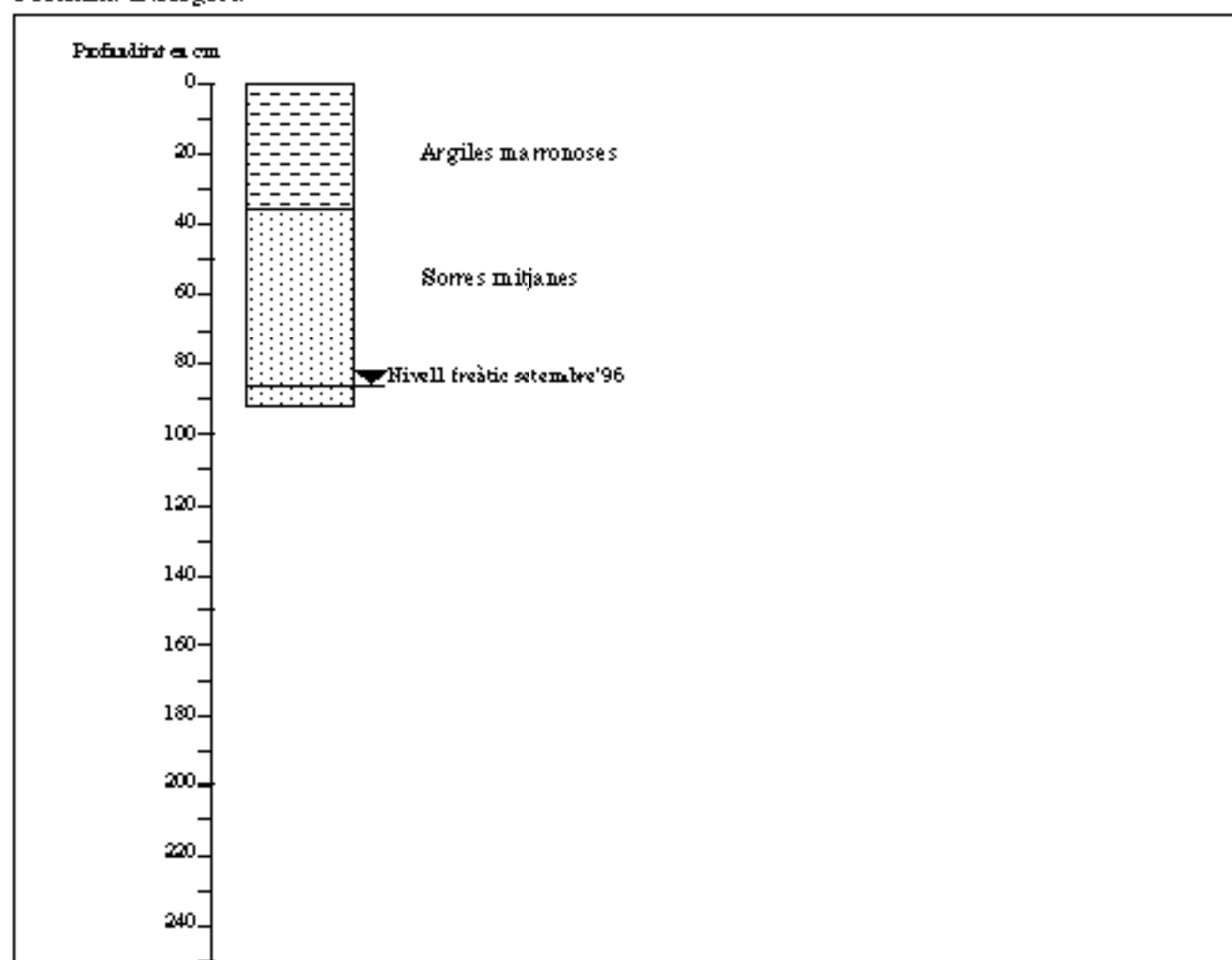
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 0,91

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,12	-0,04
2a Campanya	0,11	0,81
3a Campanya	0,11	0,15
4a Campanya	0,11	-0,05



Columna litològica



Data inventari: 30/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

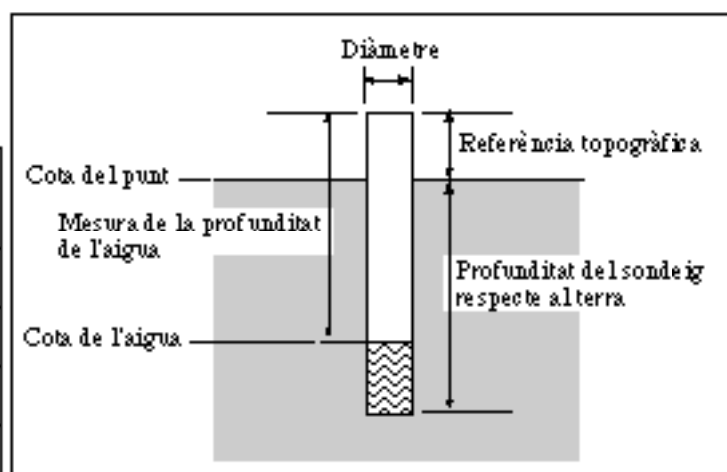
N. referència: E-5
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies de la platja, davant estany d'en Túries

Coordenades UTM X: 509.920
UTM Y: 4.675.590
Cota, m.s.n.m.: 0,72

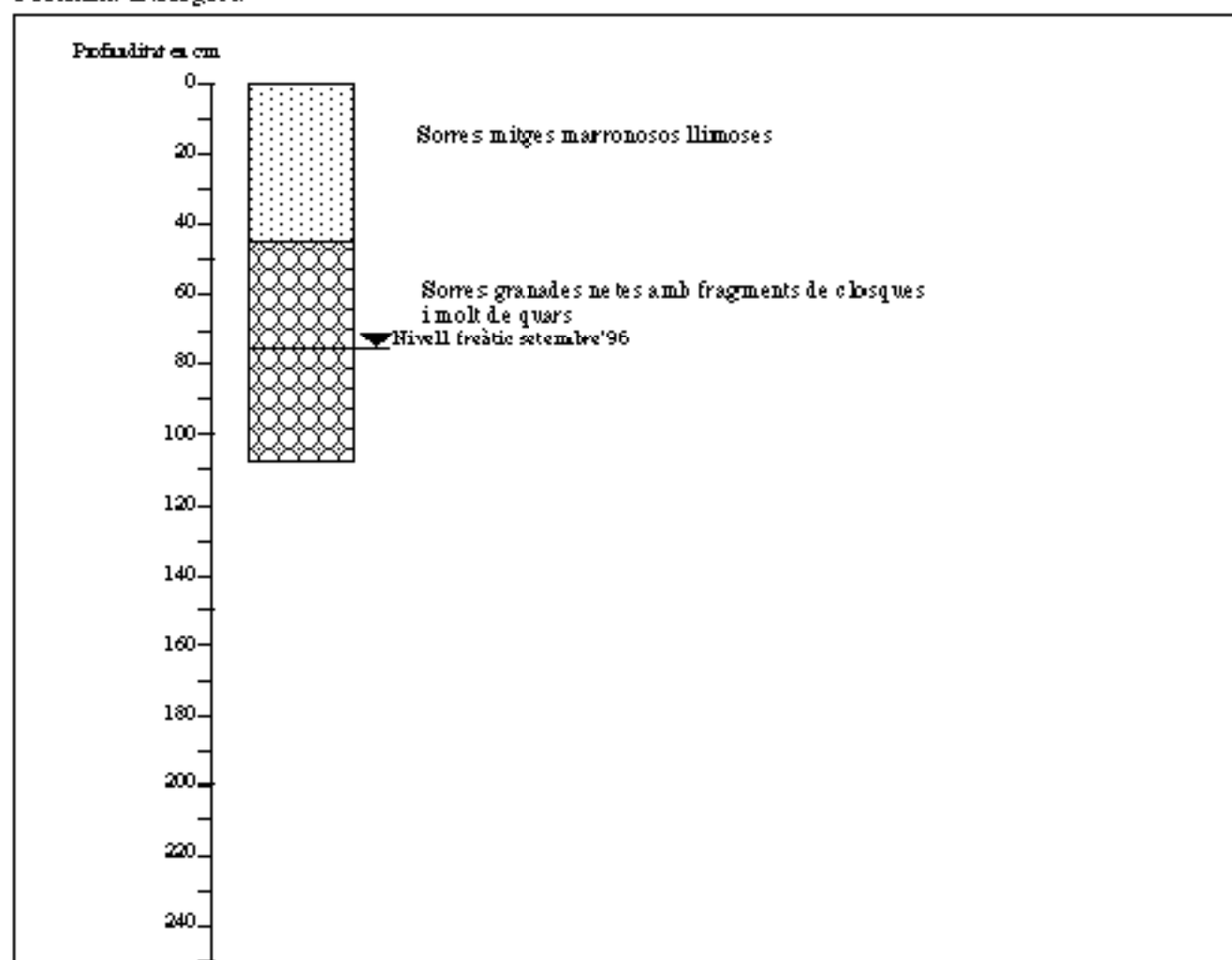
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,10

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,115	-0,055
2a Campanya	0,11	0,78
3a Campanya	0,11	0,195
4a Campanya	0,105	-0,03



Columna litològica



Data inventari 1/10/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

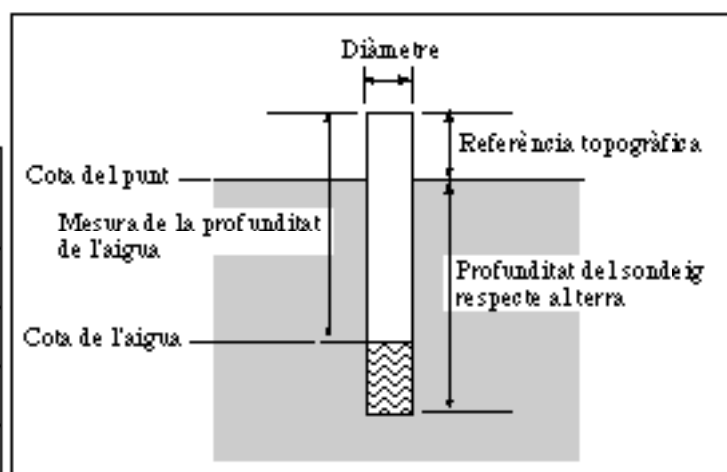
N. referència: F-1
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies EDAR

Coordenades UTM X: 508.854
UTM Y: 4.676.816
Cota, m.s.n.m.: 1,805

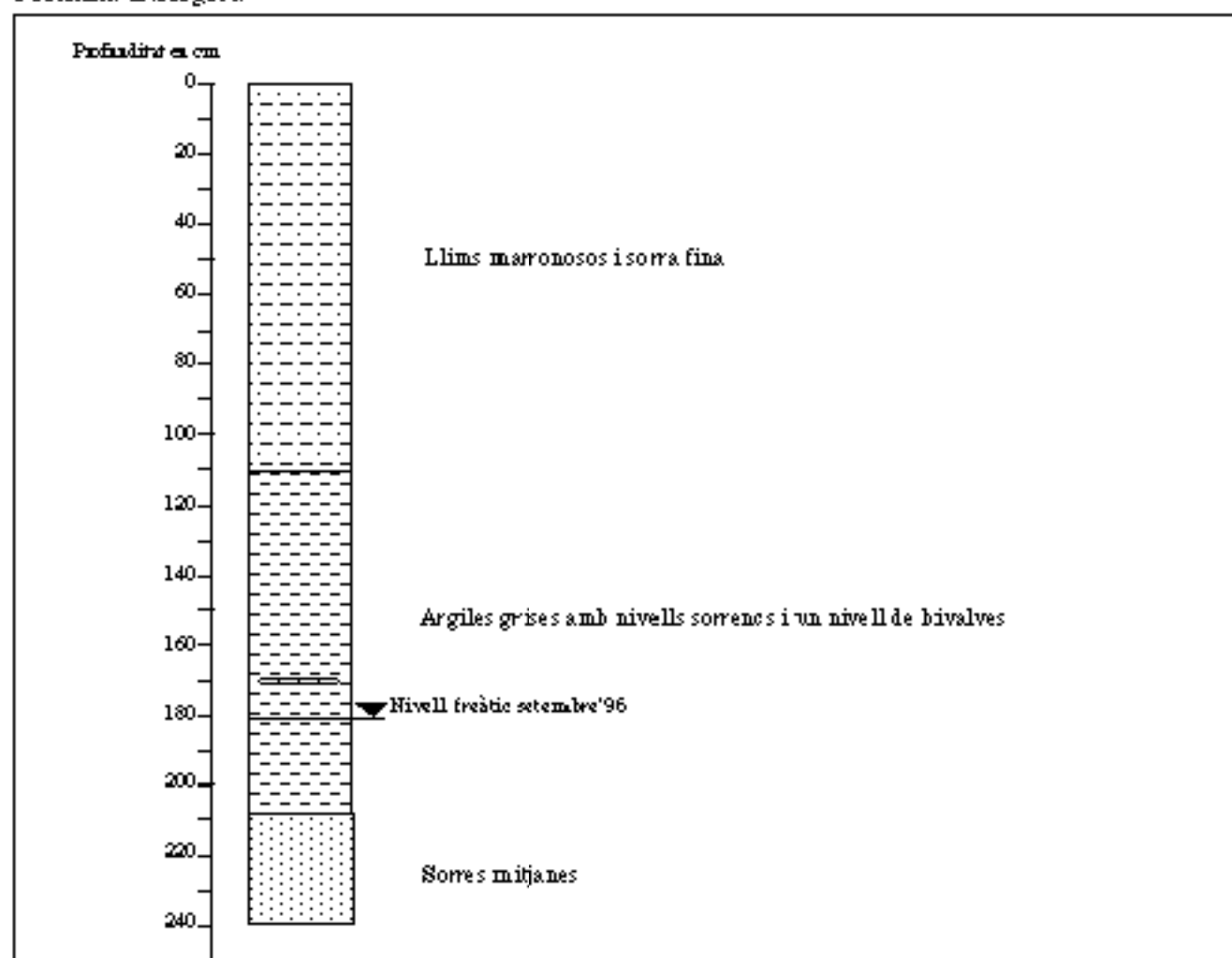
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 2,50

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,13	0,165
2a Campanya	0,14	0,795
3a Campanya	0,145	0,43
4a Campanya	0,0	0,415



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

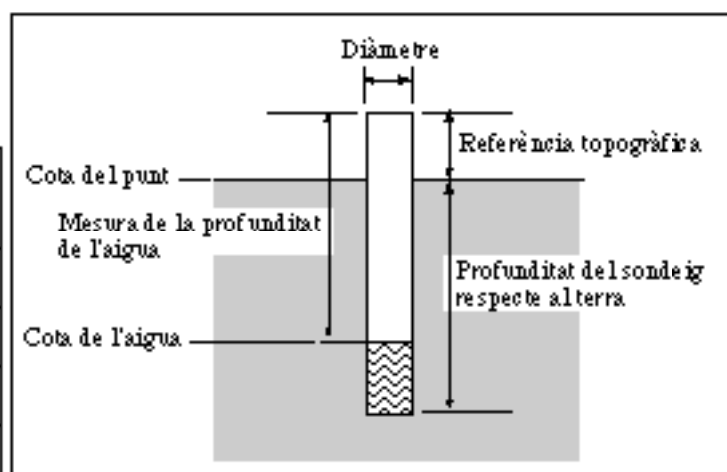
N. referència: F-2
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies de l'antic Mas Túries

Coordenades UTM X: 509.217
UTM Y: 4.676.580
Cota, m.s.n.m.: 1,575

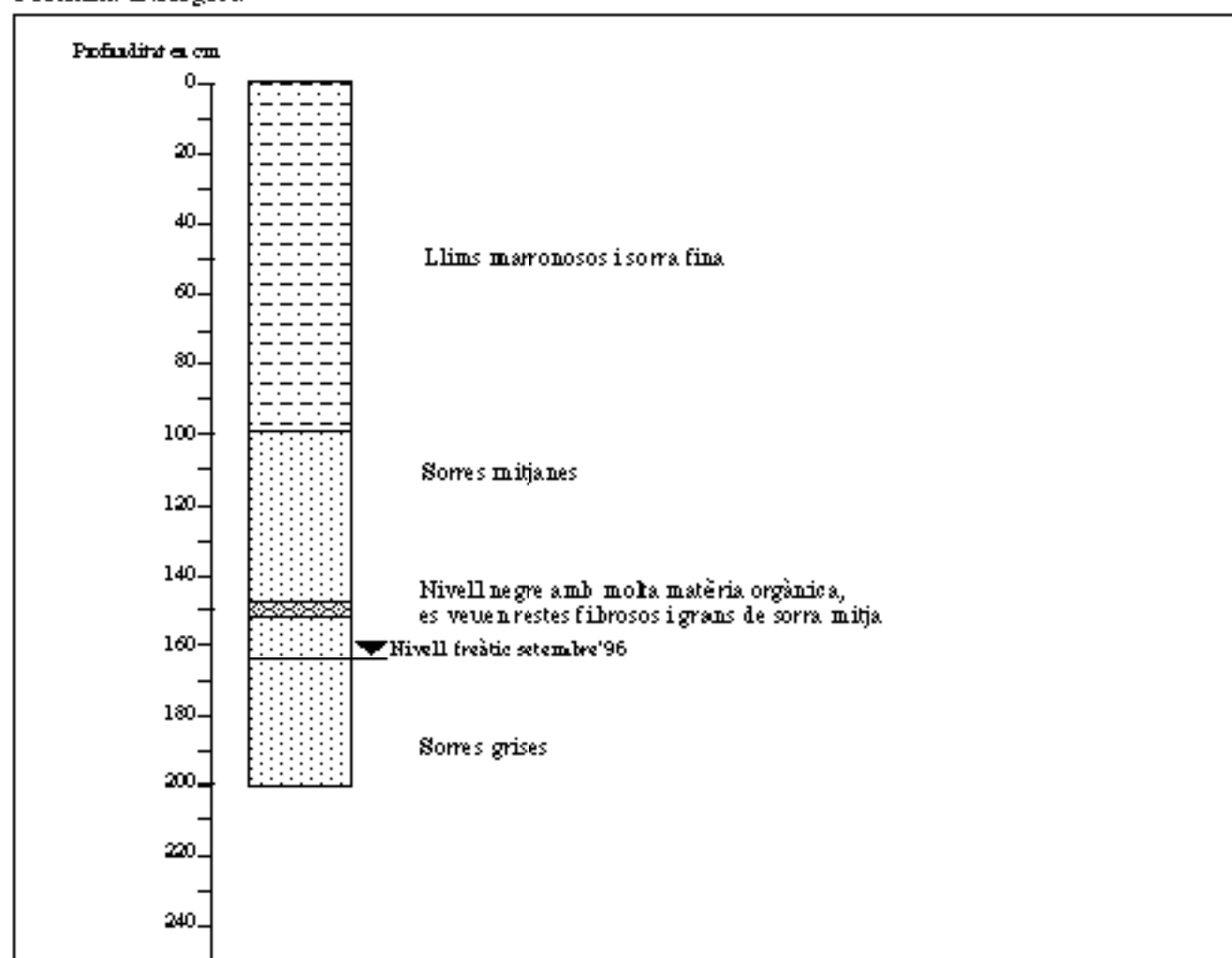
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 2,00

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,085	0,03
2a Campanya	0,09	0,765
3a Campanya	0,095	0,265
4a Campanya	-	-



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

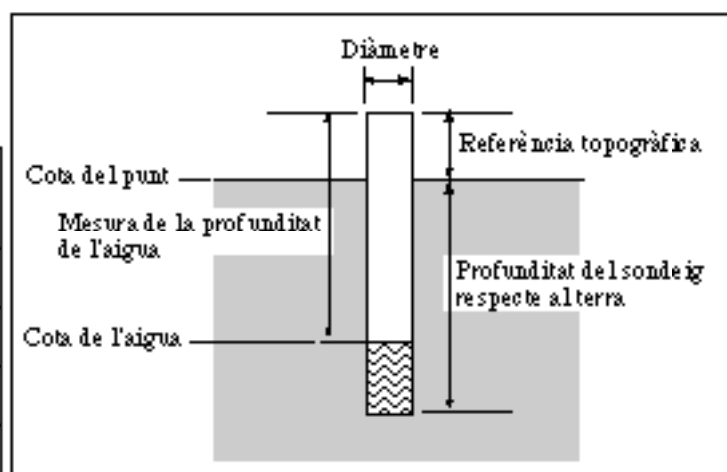
N. referència: F-3
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies Mas Túries

Coordenades UTM X: 509.507
UTM Y: 4.676.399
Cota, m.s.n.m.: 1,25

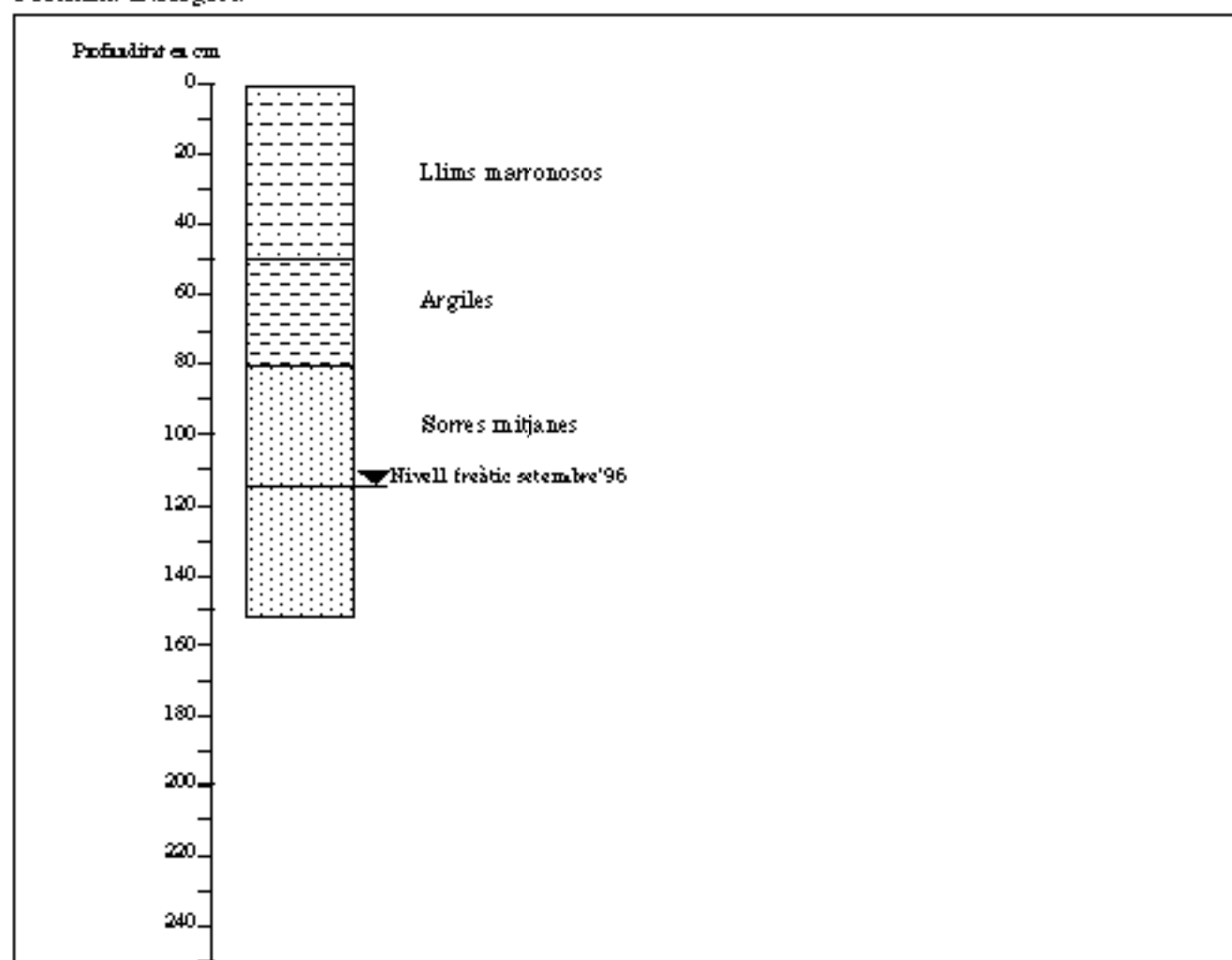
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,50

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,245	0,045
2a Campanya	0,21	0,73
3a Campanya	0,21	0,27
4a Campanya	0,22	0,03



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

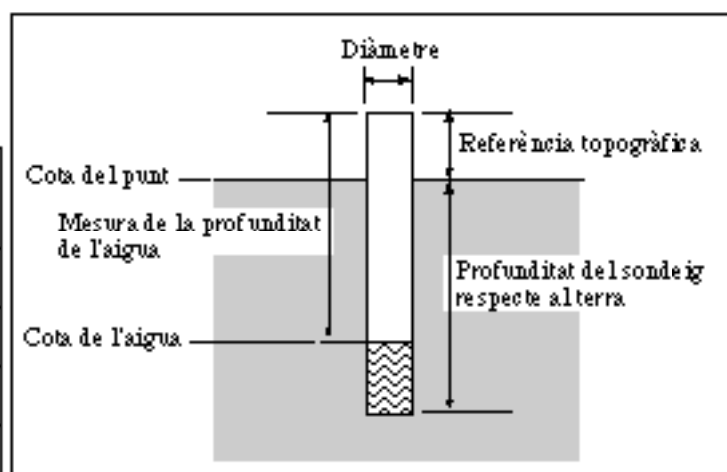
N. referència: F-4
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies Camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.757
UTM Y: 4.676.255
Cota, m.s.n.m.: 1,305

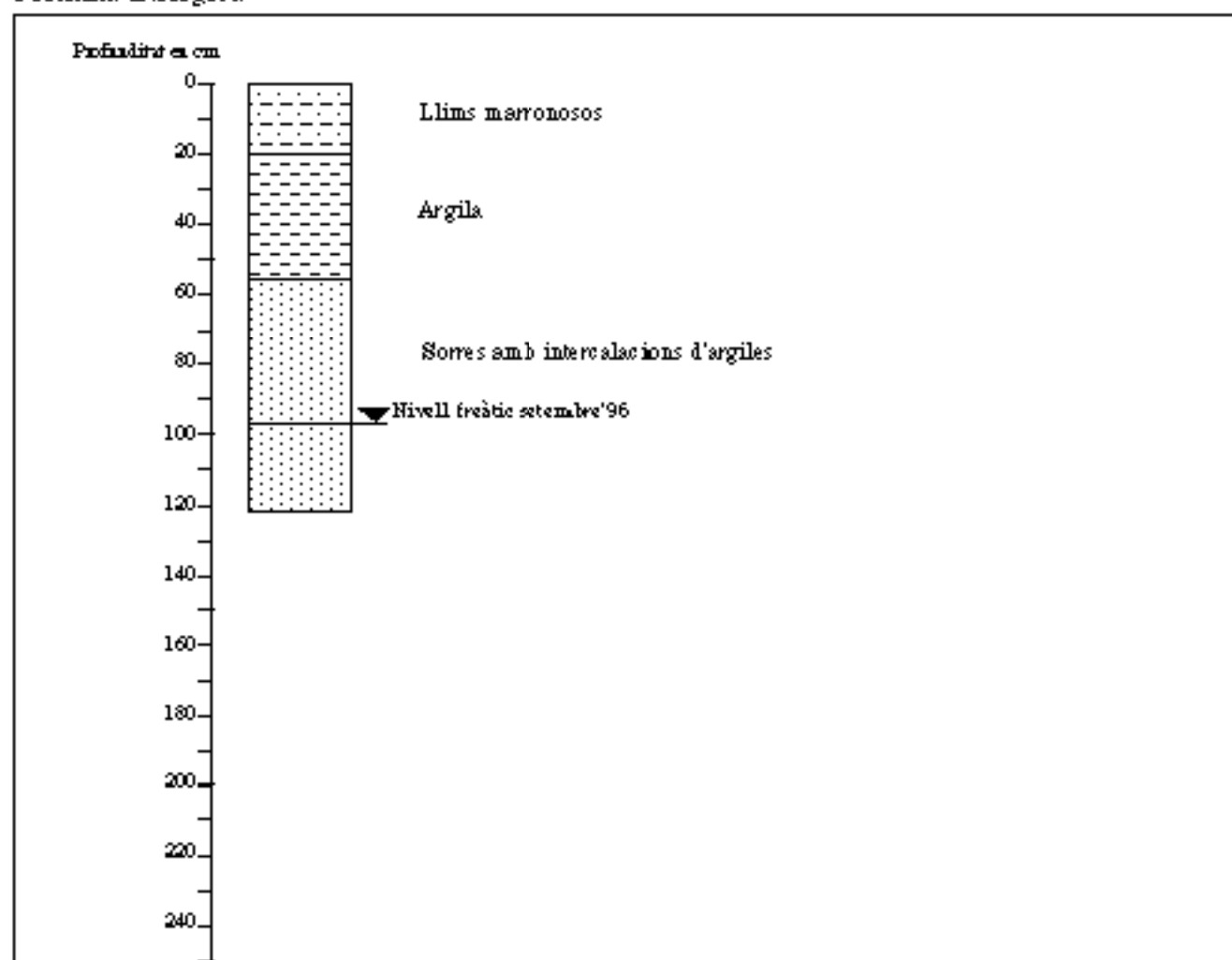
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,20

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,035	0,115
2a Campanya	0,035	0,695
3a Campanya	0,035	0,25
4a Campanya	0,04	0,035



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

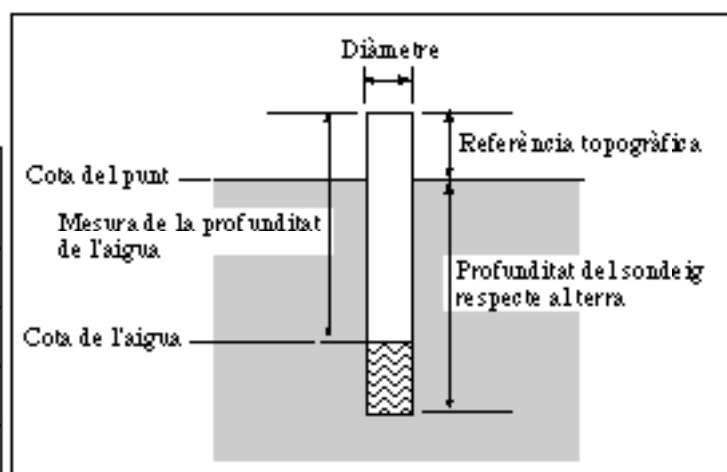
N. referència: F-5
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: rodalies camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.921
UTM Y: 4.675.905
Cota, m.s.n.m.: 0,85

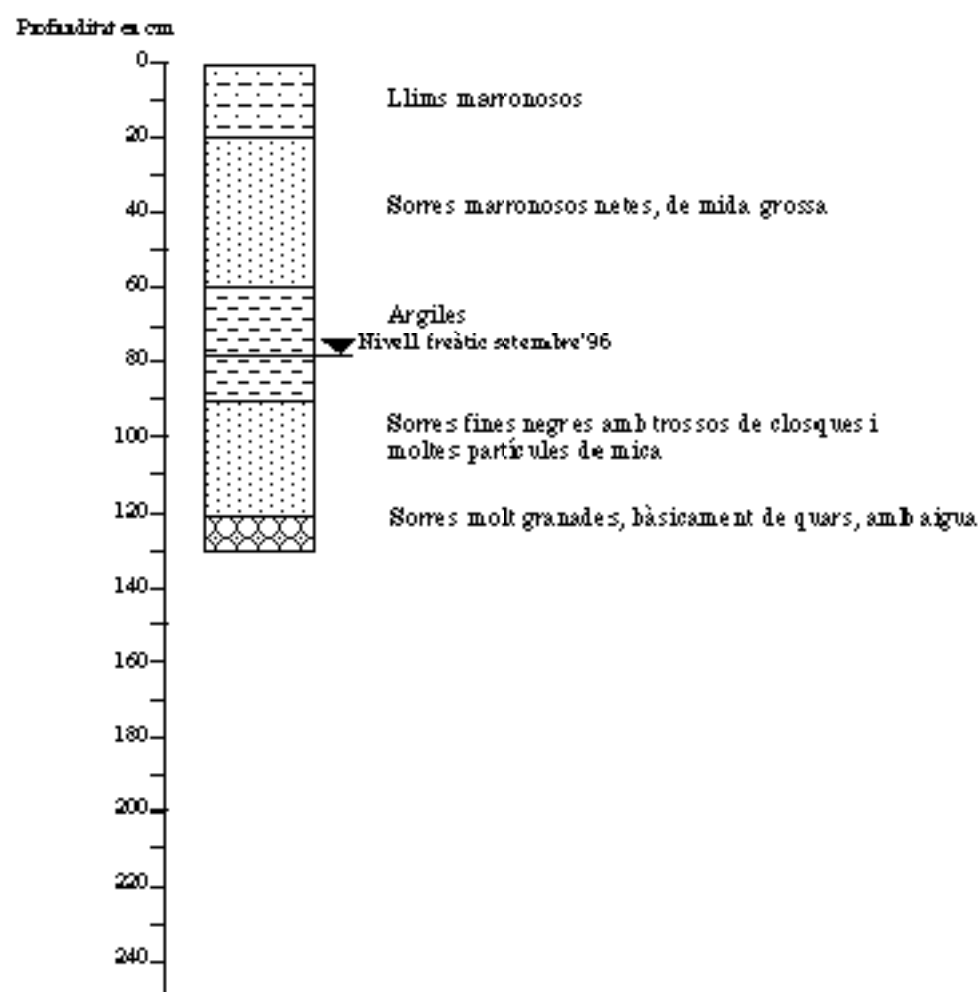
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,30

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,16	0,115
2a Campanya	0,16	0,81
3a Campanya	0,17	0,23
4a Campanya	0,17	0,03



Columna litològica



Data inventari: 30/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

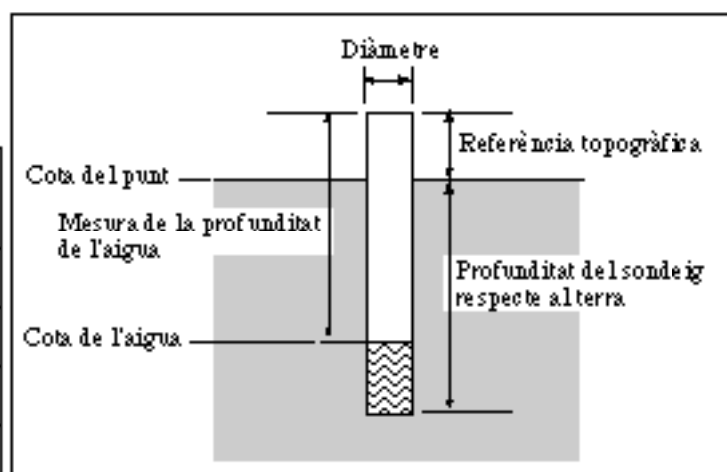
N. referència: G-1
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: Carretera Camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.185
UTM Y: 4.676.844
Cota, m.s.n.m.: 1,94

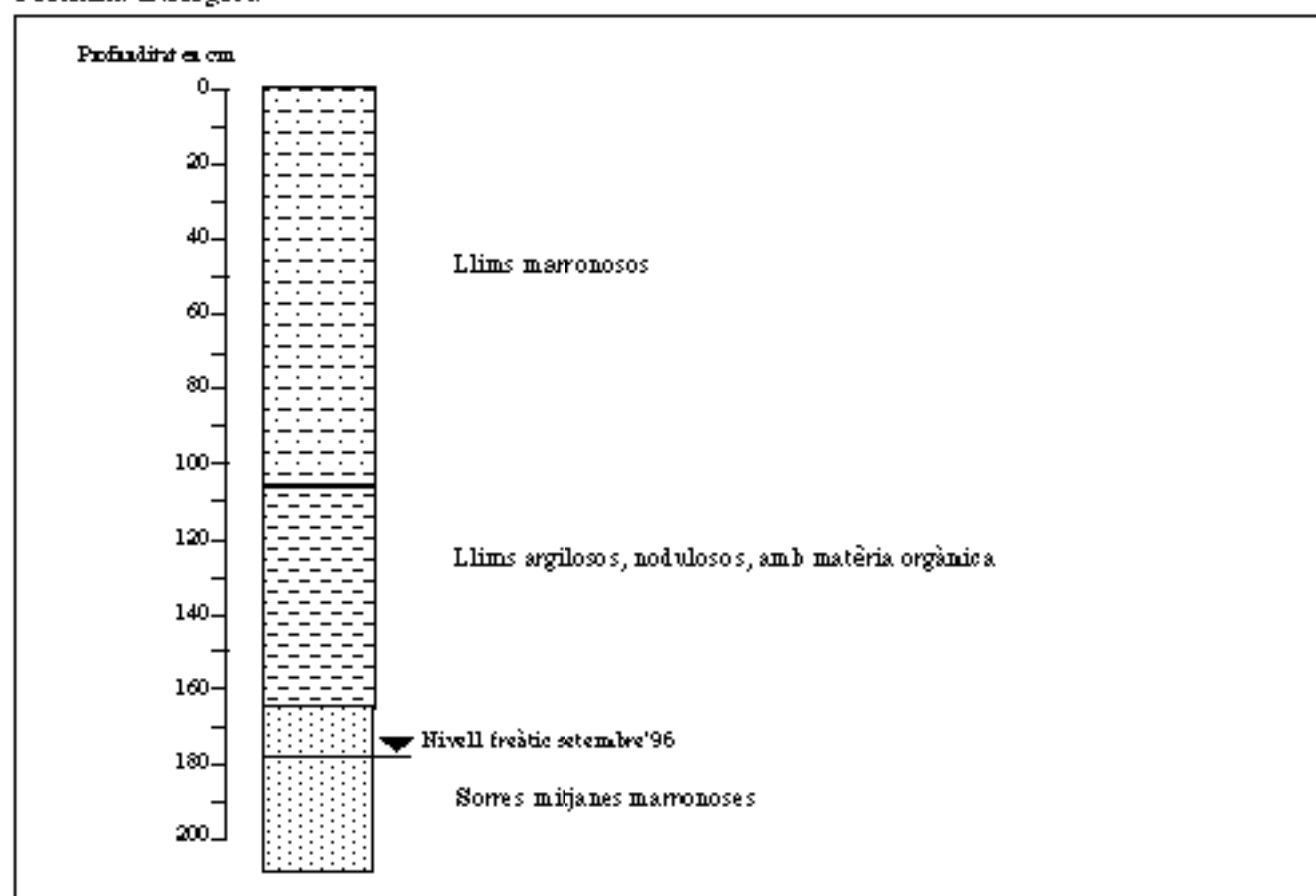
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 2,10

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,325	0,165
2a Campanya	0,32	0,44
3a Campanya	0,32	0,595
4a Campanya	0,32	0,11



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

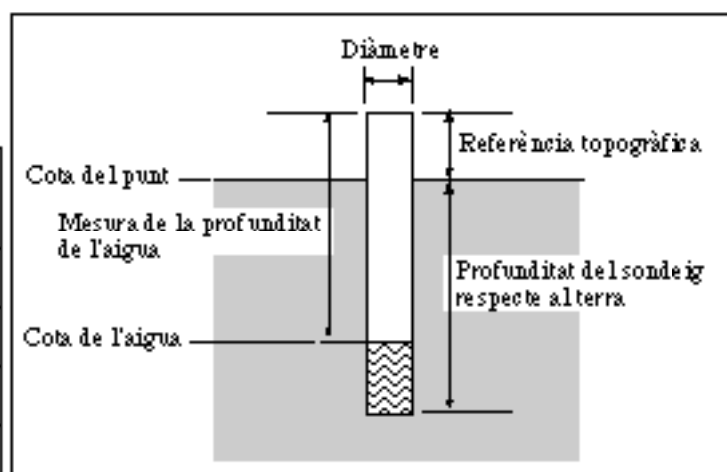
N. referència: G-2
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: carretera Camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.622
UTM Y: 4.676.589
Cota, m.s.n.m.: 1,73

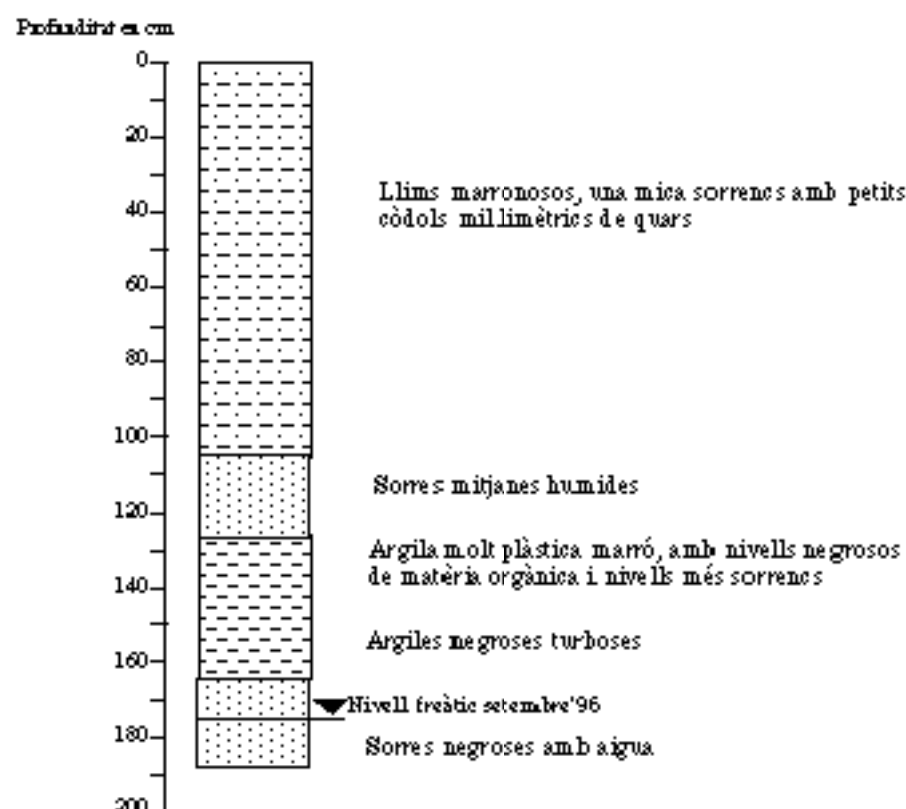
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,86

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m.
1a Campanya	0,45	0,415
2a Campanya	0,46	0,77
3a Campanya	0,45	0,665
4a Campanya	0,45	0,305



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

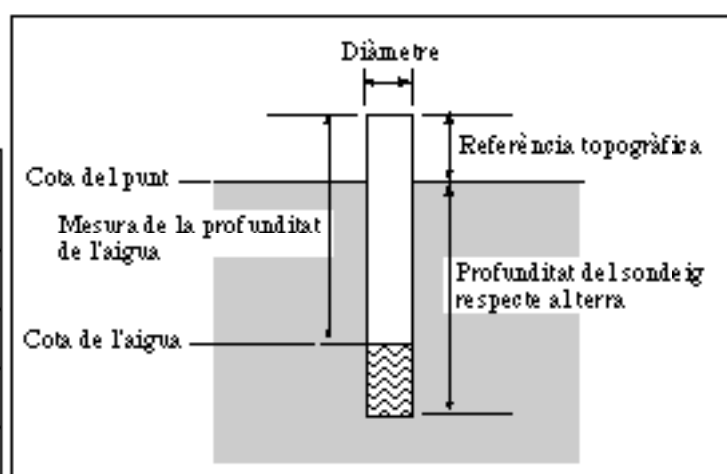
N. referència: G-3
Tipus de punt: Piezòmetre manual
Toponímia: Davant l'entrada del Camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.829
UTM Y: 4.676.478
Cota, m.s.n.m.: 1,34

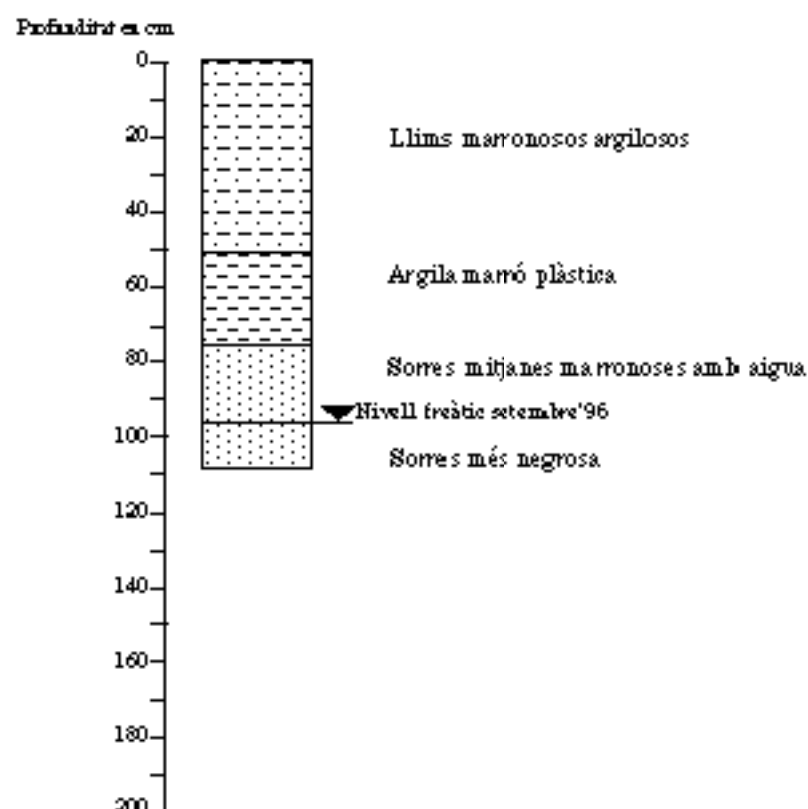
Característiques

Diàmetre, mm.: 75
Profunditat respecte al terra, m.: 1,08

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,26	0,38
2a Campanya	0,25	0,63
3a Campanya	0,26	0,785
4a Campanya	0,27	0,38



Columna litològica



Data inventari: 26/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

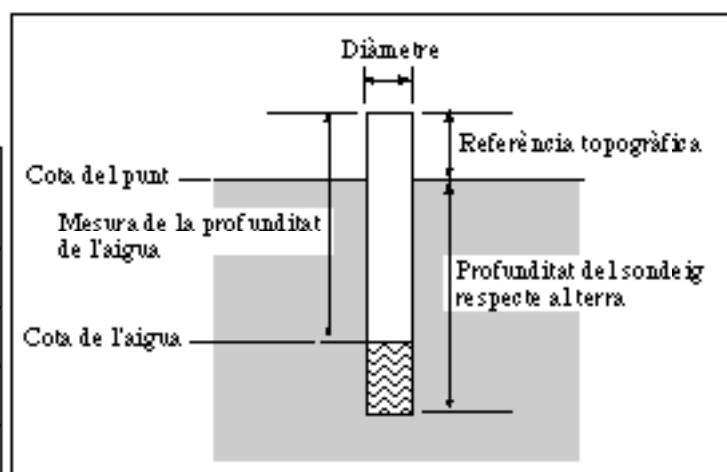
N. referència: P-1
Tipus de punt: Pou obert
Toponímia: carretera Camping La Laguna

Coordenades UTM X: 509.169
UTM Y: 4.676.826
Cota, m.s.n.m.: 2,31

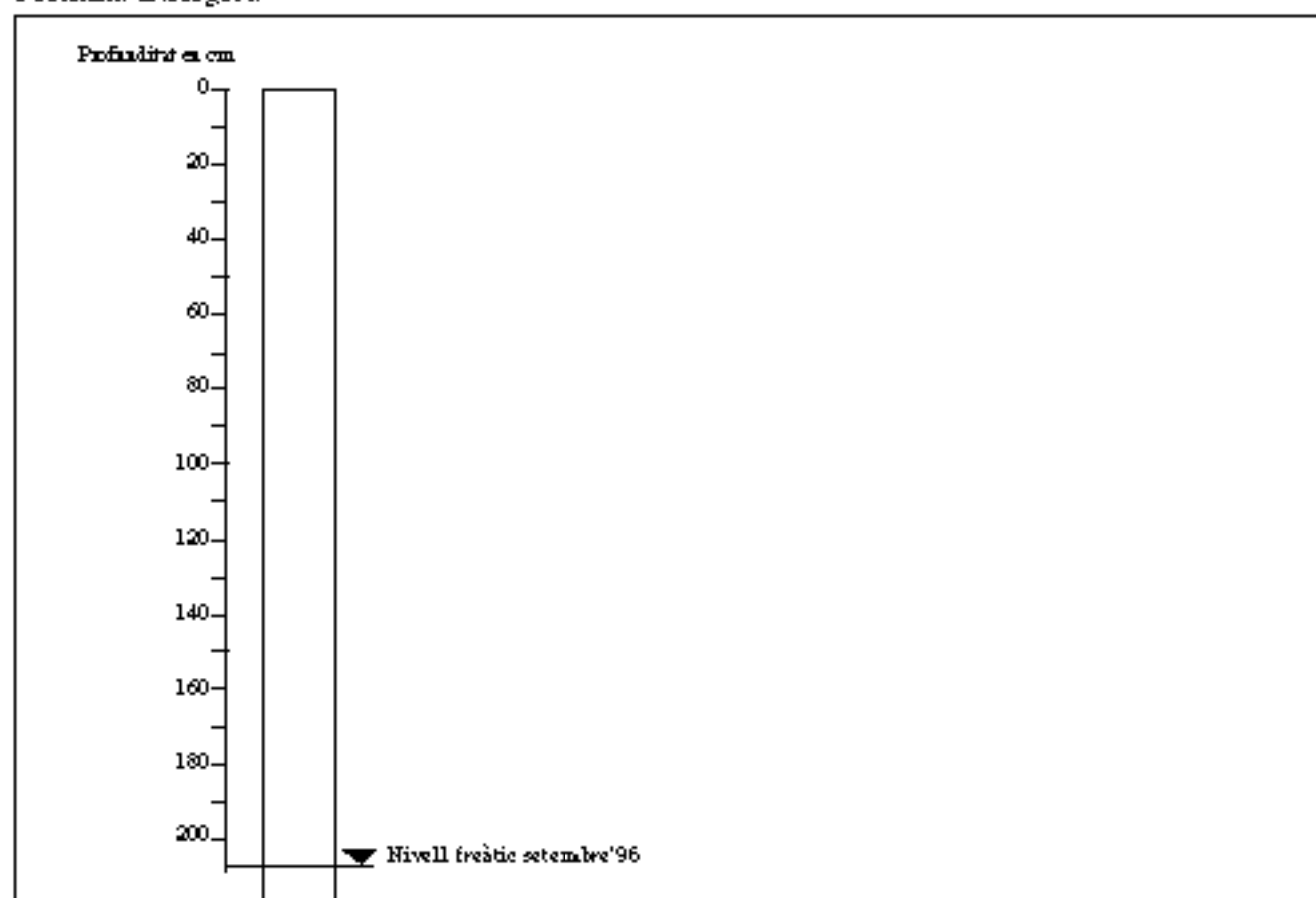
Característiques

Diàmetre, mm.: 1500
Profunditat respecte al terra, m.:

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,28	0,23
2a Campanya	0,28	0,47
3a Campanya	0,28	0,56
4a Campanya	0,28	0,14



Columna litològica



Data inventari: 26/9/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

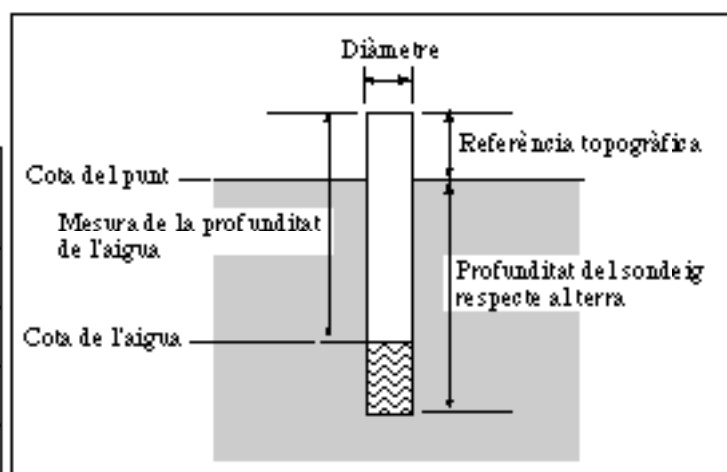
N. referència: P-2
Tipus de punt: Pou obert
Toponímia: Can Comas

Coordenades UTM X: 508.395
UTM Y: 4.676.305
Cota, m.s.n.m.: 1,80

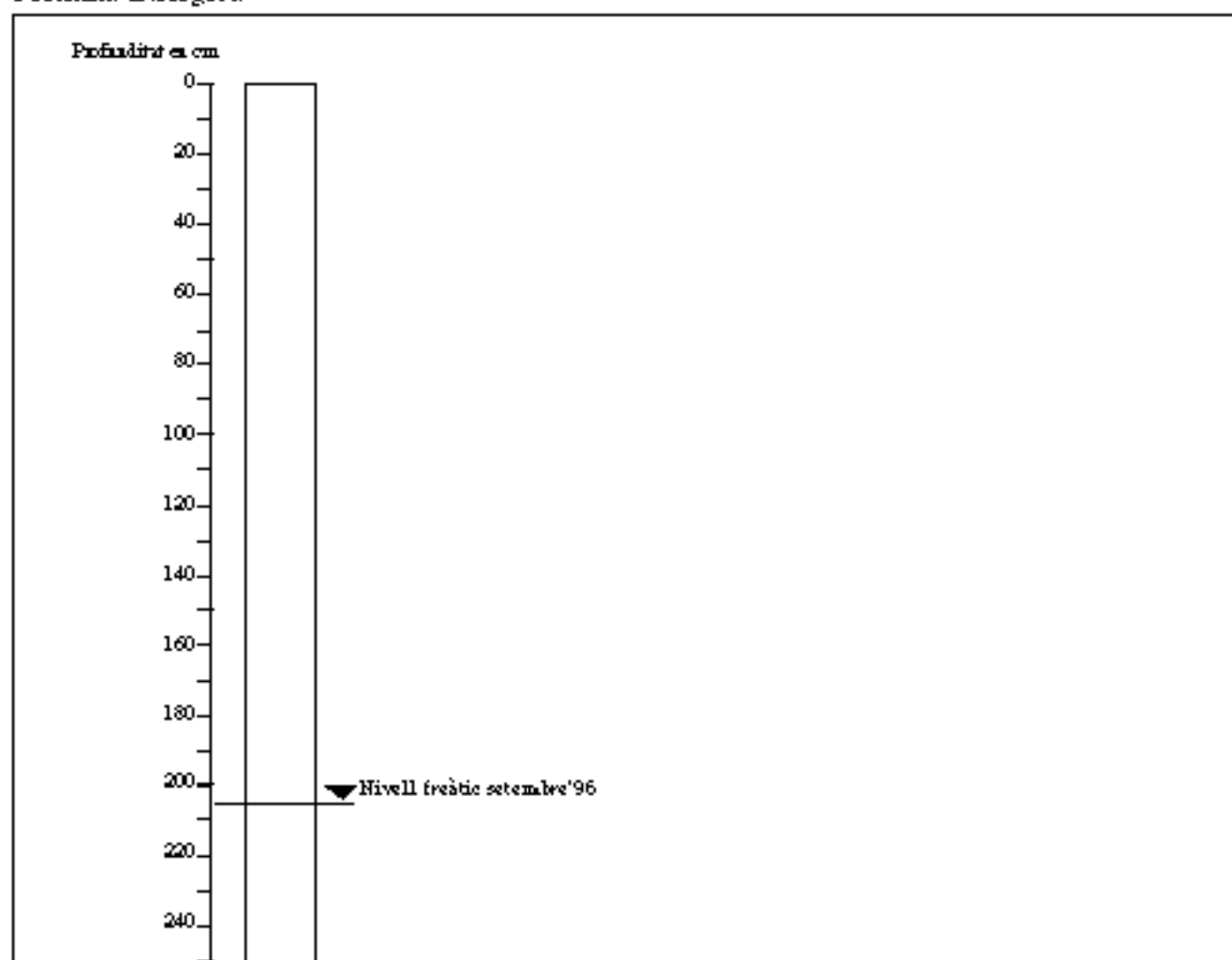
Característiques

Diàmetre, mm.: 1000
Profunditat respecte al terra, m.: 4,50

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,90	-0,19
2a Campanya	-	-
3a Campanya	0,93	0,42
4a Campanya	0,95	-0,20



Columna litològica



Data inventari:

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

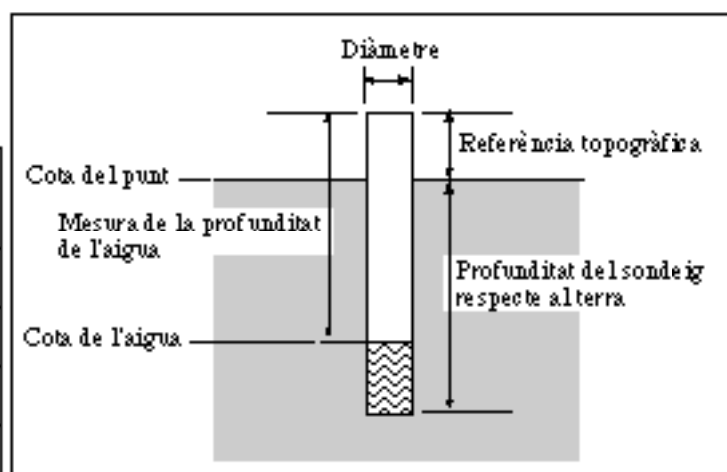
N. referència: P-3
Tipus de punt: Pou sondeig
Toponímia: rodalies Mas Túries nou

Coordenades UTM X: 508.005
UTM Y: 4.677.565
Cota, m.s.n.m.: -

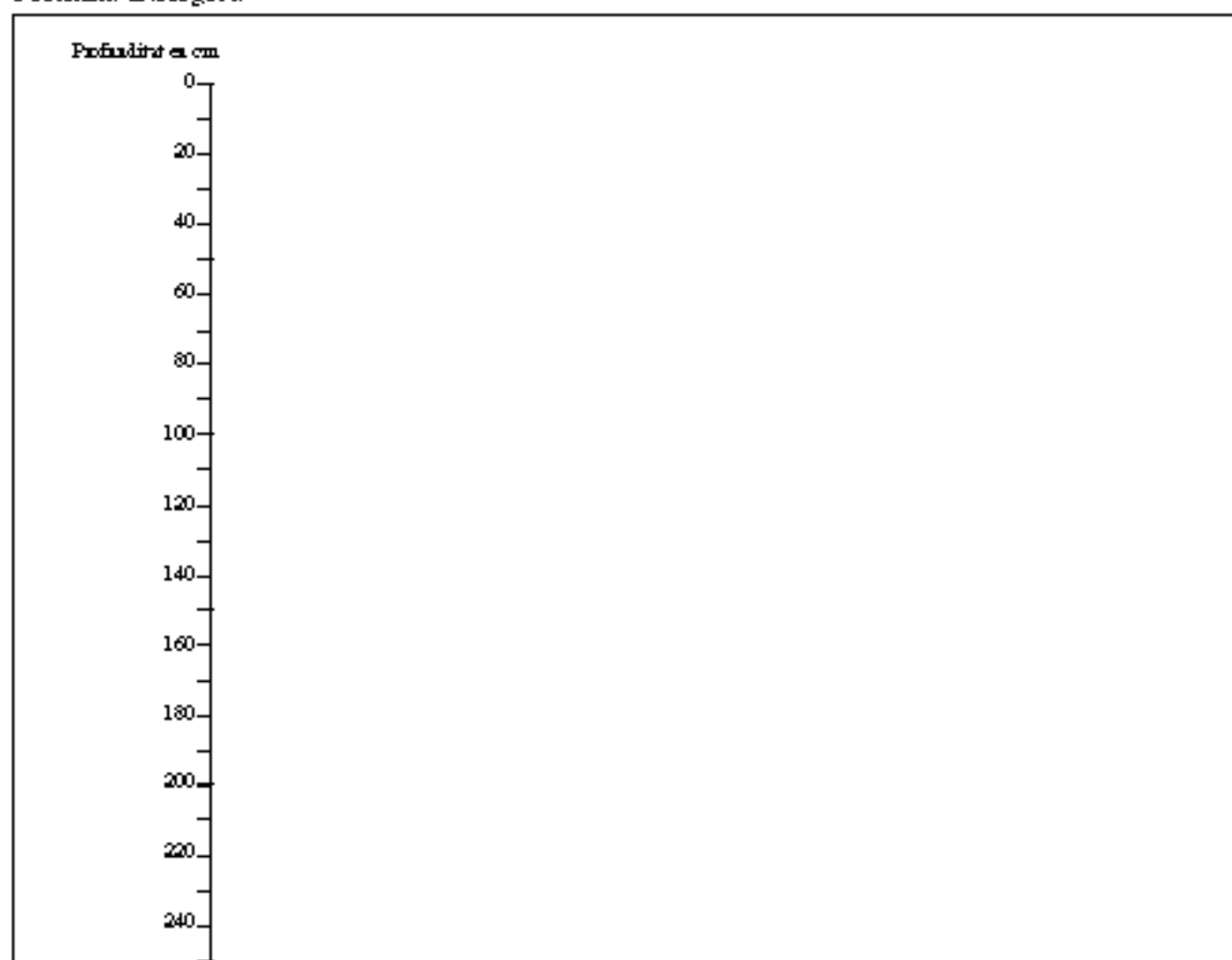
Característiques

Diàmetre, mm.: 200
Profunditat respecte al terra, m.: 14,00

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	-	-
2a Campanya	-	-
3a Campanya	-	-
4a Campanya	-	-



Columna litològica



Data inventari: 1/10/96

FITXA D'INVENTARI DELS PUNTS DE MOSTREIG

Situació

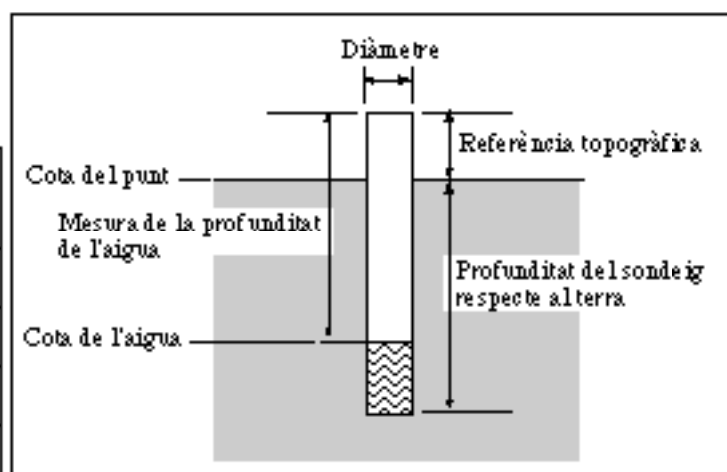
N. referència: P-4
Tipus de punt: Pou sondeig
Toponímia: rodalies antiga captació d'Empuriabrava

Coordenades UTM X: 508.121
UTM Y: 4.676.992
Cota, m.s.n.m.: 2,835

Característiques

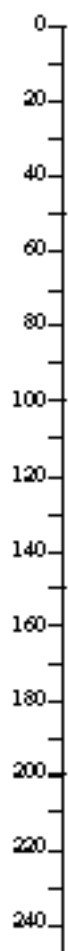
Diàmetre, mm.: 120
Profunditat respecte al terra, m.: 11,50

	Referència topogràfica m.:	Cota de l'aigua m
1a Campanya	0,33	0,21
2a Campanya	0,285	1,11
3a Campanya	0,285	0,69
4a Campanya	-	-



Columna litològica

Profunditat en cm



Data inventari: 1/10/96

Annex 2. Taula de les coordenades UTM (X, Y) i de la cota topogràfica de cada punt de la xarxa de control.

Annex 3.- Taula de les dades corresponents a les mesures piezomètriques obtingudes al llarg de les quatre campanyes de control.

Annex 4.- Resultats de les anàlisis químiques de les mostres d'aigua dels punts de la xarxa de control, en les quatre campanyes realitzades.

Situació dels punts de control

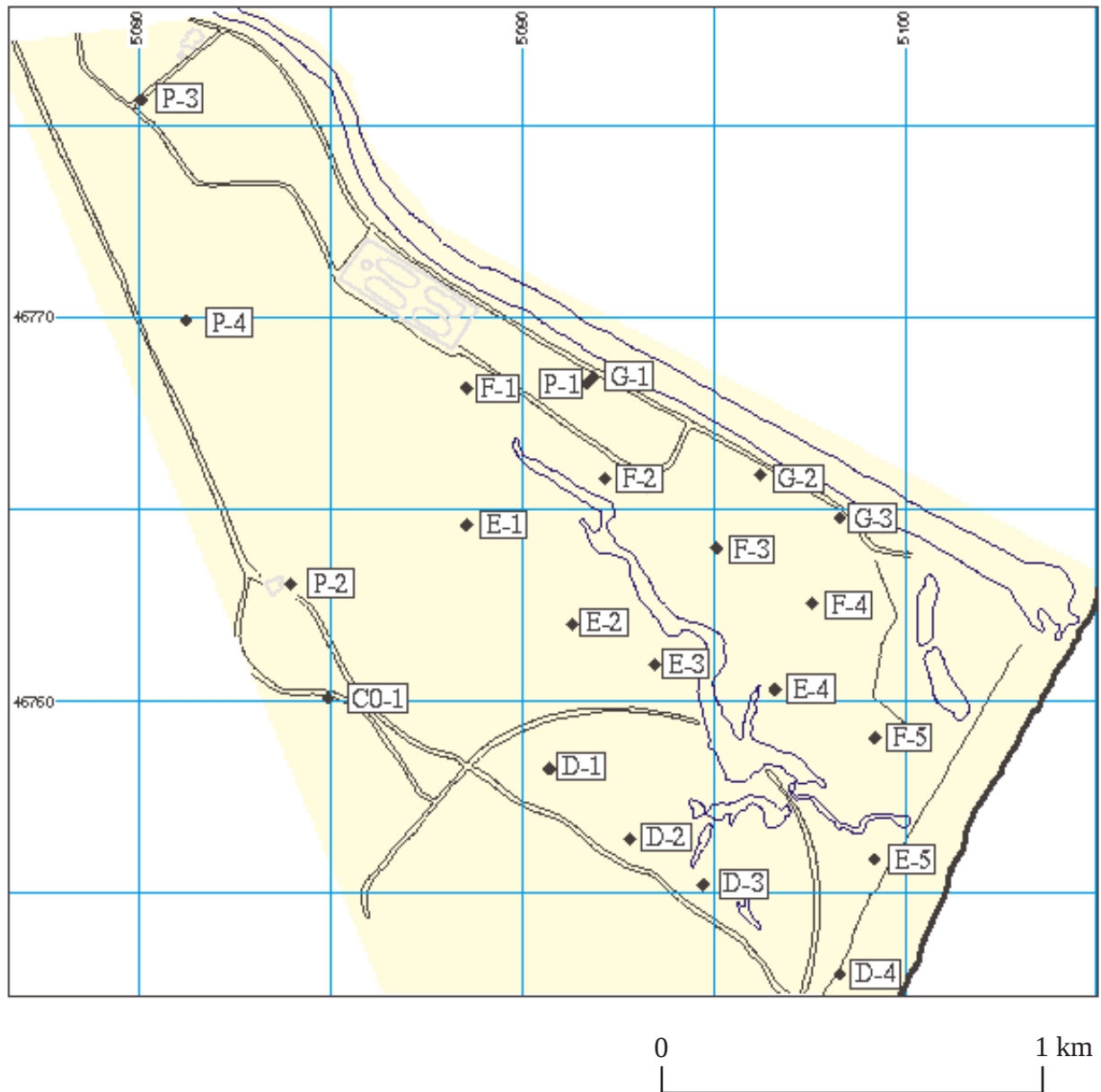


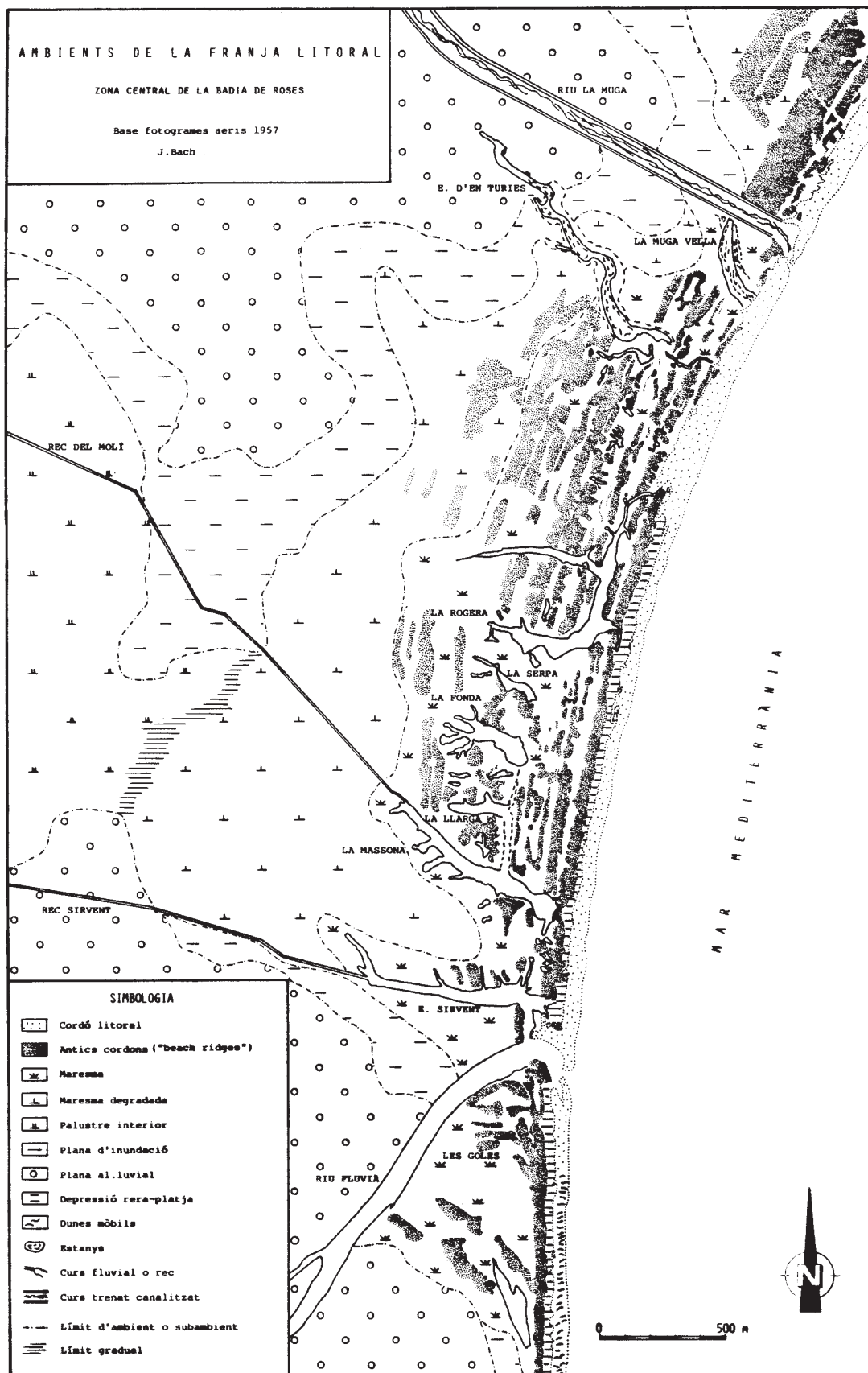
Fig. 1.- Mapa de situació de la xarxa de punts de control

AMBIENTS DE LA FRANJA LITORAL

ZONA CENTRAL DE LA BADIA DE ROSES

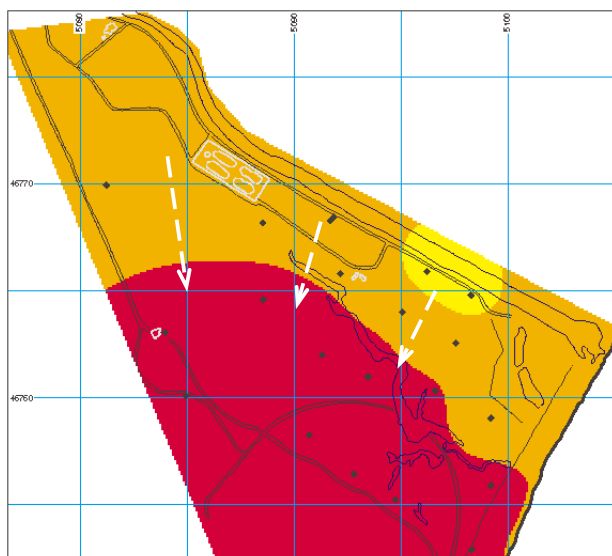
Base fotografames aeris 1957

J. Bach

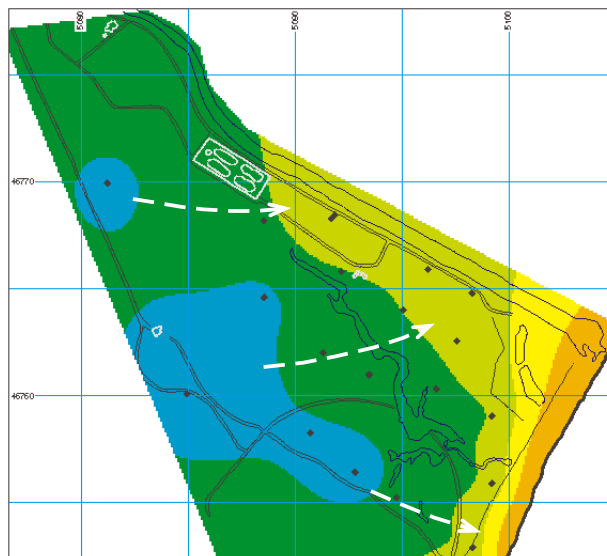


Piezometria

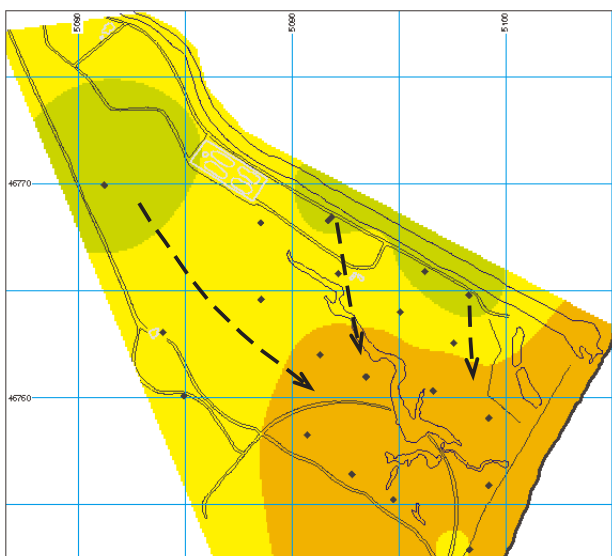
Primera campanya - setembre 1996



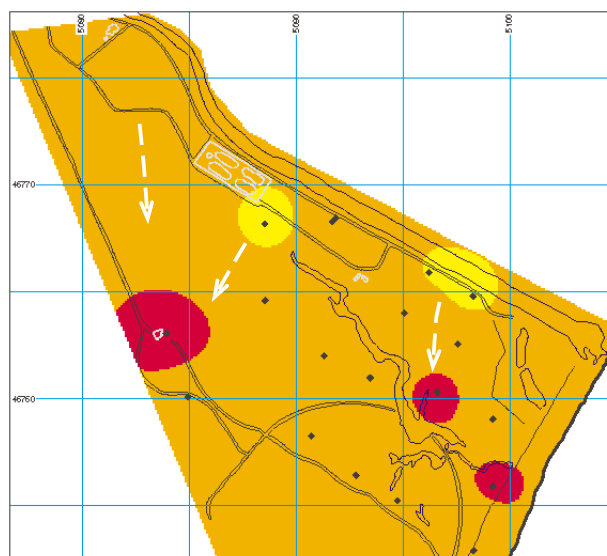
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997

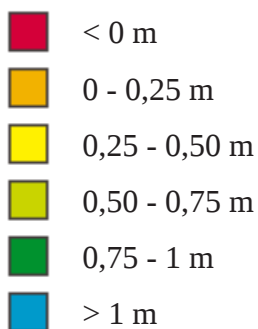


Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

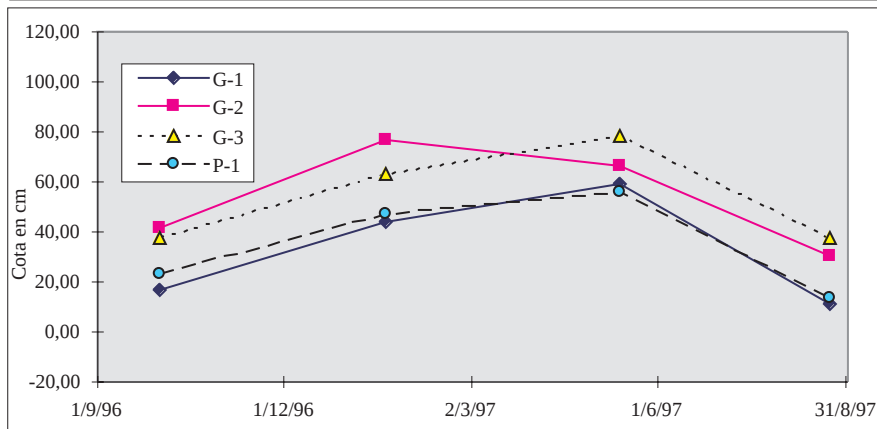
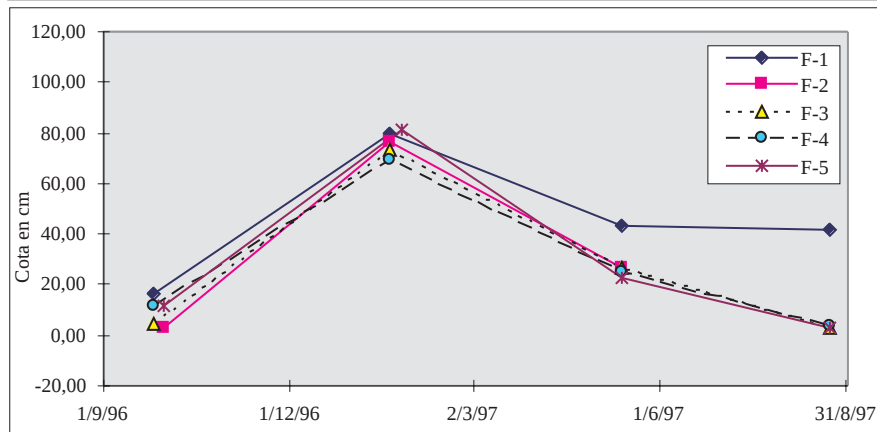
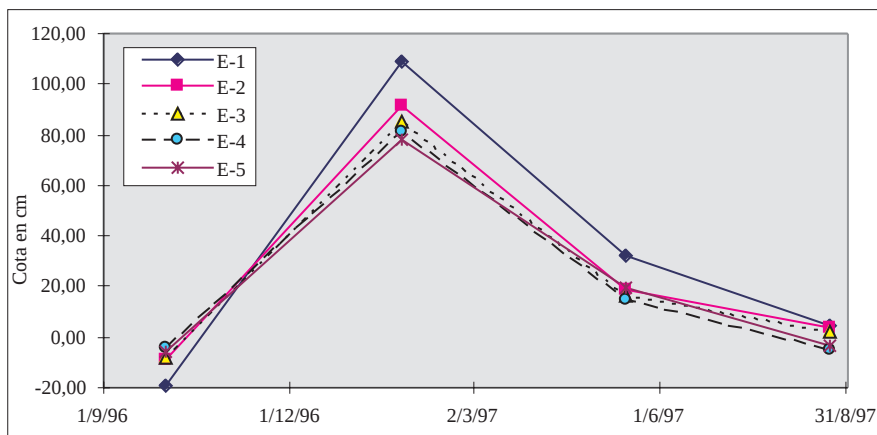
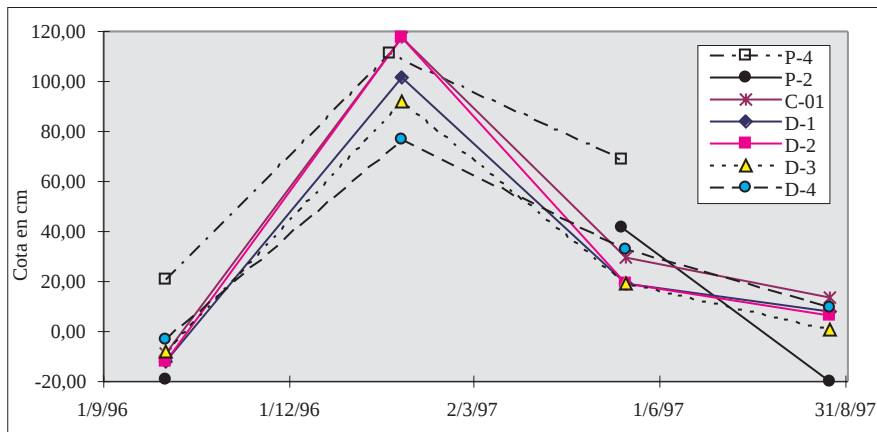
Cota del nivell de l'aigua (m.s.n.m.)



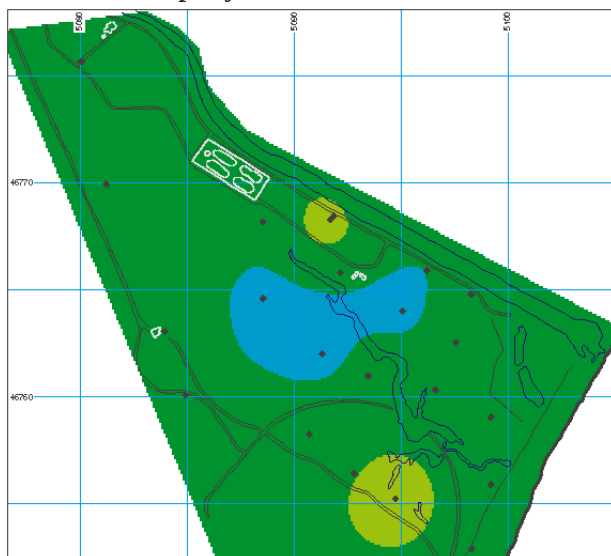
Direccions probables del flux subterrani

Fig. 4.- Mapes de la superfície piezomètrica a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

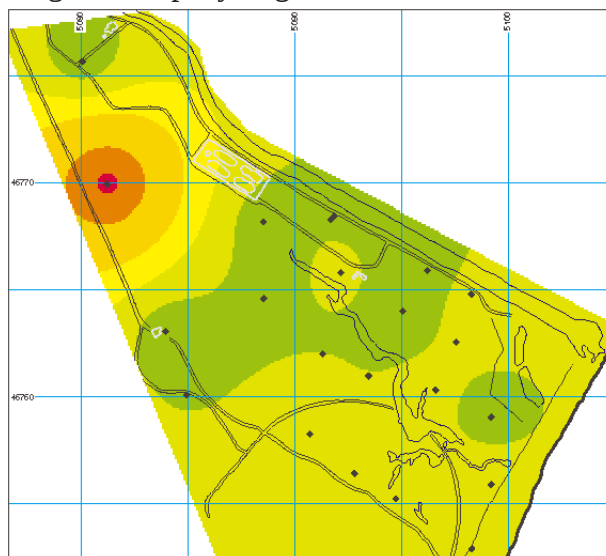
Piezometria



Primera campanya - setembre 1996



Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors del pH de l'aigua

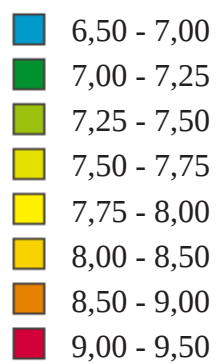
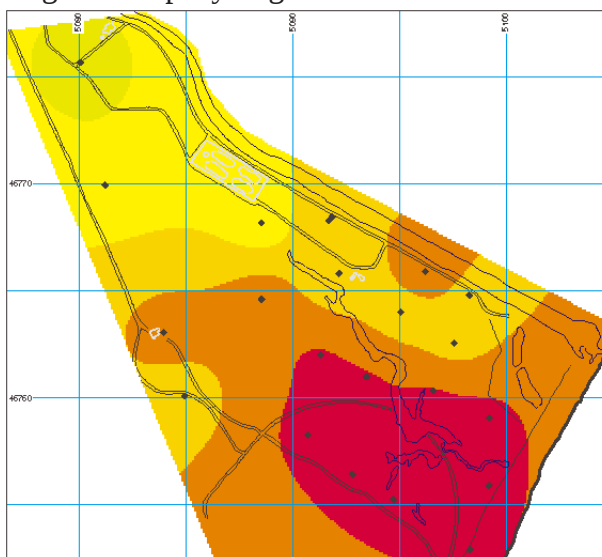


Fig. 7.- Mapes de la distribució espacial dels valors de pH, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Primera campanya - setembre 1996



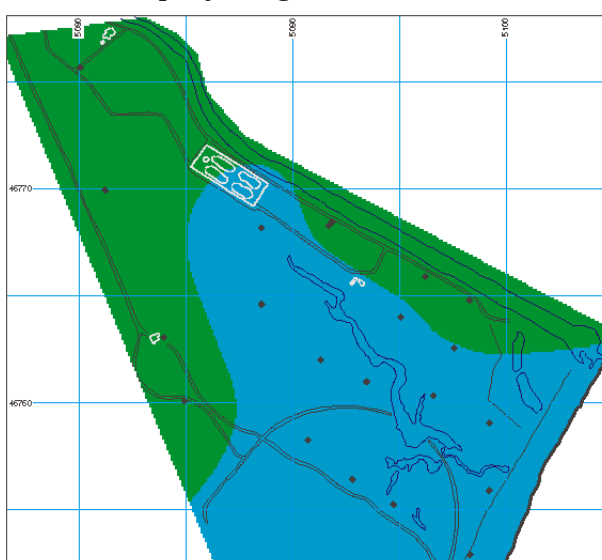
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



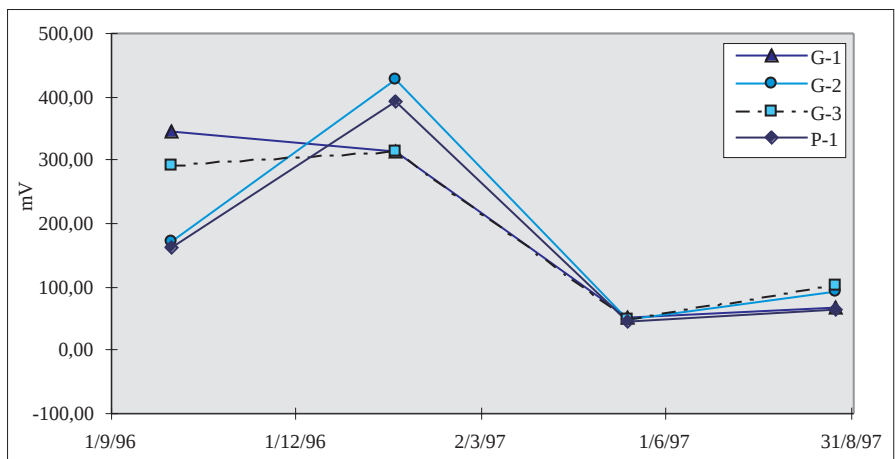
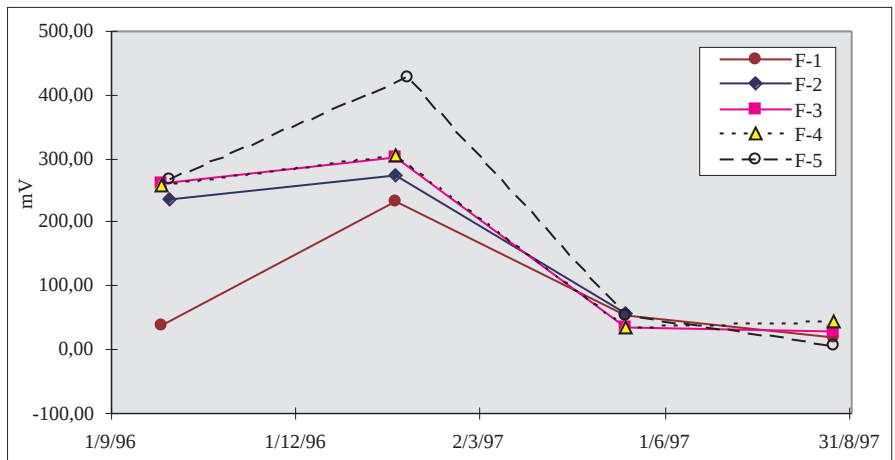
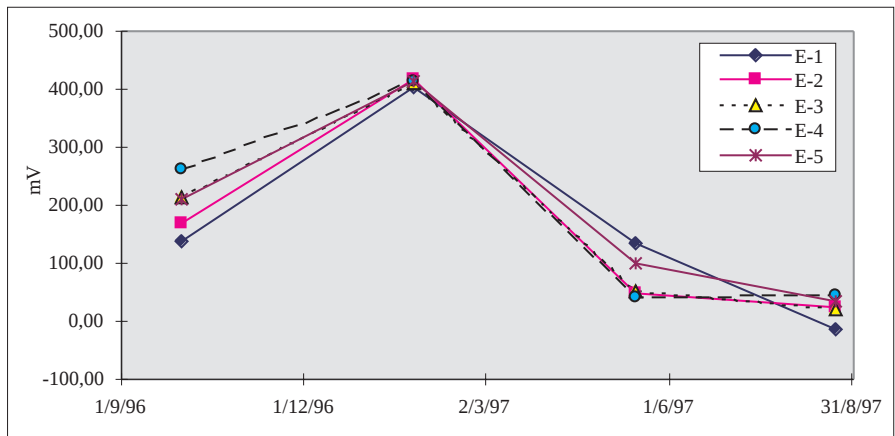
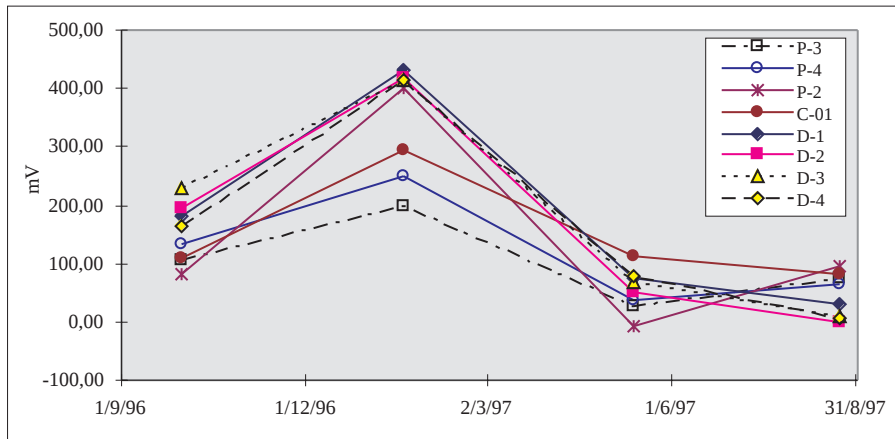
Simbologia

Valors de l'Eh (potencial d'oxidació-reducció) en relació a l'elèctrode d'hidrogen, de l'aigua

- 0 - 50 mV
- 50 - 100 mV
- 100 - 150 mV
- 150 - 200 mV
- 200 - 250 mV
- 250 - 300 mV
- 300 - 350 mV
- 350 - 400 mV
- 400 - 450 mV

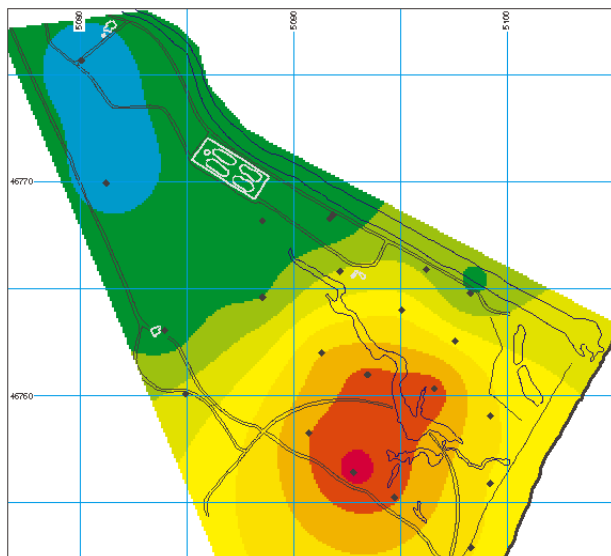
Fig. 9.- Mapes de la distribució espacial dels valors de l'Eh (potencial d'oxidació-reducció) en relació a l'elèctrode d'hidrogen, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Eh

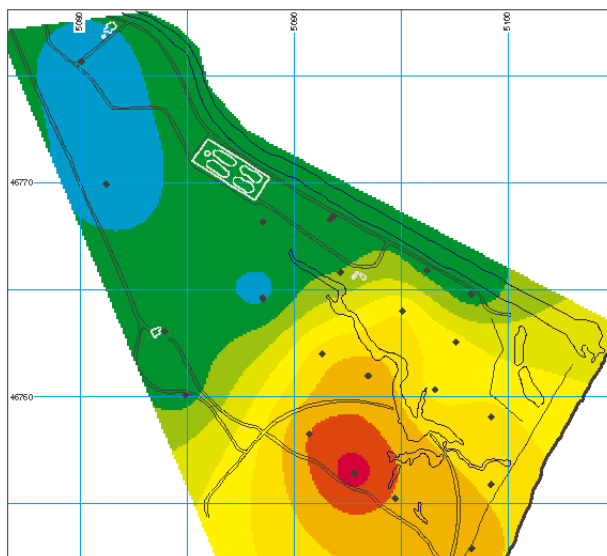


Conductivitat elèctrica

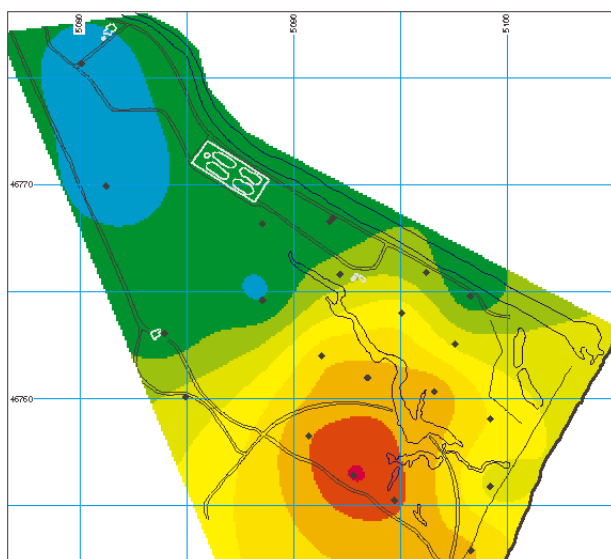
Primera campanya - setembre 1996



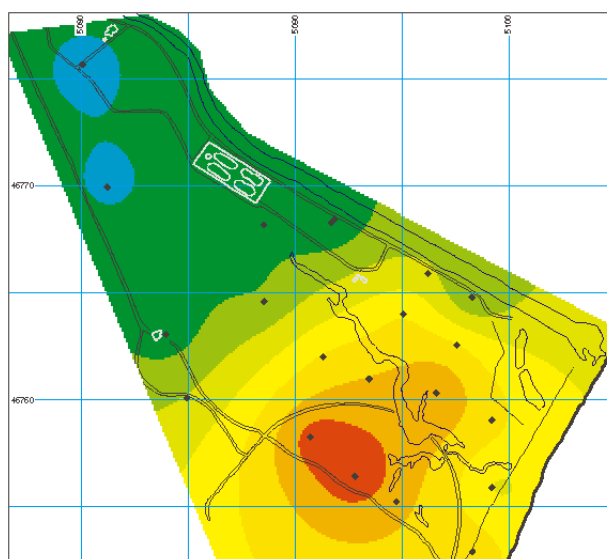
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



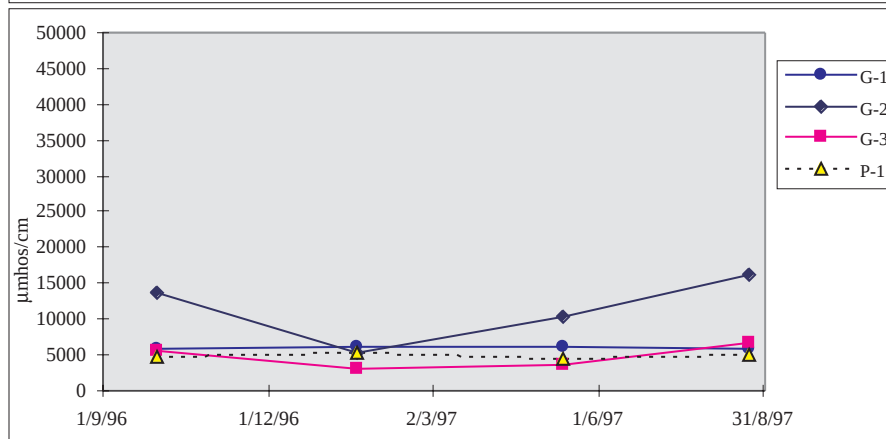
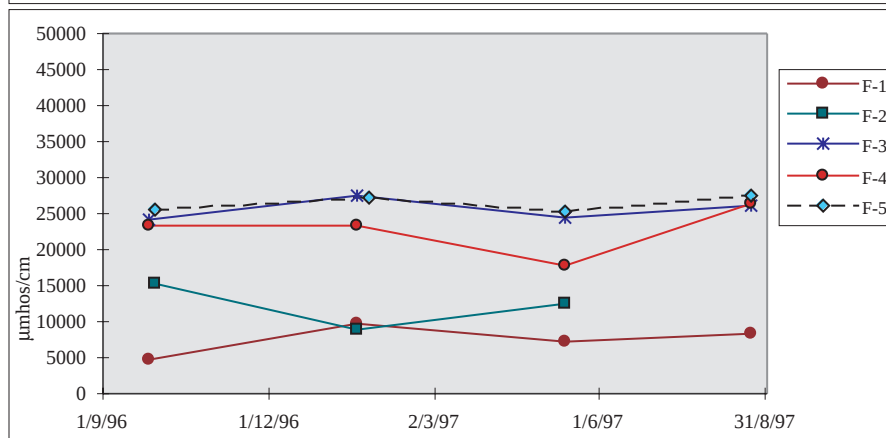
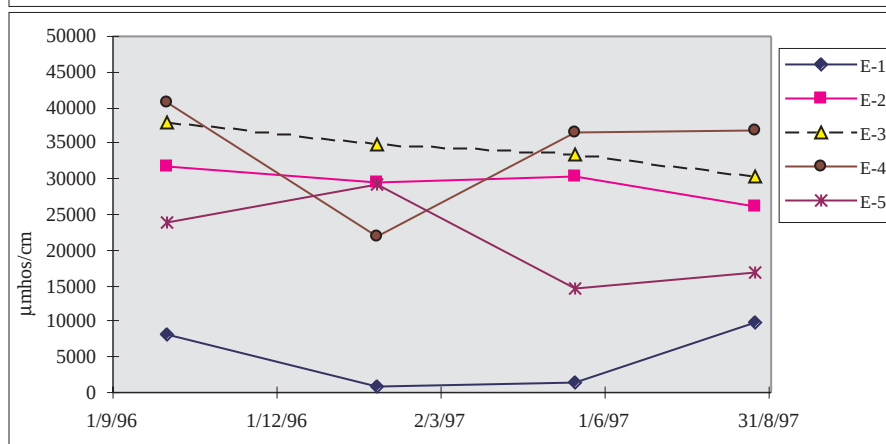
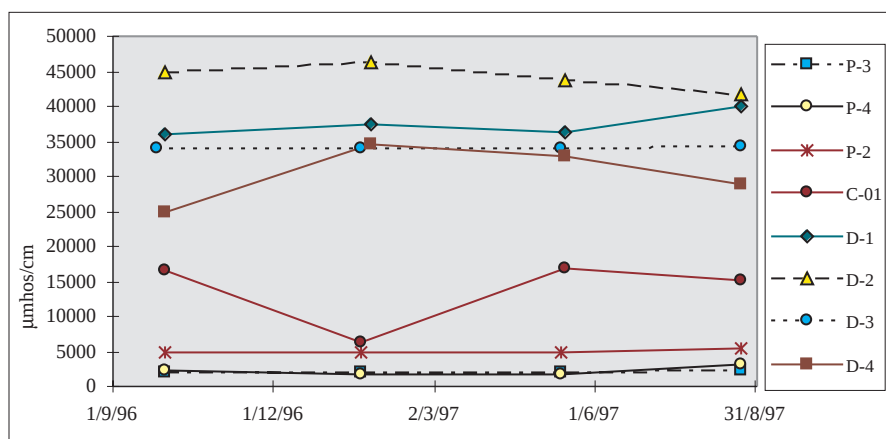
Simbologia

Valors de la conductivitat elèctrica a 25° C de l'aigua

	< 5.000 µmhos/cm
	5.000 - 10.000 µmhos/cm
	10.000 - 15.000 µmhos/cm
	15.000 - 20.000 µmhos/cm
	20.000 - 25.000 µmhos/cm
	25.000 - 30.000 µmhos/cm
	30.000 - 35.000 µmhos/cm
	35.000 - 40.000 µmhos/cm
	> 40.000 µmhos/cm

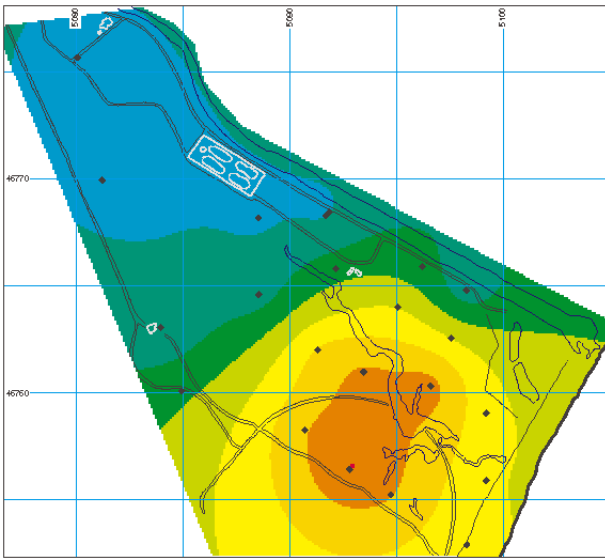
Fig. 11.- Mapes de la distribució espacial dels valors de la conductivitat elèctrica, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Conductividad elèctrica

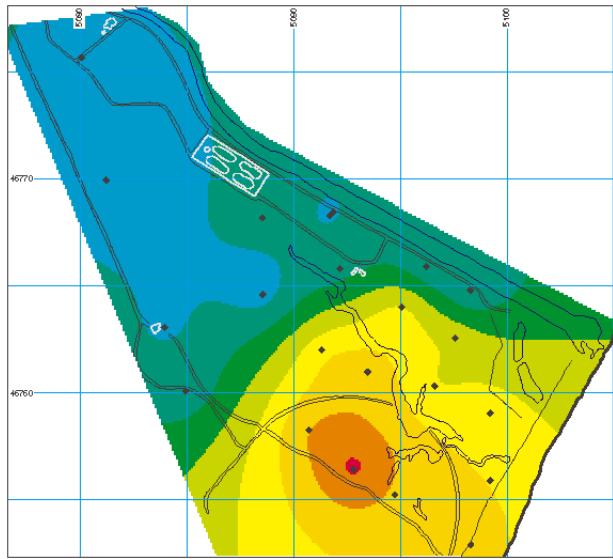


Total de sòlids dissolts

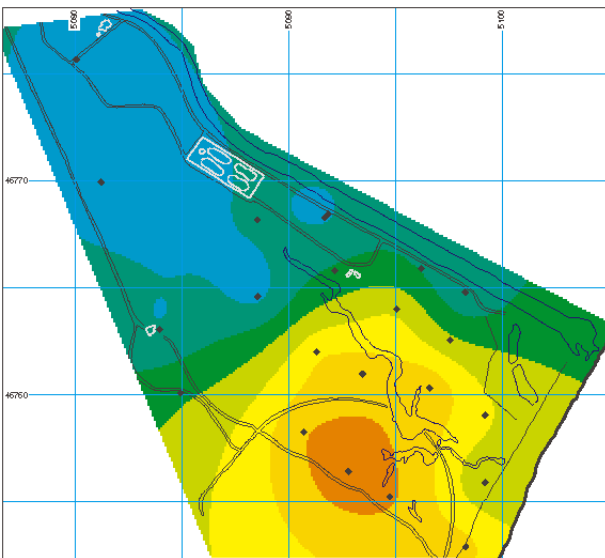
Primera campanya - setembre 1996



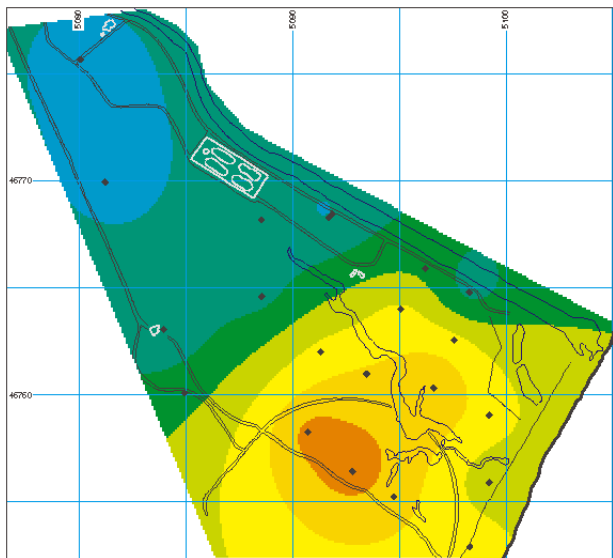
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

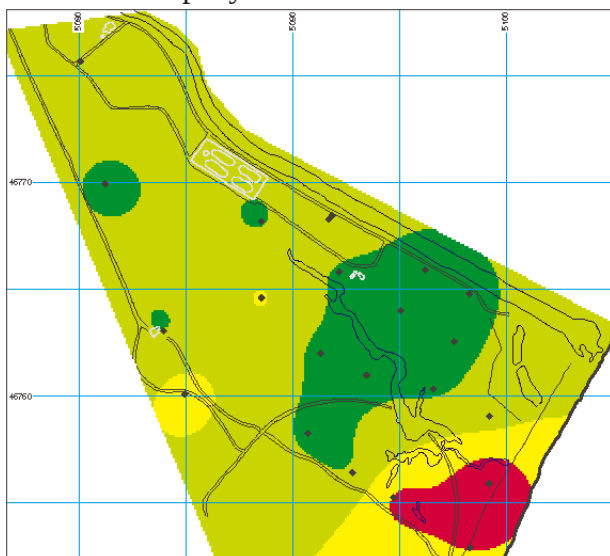
Valors del total de sòlids dissolts (TDS) de l'aigua, obtinguts a partir de la conductivitat

	< 5.000 mg/l
	5.000 - 10.000 mg/l
	10.000 - 15.000 mg/l
	15.000 - 20.000 mg/l
	20.000 - 25.000 mg/l
	25.000 - 30.000 mg/l
	30.000 - 35.000 mg/l
	35.000 - 40.000 mg/l

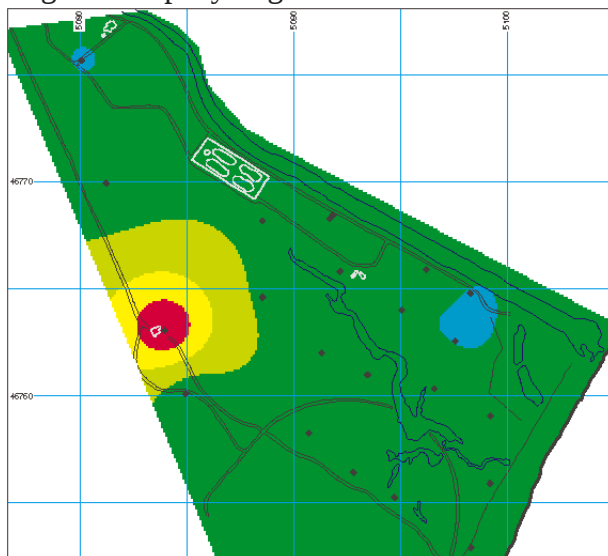
Fig. 13.- Mapes de la distribució espacial dels valors del total de sòlids dissolts (TSD), a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Nitrogen nítric

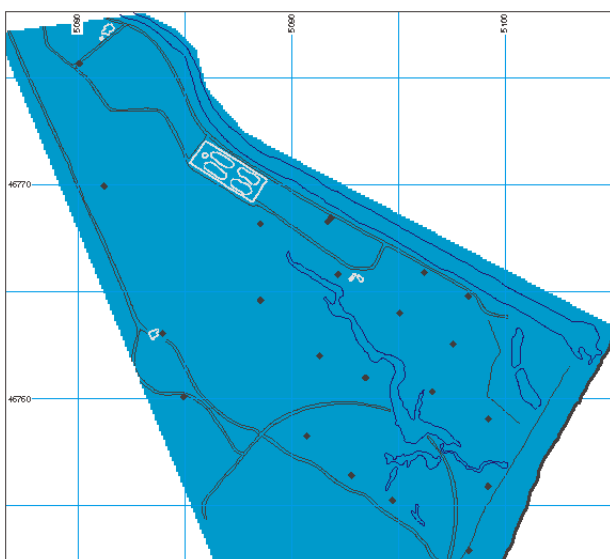
Primera campanya - setembre 1996



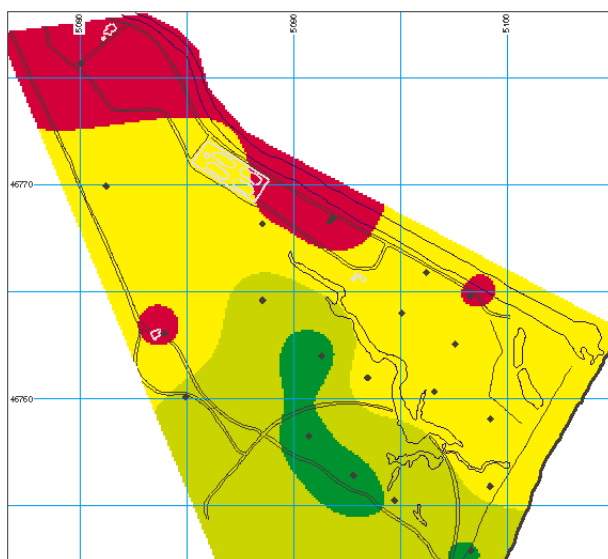
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



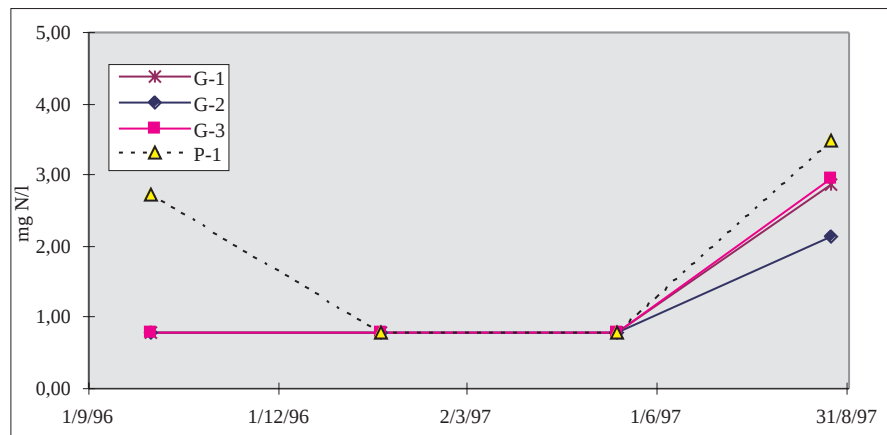
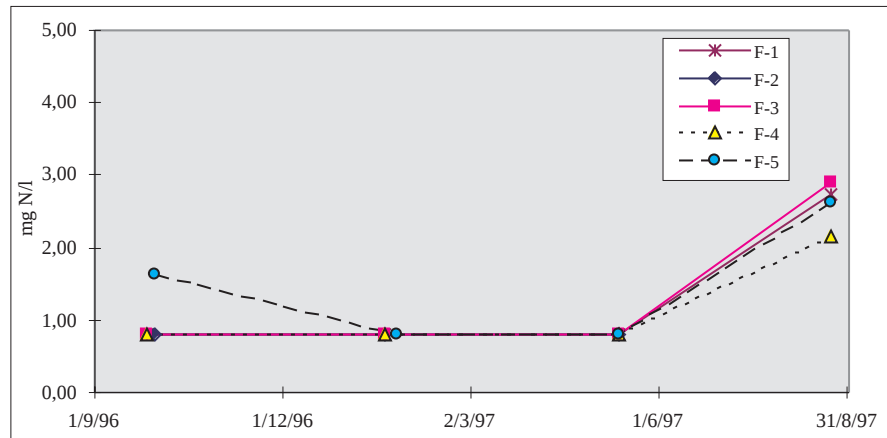
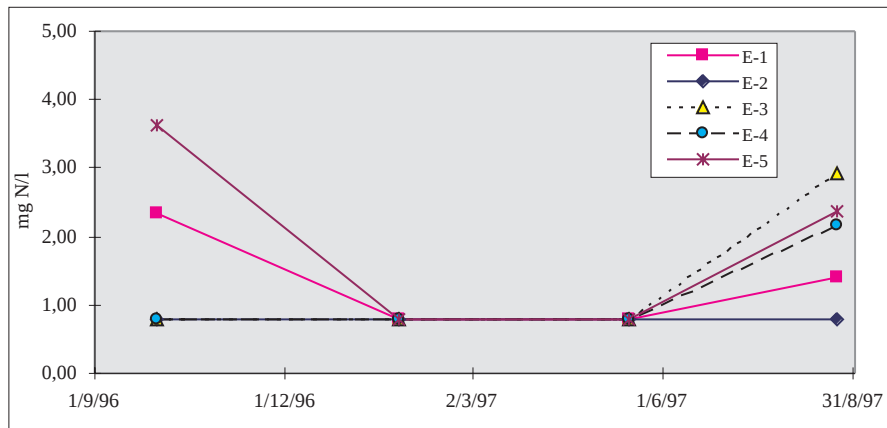
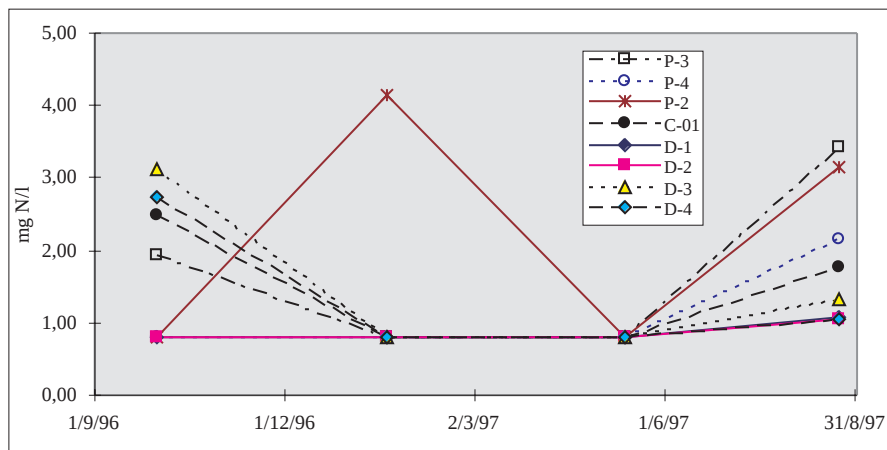
Simbologia

Valors de concentració de nitrogen nítric a l'aigua

-  < 0,70 mg N/l
-  0,70 - 1,35 mg N/l
-  1,35 - 2,00 mg N/l
-  2,00 - 2,70 mg N/l
-  > 2,70 mg N/l

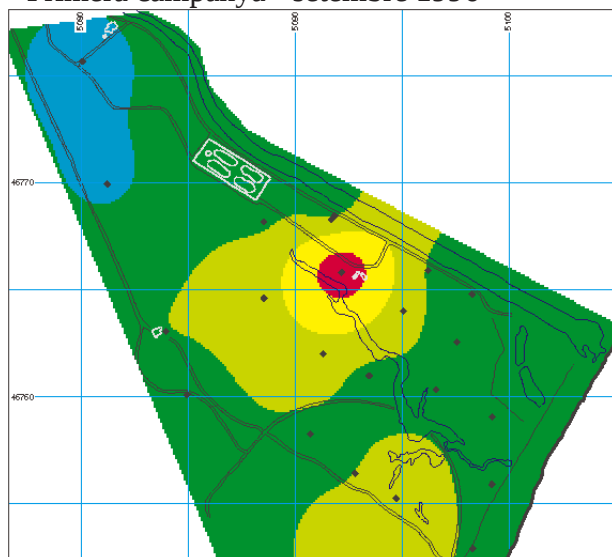
Fig. 14.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen nítric, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Nitrogen n tr c

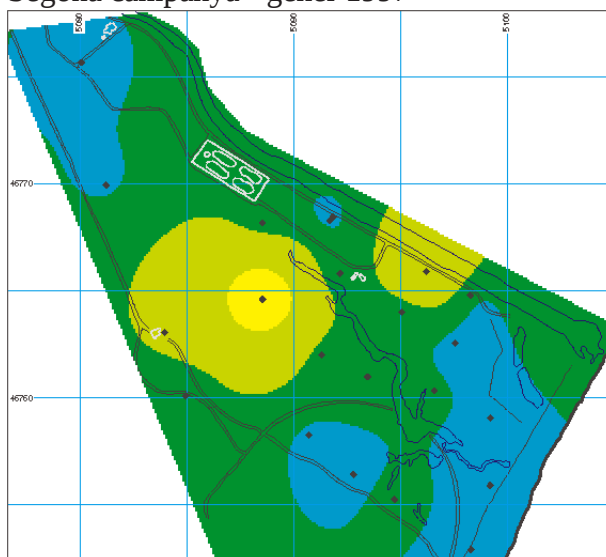


Nitrogen nitrós

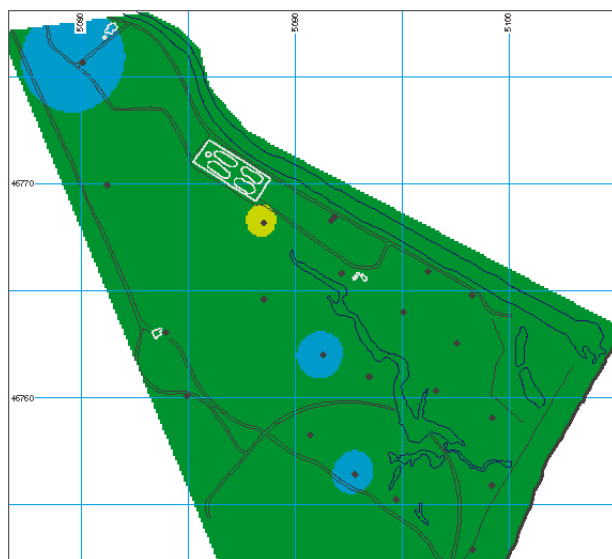
Primera campanya - setembre 1996



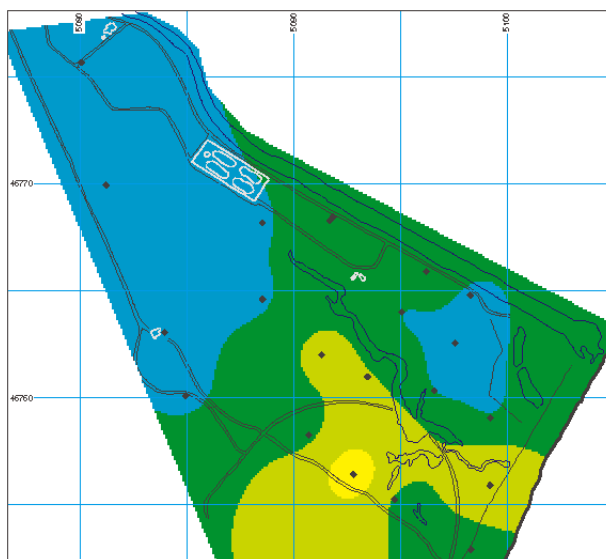
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de concentració de nitrogen nitrós a l'aigua

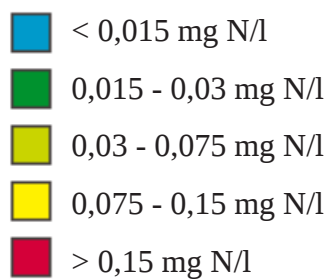
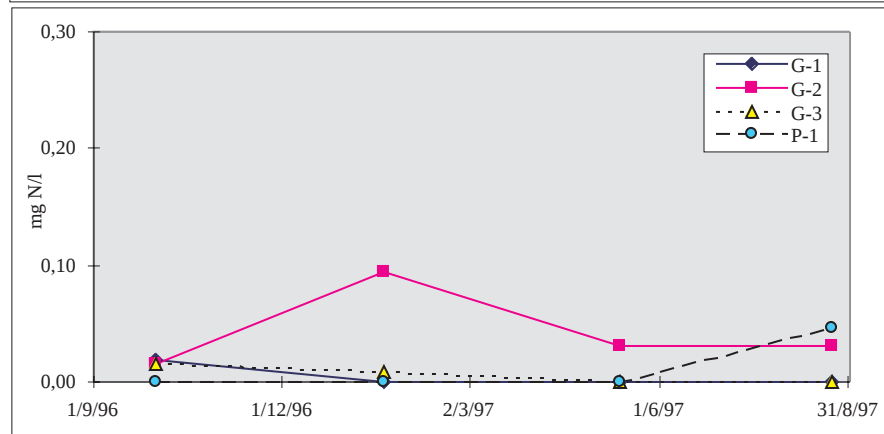
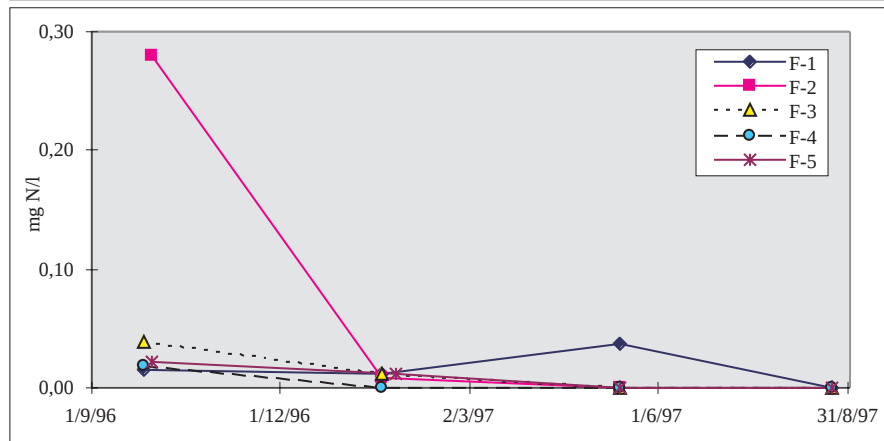
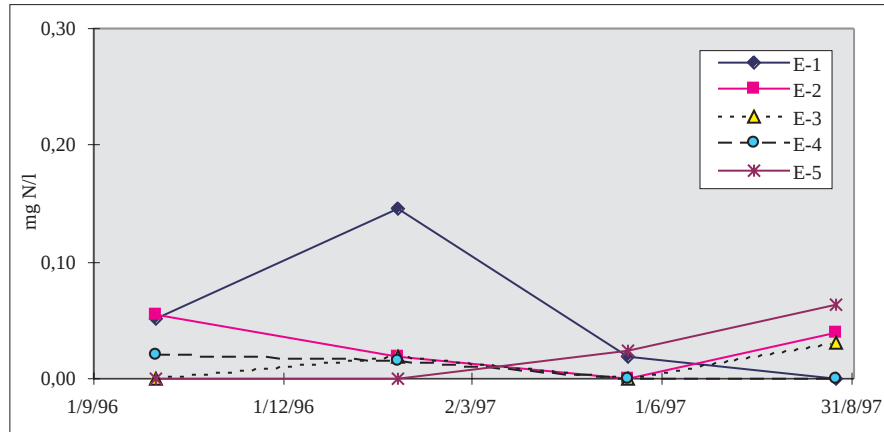
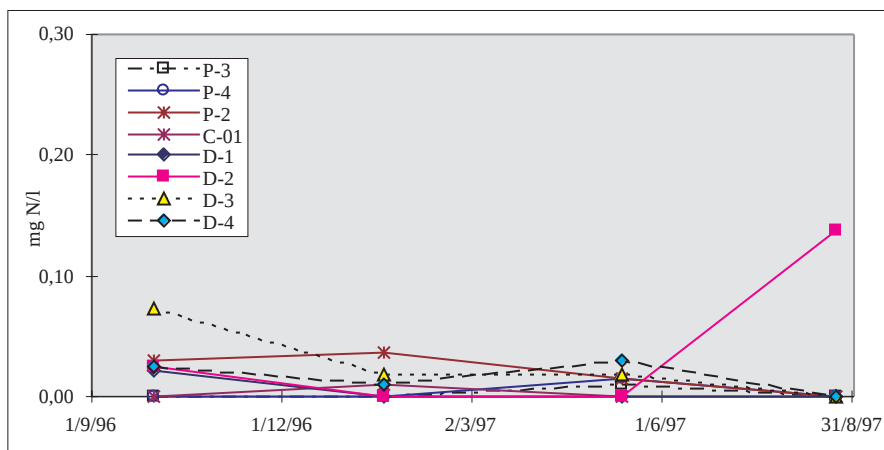


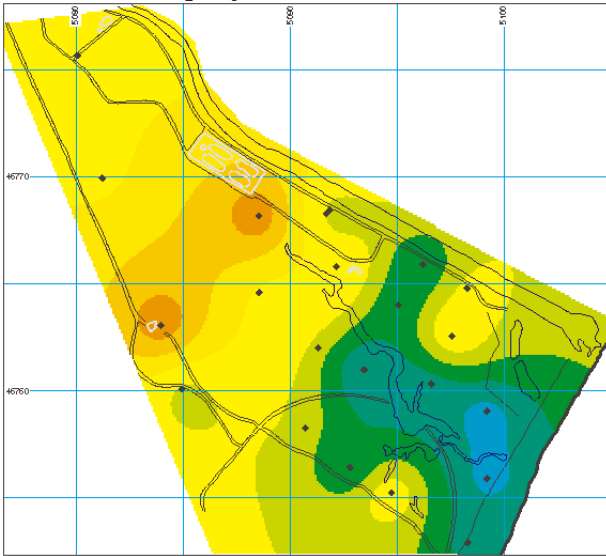
Fig. 16.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen nitrós, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Nitrogen nitrós

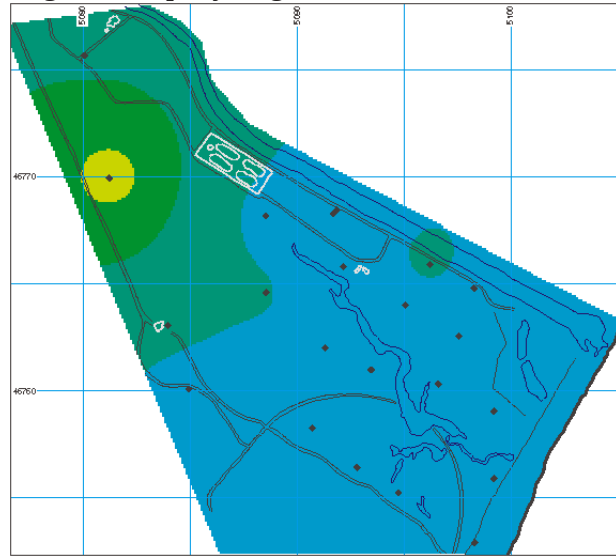


Nitrogen amoniacal

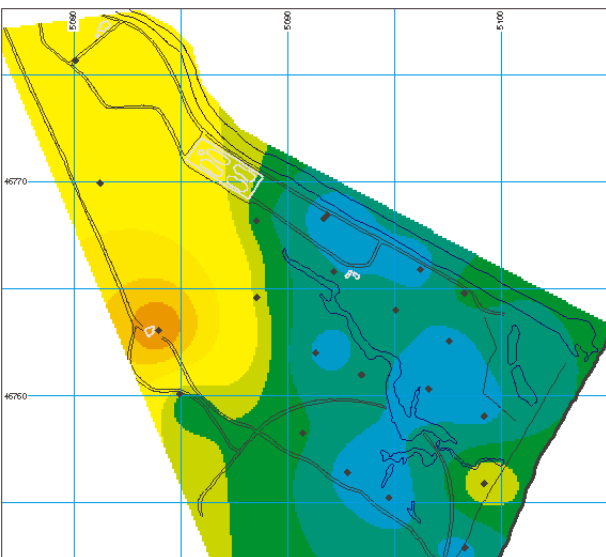
Primera campanya - setembre 1996



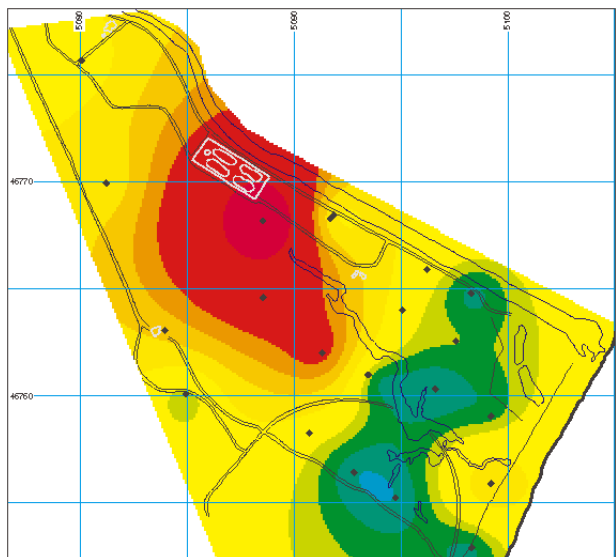
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de concentració de nitrogen amoniacal a l'aigua

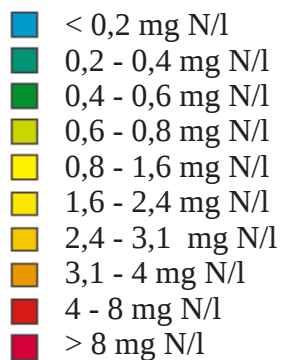
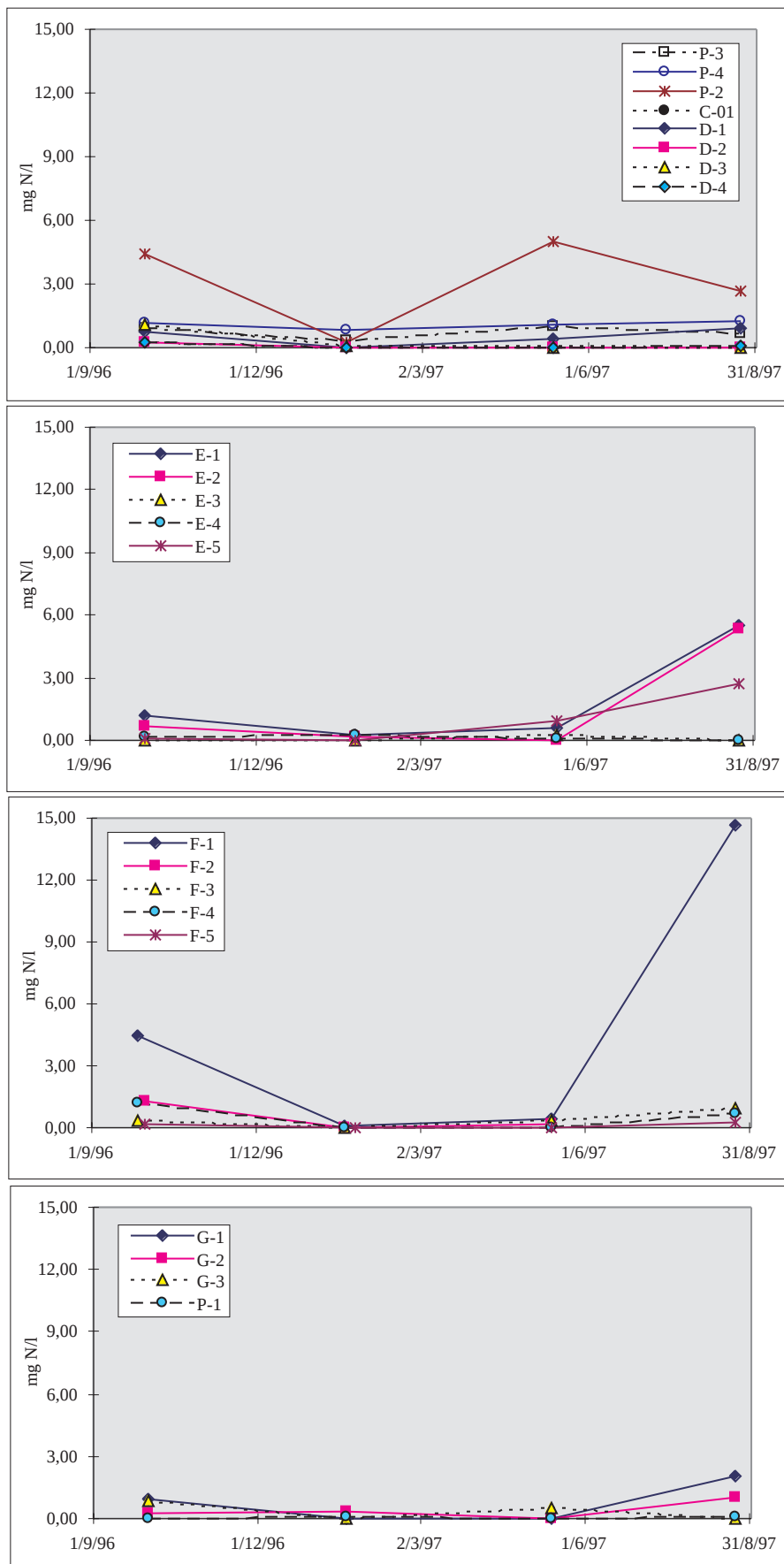
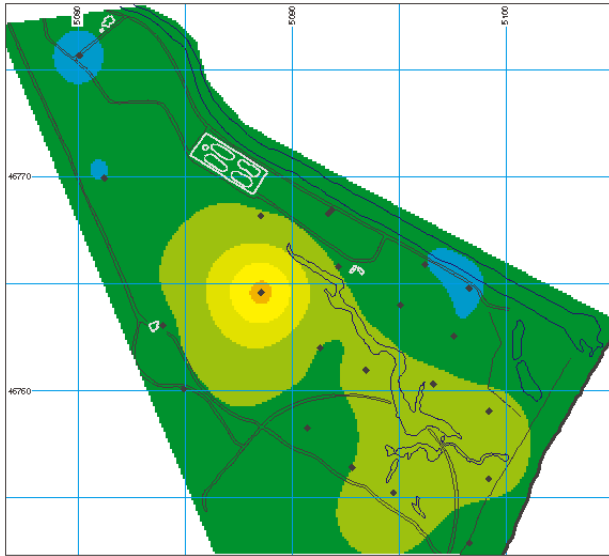


Fig. 18.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de nitrogen amoniacal, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

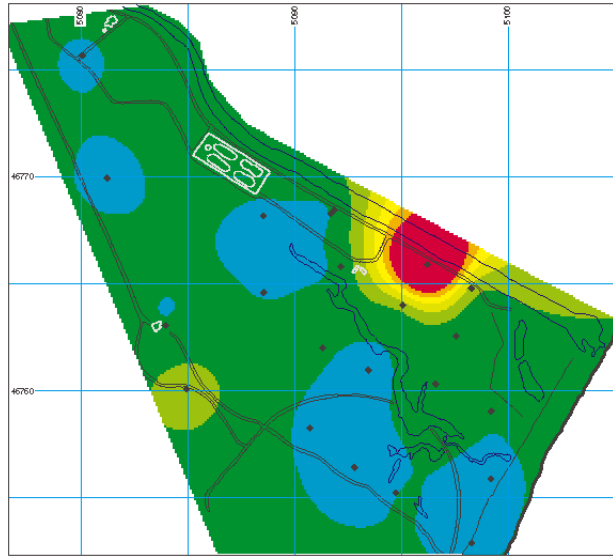
Nitrogen amoniacal



Primera campanya - setembre 1996



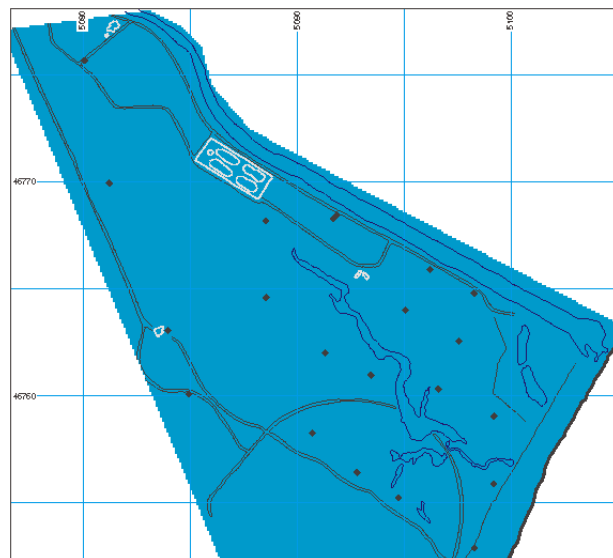
Segona campanya - gener 1997



Tercera campanya - maig 1997



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de concentració de fòsfor a l'aigua

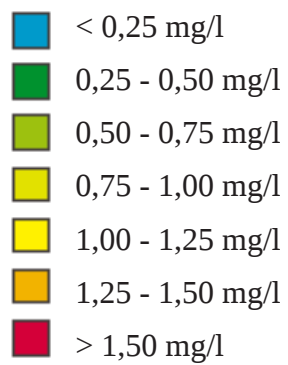
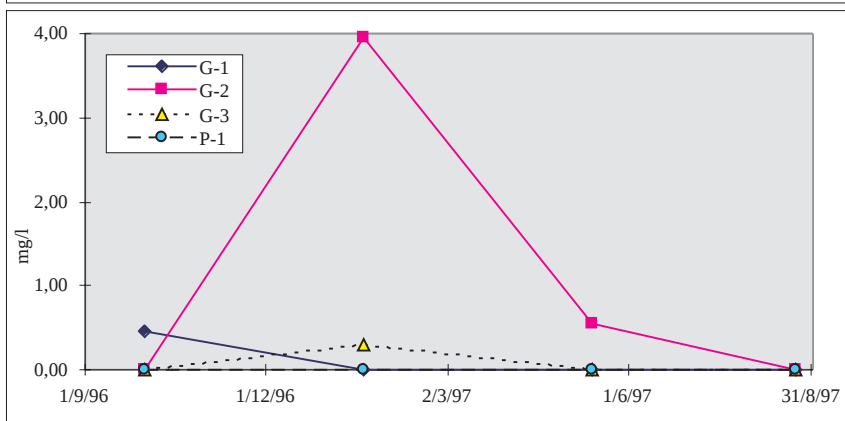
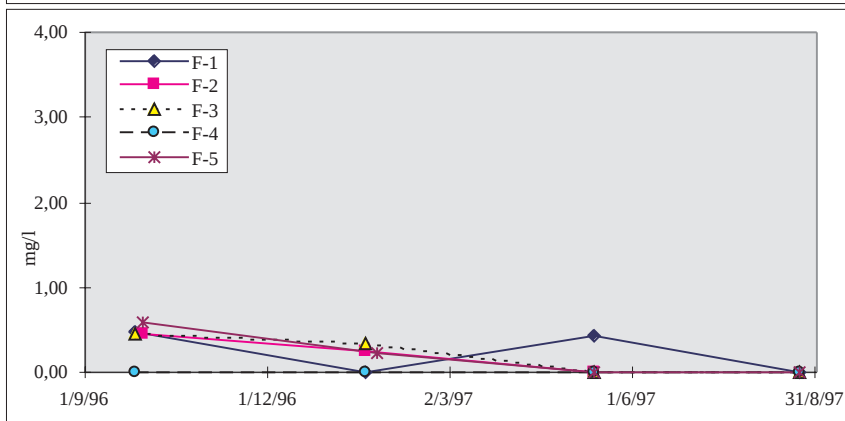
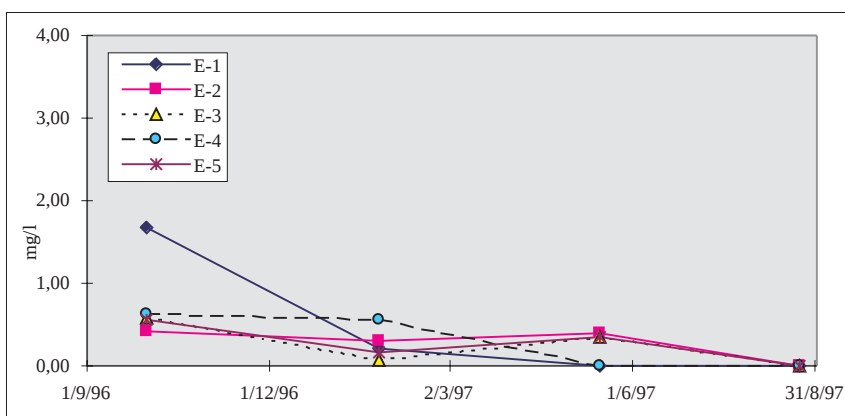
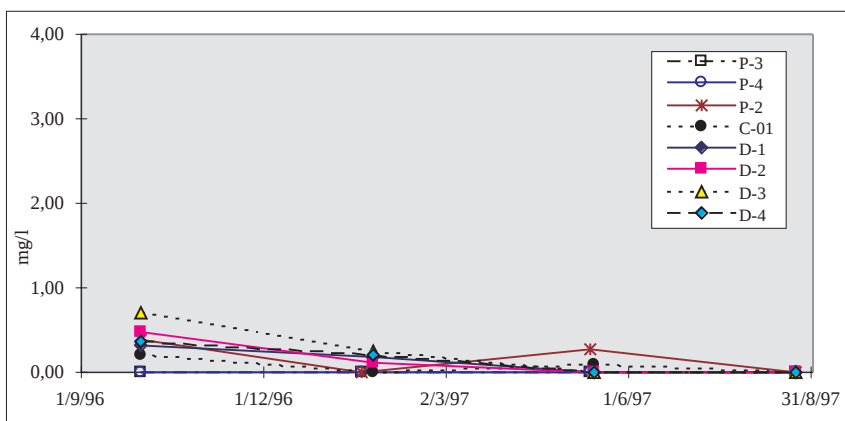


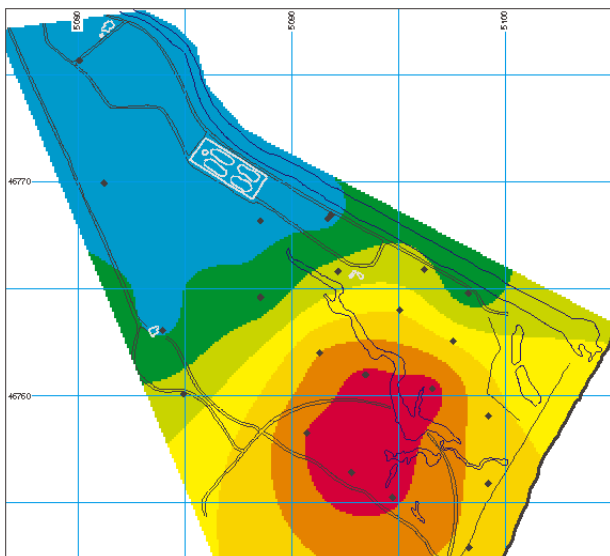
Fig. 20.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de fòsfor, a cadascuna de les campanyes realitzades. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Fòsfor

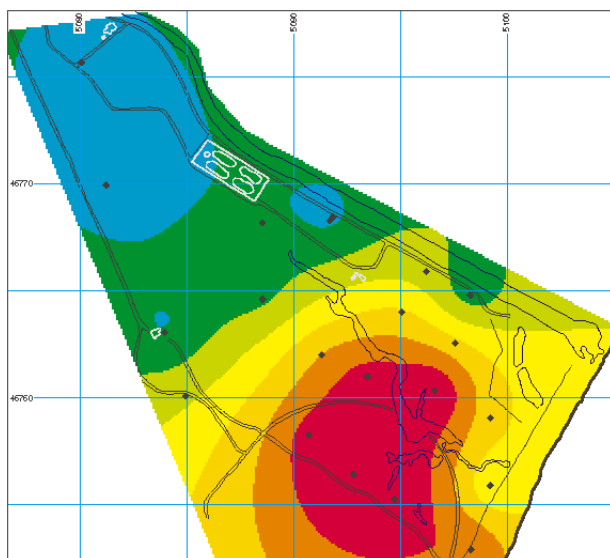


Clorurs

Primera campanya - setembre 1996

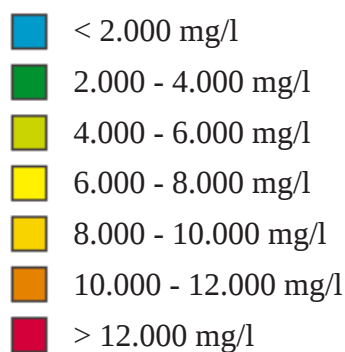


Quarta campanya - agost 1997



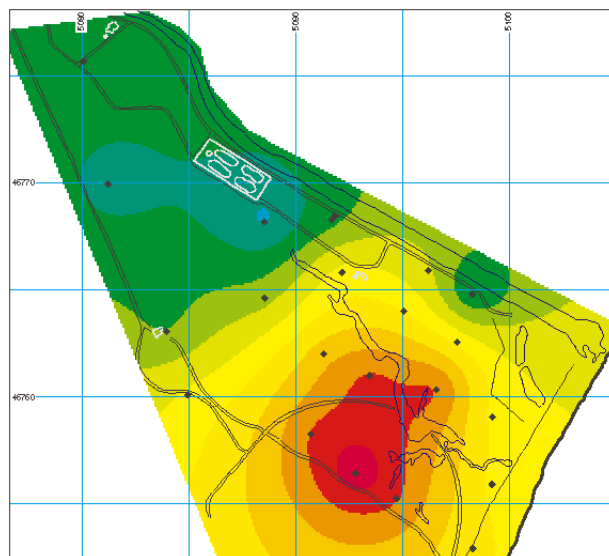
Simbologia

Valors de concentració de clorurs a l'aigua

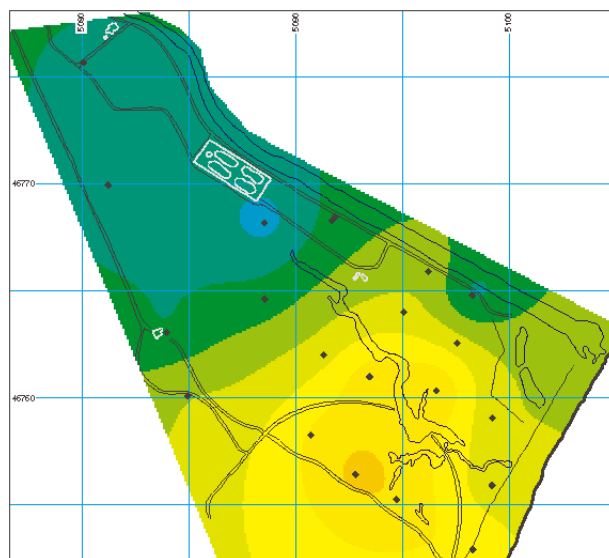


Sulfats

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de concentració de sulfats a l'aigua

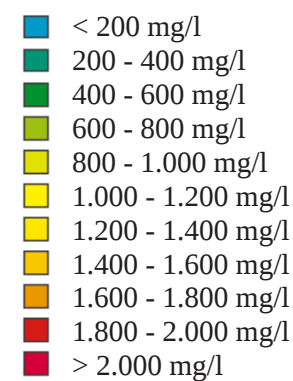
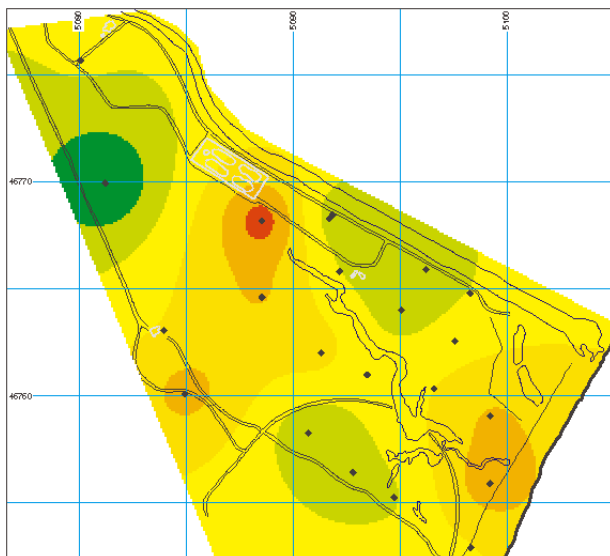


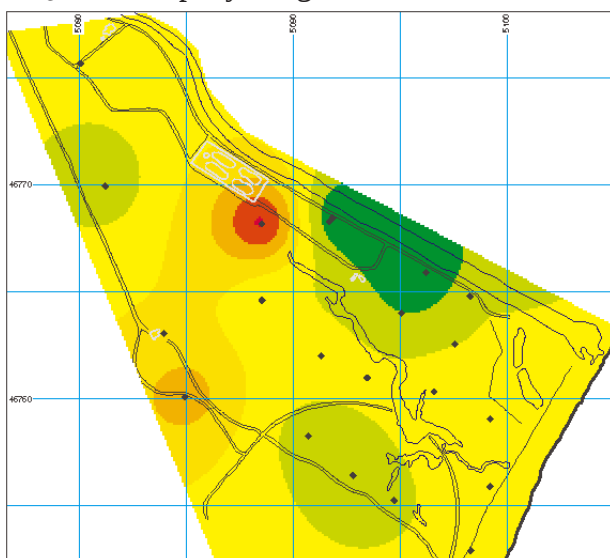
Fig. 22.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de clorurs i de sulfats, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Bicarbonats

Primera campanya - setembre 1996

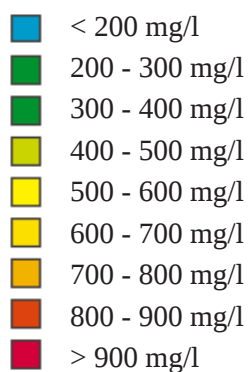


Quarta campanya - agost 1997



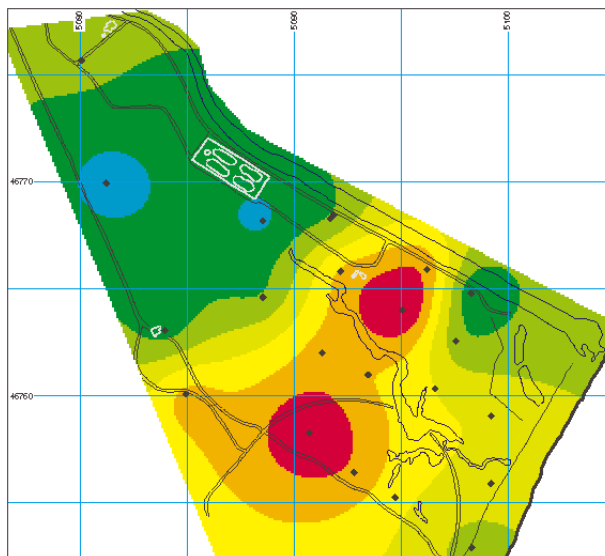
Simbologia

Valors de concentració de bicarbonat a l'aigua

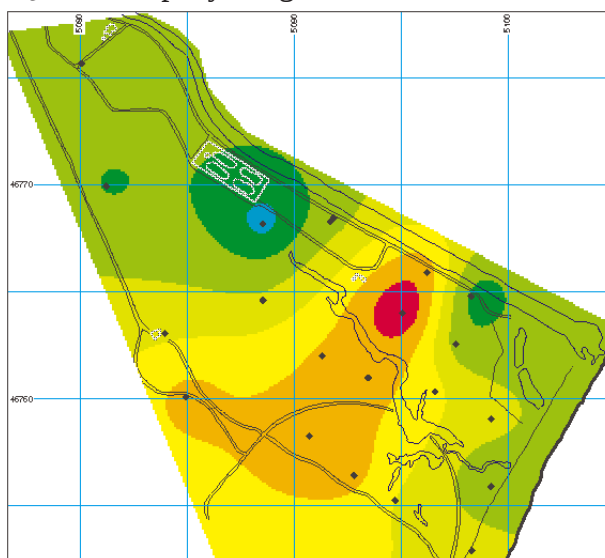


Calci

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de concentració de calci a l'aigua

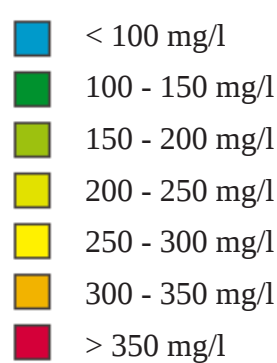
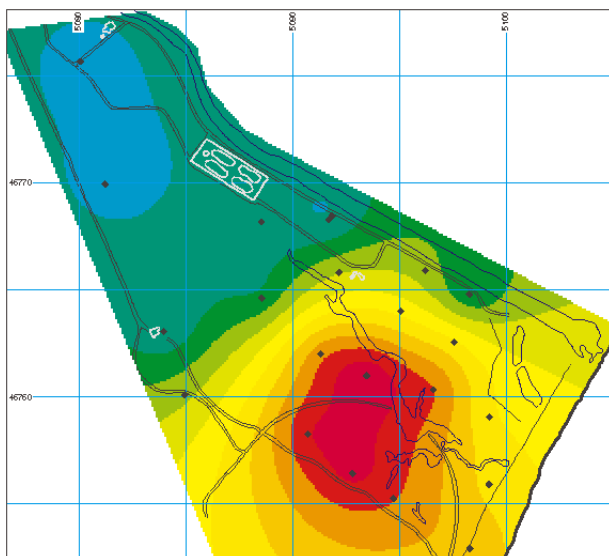


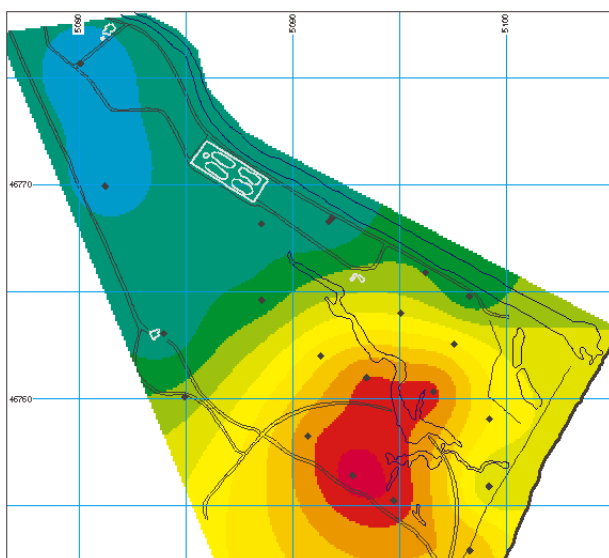
Fig. 23.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de bicarbonat i de calci, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Sodi

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



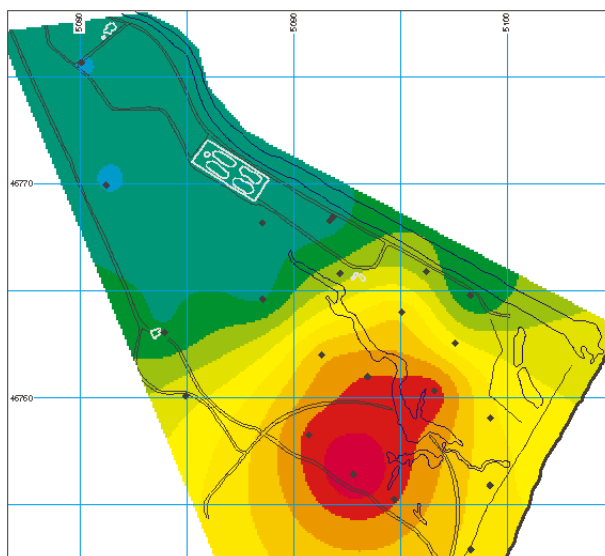
Simbologia

Valors de concentració de sodi a l'aigua

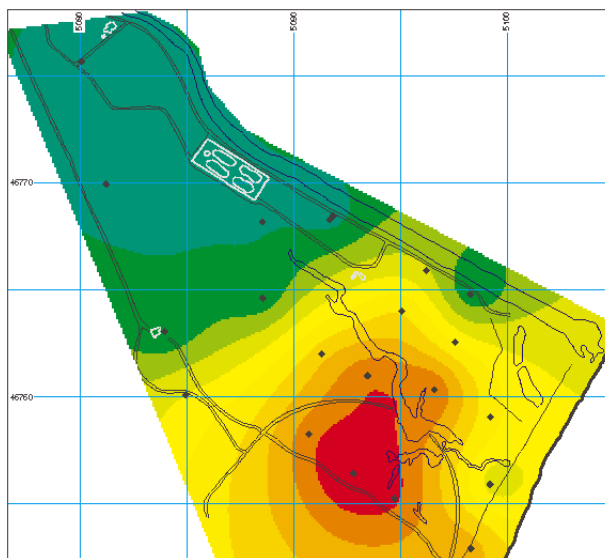
■	< 1.000 mg/l
■	1.000 - 2.000 mg/l
■	2.000 - 3.000 mg/l
■	3.000 - 4.000 mg/l
■	4.000 - 5.000 mg/l
■	5.000 - 6.000 mg/l
■	6.000 - 7.000 mg/l
■	7.000 - 8.000 mg/l
■	8.000 - 9.000 mg/l
■	9.000 - 10.000 mg/l
■	> 10.000 mg/l

Magnesi

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

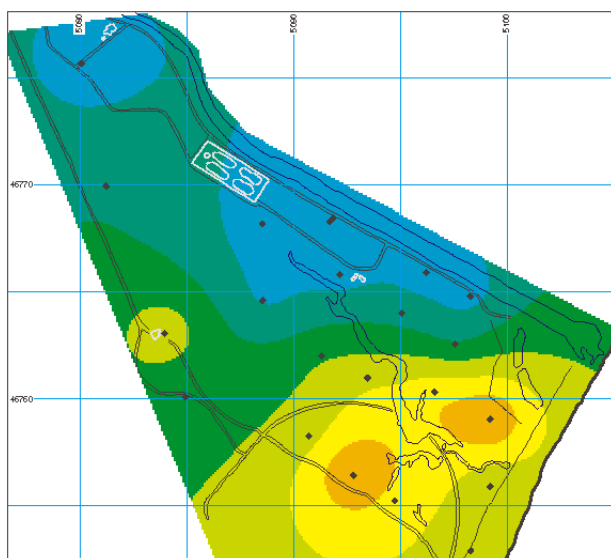
Valors de concentració de magnesi a l'aigua

■	< 100 mg/l
■	100 - 200 mg/l
■	200 - 300 mg/l
■	300 - 400 mg/l
■	400 - 500 mg/l
■	500 - 600 mg/l
■	600 - 700 mg/l
■	700 - 800 mg/l
■	800 - 900 mg/l
■	900 - 1.000 mg/l
■	> 1.000 mg/l

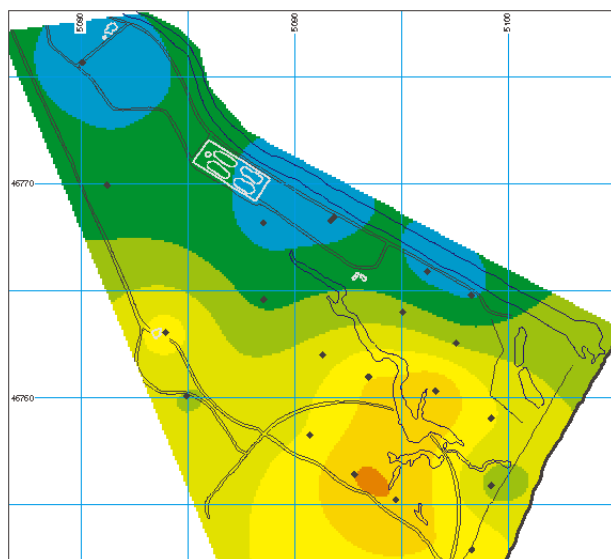
Fig. 24.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de sodi i de magnesi, a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

Potassi

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

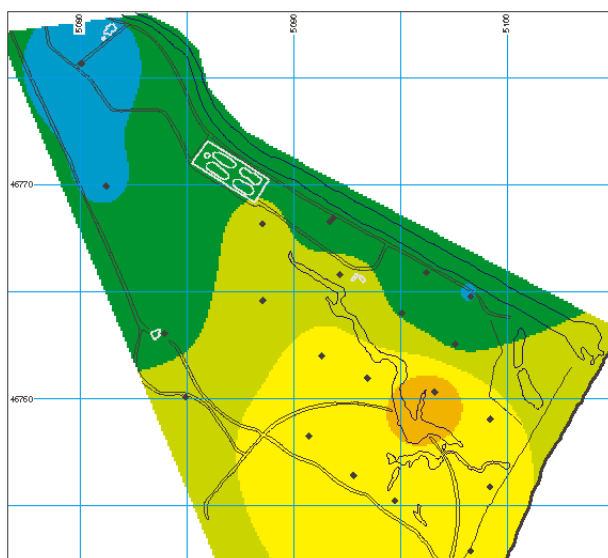
Valors de concentració de potassi a l'aigua

- < 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- 100 - 150 mg/l
- 150 - 200 mg/l
- 200 - 250 mg/l
- 250 - 300 mg/l
- > 300 mg/l

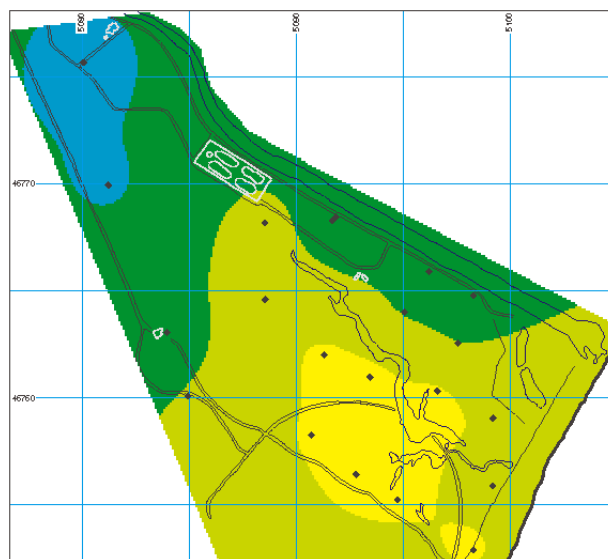
DQO

(amb permanganat potàssic)

Primera campanya - setembre 1996



Quarta campanya - agost 1997



Simbologia

Valors de la DQO amb permanganat potàssic, a l'aigua

- < 5 mg/l O₂
- 5 - 10 mg/l O₂
- 10 - 15 mg/l O₂
- 15 - 20 mg/l O₂
- 20 - 25 mg/l O₂
- > 25 mg/l O₂

Fig. 25.- Mapes de la distribució espacial dels valors de concentració de potassi i de DQO (amb permanganat potàssic), a la primera i la quarta campanya. L'escala dels mapes és aproximadament d'1:35.000.

			Cota topogràfica brocal	Alçada brocal	Cota topogràfica punt
n. punt	UTM X	UTM Y			
C-01	508.493	4.676.008	143	9,0	134,0
D-1	509.071	4.675.825	129	14,0	115,0
D-2	509.280	4.675.642	123	35,0	88,0
D-3	509.473	4.675.524	100	16,0	84,0
D-4	509.830	4.675.290	113	11,0	102,0
E-1	508.854	4.676.459	153	0,0	153,0
E-2	509.131	4.676.200	112	18,0	94,0
E-3	509.346	4.676.097	117	10,0	107,0
E-4	509.660	4.676.031	94	11,0	83,0
E-5	509.920	4.675.590	83	11,0	72,0
F-1	508.854	4.676.816	195	14,5	180,5
F-2	509.217	4.676.580	167	9,5	157,5
F-3	509.507	4.676.399	146	21,0	125,0
F-4	509.757	4.676.255	107	3,5	103,5
F-5	509.921	4.675.905	102	17,0	85,0
G-1	509.185	4.676.844	226	32,0	194,0
G-2	509.622	4.676.589	218	45,0	173,0
G-3	509.829	4.676.478	160	26,0	134,0
P-1	509.169	4.676.826	259	28,0	231,0
P-2	508.395	4.676.305	273	93,0	180,0
P-3	508.005	4.677.565	-	-	-
P-4	508.121	4.676.992	312	28,5	283,5

PIEZOMETRIA

n. punt				1a CAMPANYA			2a CAMPANYA			3a CAMPANYA			4a CAMPANYA		
	Cota topogràfica brocal*	Alçada brocal*	Cota topogràfica punt*	Alçada brocal*	Profunditat aigua*	Cota aigua*	Alçada brocal*	Profunditat aigua*	Cota aigua*	Alçada brocal*	Profunditat aigua*	Cota aigua*	Alçada brocal*	Profunditat aigua*	Cota aigua*
C-01	143,0	9,0	134,0	8,0	153,0	-9,0	9,0	25,0	118,0	9,0	113,0	30,0	9,0	129,0	14,0
D-1	129,0	14,0	115,0	14,0	141,0	-12,0	14,0	27,0	102,0	14,0	110,0	19,0	14,5	120,5	8,0
D-2	123,0	35,0	88,0	35,5	134,5	-12,0	35,5	5,0	117,5	35,0	103,5	19,5	36,5	115,0	6,5
D-3	100,0	16,0	84,0	16,0	108,0	-8,0	16,0	8,0	92,0	16,0	81,0	19,0	16,0	99,5	0,5
D-4	113,0	11,0	102,0	20,5	106,5	-3,0	21,0	26,5	76,5	11,0	80,0	33,0	10,5	104,0	9,5
E-1	153,0	0,0	153,0	8,0	164,0	-19,0	0,0	44,0	109,0	0,0	121,0	32,0	0,0	148,5	4,5
E-2	112,0	18,0	94,0	18,0	121,0	-9,0	17,0	21,5	91,5	18,0	93,0	19,0	17,0	109,5	3,5
E-3	117,0	10,0	107,0	10,0	125,0	-8,0	10,0	32,0	85,0	10,0	101,0	16,0	10,0	115,0	2,0
E-4	94,0	11,0	83,0	12,0	97,0	-4,0	11,0	13,0	81,0	11,0	79,0	15,0	11,0	99,0	-5,0
E-5	83,0	11,0	72,0	11,5	88,0	-5,5	11,0	5,0	78,0	11,0	63,5	19,5	10,5	86,5	-3,0
F-1	195,0	14,5	180,5	13,0	180,0	16,5	14,0	116,0	79,5	14,5	152,0	43,0	0,0	168,0	41,5
F-2	167,0	9,5	157,5	8,5	165,0	3,0	9,0	91,0	76,5	9,5	140,5	26,5			
F-3	146,0	21,0	125,0	24,5	138,0	4,5	21,0	73,0	73,0	21,0	119,0	27,0	22,0	142,0	3,0
F-4	107,0	3,5	103,5	3,5	95,5	11,5	3,5	37,5	69,5	3,5	82,0	25,0	4,0	103,0	3,5
F-5	102,0	17,0	85,0	16,0	91,5	11,5	16,0	22,0	81,0	17,0	79,0	23,0	17,0	99,0	3,0
G-1	226,0	32,0	194,0	32,5	209,0	16,5	32,0	182,0	44,0	32,0	166,5	59,5	32,0	215,0	11,0
G-2	218,0	45,0	173,0	45,0	176,5	41,5	46,0	140,0	77,0	45,0	151,5	66,5	45,0	187,5	30,5
G-3	160,0	26,0	134,0	-	-	-	25,0	98,0	63,0	26,0	81,5	78,5	27,0	121,0	38,0
P-1	259,0	28,0	231,0	28,0	236,0	23,0	28,0	212,0	47,0	28,0	203,0	56,0	28,0	245,0	14,0
P-2	273,0	93,0	180,0	90,0	295,0	-19,0	-	-	-	93,0	231,0	42,0	95,0	291,0	-20,0
P-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-4	312,0	28,5	283,5	33,0	286,5	21,0	28,5	201,0	111,0	28,5	243,0	69,0	-	-	-

(*) mesures en cm

			Eh	temp	E(nhe)	CE	TSD	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	P	DQO*	Cl	HCO3	SO4	Na	K	Ca	Mg
N.punt	Data	ph	mV	°C	mV	µmhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l O ₂	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
C-01	10/1/96	6,98	-95,8	18,0	110,2	16500	14032	<0,03	<0,01	11,00	2,48	0,27	0,21	0,43	14,3	4915	797	1049	3625	91	348	473
C-01	1/19/97	7,45	90,1	20,0	294,1	6170	4680	0,03	0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,75								
C-01	5/15/97	7,06	-90,3	20,0	113,7	16870	14347	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,11	0,09	<0,5								
C-01	8/23/97	7,27	-120,5	22,7	80,8	15060	12808	<0,03	<0,01	7,80	1,76	<0,05	<0,04	<0,25	10,4	5560	830	820	3281	132	336	518
D-1	10/1/96	7,21	-25,1	16,9	182,0	35900	30531	0,07	0,02	<5	<1	0,93	0,72	0,32	18,5	12600	367	1869	10500	171	457	962
D-1	1/25/97	7,73	226,0	20,0	430	37400	31806	<0,03	<0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	0,18								
D-1	5/15/97	7,39	-127,6	20,0	76,4	36200	30786	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,58	0,45	<0,5								
D-1	8/23/97	7,24	-166,0	26,6	31,4	39900	33932	<0,03	<0,01	4,80	1,08	1,17	0,91	<0,25	15,8	13400	403	1245	8990	197	354	988
D-2	10/1/96	7,23	-12,3	17,3	194,4	44900	38184	0,08	0,02	<5	<1	0,32	0,25	0,48	18,5	15300	440	2269	10800	346	348	1207
D-2	1/25/97	7,52	214,9	20,0	418,9	46300	39375	<0,03	<0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	0,11								
D-2	5/15/97	7,26	-152,4	20,0	51,6	43700	37164	<0,03	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
D-2	8/23/97	7,14	-198,0	26,8	-0,8	41600	35378	0,45	0,14	4,60	1,04	<0,05	<0,04	<0,25	16,5	17000	425	1535	11291	324	326	1244
D-3	10/1/96	7,41	24,3	18,4	229,9	36500	31041	0,24	0,07	13,80	3,12	1,43	1,11	0,71	19,0	12700	465	1868	9200	223	262	923
D-3	1/25/97	7,64	211,6	20,0	415,6	33900	28830	0,06	0,02	<5	<1	0,06	0,05	0,26								
D-3	5/15/97	7,77	-137,0	20,0	67	37500	31891	0,06	0,02	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
D-3	8/23/97	7,37	-185,8	26,8	11,4	31900	27129	<0,03	<0,01	5,90	1,33	<0,05	<0,04	<0,25	15,4	15000	462	1399	10268	314	240	1056
D-4	10/1/96	7,15	-44,1	16,8	163,1	24900	21176	0,08	0,02	12,10	2,73	0,28	0,22	0,36	16,6	9700	583	1235	8000	180	159	668
D-4	1/25/97	7,47	209,0	20,0	413	34500	29340	0,03	0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	0,2								
D-4	5/15/97	7,87	-126,8	20,0	77,2	32900	27979	0,10	0,03	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
D-4	8/23/97	7,21	-198,0	21,4	4,6	28800	24492	<0,03	<0,01	4,70	1,06	0,06	0,05	<0,25	15,8	12700	541	1245	8478	264	246	908
E-1	9/30/96	6,88	-65,0	19,6	139,4	8130	6167	0,17	0,05	10,30	2,33	1,57	1,22	1,68	11,9	1994	731	687	1670	28	129	121
E-1	1/25/97	7,38	200,9	20,0	404,9	777	556	0,48	0,15	<5	<1	0,29	0,23	0,22								
E-1	5/13/97	7,18	-70,8	20,0	133,2	1392	1056	0,06	0,02	<2,5	<1	0,76	0,59	<0,5								
E-1	8/23/97	7,31	-210,0	26,6	-12,6	9700	7358	<0,03	<0,01	6,20	1,40	7,10	5,52	<0,25	15,2	3100	458	467	2156	75	203	166
E-2	9/30/96	6,79	-35,5	18,9	169,6	31800	27044	0,18	0,05	<5	<1	0,84	0,65	0,41	17,8	10600	665	1543	9250	150	329	811
E-2	1/25/97	7,49	212,0	20,0	416	29500	25088	0,06	0,02	<5	<1	0,17	0,13	0,3								
E-2	5/13/97	7,16	-152,5	22,7	48,8	30300	25768	<0,03	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,4								
E-2	8/23/97	7,24	-174,4	26,4	23,2	26100	22196	0,13	0,04	<2,5	<1	6,90	5,37	<0,25	16,2	10400	579	901	6688	177	312	785
E-3	9/30/96	7,22	6,8	16,6	214,2	37800	32146	<0,03	<0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	0,59	18,3	13000	532	1910	11800	194	290	930
E-3	1/25/97	7,49	207,4	20,0	411,4	34900	29680	0,06	0,02	<5	<1	<0,05	<0,04	0,07								
E-3	5/13/97	7,39	-148,8	22,1	53,1	33500	28489	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,30	0,23	0,35								
E-3	8/23/97	7,31	-176,8	26,3	20,9	30300	25768	0,10	0,03	12,90	2,91	<0,05	<0,04	<0,25	16,5	13600	536	1381	9757	264	328	1027
E-4	9/30/96	7,17	57,3	20,5	260,8	40600	34528	0,07	0,02	<5	<1	0,27	0,21	0,62	28,0	13900	608	1966	9650	251	247	1052

			Eh	temp	E(nhe)	CE	TSD	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	P	DQO*	Cl	HCO3	SO4	Na	K	Ca	Mg
N.punt	Data	ph	mV	°C	mV	µmhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l O ₂	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
E-4	1/25/97	7,59	209,6	20,0	413,6	21800	18539	0,05	0,02	<5	<1	0,30	0,23	0,55								
E-4	5/13/97	7,50	-160,8	20,7	42,5	36500	31041	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,13	0,10	<0,5								
E-4	8/23/97	7,50	-155,0	25,2	43,8	36900	31381	<0,03	<0,01	9,60	2,17	<0,05	<0,04	<0,25	16,2	15500	577	1508	10268	334	270	1086
E-5	10/1/96	7,11	3,1	15,9	211,2	23800	20240	<0,03	<0,01	16,00	3,61	0,06	0,05	0,55	16,1	9100	828	1098	6525	142	233	619
E-5	1/25/97	7,74	208,2	20,0	412,2	29200	24833	<0,03	<0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	0,17								
E-5	5/15/97	7,71	-105,4	20,0	98,6	14730	12527	0,08	0,02	<2,5	<1	1,22	0,95	0,35								
E-5	8/23/97	7,70	-169,6	18,9	35,5	16900	14372	0,21	0,06	10,50	2,37	3,45	2,68	<0,25	13,5	4970	609	784	2853	97	115	344
F-1	9/26/96	7,00	-167,2	19,2	37,6	4850	3679	0,05	0,02	<5	<1	5,70	4,43	0,48	12,9	1190	962	<25	830	2	70	112
F-1	1/19/97	7,20	28,3	20,0	232,3	9610	7290	0,04	0,01	<5	<1	0,11	0,09	<0,25								
F-1	5/13/97	7,16	-149,3	20,4	54,3	7230	5484	0,12	0,04	<2,5	<1	0,50	0,39	0,43								
F-1	8/23/97	7,29	-177,0	26,9	20,1	8300	6296	<0,03	<0,01	12,10	2,73	18,90	14,70	<0,25	13,5	2030	1088	<25	1436	12	46	184
F-2	9/30/96	7,05	28,5	16,2	236,3	15400	13097	0,92	0,28	<5	<1	1,66	1,29	0,45	13,9	4710	480	1148	4025	21	335	337
F-2	1/19/97	7,63	70,8	20,0	274,8	8840	6706	0,03	0,01	<2,5	<1	0,05	0,04	0,25								
F-2	5/13/97	7,15	-145,9	20,4	57,7	12630	10741	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,23	0,18	<0,5								
F-3	9/26/96	6,84	55,5	19,2	260,3	24300	20665	0,13	0,04	<5	<1	0,46	0,36	0,45	8,4	8120	422	1198	5550	75	479	730
F-3	1/19/97	7,31	98,9	20,0	302,9	27600	23472	0,04	0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,34								
F-3	5/13/97	7,41	-169,9	20,0	34,1	24500	20836	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,42	0,33	<0,5								
F-3	8/23/97	7,07	-170,5	25,9	27,6	26200	22281	<0,03	<0,01	12,90	2,91	1,19	0,93	<0,25	9,0	8460	384	874	4643	119	447	740
F-4	9/26/96	7,21	52,5	19,1	257,4	23400	19900	0,06	0,02	<5	<1	1,53	1,19	<0,25	6,2	7600	556	1148	6300	86	139	493
F-4	1/19/97	7,55	102,2	20,0	306,2	23200	19730	<0,03	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
F-4	5/13/97	7,65	-170,3	20,0	33,7	17640	15002	<0,06	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
F-4	8/23/97	7,59	-153,6	26,1	44,3	26400	22451	<0,03	<0,01	9,60	2,17	0,87	0,68	<0,25	9,4	8390	496	883	6177	132	151	557
F-5	9/30/96	7,09	63,3	19,0	268,3	25600	21771	0,07	0,02	7,20	1,63	0,20	0,16	0,59	17,1	8350	741	1092	5917	344	254	596
F-5	1/25/97	7,29	222,8	20,0	426,8	27100	23047	0,04	0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,23								
F-5	5/13/97	7,74	-146,9	22,7	54,4	25200	21431	<0,06	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,5								
F-5	8/23/97	7,27	-190,9	25,5	7,6	27400	23302	<0,03	<0,01	11,60	2,62	0,36	0,28	<0,25	15,0	8730	566	811	5921	214	225	633
G-1	9/26/96	6,95	147,0	25,0	346,0	5840	4430	0,06	0,02	<5	<1	1,19	0,93	0,45	3,5	1540	439	535	880	23	145	155
G-1	1/19/97	7,16	110,7	20,0	314,7	6170	4680	<0,03	<0,01	<5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
G-1	5/13/97	7,29	-153,9	20,0	50,1	6140	4657	<0,06	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
G-1	8/23/97	7,58	-131,0	24,5	68,5	5900	4475	<0,03	<0,01	12,70	2,87	2,60	2,02	<0,25	4,8	1500	187	485	976	47	161	119
G-2	9/26/96	6,96	-32,0	18,9	173,1	13560	11532	0,05	0,02	<5	<1	0,34	0,26	<0,25	6,2	4125	425	846	3475	22	371	334
G-2	1/25/97	7,18	222,0	20,0	426	5430	4119	0,31	0,09	<5	<1	0,40	0,31	3,96								
G-2	5/13/97	7,36	-156,6	20,0	47,4	10280	8742	0,10	0,03	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,54								

			Eh	temp	E(nhe)	CE	TSD	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	P	DQO*	Cl	HCO ₃	SO ₄	Na	K	Ca	Mg
N.punt	Data	ph	mV	°C	mV	µmhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l O ₂	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
G-2	8/23/97	7,21	-103,0	27,3	93,7	16100	13692	0,10	0,03	9,40	2,12	1,30	1,01	<0,25	9,2	4860	237	784	2872	18	356	410
G-3	9/26/96	7,26	88,0	19,5	292,5	5700	4324	0,05	0,02	<5	<1	1,15	0,89	<0,25	3,3	1600	499	208	1060	16	53	106
G-3	1/19/97	7,76	111,2	20,0	315,2	3010	2283	0,03	0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	0,3								
G-3	5/13/97	7,77	-154,4	20,0	49,6	3550	2693	<0,06	<0,01	<2,5	<1	0,71	0,55	<0,25								
G-3	8/23/97	7,52	-96,5	26,3	101,2	6600	5006	<0,03	<0,01	13,10	2,96	<0,05	<0,04	<0,25	6,3	1700	498	205	1257	22	88	120
P-1	9/26/96	7,79	-45,6	16,8	161,6	4710	3573	<0,03	<0,01	12,10	2,73	<0,05	<0,04	<0,25	5,3	1096	416	494	670	18	134	131
P-1	1/19/97	7,67	188,7	20,0	392,7	5400	4096	<0,03	<0,01	<2,5	<1	0,06	0,05	<0,25								
P-1	5/13/97	7,63	-158,8	21,0	44,2	4410	3345	<0,03	<0,01	<2,5	<1	<0,05	<0,04	<0,25								
P-1	8/23/97	7,53	-135,5	24,9	63,6	4970	3770	0,15	0,05	15,40	3,48	0,12	0,09	<0,25	4,8	1150	387	440	669	18	188	161
P-2	10/1/96	7,15	-123,2	18,3	82,5	4950	3755	0,10	0,03	<5	<1	5,68	4,42	0,39	6,2	1050	601	526	570	208	96	165
P-2	1/19/97	7,19	197,2	20,0	401,2	5000	3793	0,12	0,04	18,4	4,15	0,37	0,29	<0,25								
P-2	5/13/97	7,14	-212,6	20,0	-8,6	4870	3694	0,05	0,02	<2,5	<1	6,42	4,99	0,28								
P-2	8/23/97	7,10	-107,5	22,3	94,2	5480	4157	<0,03	<0,01	13,90	3,14	3,40	2,64	<0,25	5,4	1170	625	358	618	259	239	154
P-3	10/1/96	7,00	-102,1	16,9	105,0	1940	1472	<0,03	<0,01	8,60	1,94	1,14	0,89	<0,25	2,0	214	536	526	132	5	175	67
P-3	1/19/97	7,12	-5,0	20,0	199	1881	1427	<0,03	<0,01	<2,5	<1	0,44	0,34	<0,25								
P-3	5/13/97	7,09	-176,3	20,0	27,7	2010	1525	0,03	0,01	<2,5	<1	1,28	1,00	<0,25								
P-3	8/23/97	7,09	-125,0	23,7	75,3	2360	1790	<0,03	<0,01	15,20	3,43	0,89	0,69	<0,25	2,3	316	536	340	216	8	192	86
P-4	10/1/96	7,26	-72,9	17,9	133,2	2360	1790	<0,03	<0,01	<5	<1	1,55	1,21	<0,25	3,5	536	159	239	302	10	52	63
P-4	1/19/97	9,56	45,1	20,0	249,1	1613	1224	<0,03	<0,01	<2,5	<1	1,02	0,79	<0,25								
P-4	5/13/97	7,30	-165,5	20,0	38,5	1619	1228	0,05	0,02	<2,5	<1	1,35	1,05	<0,25								
P-4	8/23/97	7,37	-135,0	23,0	66,0	3100	2351	<0,03	<0,01	9,50	2,15	1,57	1,22	<0,25	3,5	635	374	201	369	49	134	92

(*) Oxidabilitat al permanganat