

## **Estudi del nivell freàtic de Barcelona. Fonts d'informació i piezòmetres de control**

**Sílvia Burdons Cercós (1)**

**Àngels Roura Ruiz (2)**

*(1) Geòloga, Tècnica del departament de cartografia de Clabsa*

*(2) Enginyer tècnic en Topografia i Geògrafa  
Tècnica del departament de cartografia de Clabsa*

### **1. Introducció i objectius**

Des de fa un temps, s'està observant que el nivell freàtic de Barcelona està pujant. El motiu d'aquest ascens sembla clar: de forma progressiva moltes indústries de Barcelona han deixat de bombejar l'aigua del subsòl.

Les causes d'aquest desús són sobretot dues: en primer lloc el tancament o trasllat de moltes indústries fora de la ciutat de Barcelona i, en segon lloc la progressiva parada de les bombes ja que és molt més senzill l'ús de l'aigua corrent que arriba per la xarxa.

Per aquest motiu, l'Ajuntament de Barcelona ha encarregat un estudi per tal de poder determinar amb quin ritme va pujant el nivell a Barcelona i si el seu comportament és o no uniforme en tot el subsòl.

Per realitzar-lo, l'any 1996 s'ha signat un conveni entre la Universitat Politècnica de Catalunya i el propi Ajuntament de Barcelona. Durant aquest temps i amb la col·laboració de Clavegueram de Barcelona, S.A. (Clabsa) s'ha realitzat una important tasca de recopilació de tot tipus d'informació relacionada amb el nivell freàtic i l'aqüífer, informació que es descriurà i analitzarà en el present article.

## 2. Recull de la informació utilitzada en l'estudi del nivell freàtic a Barcelona

Per poder fer l'estudi de l'evolució del nivell freàtic a Barcelona és necessari en primer lloc conèixer el medi. Per això s'ha de determinar bé la seva topografia, l'estructura geològica i els materials que el constitueixen i les seves característiques hidrològiques, fonamentalment la piezometria.

També s'ha de disposar d'una xarxa de punts de control que permetin de seguir fàcilment l'evolució del nivell freàtic i que ha d'estar distribuïda homogèniament en l'espai.

Tot això suposa un gran volum de dades que s'han anat introduint en el Sistema d'Informació Geogràfica que disposa Clabsa i que originalment recollia informació exclusiva del clavegueram de la ciutat. D'aquesta manera el tractament de la informació és més ràpid i còmode.

La recopilació de les dades referents al nivell freàtic s'ha fet a través de diferents fonts que es descriuen a continuació.

### 2.1. Documentació escrita

Ja que la informació referent a la geologia i hidrologia de Barcelona és molt extensa i també molt dispersa, s'ha recopilat fonamentalment la relacionada amb sondejos i pous, doncs aquests faciliten directament la columna estratigràfica i la cota del nivell freàtic en un punt, i per tant, són suficients per conèixer la geologia i les isopieques del medi estudiat.

#### 2.1.1. Informació extreta de sondejos i pous construïts a Barcelona

Es disposa d'uns mil set-cents sondejos que s'han seleccionat dels informes geotècnics realitzats durant les diferents obres que s'han fet a la ciutat. Aquests informes han estat facilitats per la Direcció General de Transports i per l'Arxiu Municipal de l'Ajuntament de Barcelona.

La majoria corresponen a la construcció de les línies de metro, tant les existents com la projectada a Montjuïc. Altres corresponen a la construcció de les Rondes de Barcelona. També es disposa d'un nombre considerable de sondejos realitzats per a particulars, alguns dels quals tenen una profunditat considerable i arriben al sòcol paleozoic.

Una altra font que permet conèixer els materials del subsòl i la cota del nivell freàtic són les columnes estratigràfiques obtingudes dels pous construïts. De tots aquests pous també es té la mesura del nivell freàtic al finalitzar la seva construcció i el cabal específic que proporcionava el pou.

El gran nombre de pous i sondejos que s'ha recopilat pot fer pensar en la fàcil obtenció d'un model hidrogeològic. Cal tenir en compte, però, que un cop filtrada tota la informació les dades que realment són útils es redueixen, doncs s'han trobat els problemes següents:

– Quant als materials, de cara a l'estudi present s'han agrupat en quatre nivells geològics: quaternari recent, quaternari antic, terciari i paleozoic. El

principal problema existent radica en la poca profunditat dels sondejos (la majoria no arriba als trenta metres), que sovint no permet arribar al terciari.

– D'altra banda és difícil definir la cota del nivell freàtic al llarg de la ciutat per dos motius:

- En el cas dels sondejos, el nombre d'empreses perforadores és gran i no totes semblen tenir una gran rigorositat a l'hora de donar la cota. A més n'hi ha d'altres que no la faciliten.

- La ubicació freqüent dels pous construïts en subterranis d'edificis fa que no es conegui la cota absoluta d'ells i caldria anivellar-los, tasca farragosa i a vegades impossible per la desaparició de l'immoble.

En el primer cas s'ha intentat determinar la cota mitjançant la topografia de la ciutat que ha preparat Clabsa i de la qual se'n parla més endavant. En el segon cas, aquest fet ha provocat l'eliminació d'alguns pous de cara a aquest estudi.

### 2.1.2. *Estudis geològics i hidrològics de la plana de Barcelona*

S'han consultat pocs informes realitzats de caire general de la geologia i hidrologia de Barcelona, doncs com s'ha esmentat anteriorment no són apropiats pel present estudi.

Els consultats han estat els següents:

- *Les formacions Quaternàries del delta del riu Llobregat*, tesi doctoral de M. Àngels Marquès. Aporta nombrosos sondejos realitzats al delta del Llobregat i Zona Franca de Barcelona.

- *Estudio de las infiltraciones de agua observadas en el entorno de la estación Baró de Viver del metro de Barcelona*, realitzat per la UPC a causa dels importants problemes causats per l'aigua subterrània en aquesta estació. Inclou una piezometria de la zona.

- *Morfologia de la Rambla Barcelonina*, de Lluís Casassas i Simó i Oriol Riba i Arderiu i *Questions obertes sobre la geomorfologia, la hidrologia i la sedimentologia de les rieres del Maresme i del Barcelonès amb exemples de la riera d'Arenys*, d'Oriol Riba i Arderiu. Donen una idea de la sedimentologia de les rieres del maresme i en concret de la Rambla de Barcelona, que ens va ajudar a l'hora de dibuixar el mapa de la topografia actual de Barcelona.

## 2.2. Mapes

A més de tota la informació escrita que s'ha enumerat en l'apartat anterior, també s'han recopilat una sèrie de mapes de diferent índole i que són interessants per diversos motius.

### 2.2.1. *Topogràfics*

Actualment digitalitzats en el sistema d'informació geogràfica de Clabsa:

- *Plano de los alrededores de la ciudad de Barcelona levantado por orden del Gobierno para la formación del proyecto de Ensanche* d'Ildefons Cerdà.

Realitzat l'any 1858, només abarca la zona baixa de Barcelona, excepte el Casc Antic, ja que era la zona on s'havia de fer el projecte d'urbanització de la ciutat.

El seu problema principal és que les corbes resultants tenen una forma molt poc real a més de no conèixer-ne la seva equidistància (sembla que és d'1 m)

– *Plano por curvas de nivel de Barcelona y pueblos vecinos* i *Plano detallado de la urbanización de Barcelona y de su alcantarillado* de P. Garcia Faria

Són dos mapes amb totes les corbes de nivell de Barcelona. Es van realitzar l'any 1891 per a la confecció del «Projecte de Sanejament de Barcelona» per part de l'Ajuntament.

Presenten alguns problemes. En primer lloc l'equidistància no és regular, i segons la zona pot anar des d'1 m (Casc Antic) fins a 10 m (zona alta de la ciutat). El segon problema és que les corbes no sempre són contínues, sinó que molt sovint es perden per tornar a aparèixer en qualsevol altre punt. En altres zones, sobretot en els turons, la corba fa com una espiral, que comença en el punt més alt i s'estén fins que es perd.

Tot i això, són dels primers plànols topogràfics que existeixen de la plana de Barcelona, i malgrat els seus defectes permeten veure quina és la seva orografia general.

Un examen d'aquests mapes fa constatar una topografia sorprenent en algunes rieres de Barcelona, concretament les d'Horta, Sant Andreu i especialment la Rambla. Geomorfològicament, la plataforma barcelonina tenia dues unitats ben diferenciades: el samontà pleistocè i el delta del riu Besòs, separades per un talús. Normalment, les rieres que circulaven pel samontà en arribar al talús obrien un petit esvoranc i creaven sobre el delta un ventall al·luvial (un con de dejecció). Aquest fet no agradava als pagesos pel risc d'inundació que sempre hi havia. La solució a aquest problema consistia en construir tanques o petits dics artificials a banda i banda del con per tal d'evitar que les aigües es desbordessin i conduir-les directament cap al mar. Amb el temps el con de dejecció, modificat per l'home, perdia la seva forma de ventall i creixia longitudinalment, creant un solc al mig que hi feia de llera. Aquesta espècie de canalització presentava una sedimentació molt activa provocant, a la llarga, una sobrelevació relativa.

El cas de la Rambla és un exemple clar del que s'ha explicat en el paràgraf anterior, però encara més agreujat per la construcció de la muralla de Jaume I (S. XIII) en una banda, aprofitant la part alta de la llera que facilitava la defensa mentre que el llit natural de la riera feia de fossar. A l'altra banda, els horts aviat foren ocupats per convents. D'aquesta manera la riera quedava totalment canalitzada. Aquesta situació només va durar uns anys, ja que la riera es va anar omplint de sediments i alhora que s'anava elevat, es va reblir completament de sediments, fet que va fer canviar el seu perfil longitudinal.

– *Mapa topogràfic de les corbes de nivell actuals de Barcelona.*

Es va confeccionar a partir de les cotes dels 33.140 pous de la xarxa de clavegueram de Barcelona, realitzant-ne una interpolació manual, amb equidistància de 5 m. Per això hi ha zones sense corbar, ja que són les parts de la ciutat on no hi ha suficient densitat de pous.

### 2.2.2. Geològics

– *Mapa Geològico y Topográfico de Barcelona* del Canonge Almera.

Mapa a escala 1/40000 i amb corbes de nivell d'equidistància 5 m. Es va realitzar l'any 1891 per encàrrec de la Diputació de Barcelona.

A part del mapa geològic, hi ha una descripció de roques i substàncies útils (minerals de ferro i aigües minerals) i una breu explicació estratigràfica i tectònica de la zona. A més s'indica el límit de la costa durant el Pliocè.

S'ha utilitzat com ajuda per definir els contactes entre els diferents materials en la ciutat.

### 2.2.3. Hidrològics

– Rieres

El *Plano por curvas de nivel de Barcelona y pueblos vecinos* de Garcia Faria, ja anomenat anteriorment, també hi té representades les principals rieres de Barcelona, així com la línia de costa d'aquell moment, que estava més enrera que l'actual.

– Mines

Per tal de poder definir de forma més continua la cota del nivell freàtic a tota la ciutat, es va pensar en utilitzar la informació relacionada amb les mines existents, que es troba arxivada en la Unitat Operativa d'Aigües i Sanejament de l'Ajuntament de Barcelona que actualment té catalogades unes 160 mines.

Malauradament, en gairebé tots els casos no es disposa d'informació altimètrica sinó només del seu traçat planimètric, pel que no s'han pogut utilitzar.

Cal destacar, però, la gran quantitat existent, no únicament a la part alta de la ciutat sinó al llarg de tot el seu territori, encara que algunes no són realment mines sinó que són canalitzacions des d'un punt del nivell freàtic cap a una finca.

## 2.3. Possibles punts de mesura del nivell freàtic

De tota la documentació escrita i gràfica que s'ha recollit, la més important fa referència als diferents llocs de Barcelona on, per algun motiu, s'ha realitzat algun tipus de prospecció geològica, tant sigui per la construcció d'un pou d'extracció d'aigua o per la realització d'un sondeig de cara a una futura obra de tipus civil (metro, les rondes de Barcelona, etc.). El conjunt de tota aquesta informació es pot agrupar segons sigui la seva procedència.

Per tal de realitzar aquest estudi s'han escollit, d'entre el total disponible, una sèrie de pous que es mesuren de forma periòdica per tal de mesurar el seu nivell

freàtic mitjançant una sonda elèctrica. En total s'han triat 26 pous i 6 piezòmetres, en la majoria dels quals també es disposa de la seva columna geològica.

D'aquests pous, tres s'han visitat amb una periodicitat setmanal durant el període octubre-desembre de 1996 o s'hi ha anat després d'una intensitat de precipitació important, mentre que a la resta s'hi ha anat amb una periodicitat trimestral.

El conjunt de tota aquesta informació es pot agrupar segons sigui la seva procedència.

### *2.3.1. Pous de la xarxa de Transports Metropolitans de Barcelona*

No són pous d'extracció d'aigua per usos industrials, sinó que a causa de la profunditat que solen tenir les línies del metro, i com a conseqüència de la progressiva elevació del nivell freàtic, TMB s'ha vist obligat a instal·lar bombes d'aigua en molts punts per tal d'evitar possibles inundacions.

En total hi ha 88 punts repartits per totes les línies de la xarxa del metro.

### *2.3.2. Pous de l'Ajuntament de Barcelona*

Aquests són pous que pertanyen, en general, a diferents empreses de Barcelona per al seu ús particular. L'Ajuntament porta un control del consum d'aigua d'aquests pous, que en total són 112.

### *2.3.3. Piezòmetres de la Junta d'Aigües de la Generalitat de Catalunya*

Aquest organisme disposa d'onze piezòmetres que mesuren d'una forma periòdica el nivell freàtic d'una sèrie de punts, situats principalment en el delta del riu Llobregat. Alguns són multitubs.

### *2.3.4. Pous de la Societat General d'Aigües de Barcelona*

Són un conjunt de sis pous, situats principalment a la zona del riu Besòs, utilitzats durant molts anys per l'extracció d'aigua del seu aquífer. Actualment estan parats a causa de la contaminació i salinització que presenten aquestes aigües.

### *2.3.5. Piezòmetres de Transports Metropolitans de Barcelona*

Són dos piezòmetres situats a banda i banda de l'estació de metro de Baró de Viver. Es van construir per controlar la variació del nivell freàtic en aquest punt, doncs ha estat un dels primers a patir les conseqüències de la seva elevació. Disposem de dades de nivell mensuals des de l'any 1993 fins a l'actualitat.

### *2.3.6. Pous particulars d'extracció d'aigua*

Són una part dels pous que s'han construït per encàrrec de particulars de cara a l'extracció d'aigua. Aproximadament la meitat d'aquests pous coincideixen amb els que l'ajuntament controla. De tots ells disposem de la columna geològica, del cabal específic i de la profunditat del nivell freàtic.

L'únic problema és que la cota de referència és el terra a partir del qual comença a mesurar les diferents profunditats i per tant no ens donen valors absoluts, referenciats a la cota del nivell del mar.

### 2.3.7. Piezòmetres de Clabsa

L'empresa Clavegueram de Barcelona, SA ha construït, durant l'any 1996, cinc piezòmetres telesupervisats, repartits per tota la ciutat. La seva distribució és la següent. Dos en zones problemàtiques: Nus de la Trinitat i Lope de Vega. Dos en punts propers a les zones problemàtiques: Parc de la Ciutadella i Floridablanca/Urgell. I un en la part alta: Joan XXIII.

## 3. Suport a l'estudi: piezòmetres explotats per CLABSA

Una de les accions amb que Clabsa ha col·laborat a realitzar aquest estudi ha estat la construcció de cinc piezòmetres telesupervisats.

Aquesta tasca s'ha fet aprofitant la circumstància que Clabsa disposa d'una sèrie d'estacions remotes que connecten mitjançant línia telefònica els limnòmetres presents a la xarxa de clavegueram amb el centre de telecontrol de l'empresa.

D'aquesta manera la construcció dels piezòmetres es redueix a la perforació i posterior col·locació del sensor, doncs tots ells s'han ubicat en llocs estratègics per l'estudi on a més s'ha pogut aprofitar una de les estacions remotes de què es disposa.

Tot i que cinc punts de control són pocs, aquests es sumen als pous preexistents dels quals s'ha parlat anteriorment i suposen un aspecte novedós en la hidrologia subterrània doncs pel fet d'estar connectats al centre de telecontrol la profunditat del nivell freàtic es mesura de forma constant, permetent un seguiment continu de la seva evolució.

### 3.1. Descripció dels piezòmetres

#### 3.1.1. Situació

Les ubicacions que s'han escollit intenten reflectir tots els casos hidrològics que es donen a la ciutat: dos es troben en zones actualment problemàtiques on es produeixen inundacions a soterranis i al metro, dos en zones relativament properes a les anteriors on encara no s'ha detectat cap problema i un en la zona alta de la ciutat. Els seus emplaçaments són:

- Nus de la Trinitat: està situat al costat d'un camp de futbol al Nord del Nus, en una zona verda relativament propera a la serra de Collserola, i a pocs metres de l'estació de metro Baró de Viver.
- Lope de Vega cantonada Pujades: al xamfrà que formen els dos carrers.
- Lluís Companys: a la vorera prop de la tanca del parc.
- Floridablanca cantonada Urgell: situat en un xamfrà.
- Avinguda Joan XXIII: al mig del passeig.

Tots ells tenen a prop una estació remota de Clabsa i estan convenientment aïllats del medi extern mitjançant una arqueta tapada amb una tapa de clave-

gueram de manera que no representen cap obstacle ni pels vianants ni per la circulació rodada.

### *3.1.2. Descripció de les característiques físiques del sondeig*

Els cinc han estat construïts amb les mateixes característiques físiques. Per a la perforació es va utilitzar una sonda equipada sobre rodes automotrius amb obtenció de testimoni continu, pel que va ser imprescindible la injecció d'aigua durant tot el procés.

Per a la contenció de les parets del sondeig es va utilitzar un revestiment metàl·lic temporal de 128 mm de diàmetre. Un cop es va assolir la profunditat desitjada es va col·locar pel seu interior un tub de PVC d'unions roscades i ranurat en fàbrica, amb un diàmetre exterior de 88 mm i interior de 82 mm, que de fet no està ranurat els primers metres.

El tub està tapat a la seva part inferior i a la superior, on a més en els primers metres de la perforació es va segellar amb pellets de bentonita, de forma que les aigües d'escorriment superficial no poden entrar directament.

En tots ells es va perforar fins a uns cinc metres per sota d'on es va trobar el nivell freàtic de manera que les profunditats assolides i els materials trobats són:

- Nus de la Trinitat: 23 m. Els primers 3,5 m són de rebliment, 7,3 m d'argiles marrons amb quelcom de sorra i la resta sauló. Nivell freàtic a 17,8 m.
- Lope de Vega: 10,5 m. Rebliment el primer metre i mig, 1,3 m de sorra fina, 4,0 m de graves i sorres, 2,3 m de sorra fina i llims i finalment argila gris. Nivell freàtic a 3,6 m.
- Lluís Companys: 14,0 m. Rebliment fins a 4,4 m, un nivell de llim de 0,5 m, 5,0 m d'argiles amb nòduls calcaris a la base, un nivell de llims de 0,7 m i la resta són argiles. Nivell freàtic a 8,2 m.
- Floridablanca-Urgell: 17,0 m. Rebliment fins a 0,4 m, 7,7 m d'argiles amb nòduls calcaris i còdols de pissarra, 2,7 m de llims amb nòduls calcaris, 1,9 m d'argiles amb nòduls calcaris, crosta calcària dura de 0,4 m, 0,9 m de llims amb nòduls i la resta són argiles amb nivells de sorra. Nivell freàtic a 11,7 m.
- Avinguda Joan XXIII: 33,0 m. Rebliment fins a 2 m, 2,9 m de llims marró clar amb nòduls i algun còdol de pissarra, 1,4 m d'argila vermella amb sorra, 1,6 m de llims amb nòduls i còdols de pissarra, 2,1 m d'argila vermella amb sorra, 0,3 m de crosta calcària, 5,3 m de llims força sorrencs, 10,0 m d'argila sorrenca amb còdols de pissarra, 2,4 m de graves i sorres de pissarra i finalment margues marró verdoses i gris blavoses. Nivell freàtic a 21 m.

En superfície es va construir una arqueta de formigó tapada amb una tapa de clavegueram que aïlla la construcció de l'exterior i permet fer una mesura més còmode. Totes elles han estat anivellades posteriorment amb precisió topogràfica.

### *3.1.3. Descripció de les sondes utilitzades*

Per a la mesura del nivell freàtic s'utilitza una sonda de pressió que té un diàmetre de 42 mm i una longitud de 180 mm, fet que la fa adequada per petites perforacions.



Utilitza una cèlula de pressió de referència ceràmica capacitiva i lliure d'oli amb una precisió d'un centímetre per cada cent metres. La sonda està unida a la boca del piezòmetre mitjançant una junta racor.

S'ha escollit aquest model per l'experiència que Clabsa té en la mesura del nivell d'aigua a la claveguera, obtenint resultats altament satisfactoris tant per la seva resistència a les condicions adverses de la claveguera com per la fiabilitat i precisió de la mesura.

### **3.2. Recepció de les dades**

La xarxa de sensors piezomètrics, integrats en el sistema de telecontrol de Clabsa, permeten recollir informació sobre el nivell freàtic de la ciutat de Barcelona cada minut. Aquestes dades estan disponibles a temps real en el centre d'exploració. El procés utilitzat consta de les parts següents: captació de la informació, el seu emmagatzement en l'estació remota, comunicació dels nivells al centre de control i emmagatzement d'aquests valors en una base de dades centralitzada.

#### *3.2.1. Captació de la informació*

La informació sobre el nivell freàtic es recull a través d'una sonda de pressió situada a dos metres per sota del nivell d'aigua en el moment de la seva instal·lació. Aquest sensor, que ofereix un enllaç de sortida de 4-20mA està connectat a l'entrada analògica d'un PLC, i s'alimenta amb una tensió contínua de 24 volts.

#### *3.2.2. Emmagatzement de les dades en l'estació remota*

El PLC està programat per emmagatzemar 2.500 dades en una memòria circular i comunicar-los al centre de control quan aquest ho demani. Per una altra banda, per programació, es disposa de dos filtres d'entrada. El primer filtre permet variar el temps de mostreig, actualment fixat en un minut. El segon evita que es guardin en la memòria els valors que presenten una variació inferior a un delta donat, actualment fixat en 2 cm.

#### *3.2.3. Comunicació dels nivells al centre de control*

Els nivells recollits pel sensor i emmagatzemats per l'estació remota es poden comunicar al centre d'exploració seguint diferents camins. En una situació normal cada vuit hores el centre es comunica amb les remotes per recollir les dades. Si es creu convenient, el centre pot considerar l'estació remota en forma d'*episodi*. Aquesta forma de funcionament permet disposar de les dades en el centre de control cada cinc minuts. Per últim, en qualsevol moment es pot comunicar manualment amb l'estació remota per rebre les dades.

#### *3.2.4. Emmagatzement de la informació en una base de dades centralitzada*

Els nivells que han arribat al centre de control es guarden en dues bases de dades. Una és la pròpia dels sistema Scada, a la que només hi poden accedir utilitats de representació del propi sistema. L'altra és una base de dades cen-

tralizada Oracle a la que hi pot accedir qualsevol usuari a través de la xarxa local o via mòdem. Aquesta última guarda cada nivell freàtic en valors absoluts respecte el nivell del mar.

### 3.3. Anàlisi de les dades dels piezòmetres

L'anàlisi de les dades rebudes pot ser força complet ja que a més d'obtenir-les de forma contínua al centre de telecontrol, Clabsa també disposa d'una xarxa de pluviòmetres molt densa, repartida per tota la ciutat. Això permet comparar les oscil·lacions que es produeixen en el nivell freàtic amb les intensitats de precipitació produïdes a la zona d'influència de cada piezòmetre.

Per una banda s'ha analitzat l'evolució global del nivell freàtic des de l'inici del funcionament dels sensors. Per l'altra, s'ha estudiat un fenomen concret: la resposta dels piezòmetres a una pluja intensa, aprofitant la densitat i qualitat de les dades de que es disposa (tant piezomètriques com pluviomètriques).

#### 3.3.1. Evolució global

La instal·lació dels piezòmetres es va començar l'abril de 1996 i l'últim es va acabar a principis d'octubre del mateix any, excepte el de Joan XXIII que es va acabar al desembre, pel que les seves dades no s'analitzen en aquest article. D'aquesta manera, s'han pogut rebre dades durant tota la tardor, època de pluges elevades, i que s'han reflectit en el nivell freàtic.

En general s'observa un augment global del nivell en uns 8 cm al llarg de 7 mesos, encara que en el piezòmetre de Nus de la Trinitat l'augment és de gairebé 70 cm. Cal tenir en compte, però, les característiques especials d'aquest piezòmetre quant a situació i geologia, que es comenten més endavant, que el fan ser diferent de la resta.

A més, el seguiment continu de l'evolució permet veure determinats processos que afecten la variació del nivell i que a gran escala passen desapercebuts, com per exemple l'existència de bombaments propers (és el cas del piezòmetre de Nus de la Trinitat). A més les pluges succeïdes queden totalment reflectides, tal com es comenta en el següent apartat.

#### 3.3.2. Resposta a la precipitació

El 14 d'octubre de 1996 es va produir una precipitació particularment elevada, arribant als 82 mm de mitjana a Barcelona i amb registres de més de 100 mm en alguns pluviòmetres. La resposta a la pluja s'ha pogut observar de diferent forma en tots els piezòmetres i és resultat de dos efectes combinats:

– *La posició en la ciutat.* Dels quatre piezòmetres instal·lats dos es troben en zones a priori totalment impermeables (Floridablanca-Urgell, Lope de Vega), i els altres en zones verdes (Ciudadella, Nus de la Trinitat).

– *Els materials que travessen.* Geològicament, i a grans trets, Barcelona presenta la següent estructura: la part alta de la ciutat està constituïda per una

superposició de cons de dejecció dels torrents procedents de la serra de Collserola i els turons existents a la ciutat. La plana, sobre la qual actualment s'ubica l'eixampla, està constituïda per antics sòls intercalats amb nivells corresponents a l'evaporació d'aigua que es va produir en aquests, reflex dels períodes glacials e interglacials que es van succeir. Per últim en les zones properes als rius Besòs i Llobregat hi ha els sediments corresponents als seus deltes.

Els piezòmetres de Lope de Vega i de Floridablanca-Urgell tenen un comportament semblant. Tots dos estan situats en zones pràcticament impermeables fet que provoca que l'augment del seu nivell es produeixi de forma suau i no és gaire elevat (10 cm), doncs la poca aigua que s'infiltra ho fa de manera molt lenta. La diferent litologia existent en ells queda reflectida en que a Lope de Vega, que travessa sorres mitjanes molt homogènies, l'augment es produeix en un dia i de seguida s'estabilitza, mentre que els materials més fins que es troben en el de Floridablanca-Urgell fan que l'augment sigui més progressiu, durant quatre dies.

El piezòmetre de Ciutadella demostra un comportament corresponent al d'un aquífer lliure, tal i com es podia esperar de la seva situació. La resposta a la pluja és immediata i el nivell de seguida augmenta 40 cm. Posteriorment aquest va baixant durant quatre dies fins donar un augment absolut de 10 cm.

A diferència dels altres tres, la resposta del piezòmetre de Nus de la Trinitat es comença a produir un dia després de la precipitació. L'augment del nivell arriba als 70 cm al cap d'uns 20 dies. El seu augment absolut és de 70 cm tot i que s'observa com diàriament està influenciat per un bombament proper.

La tardana resposta a la precipitació és deguda a l'existència en aquesta zona d'una capa de llims i argiles barrejades amb còdols de pissarra existent a la part més superficial del terreny, que en principi no afavoreix una ràpida infiltració. Per altre part l'elevat augment que experimenta el nivell freàtic podria indicar que el piezòmetre es troba en un punt baix, que es va alimentant del drenatge dels cons de dejecció que l'envolten. Cal destacar també que el piezòmetre està situat molt a prop del mur del cinturó litoral i de l'estació de metro de Baró de Viver, que podrien afavorir la retenció de l'aigua, provocant l'augment del seu nivell.

## 4. Conclusions

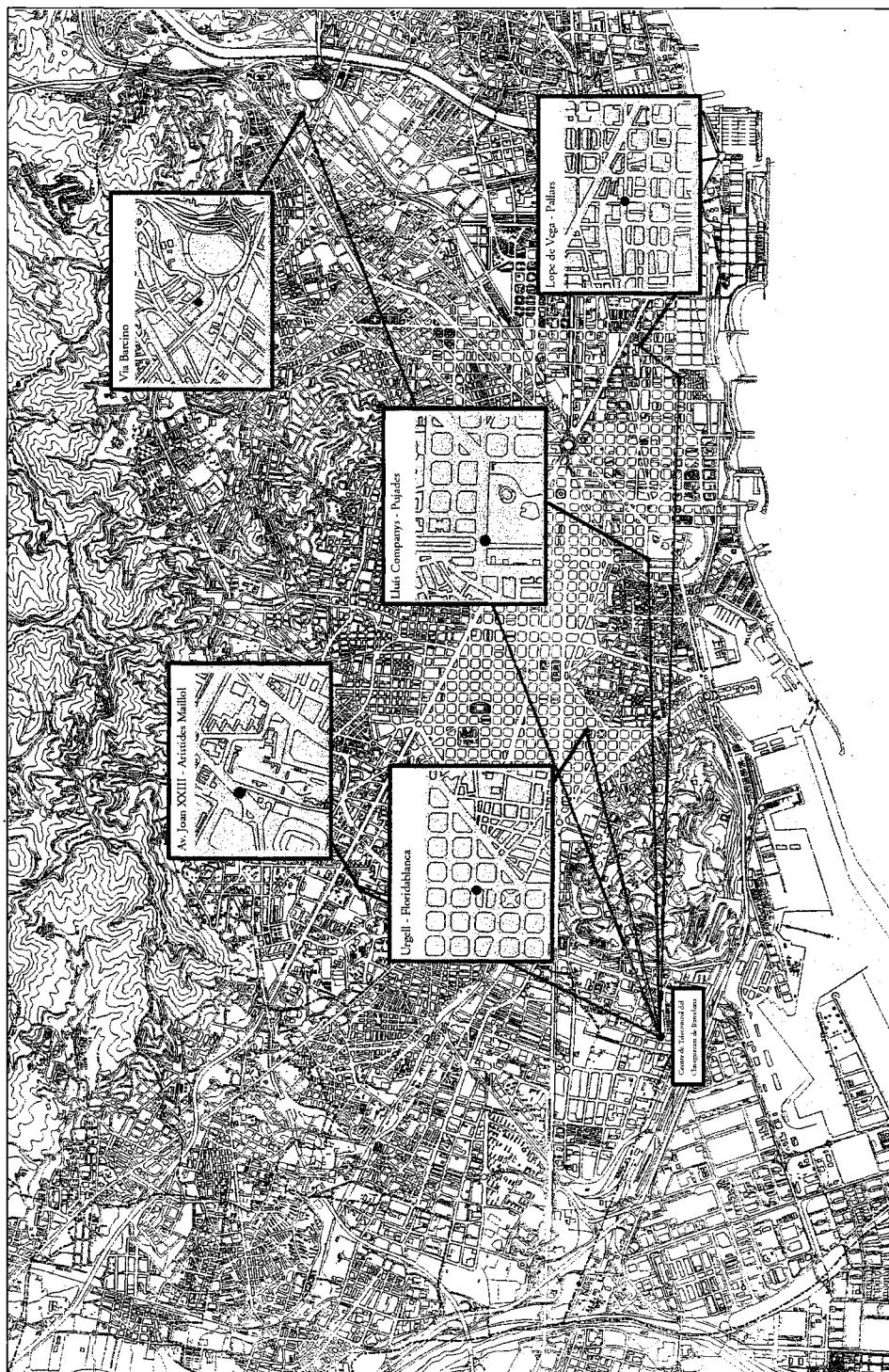
La utilització de sensors piezomètrics connectats a un centre de telecontrol permet una observació més acurada de l'evolució de l'aquífer així com de certs processos que l'afecten periòdicament, com els bombaments.

Tot i que en el nostre cas no s'ha fet un estudi a fons sinó una simple descripció de fenòmens, pensem que pot ser una eina interessant de cara a determinar paràmetres hidrològics, com la permeabilitat.

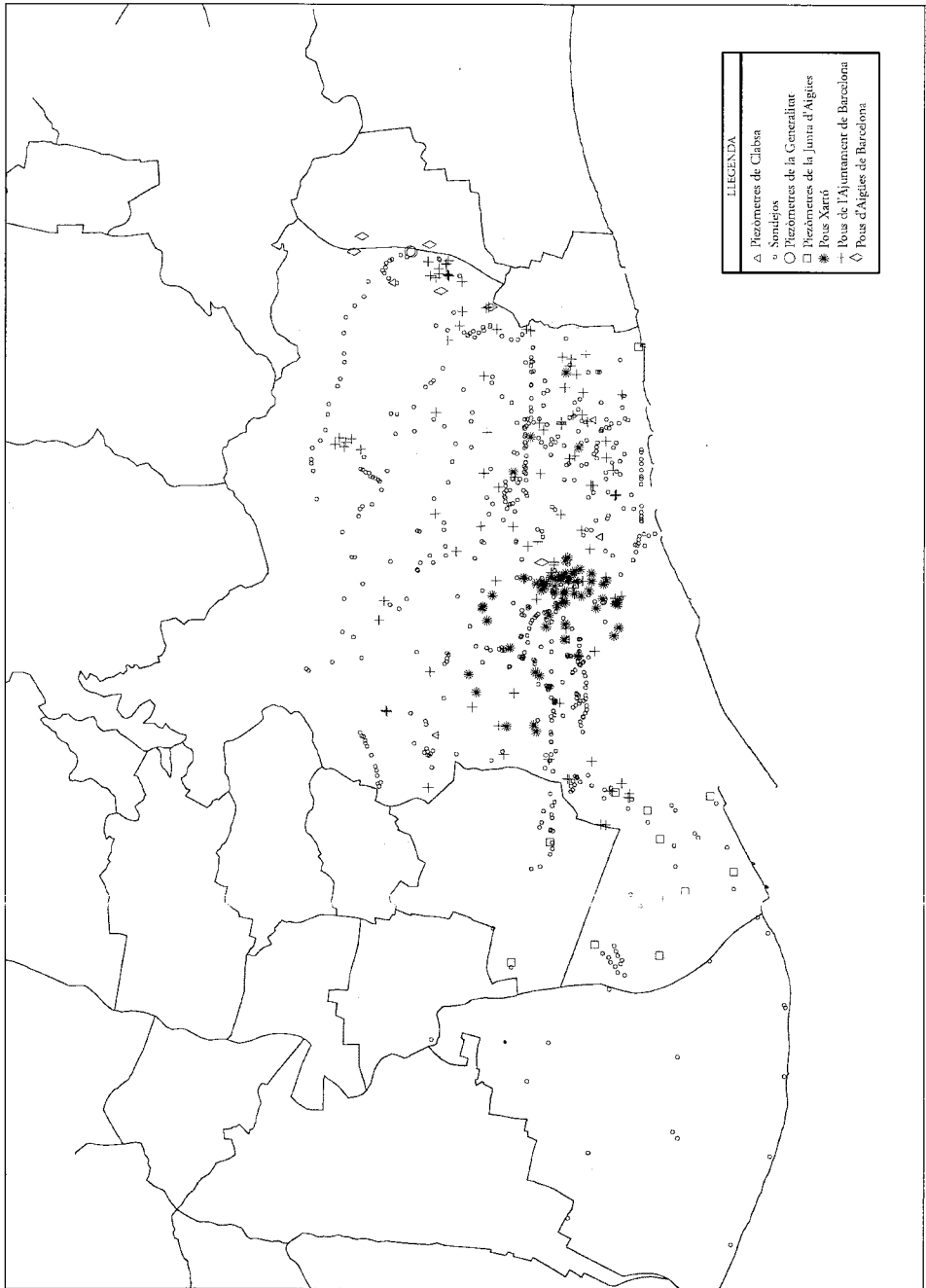
## Bibliografia

- AJUNTAMENT DE BARCELONA (1986): «Barcelona Sub», *El clavegueram de Barcelona*, Ajuntament de Barcelona, Publicacions.
- CASASSAS i SIMÓ, Lluís i RIBA i ARDERIU, Oriol (1992): «Morfologia de la Rambla Barcelonina», *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, núms. 33-34, pp. 9-27.
- MARQUÈS, M. Àngels (1984): *Les formacions quaternàries del delta del riu Llobregat*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- RIBA i ARDERIU, Oriol (1995): *Qüestions obertes sobre la geomorfologia, la hidrologia i la sedimentologia de les rieres del Maresme i del Barcelonès, amb exemples de la riera d'Arenys*, Arxius de la Secció de Ciències, Institut d'Estudis Catalans, 100, 281-316.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (1992): *Estudio de las infiltraciones de agua observadas en el entorno de la estación Baró de Viver del metro de Barcelona*, Barcelona.

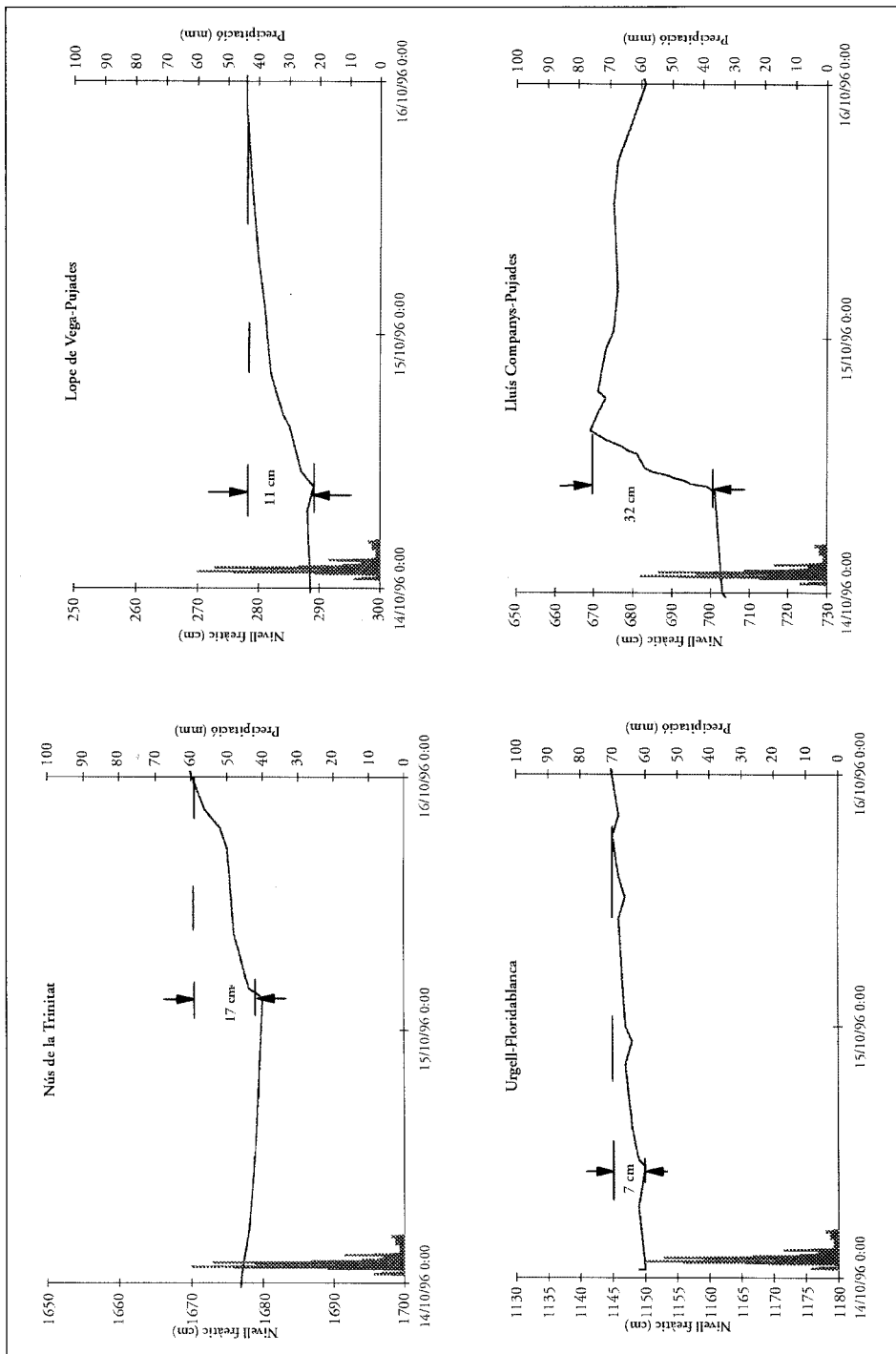
## Punts d'informació de l'estudi del nivell freàtic

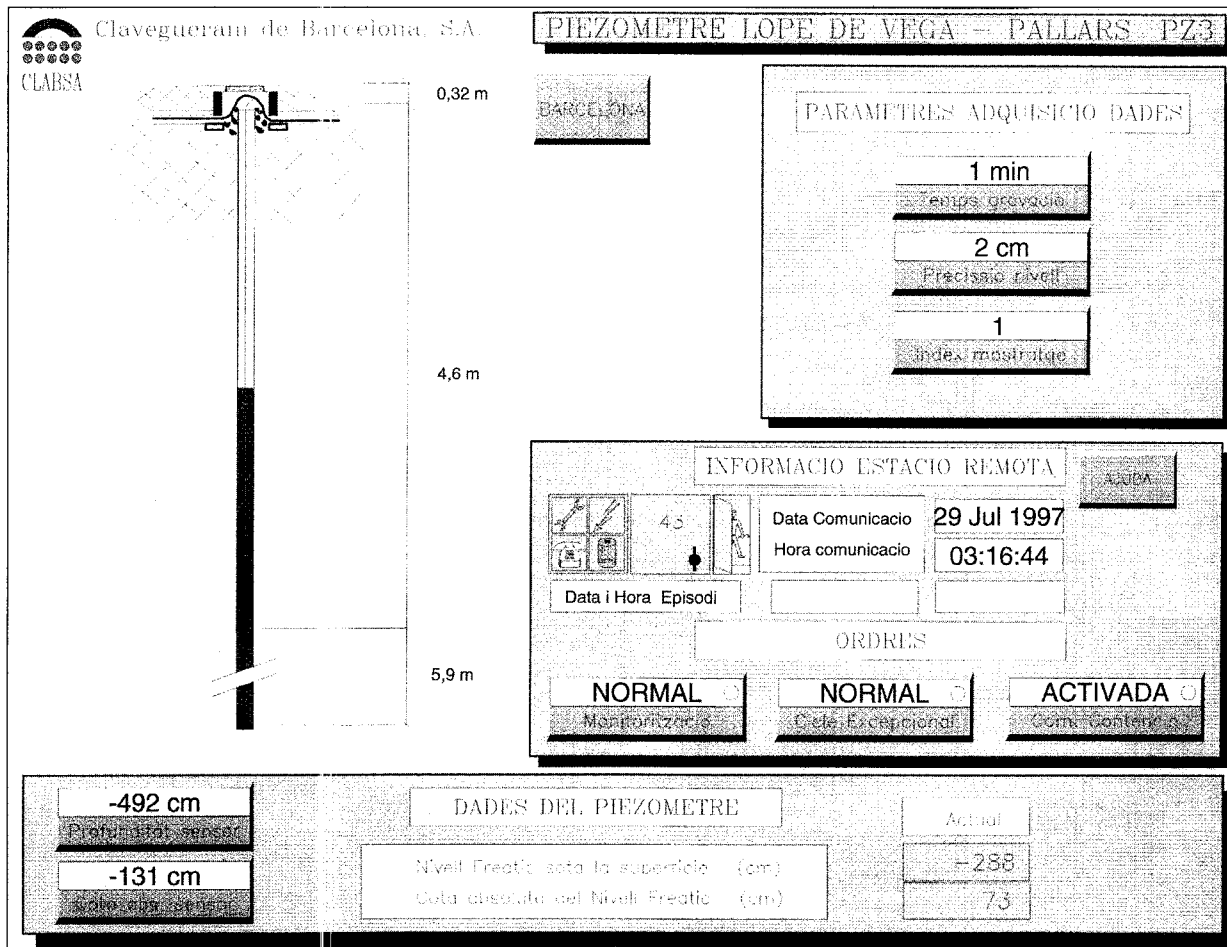


## Plànol general d'ubicació de piezòmetres telesupervistats (1996)



## Gràfiques de l'efecte de la pluja del 14 d'octubre de 1996 sobre el nivell freàtic





Pantalla del sistema de telesupervisió d'un piezòmetre