

HIDROGEOLOGIA DEL PLA DE SITGES – SANT PERE DE RIBES

Autors: Xavier Font

José M. carmona

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica
Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona

Silvia Rafaelli

Instituto de recursos Hídricos. Buenos Aires

Introducció

El Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes se situa a l'extrem sudoccidental del massís de Garraf, i n'es part de la façana marítima. Aquesta plana correspon a l'obertura cap al mar de la riera de Vilafranca una vegada ha travessat el congost de Canyelles, excavat en els materials calcàreo-dolomítics que formen el massís de Garraf.

Part d'aquest pla està comprès dintre de la cubeta de Sant Pere de Ribes-Vilanova, depressió d'origen estructural reomplerta per materials detrítics miocens, que en algun punt poden arribar a tenir més de 200 m de potència.

El Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes està constituït per materials detrítics miocens que fossilitzen les calcàries i dolomies juràssico-cetràcies que apareixen tant en els límits nord, est i oest de la plana com en la seva part central; tots aquests materials estan recoberts per una cobertura quaternària d'origen flúvio-torrencial.

Els materials que constitueixen el Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes són, bàsicament:

- dolomies negres massives i calcàries laminades del juràssic;
- calcàries grises i dolomies, calcarenites, margues dolomítiques i margues calcàries amb abundant fauna marina: corresponen al cretàcic;
- bretxes calcàries, gresos i argiles amb intercalacions margoses, argiles i margues grises amb intercalacions llimoses, calcarenites, sorres subarcòsiques, calcàries lumaqu`l-likes i conglomerats, que constituïrien el miocè;
- graves, llims i argiles amb nivells carbonatats de caliche, que formen els afloraments quaternaris. (ESTEBAN, 1973; SOLER, 1985)

Hidrogeologia

1. Definició dels aqüífers

D'acord amb l'estudi geològic de l'àrea i amb l'inventari de pous realitzat (figura 2), es poden diferenciar dos sistemes aqüífers molt heterogenis i de comportament hidràulic molt diferent:

a) Sistema carbonatat

És constituït pels materials calcàreo-dolomítics del juràssic-cretàcic. Presenta una gran heterogeneïtat i anisotropia degudes a la circulació de l'aigua per conductes preferencials, que coincideixen amb les zones més fissurades i carstificades, en especial prop de la costa i en el contacte miocè-cretàcic. Això produeix una gran vulnerabilitat d'aquest aqüífer enfront de la intrusió marina.

En aquesta zona correspon a l'aqüífer profund i apareix a una fondària variable en cada punt, això degut al paleorelleu que presenten els materials del juràssic-cretàcic.

Els seus valors de permeabilitat i transmissivitat vénen condicionats pel seu grau més o menys gran de fissuració i carstificació. Per tant, es fa molt difícil generalitzar aquests paràmetres hidrogeològics, que només reflectiran circumstàncies locals d'un pou o d'una àrea de l'aqüífer. Poden ser considerats valors característics entre 1 i 750 m²/dia (REPO, 1970; FONT i RAFFAELLI, 1984).

b) Sistema detrític

El constitueixen els nivells detrítics (generalment sorres, però també conglomerats i calcarenites) del miocè-quaternari, separats per paquets més o menys potents d'argiles i de llims pràcticament impermeables. Es tracta, doncs, d'un aquífer multicapa, on el flux és laminar amb molta menys permeabilitat vertical que horitzontal. El panorama es complica pels freqüents canvis laterals de fàcies que presenten aquests materials.

A causa d'aquesta heterogeneïtat litològica del conjunt, els paràmetres hidràulics són també molt variables; els valors de la transmissivitat estan entre 25 i 500 m²/dia (REPO, 1970; CUSTODIO et al., 1976). Aquestes transmissivitats, però, són totes aparents, ja que la gran majoria de pous excavats en aquests materials són molt poc penetrants, en general, per evitar la intrusió salina.

2. Piezometria

La component principal de flux regional del massís de Garraf ve determinada per l'orientació de la direcció dominant de fracturació, és a dir, la NE-SW, només distorsionada en alguns punts per les fractures transversals a l'eix del massís (com, per exemple, a Vallcarca i en part també en el pla de Sitges-Sant Pere de Ribes).

En destaca l'efecte pantalla originat pels sediments limoso-argilosos del miocè, que ocupen la part central de la depressió de Sant Pere de Ribes-Vilanova, desviant la direcció del flux general de l'aquífer càrstic (SOLER, 1985).

En la **figura 3** es presenta el mapa piezomètric que reflecteix la situació de l'aquífer el maig de 1984. S'observa entre Sitges i Sant Pere de Ribes una depressió per sota del nivell del mar, allargada en sentit paral·lel a la costa, i que és el resultat dels bombeigs intensius que es localitzen a les àrees de la Mata i Adela. També s'aprecia una altra petita depressió en la zona del golf Terramar, i una altra de més local a la part alta del poble, sobretot a la zona del Vinyet.

3. Funcionament dels aquífers

Es pot considerar que les calcàries cretàiques alimenten el miocè lateralment i possiblement també per la base. Aquesta transferència subterrània és difícilment quantificable, però la seva existència és evident.

S'ha de destacar que, prop de la costa, les calcàries del cretàic poden tenir una gran permeabilitat per l'augment de la fracturació i fissuració que presenten, la qual cosa facilita la penetració de l'aigua del mar i potser també, encara que de forma més localitzada, la sortida d'aigua dolça o salobre.

Els dos aquífers, malgrat la seva gran anisotropia, condicionada pels freqüents canvis laterals de fàcies, es poden considerar, a nivell hidrodinàmic, com un sistema únic, amb un nivell piezomètric ben establert i gradient general cap al mar. Aquest sistema acusaria notablement les fluctuacions de la recàrrega, que es realitza de forma directa a través de les precipitacions o induïda pel cretàic en les zones de connexió hidràulica. Malgrat això, s'aprecien notables anomalies puntuals dels valors piezomètrics, que obeeixen a les freqüents variacions laterals dels materials.

4. Balanç

Els aquífers del Pla de Sitges-Sant Pere del Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes s'exploten principalment per a l'abastiment domiciliari, ja sigui per a nuclis urbans o per a urbanitzacions. Encara que la zona no és de regadiu intensiu, hi ha molts pous d'ús agrícola en règim clarament minifundista. En canvi, gairebé no hi ha extraccions per a ús industrial.

Allò que determina clarament la demanda d'aquesta zona és la seva marcada estacionalitat, concentrada a l'estudi. El consum total a l'any es pot avaluar en 4 hm³ (1984), encara que aquestes xifres han augmentat notablement els darrers anys.

El balanç dels aquífers es pot esquematitzar en unes *entrades*, que serien: la infiltració directa (establerta en 0,35 hm³/any a partir de càlculs hidrometeorològics), l'entrada d'aigua del mar (estimació d'1,2 hm³/any a partir de la barreja d'aigua dolça i aigua salada) i la recàrrega induïda pel cretaci, de difícil avaluació. Aquestes entrades produeixen una variació en la reserva que no es pot calcular, ja que no disposem de piezòmetres representatius que reflecteixin les oscil·lacions del nivell d'aigua a l'aquífer. Sigui com sigui, l'estabilitat dels nivells piezomètrics amb el temps fa sospitar que la component de recàrrega induïda per les calcàries del cretaci sigui important i augmenti al mateix ritme que les explotacions. Les *sortides* del sistema estarien constituïdes pel cabal extret (4,5 hm³/any) i les sortides al mar, que tampoc no es poden calcular.

5. Hidrogeoquímica

L'aigua de recàrrega d'aquesta zona estaria representada per l'aigua d'avinguda a Canyelles o per la mostra del Recó, que corresponen a una aigua bicarbonatada càlcica amb mineralització feble (conductivitat < 900 µs/cm).

Malgrat això, la majoria d'aigües subterrànies del Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes no coincideixen amb aquest tipus inicial, i destaquen per la seva elevada salinitat (en totes és > 2.000 µs/cm, i algunes superen els 30.000 µs/cm), que és produïda per un procés d'intrusió marina generalitzat a tota l'àrea.

Es pot observar: 1) que el camp de variació de la composició iònica d'aquestes aigües (excepte les del Recó i les Torres) és clorurat sòdico-càlcic, 2) que els anions es concentren en el vèrtex dels clorurs, i 3) que els cations es distribueixen en una recta paral·lela al costat Na-Ca. Aquesta distribució indica clarament un fenomen de canvi de bases o bescanvi iònic produït pel progrés de la intrusió marina. En aquesta mateixa figura, s'hi aprecia també com les aigües d'aquesta zona segueixen un model de mescla entre l'aigua del mar i l'aigua de recàrrega local.

S'ha intentat classificar les mostres, en funció dels dos diferents sistemes aquífers, segons la hidrogeoquímica, però com els fenòmens modificadors als quals han estat sotmesos els dos aquífers són idèntics i de gran intensitat, no ha estat possible caracteritzar-los en funció dels ions principals. Solament es podria apuntar com a tret diferenciador el contingut en nitrats, bastant superior en les aigües de l'aquífer miocè, on superen generalment els 20 mg/l.

Cal remarcar les zones de la Mata i Adela, on s'aprecia una salinitat molt més elevada a un augment de les relacions rMg/rCa i rSO₄/rCO₃H que les fa molt semblants a l'aigua del mar. El contingut iònic més o menys alt de les aigües d'aquesta zona varia segons l'època de l'any, la profunditat del pou, la intensitat del bombeig, la posició geològica-estructural, l'aquífer explotat i la distància al mar.

L'augment del procés d'intrusió marina es manifesta tant per la comparació del mapa d'isoclorurs del 1976 (CUSTODIO et al., 1976) i del 1984, com per l'espectacular augment de les relacions rMg/rCa i rSO₄/rCO₃H, així com l'augment progressiu de l'índex de canvi de bases (icb) al voltant de les mostres més salinitzades. Aquest índex reflecteix la variació del contingut en Na, que no va acompanyat d'una variació paral·lela del Cl, i en aquest cas assenyalaria les mostres que estan en un procés de salinització.

La disposició de les àrees afectades per intrusió marina no ha variat substancialment amb el temps, si exceptuem la zona de la Mata-Can Quadres i del golf Terramar, on se situen les extraccions més intensives de tota la zona. Encara que al final dels anys setanta la intrusió marina avançava molt lentament, des d'aleshores la situació ha variat notablement a causa de diversos factors que han superposat els seus efectes:

- 1) absència dels abocaments d'aigües residuals de Vilafranca del Penedès;
- 2) disminució de la recàrrega per infiltració directa de l'aigua de pluja; hi ha hagut períodes notablement secs en les dècades dels setanta i vuitanta;
- 3) augment espectacular de les extraccions en tota la zona, però especialment en els centres de bombeig intensiu (la Mata, Adela, Golf Terramar, Vallpineda, etc.).

6. Tractament estadístic dels resultats

S'ha realitzat una anàlisi de components principals considerant com a variables, a més dels anions i cations determinats a les anàlisis químiques, la profunditat dels pous (P), la distància al mar (DM) i la distància a la riera de Vilafranca (DR).

D'aquesta manera, s'han obtingut els tres factors principals següents, que representen un 86% de la variància total, amb un 76% només per als dos primers:

Factor I: Relaciona entre si Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} i K^+ (+F1), i s'identifica com un factor conjunt de mineralització natural per circulació regional, salinitat natural per proximitat al mar, i sobreexplotació;

Factor II: D'una banda, relaciona entre si la distància al mar i la profunditat del pou (+F2), i per l'altra, relaciona el HCO_3^- , amb la distància a la riera de Vilafranca (-F2). Aquest factor és expressió de l'existència de dues fonts de recàrrega amb un quimisme particular, el mar (aigua salobre) i la precipitació-riera de Vilafranca (aigua dolça);

Factor III: Constituït bàsicament pel NO_3^- (+F3), i relacionat amb la contaminació d'origen agrícola.

A la figura 6 es representen les diferents mostres respecte als factors I i II. S'hi observa que no hi ha diferenciació per aqüífers.

D'altra banda, es palesa l'existència d'un grup de pous salinitzats per sobreexplotació, amb alts continguts en Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} i K^+ , així com valors mitjans de HCO_3^- que evidencien una barreja d'aigua marina i aigua càrstica. Encara que dos d'aquests pous es troben al miocè, exploten aigua càrstica extreta del cretaci des de les graves miocenes.

La resta d'aigües forma un grup heterogeni no sobreexplotat en què, a mesura que disminueix la distància al mar, la mineralització i la salinització augmenten lleugerament a causa d'una més gran circulació regional, i per una major proximitat al mar i consegüent intrusió salina natural, respectivament, a la vegada que els pous són progressivament menys profunds, per una menor profunditat del nivell freàtic i per evitar-ne la salinització.

Conclusions

L'aqüífer del Pla de Sitges-Sant Pere de Ribes respon a un model de tipus multicapa amb connexions hidràuliques entre els diferents nivells productius del quaternari, miocè i cretaci.

S'hi aprecia un important progrés de la intrusió marina, tant en l'espai com en el temps, produïda fonamentalment per una sobreexplotació dels pous de subministrament urbà.

S'hi observen fenòmens d'intercanvi iònic localitzats en la zona del front d'intrusió marina, que marcarien els pous que estan a punt de salinitzar-se.

El contingut en nitrats d'aquestes aigües permet establir, en una primera aproximació, una distinció hidrogeoquímica entre l'aqüífer cretaci i el miocè-quaternari. Les mostres d'aquest presenten valors que superen els 20 mg/l, mentre que les del cretaci són, en general, molt més baixos.

Ha quedat clara la vulnerabilitat del sistema aqüífer del pla de Sitges –Sant Pere de Ribes a la intrusió marina, fenomen que es pot agreujar en àrees més fracturades i

carstificades, com passa en el sector proper a la costa. La connexió entre els diferents nivells i el cabussament generalitzat cap a l'interior del pla, fan que la intrusió marina es pugui propagar fàcilment a zones internes de la conca.

Malgrat les limitacions imposades per l'anisotropia del conjunt de materials miocens-quaternaris, aquest sistema aquífer presenta zones d'elevada permeabilitat i poc salinitzades que es poden explotar sense gaires problemes, excepte els derivats del fet que, en general, subministren baixos cabals.
