Miscel·lània del CERE 23, 2012: 359-382

LES AIGÜES SUBTERRÀNIES DE LA SERRA DE LLABERIA

JOAQUIM ROSET PINYOL
Secció d'Història Natural del CERE
Enginyer geòleg. Tivissa

RESUM

Aquest estudi se centra en les diverses surgències d'aigua existents dins de la serra de Llaberia i a la seva base, a partir de les quals s'analitza el funcionament de les aigües subterrànies de la serra i s'estimen els fluxos hidràulics i les direccions corresponents, els diversos tipus d'aqüífers existents i les zones de recàrrega i descàrrega.* La serra de Llaberia es troba situada a la divisòria d'aigües entre la conca de l'Ebre (zona central i oest del massís) i les denominades conques internes de Catalunya (zones est del massís); i, per tant, una part dels barrancs i torrents desemboquen al riu Ebre i una altra part directament al mar. L'estudi de les seves aigües subterrànies i del funcionament hidrogeològic permet concloure l'existència d'una divisòria d'aigües subterrànies a la serra de Llaberia. A més, es determina que la variació de la reserva d'aigua anual és nul·la; per tant, es pot considerar que el sòl de la zona de Llaberia es troba en un punt d'equilibri.

INTRODUCCIÓ

La serra de Llaberia es caracteritza, des del punt de vista geològic, per presentar dues illes tectòniques (*klippes*) de grans dimensions i úniques al nostre territori.

Aquestes estructures geològiques posen en contacte, mitjançant mantells d'encavalcament, els materials triàsics i juràssics amb materials cretacis. Des del punt de vista hidrogeològic aquests encavalcaments poden suposar l'aïllament hidràulic de diversos tipus d'aqüífers i en funció dels materials existents.

* Aquest treball va rebre una beca del Centre d'Estudis de la Ribera d'Ebre en la seua XVII convocatòria de l'any 2010.

La serra de Llaberia es troba situada a la divisòria d'aigües entre la conca de l'Ebre (zona central i oest del massís) i les denominades conques internes de Catalunya (zones est del massís). Per tant, una part dels barrancs i torrents desemboquen al riu Ebre i una altra part directament al mar.

La serra de Llaberia presenta abundants surgències o fonts, les quals poden definir les singularitats hidrogeològiques existents, així com la relació entre diversos aqüífers.

Les aigües subterrànies explotades a la serra de Llaberia són les procedents de les surgències naturals existents i no consta cap tipus de perforació a la zona del nucli de Llaberia i zones adjacents.

En aquest treball, s'analitzen les diverses surgències d'aigua existents dins de la serra de Llaberia i a la seva base, fet que permetrà analitzar el funcionament de les aigües subterrànies i estimar els fluxos hidràulics i direccions corresponents, els diversos tipus d'aqüífers existents, les zones de recàrrega i descàrrega, etc.

Així, els principals objectius que es plantegen en aquest estudi són analitzar els aspectes següents:

a) Característiques geològiques generals de la serra de Llaberia

- Els materials geològics de la serra de Llaberia
- La tectònica. Falles i encavalcaments
- Geomorfologia. El relleu càrstic de la serra de Llaberia
- Materials favorables a la formació d'aqüífers

b) Estudi de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia

- Inventari de punts d'aigua i isopiezes generals
- Funcionament hidrogeològic general. Piezometria
- Relació amb els aqüífers pròxims: Baix Camp, Fossa de Móra i Priorat

c) Avaluació dels recursos hídrics de la serra de Llaberia

- Dades climàtiques generals
- Avaluació dels recursos hídrics

MATERIAL I MÈTODES

L'àrea d'estudi abraça la totalitat del massís de la serra de Llaberia, inclosa dins de sis termes municipals de tres comarques diferents: Tivissa (Ribera d'Ebre), Capçanes, Marçà i la Torre de Fontaubella (Priorat) i Colldejou i Pratdip (Baix Camp).

Per la caracterització hidrogeològica general s'ha sortit de l'àmbit d'estudi per tal de poder definir-ne la seva relació.

Les dades bàsiques amb les quals s'ha fonamentat aquest estudi han estat:

a) Material cartogràfic i ortofotos de la zona d'estudi extretes de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), a diverses escales i tipologies (infraroig i georeferenciades).

b) Programari compatible amb les extensions dels diversos mapes a utilitzar: AutoCad, CompeGps, Miramon, etc.

c) Coordenades UTM extretes en GPS per a la delimitació i ubicació de diversos punts d'anàlisi.

d) Estudis hidrogeològics de zones pròximes.

e) Dades piezomètriques facilitades per la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (*www.chebro.es*) i de l'Agència Catalana de l'Aigua (*aca-web.gencat.cat/aca*).

Per tal d'avaluar el funcionament de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia s'han considerat les directrius següents:

– Característiques geològiques generals
– Estudi de les aigües subterrànies i relacions amb altres aqüífers
– Avaluació dels recursos hídrics

L'estructura d'aquest treball es troba dividida en els apartats següents:

– *Característiques geològiques generals de la serra de Llaberia*: s'analitzen els materials geològics aflorants a l'àrea d'estudi, les seves singularitats tectòniques (falles i encavalcaments) i la geomorfologia resultant.
– *Estudi de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia*: a partir de diverses surgències naturals i pous del voltant del massís s'avalua el funcionament hidrogeològic general i les relacions existents amb aqüífers propers.
– *Avaluació dels recursos hídrics de la serra de Llaberia*: la climatologia i el tipus de substrat geològic de la zona analitzada permet estimar la recàrrega natural existent i avaluar els recursos hídrics del massís.

RESULTATS

Característiques geològiques generals de la serra de Llaberia

En aquest apartat avaluarem les característiques geològiques generals de la serra de Llaberia definint els materials geològics existents i la tectònica associada. A partir dels diversos materials geològics es poden diferenciar les formacions permeables i impermeables i, per tant, les zones favorables a l'existència de nivells aqüífers. La tectònica de la zona de la serra de Llaberia caracteritza el funcionament hidrogeològic de les aigües subterrànies del massís. Els materials geològics aflorants a la serra de Llaberia són susceptibles a l'efecte de l'aigua i conformen un relleu càrstic amb formes singulars.

Els materials geològics de la serra de Llaberia

Des del punt de vista geològic la serra de Llaberia es troba a l'extrem nord-est de l'anomenat bloc de Cardó-Vandellòs format per materials mesozoics i representats per potents sèries de materials carbonatats (calcàries i dolomies) intercalats per nivells argilosos.

La zona de la serra de Llaberia està formada, de base a sostre, per materials triàssics, juràssics i cretacis i, a la zona nord-oest (Marçà) i nord-est (Colldejou), la base està formada per materials paleozoics.

Els materials que conformen cadascuna d'aquestes unitats es resumeixen a la taula I.

Taula I. Materials geològics de la serra de Llaberia

Edat geològica	*Materials geològics*	*Afloraments*
Paleozoic	Granits i pissarres	Marçà i Colldejou
Triàsic	Gresos rogencs (Buntsandtein)	Capçanes i Colldejou
	Calcàries i argiles (Muschelkalk)	Capçanes, Marçà, Colldejou, Pratdip i la Torre de Fontaubella
Juràssic	Calcàries i dolomies massives	Part mitjana del massís i poble de Llaberia
Cretaci	Calcàries, sorres i argiles	Zones elevades

Aquests materials geològics es troben parcialment recoberts per sediments quaternaris a les zones més topogràficament deprimides (valls, barrancs…), així com a les vessants naturals, i estan formats, generalment, per paquets de sorres, graves i llims.

Els sediments quaternaris procedeixen de l'erosió dels relleus existents i formen dipòsits de vessant i de fons de vall, els quals presenten poca entitat a les zones més elevades i que augmenta en direcció al màxim gradient topogràfic.

La tectònica. Falles i encavalcaments

La serra de Llaberia es troba limitada a l'oest per la denominada falla del Montalt, de direcció nord-est a sud-oest i la qual presenta una longitud superior als cinquanta quilòmetres (figura 1). Aquesta falla actua com a inversa a la zona de Marçà-Falset tot posant en contacte els materials paleozoics amb els triàsics mentre que passa a falla lliscant a l'extrem oest de la serra de Llaberia (Montalt-Moles).

Per la zona sud està limitada per un gran encavalcament de direcció oest a est, el qual posa en contacte els materials triàsics amb els juràssics. Aquest encavalcament és de grans dimensions i el seu mantell de lliscament arriba

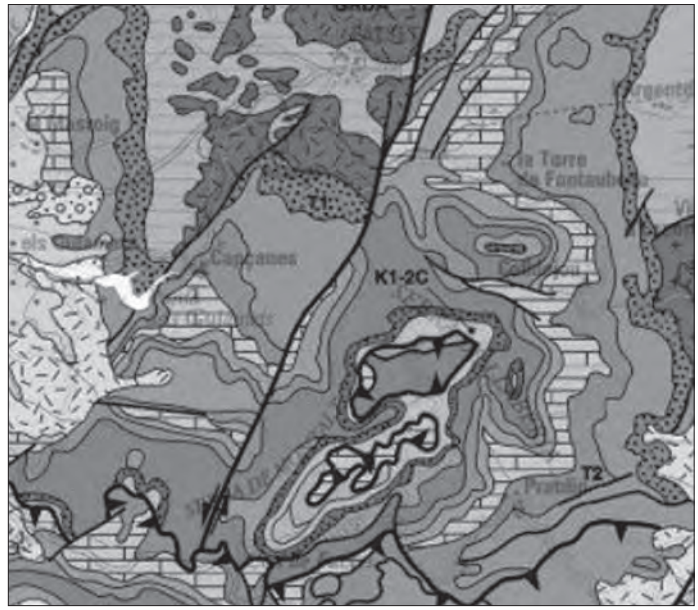


Fig. 1. Mapa geològic general de la serra de Llaberia i voltants (Font: Institut Cartogràfic de Catalunya)

fins a la zona central del massís, on, després de l'erosió produïda a la zona de la Dòvia, ha format dues finestres tectòniques o *klippes*.

La zona de lliscament de l'encavalcament se situa, de forma general, als nivells argilosos del keuper, tot i que a les proximitats de la població de Llaberia aquest nivell de desenganxament s'identifica amb les argiles del Muschelkalk mitjà.

A l'interior del massís s'han identificat falles de menor entitat i sempre associades a les grans falles definides.

Geomorfologia. El relleu càrstic de la serra de Llaberia

Les roques calcàries i dolomítiques, molt abundants a la serra de Llaberia, són susceptibles a l'aigua de pluja i, mitjançant reaccions químiques afavorides pel diòxid de carboni atmosfèric, poden acabar dissolent-se.

Aquest procés és molt lent però efectiu i la presència de plans de discontinuïtats afavoreix la dissolució preferencial a favor d'aquestes esquerdes.

Les calcàries existents a la serra de Llaberia presenten abundants plans de discontinuïtats associats al procés de formació d'aquestes roques i, per tant, la dissolució serà efectiva, sobretot, en els materials calcaris.

Les dolomies es presenten de forma més massiva i el percentatge de discontinuïtats existents és menor tot i existir-ne i, per tant, veure's, també, afectades pel procés de dissolució.

La presència de discontinuïtats també afavoreix l'erosió mecànica provocada per l'efecte de les gelades, on l'augment de volum de l'aigua existent a les esquerdes i provinent de les rosades o pluges acaba fracturant les roques.

L'efecte de dissolució de les roques carbonatades (calcàries i dolomies) forma l'anomenat relleu càrstic, el qual es caracteritza per una geomorfologia singular representat per balmes, coves, avencs, ponts naturals, dolines, etc. (figures 2 i 3).



Fig. 2. Morfologia càrstica (arc natural o roca foradada) (any 2008)



Fig. 3. Morfologia càrstica (zona de la Miranda) (any 2008)

La inclinació suau dels estrats delimita el que s'anomenen superfícies estructurals, i les quals delimiten, en aquest cas, part de la serra de Llaberia (Miranda, Creu de Llaberia, etc.) (figura 4).

L'alternança de nivells o estrats més durs amb nivells més tous (argiles, sorres, etc.) conformen un relleu heterogeni en les zones on aquests nivells afloren.

El relleu càrstic condiciona una xarxa molt extensa de petits barrancs i torrents, els quals conformen els barrancs més grans de la zona (barranc de Llaberia, barranc de la Dòvia i barranc de Massanes).

L'escorrentiu superficial juntament amb l'alternança de nivells més i menys permeables permet la formació de dipòsits de vall a les zones més topogràficament deprimides i les quals poden presentar gruixos importants.

Materials favorables a la formació d'aqüífers

Atesa l'estructura geològica de la serra de Llaberia els materials més favorables a la formació d'aqüífers són els formats per roques amb presència de discontinuïtats i, per tant, permeables.

De forma general els nivells aqüífers apareixen a la taula II.



Fig. 4. Superfícies estructurals a la zona de la Miranda (any 2008)

Taula II. Materials favorables a la formació d'aqüífers a la serra de Llaberia

Edat geològica	*Materials geològics*	*Observacions*
Triàsic	Gresos rogencs	Aqüífers locals de dimensions reduïdes
	Calcàries (Muschelkalk)	Aqüífer regional profund
Juràssic	Calcàries i dolomies	Aqüífer penjat i de dimensions mitjanes
Cretaci	Calcàries, sorres i argiles	Aqüífer penjat i de dimensions mitjanes
Quaternari	Sorres, graves i llims	Aqüífers locals de dimensions reduïdes

Els aqüífers definits als materials juràssics i cretacis es troben penjats atesa la existència de nivells argilosos que actuen de base del nivell aqüífer, així com la presència de l'encavalcament definit anteriorment.

Esporàdicament aquests nivells aqüífers surten a superfície en forma de fonts naturals amb cabal abundant: font del Roderall, fou de Capçanes…

Els aqüífers existents als materials quaternaris formen petites surgències a la zona de contacte amb els nivells argilosos del substrat geològic, tal i com s'ha pogut constatar a les nombroses fonts existents per tot el massís.

Des del punt de vista hidràulic, aquesta unitat s'alimenta mitjançant aigua de pluja i a través de les subunitats superiors. La descàrrega es realitza a través de les surgències naturals existents, les quals se situen, de forma general, al contacte amb el nivell impermeable de la base i mitjançant el drenatge al barranc de la Dòvia (zona nord-est i pertanyent a les subconques internes catalanes) i al barranc de la Vall (zona sud-oest i tributari del riu Siurana).

El massís de la serra de Llaberia presenta potents nivells de calcàries situats per sobre d'un nivell a la base i format per argiles triàsiques que afloren en gairebé tot el perímetre (Pratdip, Vandellòs, Capçanes, la Torre de Fontaubella i Colldejou) (figura 5).

Aquest nivell és la base de nivells aqüífers penjats i provinents de l'infiltració de l'aigua de pluja del massís, fet que corrobora l'abundant existència de surgències naturals o fonts (figura 6).

Estudi de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia

En aquest apartat avaluarem el funcionament hidrogeològic general de la serra de Llaberia; a partir, sobretot, de les diverses surgències existents a la serra, així com de pous pròxims i situats a la base d'aquesta.

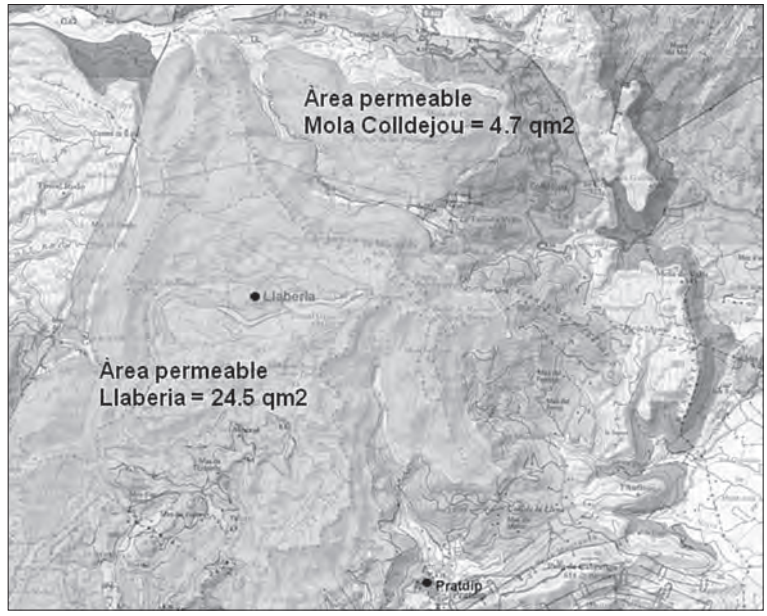


Fig. 5. Delimitació aproximada de les àrees permeables del massís (elaboració pròpia; font: ICC)

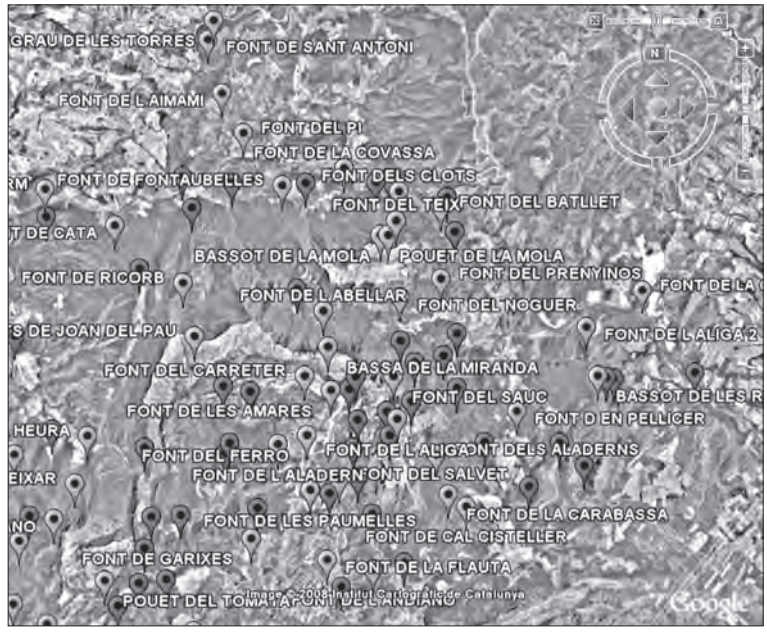


Fig. 6. Ubicació de fonts de la serra de Llaberia (elaboració pròpia; font: Consorci de la Serra de Llaberia)

A partir dels valors piezomètrics dels punts d'aigua analitzats s'avalua el funcionament hidrogeològic de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia, així com diferenciar-ne l'existència de diversos tipus d'aqüífers.

Inventari de punts d'aigua i isopiezes generals

Les calcàries aflorants a la zona de Llaberia es recarreguen per infiltració de l'aigua de pluja. La permeabilitat existent en superfície és elevada a causa del desenvolupament del carst; en canvi, en profunditat aquestes calcàries són massives i, per tant, la permeabilitat disminueix.

La infiltració en superfície és elevada, però no pot prosperar en profunditat, i apareixen nombroses fonts, de manera que l'aigua que brolla a cotes superiors en part torna a infiltrar-se i a emergir en fonts de cota inferior (infiltració subsuperficial), i així successivament fins a les cotes més baixes i coincidents amb la base del massís de Llaberia.

Pel fet que la circulació subterrània es desenvolupa a tan escassa profunditat, és vàlid considerar, sense excés d'error, els límits de les conques d'aigües subterrànies iguals o molt pròxims a les divisòries d'aigües superficials.

Per tal d'avaluar la conca hidrològica de l'aqüífer, el flux subterrani i el gradient hidràulic, s'analitzen captacions i surgències d'aigua pertanyent al mateix aqüífer. La ubicació i característiques d'aquestes captacions apareixen a la taula III.

Taula III. Ubicació de les captacions i surgències de la conca

Referència	X_{UTM} *(m)*	Y_{UTM} *(m)*	*Cota (m)*	*Observacions*
1	318739	4550622	663	Surgència
2	318296	4550796	618	Surgència
3	320159	4551967	600	Surgència
4	321743	4551192	480	Surgència
5	321184	4549923	810	Surgència
6	321148	4550241	825	Surgència
7	320065	4550542	780	Surgència
8	320395	4549859	448	Surgència
9	319581	4550009	707	Surgència
10	319739	4551106	740	Surgència
11	319173	4549772	695	Surgència
12	319145	4549747	680	Surgència
13	318426	4549988	628	Surgència
14	318225	4549727	585	Surgència
15	317376	4549814	460	Surgència
16	316787	4549763	296	Surgència
17	317381	4548668	415	Surgència
18	317982	4553926	325	Surgència
19	318180	4554020	475	Surgència

Referència	X_{UTM} *(m)*	Y_{UTM} *(m)*	*Cota (m)*	*Observacions*
20	318497	4548326	600	Surgència
21	318545	4548515	620	Surgència
22	316811	4548159	495	Surgència
23	316552	4547647	525	Surgència
24	318097	4552924	520	Surgència
25	320709	4552820	885	Pou
26	319600	4554350	415	Pou
27	319299	4552550	620	Pou
28	320729	4552780	770	Pou
29	319799	4553900	550	Pou
30	319579	4552818	488	Pou

A la figura 7 es pot observar la distribució de cadascuna de les captacions i surgències analitzades.

Els nivells piezomètrics absoluts (N_{pabs}) de les captacions i surgències analitzades es mostren a la taula IV.

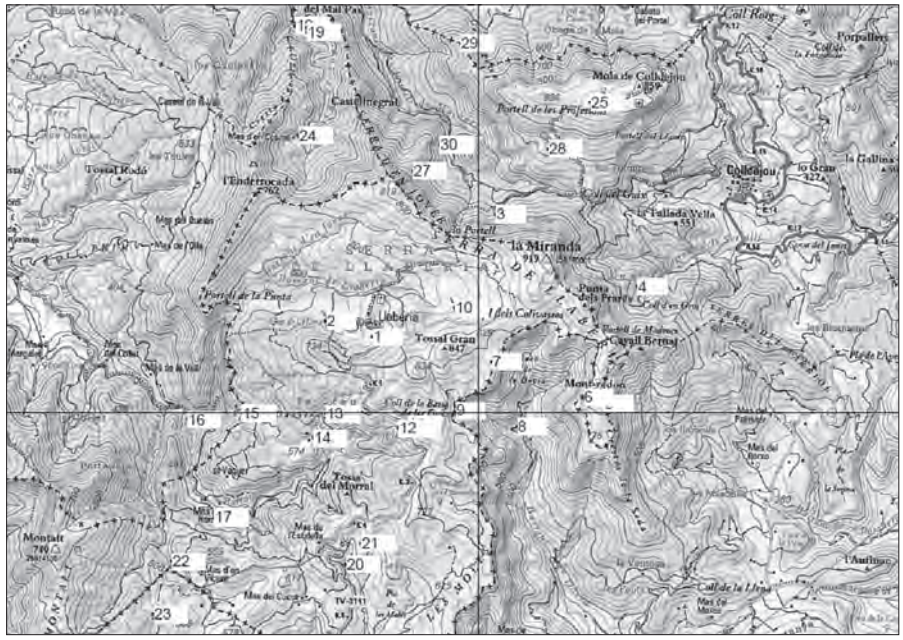


Fig. 7. Mapa de distribució de les captacions i surgències analitzades (elaboració pròpia; font: Consorci de la Serra de Llaberia)

Taula IV. Nivells piezomètrics absoluts de les captacions i surgències

Referència	N_{pabs} *(msnm)*	*Referència*	N_{pabs} *(msnm)*
1	663	16	296
2	618	17	415
3	600	18	325
4	480	19	475
5	810	20	600
6	825	21	620
7	780	22	495
8	448	23	525
9	707	24	520
10	740	25	877
11	695	26	409
12	680	27	612
13	628	28	764
14	585	29	544
15	460	30	393,4

Aquests nivells absoluts de l'aigua a l'aqüífer permeten fer una estimació de les isopiezes generals de la zona, tal com es mostra a la figura 8. En aquest mapa es pot observar com la zona de Llaberia forma part de l'àrea de recàrrega de l'aqüífer existent (afloraments mesozoics) i els màxims coincideixen amb els relleus més elevats.

Els fluxos presenten, a la zona de Llaberia, una direcció est a oest i convergeixen al barranc de la Dòvia, a la zona est i al barranc dels Estrets de Massanes al nord.

Els gradients hidràulics presenten valors variables entre 0,09 a 0,12 (nucli de Llaberia) i 0,25 a 0,3 (zona de convergència de fluxos).

Funcionament hidrogeològic general. Piezometria

El nucli de Llaberia es troba situat a sobre de materials triàssics, els quals es troben lleugerament colmatats per sediments quaternaris a les zones topogràficament més deprimides.

Hidrogeològicament la zona de Llaberia es caracteritza per presentar aqüífers superficials i profunds relacionats amb la geologia existent i la qual destaca per l'existència d'un encavalcament singular en la zona del nucli de Llaberia.

Aquest encavalcament aïlla una petita cubeta de materials triàssics (argiles vermelles), juràssics (calcàries) i sediments quaternaris (sorres, graves i llims) a la zona del poble.

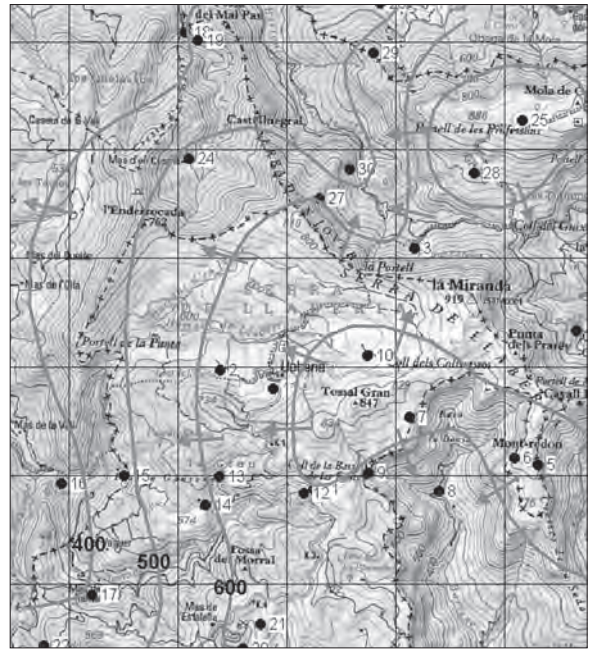


Fig. 8. Mapa estimatiu d'isopiezes de Llaberia (elaboració pròpia; font: ICC i CHE)

Els relleus abruptes situats a la zona sud del nucli provoca l'existència d'una àmplia xarxa de drenatge superficial, la qual està representada per nombrosos barrancs amb una direcció preferent NE-SO, i drenant l'anomenat barranc de la Vall dins de la conca del riu Siurana. A l'extrem nord est existeix una divisòria d'aigües que coincideix amb la divisòria entre la conca de l'Ebre (drenants al riu Siurana) i la conca del barranc de la Dòvia (pertanyent a les conques internes de Catalunya i que desemboca directament al mar).

Aqüífers superficials

Els aqüífers superficials existents a la zona són de tipus lliure i es troben situats als materials quaternaris procedents dels relleus situats a l'oest del nucli de Llaberia.

Aquests aqüífers es caracteritzen per presentar un nivell freàtic poc profund, el qual pot arribar a aflorar en superfície i formar fonts i mines de cabal variable. El gradient general d'aquests aqüífers presenta una direcció general ENE-OSO, tot i que varia localment en funció de les característiques topogràfiques de la zona.

Atès que els aqüífers superficials existents a la zona del nucli de població es troben a la part alta de la conca de recepció, la potència dels materials quaternaris no és gaire elevada, i el volum total dels aqüífers serà petit, amb un recurs hídric limitat.

Aqüífers profunds

Els aqüífers profunds de la zona de Llaberia es troben situats al substrat triàssic i juràssic de la zona. Aquests aqüífers estan lligats a la geologia local, la qual es caracteritza per presentar una sèrie d'encavalcaments que condicionen les surgències i afloraments d'aquests aqüífers profunds.

El pla d'encavalcament delimita les surgències dels aqüífers profunds, tal com es pot observar en les abundants fonts existents en aquest perímetre, així com destacar l'existència d'una embotelladora d'aigua, la qual extreu aigua procedent d'un aqüífer existent en les calcàries juràssiques de la zona.

El gradient existent presentarà una direcció aproximada E-O, tot i poder presentar oscil·lacions en les zones d'extracció i bombeig.

Aquest tipus d'aqüífers, i a causa de les característiques dels materials geològics situats per sobre, són de tipus confinat i presenten uns nivells piezomètrics molt variables i en funció de la geologia existent.

Funcionament hidrogeològic

La recàrrega de l'aqüífer es realitza mitjançant la infiltració d'aigua de pluja als relleus mesozoics existents a la serra de Llaberia.

El flux d'aigua subterrània presenta una direcció general est a oest i convergeix als barrancs perimetrals més importants (barranc de la Dòvia i barranc dels Estrets de Massanes) i en els quals el mateix aqüífer en podria ser drenant.

L'estructura geològica representativa en direcció nord-oest a sud-est de la serra de Llaberia es mostra a la figura 9.

L'estructura geològica existent està representada per un gran sinclinal limitat al nord-oest per un plec anticlinal i una falla normal (zona de les Taules) i un anticlinal al sud-est (zona del barranc de la Dòvia).

Aquest sinclinal està format, de base a sostre, per materials triàsics, juràssics i cretacis i la zona del nucli es troba afectat per un encavalcament dels materials juràssics sobre els cretacis.

L'existència de surgències a les zones de contacte entre els materials impermeables (argiles triàsiques i margues cretàciques) i l'existència de nivells permeables en profunditat permet diferenciar dos nivells piezomètrics, els quals es troben deslligats des del punt de vista hidràulic i ateses les característiques geològiques existents:



Fig. 9. Tall estratigràfic representatiu de la zona de Llaberia

Nivell piezomètric subsuperficial (surgències naturals)

Aquest primer nivell sembla que se situa de forma subsuperficial, aflora en superfície a les zones de contacte entre materials de diversos graus de permeabilitat i presenta un caràcter lliure a semicaptiu. El gruix saturat d'aigua està en funció dels materials superficials i varia de forma periòdica i en relació amb la climatologia local. Aquesta activitat estacional es confirma amb les diverses surgències locals analitzades (font de les Amares, font de Llaberia, font del Carreter, font de Llaberia, font de l'Horta…), les quals presenten una forta variabilitat en funció de les pluges existents.

L'activitat d'aquestes surgències és més constant o permanent en funció de l'alçària topogràfica, on l'activitat es pot arribar a anul·lar a les surgències més topogràficament elevades (font de les Amares, a 774 msnm) i ser gairebé constant a les cotes més baixes (font de l'Horta, a 621 msnm), tot i que també es poden arribar a anular durant períodes de sequera importants (estiu de 2008).

Nivell piezomètric profund

Per sota de l'estructura d'encavalcament existent s'identifiquen nivells aqüífers relacionats amb els materials cretacis (sorres de l'Albià i de la formació Utrillas) i juràssics (calcàries i dolomies del Lías) més permeables.

Aquests aqüífers presenten profunditats molt variables i tenen un caràcter captiu a semicaptiu, tot podent aflorar en superfície a ambdós extrems de l'estructura sinclinal, tal i com s'observa amb l'aflorament de les sorres de l'Albià a l'extrem sud-est (coll dels Colivassos), l'aflorament del juràssic a l'extrem sud-est barranc de la Dòvia) o amb l'aflorament de les calcàries triàsiques (zona de les Taules).

La topografia i característiques geològiques existents denoten l'existència d'una divisòria d'aigües subterrànies a la zona més topogràficament elevada (Tossal Gran - Mont-redon) i on el flux d'aigües subterrànies presentarà variacions en funció de la zona analitzada. En el cas del nucli de Llaberia el flux general serà de sud-est a nord-oest.

Relació entre els nivells piezomètrics subsuperficial i profund

Els nivells piezomètrics s'arriben a solapar als extrems de l'estructura sinclinal i on afloren en superfície els materials més permeables de l'anticlinal (zona de la Dòvia i zona de les Taules), mentre que es comporten de forma independent en direcció a l'interior de l'estructura i on els nivells argilosos impermeables funcionarien com a base dels diversos aqüífers.

La interpretació hidrogeològica dels diversos nivells piezomètrics estimats apareix a la figura 10.

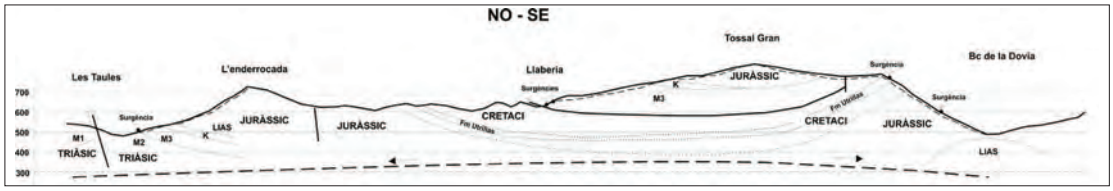


Fig. 10. Tall hidrogeològic representatiu de la zona de Llaberia

La profunditat d'aquest nivell piezomètric subsuperficial (línia discontínua més propera a la superfície) serà variable en funció de la litologia aflorant a la zona, tot presentant valors nuls quan afloren en superfície (surgències naturals) i valors molt superiors a les zones més desfavorables.

El nivell piezomètric profund (línia discontínua més profunda) s'estima en uns 200 a 250 msnm als extrems (zona del barranc de la Dòvia i les Taules), uns 300 msnm a la zona del nucli de població de Llaberia i fins a 350 m a les zones més topogràficament elevades (Tossal Gran).

S'observa com les zones més topogràficament elevades presenten divisòries d'aigües i la qual sembla coincidir amb la divisòria d'aigües superficials.

Relació amb els aqüífers pròxims: Baix Camp, Fossa de Móra, Priorat…

Per establir la relació de les aigües subterrànies de la serra de Llaberia amb els aqüífers pròxims s'han analitzats pous i surgències de la zona perimetral. L'inventari realitzat és el de la taula V.

Taula V. Nivells piezomètrics absoluts de captacions perimetrals a la serra de Llaberia

X_{UTM}	Y_{UTM}	N_{pabs} *(msnm)*	*Aqüífer**	*Municipi*
319188	4552924	312,2	Triàsic	Colldejou
319450	4535456	7,2	Juràssic	Vandellòs
308282	4548997	30	Juràssic	Tivissa
307288	4548025	50	Juràssic	Tivissa
308970	4547232	102	Juràssic	Tivissa
309991	4546928	129	Triàsic	Tivissa
311508	4546012	300,5	Triàsic	Tivissa
306733	4539176	166	Juràssic	Tivissa
322271	4545709	87	Triàsic	Pratdip
328228	4548228	6	Terciari	Mont-roig
314014	4533740	4,6	Juràssic	Ametlla
328310	4546403	2,5	Terciari	Mont-roig

* Els nivells aqüífers són estimats a partir de dades geològiques de la zona.

La piezometria associada a aquestes captacions defineixen la distribució mostrada a la figura 11. S'observa com la zona de la serra de Llaberia - Mola de Colldejou formen una divisòria d'aigües subterrànies a partir de les quals divergeixen unes en direcció al mar mediterrani i unes altres a la depressió de l'Ebre.

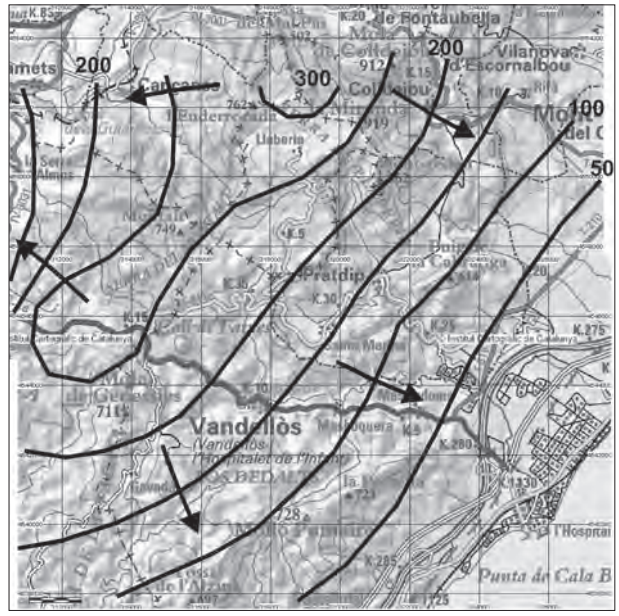


Fig. 11. Isopiezes de la serra de Llaberia i zones perimetrals (elaboració pròpia; font: ICC i CHE)

La direcció del flux d'aigües subterrànies és variable presentant valors una direcció est a sud-est a la zona de Colldejou, Mont-roig del Camp, Pratdip, l'Hospitalet de l'Infant i Vandellòs i una direcció oest i nord-oest a la zona de Capçanes, Guiamets i la Serra d'Almos.

El gradient hidràulic té uns valors de 0,026 a la part oriental del massís i de 0,023 a la part occidental.

Tenint en compte els valors piezomètrics definits a la part oriental es podria assumir que la descàrrega de les aigües subterrànies es produeix directament al mar mediterrani i mitjançant nivells permeables que poden estar situats per sota del nivell del mar.

Avaluació dels recursos hídrics de la serra de Llaberia

En aquest darrer apartat avaluarem, de forma general, els recursos hídrics de la serra de Llaberia a partir de les variables climàtiques locals. La recàrrega dels nivells aqüífers existents a la serra de Llaberia és la procedent de la infiltració de l'aigua de pluja i tenint en compte la desconnexió hidràulica enfront d'altres aqüífers existents a la zona perimetral (cubeta de Móra, Priorat i plana de Mont-roig).

Dades climàtiques generals

La serra de Llaberia es troba situada al límit oriental de la Serralada Prelitoral i a una distància d'uns 9,5 quilòmetres del mar Mediterrani.

El massís representa un bloc amb la base situada a uns 300 metres de cota topogràfica mitjana i un sostre superior als 900 metres i el qual està situat de forma paral·lela a la línia de la costa.

Aquest efecte fa que la influència marina sigui molt important atesa la canalització dels vents humits cap als barrancs locals, els quals tenen la seva conca al massís.

La progressió d'aquests vents humits i la remunta sobtada d'aquestes masses afavoreix l'efecte orogràfic de les pluges, així com un gradient tèrmic important.

Aquest fet comporta que el règim pluviomètric de la part oriental del massís (Pratdip, Colldejou, Mont-roig del Camp…) sigui diferent al de la part occidental (Marçà, la Torre de Fontaubella, Capçanes…), tot sent la tardor i la primavera les estacions més plujoses i amb un estiu més plujós i un hivern més sec a la zona oriental (pròximes al mar) i un hivern més plujós i un estiu més sec a la zona occidental (conca de l'Ebre). Les dades climàtiques més significatives de la zona analitzada es mostren a la taula VI.

Taula VI. Variables climàtiques de la serra de Llaberia (Font: DMAH - Atles climàtic de Catalunya)

Variable	*Zona més elevada*	*Zona perimetral*
Temperatura mitjana	12 a 13°C	13 a 14°C
Precipitació mitjana	700 a 750 mm	650 a 700 mm
Tipus de clima	Subhumit	Sec subhumit

Avaluació dels recursos hídrics

La reconstitució de les reserves de l'aqüífer es troba sotmesa a l'alimentació i al temps de flux de les aigües subterrànies des de les zones d'infiltració fins a les zones d'explotació.

El balanç hídric té per objecte principal establir la diferència entre l'actiu i el passiu, les aportacions i les pèrdues i analitzar d'aquesta manera la variació de les reserves d'aigua, tot calculant així els recursos explotables. Aquestes diferències s'equilibren en condicions naturals, en conformitat al cicle de l'aigua i en absència d'intervencions humanes.

Atès que l'àrea de recàrrega de l'aqüífer se situa a tot el massís s'avaluarà el balanç hídric a partir de les dades climàtiques estimades a la població de Llaberia. El fet de no disposar de dades climatològiques reals d'aquesta població ha condicionat el càlcul aproximat d'aquestes dades agafant com a referència les precipitacions mitjanes i temperatures mitjanes facilitades per DMAH (font: *www.gencat.net/mediamb*) i tenint en compte els percentatges representatius de cada variable climatològica (temperatura i precipitació mitjana mensual de les estacions de Tivissa i la Serra d'Almos), s'ha confeccionat el que s'anomena la *precipitació de disseny* i la *temperatura de disseny* de la zona de

Llaberia. Aquestes variables són una aproximació a les dades climatològiques de la zona i estan en funció dels valors climatològics comentats anteriorment.

El coneixement de l'evaporació potencial d'una zona permet establir el seu balanç hídric anual. Així és possible conèixer la quantitat d'aigua que realment s'evapora des del sòl i transpiren les plantes en aquesta zona, la quantitat d'aigua emmagatzemada pel sòl i la que es perd per vessament superficial i escolament subterrani.

Com que l'evapotranspiració i la precipitació són dos elements climàtics independents, la seva marxa anual difícilment coincideix en un mateix punt de la terra, per la qual cosa en alguns llocs existeixen períodes en què la necessitat d'aigua està amplament satisfeta per les pluges (excés d'aigua) i altres en què manquen pluges per la quantitat d'aigua requerida (dèficit d'aigua). D'aquesta manera hi haurà mesos amb aigua suficient i mesos en què es registri excés o deficiència d'aigua de forma manifesta.

També poden passar casos extrems i que durant tot l'any les precipitacions sobrepassin les necessitats d'aigua o a l'inrevés.

Per calcular el balanç hídric mitjà anual de la zona de Llaberia, es considera l'evapotranspiració potencial calculada pel mètode de Thorntwaite i la precipitació mitjana mensual (vegeu taula VII).

Taula VII. Càlcul ETR de la zona de Llaberia

Mes	*Gener*	*Febrer*	*Març*	*Abril*	*Maig*	*Juny*	*Juliol*
P	58,1	29,0	52,0	57,4	81,0	47,9	13,5
ETP	14,8	22,5	39,9	56,4	93,9	132,7	167,3
Δ	43,2	6,5	12,0	1,0	–12,9	–84,8	–153,8
Emm.	100	100	100	100	87,1	2,3	0,0
Def.							–151,5
Exc.	43,2	6,5	12,0	1,0			
ΔEmm.	0,0	0,0	0,0	0,0	–12,9	–84,8	–2,3
ETR	14,8	22,5	39,9	56,4	106,8	132,7	15,8

Mes	*Agost*	*Setembre*	*Octubre*	*Novembre*	*Desembre*	*Any*
P	42,5	60,8	102,6	59,4	70,2	674,3
ETP	155,0	109,6	64,5	29,4	16,6	902,8
Δ	–112,5	–48,8	38,1	30,0	53,6	
Emm.	0,0	0,0	38,1	68,1	100,0	
Def.	–112,5	–48,8				–312,8
Exc.					21,7	84,4
ΔEmm.	0,0	0,0	38,1	30,0	31,9	0,0
ETR	42,5	60,8	64,5	29,4	16,6	602,7

P: precipitació

ETP: evapotranspiració potencial

Δ: diferència entre precipitació i evapotranspiració

Emm.: emmagatzematge d'aigua útil

Def.: dèficit

Exc.: excés

ΔEmm.: variació d'emmagatzematge d'aigua útil

ETR: evapotranspiració real

Es produeix un dèficit d'aigua en el sòl els mesos de juliol, agost i setembre, i hi ha un excés d'aigua en el sòl durant mesos de gener, febrer, març, abril i desembre (figura 12).

Pel que fa a la variació de la reserva, s'obté un valor nul anual; per tant, es podria considerar que el sòl de la zona de Llaberia, i segons la hipòtesi considerada, es troba en un punt d'equilibri (figura 13).

Balanç hídric del sòl a Llaberia

El balanç hídric del sòl es calcularà mitjançant l'equació de balanç següent:

$P = ETR + ES + I + \Delta R' + \Sigma'$

P: precipitació

ETR: evapotranspiració real

ES: vessament superficial (es considera nul·la com a aproximació)

I: infiltració

ΔR': variació emmagatzematge

Σ': error de balanç (es considera nul com a aproximació)

Substituint les variables s'extreu que:

I = 137,2 mm

Balanç hídric general de la serra de Llaberia

La infiltració procedent de l'aigua de pluja tindrà lloc a les zones més permeables del massís i serà coincident amb els materials calcaris, dolomítics i sorrencs aflorants en superfície. Segons la figura 5, presenta els valors de la taula VIII.

Taula VIII. Estimació de les àrees permeables del massís

Nom	*Àrea permeable estimada (qm²)*
Serra de Llaberia	24,5
Mola de Colldejou	4,7
Total	29,2

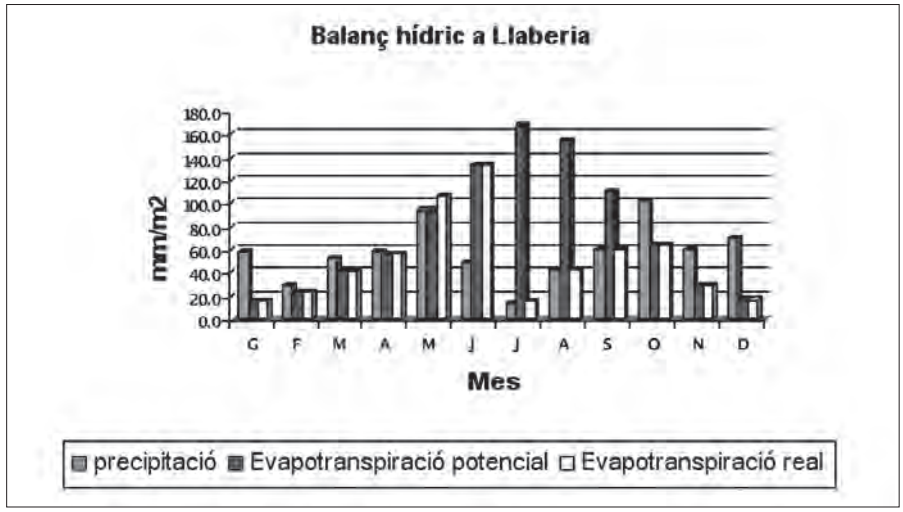


Fig. 12. Balanç hídric a Llaberia

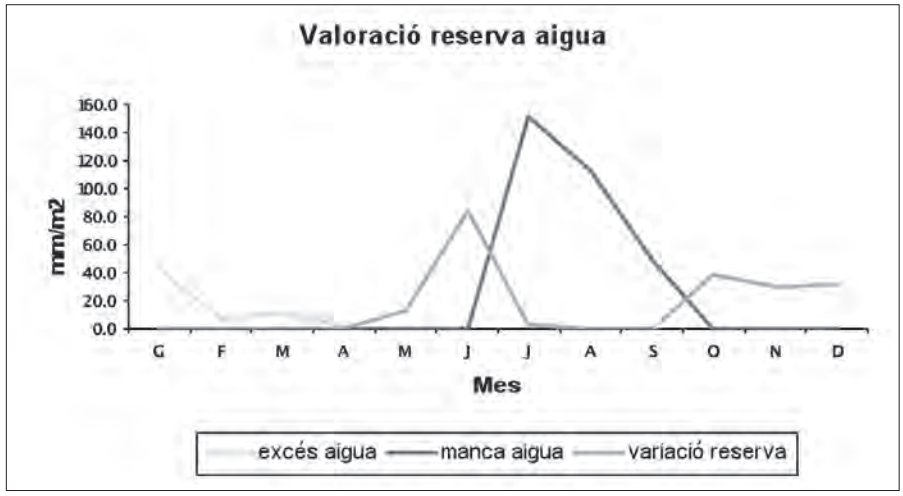


Fig. 13. Variació reserva aigua a Llaberia

En aquesta zona d'estudi, i segons les dades de la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, no existeix cap pou d'extracció i bombeig, però sí diverses fonts i mines, part de les quals s'aprofiten per a diversos usos.

En tota la zona analitzada no existeixen cursos d'aigua que aportin de forma externa un cabal determinat a l'aqüífer de la conca analitzada.

Les aportacions externes de recàrrega del mateix aqüífer són les procedents de la infiltració resultant de la precipitació de la zona i calculada anteriorment

en un valor de d'uns 137,2 mm anuals. Aquesta infiltració passa a formar part de les aigües subterrànies totals existents en aquesta conca i que es poden presentar en forma d'aqüífers superficials (mines i aiguamolls) o bé d'aqüífers profunds.

Amb aquestes hipòtesis de treball els recursos hídrics totals de la conca analitzada són:

Recursos hídrics = infiltració (l/m^2)

ERROR: invalidfont
OFFENDING COMMAND: show

STACK: