

Els aqüífers, els recursos hídrics subterranis i els seus usos

Per parlar dels aqüífers, els recursos hídrics subterranis i els seus usos cal, en primer lloc, fer una breu aproximació a alguns conceptes fonamentals per entendre què és un aqüífer, de quins tipus n'hi ha, quines en són les característiques principals, i els usos que es fan dels seus recursos hídrics. Segons la definició del *Diccionari de la llengua catalana* de l'Institut d'Estudis Catalans, un aqüífer és «una formació geològica en què s'emmagatzema i circula aigua subterrània tot aprofitant la permeabilitat, la porositat i la fissuració de la roca que l'acull», trets als quals la definició de la *Gran Enciclopèdia Catalana* només afegeix el gradient hidràulic.

Text > **JOAN SOLÀ I PERE PONS**, Geoservei

La característica principal que determina i defineix que un cos de roca o sediment es pugui considerar un aqüífer és que l'aigua que conté i que el satura, totalment o parcialment, tingui la capacitat de circular-hi, és a dir, de mobilitzar-se. Aquesta característica és definitiva perquè és la que permet aprofitar-ne l'aigua subterrània, sigui mitjançant fonts, en les quals l'aigua aflora de forma natural, o a través d'infraestructures construïdes expressament, com pous o mines d'aigua. La velocitat amb què les aigües subterrànies es mouen per un aqüífer varia en funció de la permeabilitat que tingui, que depèn de la porositat efectiva de la roca o del sediment, i del gradient hidràulic en aquell punt.

Tipologia dels aqüífers

Els aqüífers es classifiquen en funció del tipus de roca o sediment de què estan formats (per exemple: gres i conglomerats o sorres i graves); la geometria i la disposició de les capes (aquífer únic o multicapa); el tipus de porositat que hi domina (intergranular, per fissuració o dissolució) o, també, segons la pressió hidroestàtica a què estan sotmesos (lliures o confinats). A l'hora de classificar una unitat aquífera s'utilitzen la major part d'aquests criteris de

classificació, atès que no són excloents, sinó additius, i expressen o descriuen fenòmens diversos, sovint complementaris, i que ajuden a descriure millor un aqüífer i el seu comportament. Així, per exemple, es parla d'aqüífers en formacions fluvials recents (formades per sorres i graves) que presenten una porositat intergranular amb un comportament hidràulic, generalment, lliure; o d'aqüífers en formacions càrstiques (formades per roques calcàries) amb una porositat mixta per fissuració i dissolució i amb un comportament hidràulic lliure o confinat en funció de la disposició tectònica i estratigràfica, o de tants altres tipus d'aqüífers, segons les múltiples combinacions possibles de formació geològica, porositat i comportament hidràulic.

A Catalunya i, més concretament, a les comarques gironines, atesa la diversitat geològica que dona forma al territori, hi ha representats una gran varietat d'aqüífers. En aquest sentit, hi ha una correlació evident entre les principals formacions geològiques que configuren el subsol i la tipologia d'aqüífers que hi són presents.

L'Agència Catalana de l'Aigua té catalogat un total de seixanta-dos aqüífers amb entitat pròpia dins de l'àmbit de les comarques gironines, que es poden agrupar en les nou tipologies següents.

■ 1. Aqüífers en formacions detrítiques no consolidades del quaternari associades a la xarxa fluvial constituïdes per seqüències de graves, sorres i llims, en proporcions diverses, i que tenen representació a les conques de la Muga, el Fluvià, el Ter, la Tordera i el Segre, així com a les rieres de la Costa Brava nord i sud. Aquestes unitats presenten una porositat intergranular i un comportament hidràulic lliure. Tanmateix, al sector del litoral, les principals planes costaneres d'origen fluviodeltaic presenten en la seva estructura estratigràfica nivells intercalats de llims i argiles que segellen parcialment nivells inferiors de graves i sorres i que els confereixen un comportament hidràulic semiconfinat o confinat.

■ 2. Aqüífers en dipòsits quaternaris detrítics no consolidats de graves i sorres d'origen fluvial intercalats amb dipòsits quaternaris o neògens volcànics semiconsolidats (piroclasts) i/o amb colades de roca basàltica. Aquests dipòsits estan representats per les formacions fluviovolcàniques de la Garrotxa, de la vall del Brugent, de la Llémena i la riera de Canet d'Adri i els afloraments de la Selva a Maçanet-Vidreres. Aquestes unitats presenten una porositat intergranular quan es tracta de sediments fluvials i piro-

clàstics, i una porositat per fissuració en el cas de roques basàltiques. En general, el seu comportament hidràulic és predominantment lliure, però la presència de nivells detrítics argilosos intercalats pot conferir a aquestes unitats un comportament semiconfinat o confinat, com és el cas de l'aqüífer fluviovolcànic profund de la Garrotxa.

■ 3. Aqüífers en dipòsits quaternaris i neògens d'origen fluvioacustre representats per les formacions de tra-

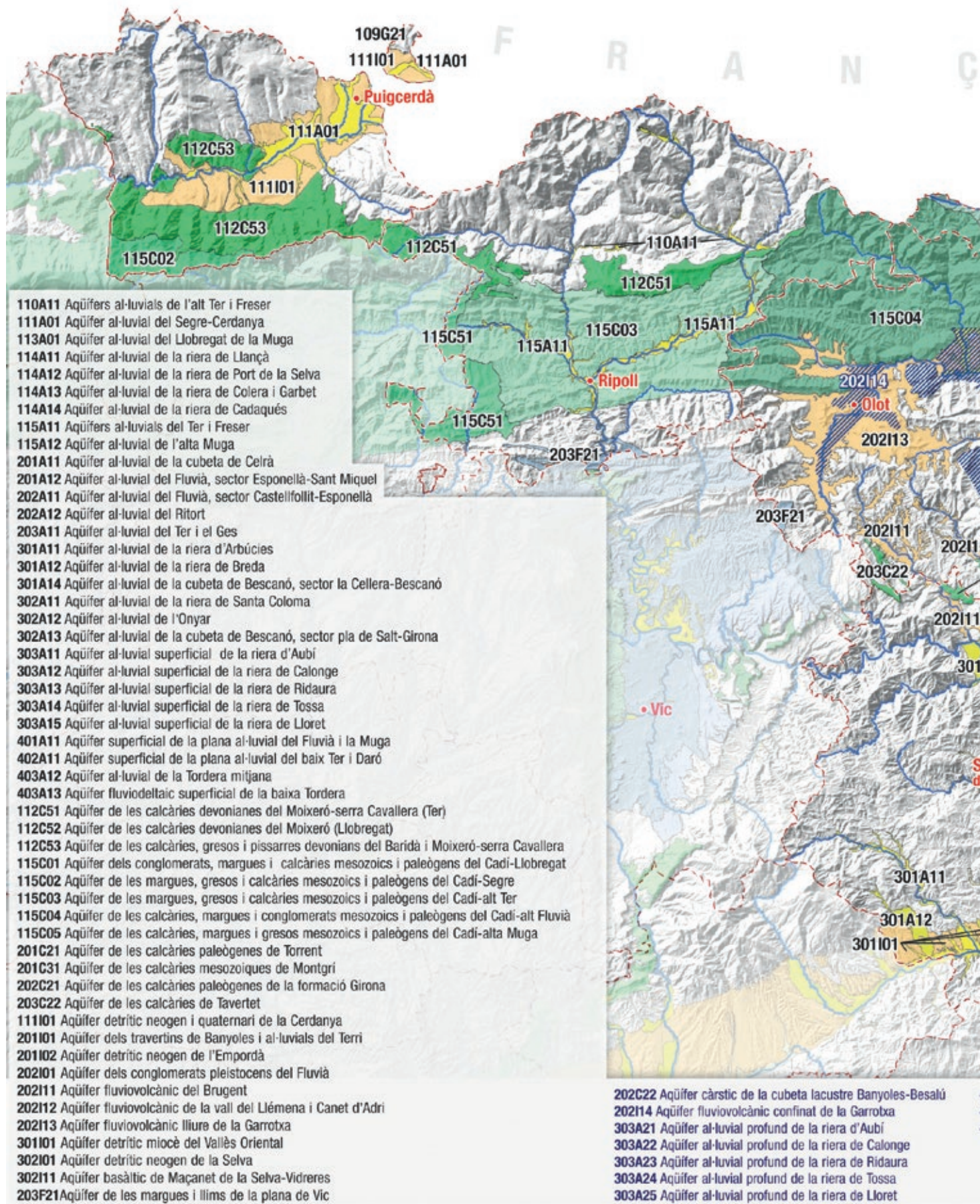
vertins del Pla de l'Estany i intercalats amb dipòsits quaternaris detrítics no consolidats d'origen fluvial associats a la dinàmica fluvial del Terri. Igual que en el cas anterior, aquestes unitats presenten una porositat intergranular quan es tracta de sediments fluvials i una porositat per fissuració i dissolució en el cas que presentin travertins més compactes o consolidats, i poden arribar a constituir, localment, un veritable carst. Així mateix, el seu comportament hidràulic és predominantment

lliure, però la presència de nivells detrítics argilosos intercalats pot conferir a aquestes unitats un comportament semiconfinat o confinat. Aquesta situació és molt típica al pla de Mata, al sud-est de Banyoles, on hi ha importants seqüències d'alternança de sediments fluvials amb nivells de travertins.

■ 4. Aqüífers en formacions detrítics poc consolidats i d'origen col·luvial que s'estenen al peu dels relleus de l'Alta Garrotxa, entre Tortellà, Argelaguer,

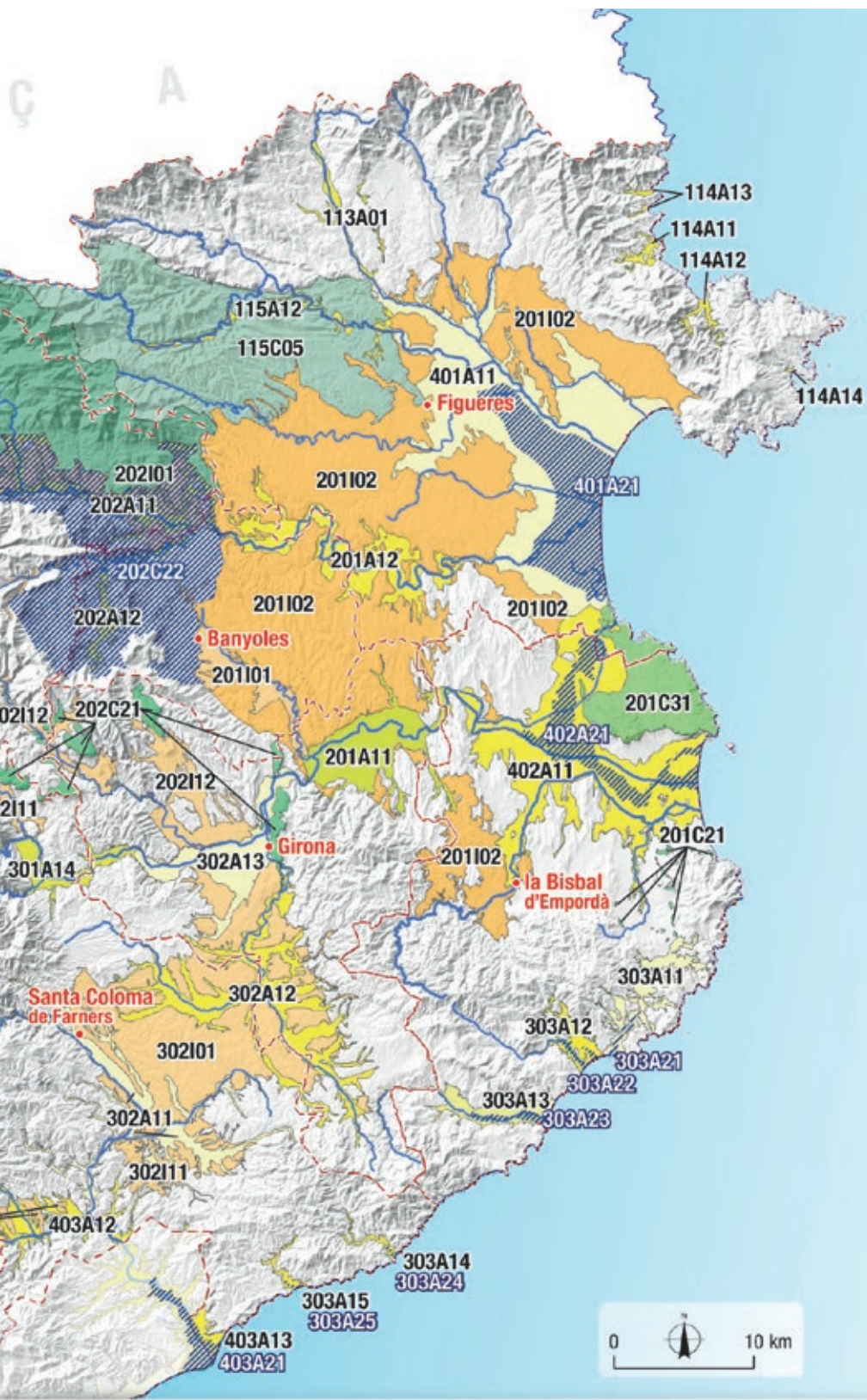
TIPUS D'AQUÍFER		CODI AQUÍFER	LITOLOGIA DOMINANT	POROSITAT	COMP. HIDRÀULIC
(1a) Dipòsits detrítics quaternaris fluvials superficials i/o profunds (no consolidats) al·luvials, deltaics i planes costaneres (zona litoral)	Al·luvials i fluviodeltaics de la plana litoral del Fluvià i la Muga	401A11, 401A21	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure o confinat
	Al·luvials i fluviodeltaics del baix Ter i Daró	402A11, 402A21	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure o confinat
	Al·luvials i fluviodeltaics de la baixa Tordera	403A13, 403A21	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure o confinat
	Al·luvials de les rieres de la Costa Brava nord	114A11, 114A12, 114A13, 114A14	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
	Al·luvials de les rieres de la Costa Brava sud	303A11, 303A12, 303A13, 303A14, 303A15, 303A21, 303A22, 303A23, 303A24, 303A25	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure o confinat
(1b) Dipòsits detrítics quaternaris fluvials (no consolidats) al·luvials - col·luvials (zona no litoral)	Al·luvials de la Muga i afluents principals	113A01, 115A12	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
	Al·luvials del Fluvià i afluents principals	202A11, 201A12, 202A12	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
	Al·luvials del Ter i afluents principals	110A11, 115A11, 201A11, 203A11, 301A14, 302A12, 302A13	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
	Al·luvials de la Tordera i afluents principals	301A11, 301A12, 302A11, 403A12	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
	Al·luvials del Segre (sector Cerdanya)	111A01	Graves, sorres, llims i argiles	Intergranular	Lliure
(2) Dipòsits quaternaris i neògens detrítics fluvials (no consolidats) i piroclàstics (no consolidats / semiconsolidats) i colades basàltiques (roca)	202I11, 202I12, 202I13, 202I14, 302I11	Graves, sorres, llims, piroclasts i basalt	Intergranular i fissuració	Lliure o confinat	
(3) Dipòsits quaternaris i neògens detrítics al·luvials (no consolidats) i de travertins (semiconsolidats/roca)	201I01	Graves, sorres, llims i travertins	Intergranular i fissuració	Lliure o confinat	
(4) Dipòsits detrítics col·luvials (semiconsolidats) de ventalls antics	202I01	Graves, sorres i argiles	Intergranular i fissuració	Lliure	
(5) Dipòsits detrítics (semiconsolidats) neògens i quaternaris antics (rebliment de les fosses neògenes)	111I01, 201I02, 301I01, 302I01	Conglomerats, gresos i lutites	Intergranular	De lliure a semiconfinat	
(6) Formacions de calcàries i/o dolomies massives devonians, mesozoiques o paleògenes (roca)	112C51, 112C52, 201C21, 201C31, 202C21, 202C22, 203C22	Calcàries	Fissuració i carstificació	Lliure o confinat	
(7) Formacions complexes de calcàries, conglomerats, gresos i/o margues devonians, mesozoiques i/o paleògenes (roca)	112C53, 115C01, 115C02, 115C03, 115C04, 115C05, 203F21	Calcàries, conglomerats i margues	Fissuració i carstificació	Lliure o confinat	
(8 i 9) Formacions locals complexes en medis de baixa permeabilitat formades per diferents litologies i de diverses edats geològiques (roca)	201E23, 202E25, 202F21, 203F22	Conglomerats, gresos i margues	Intergranular i/o fissuració	Lliure o confinat	
	101G21, 109G21, 110G21, 110G22, 114G21, 301G21, 303G21, 113H01, 301H01, 303H01	Pissarres i granits	Fissuració	De lliure a semiconfinat	

>> Agrupació de formacions aquíferes per tipologia litològica. (Font: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE LES DADES DE L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA)



>> Mapa de les principals unitats aqüíferes que hi ha a les comarques gironines.

(Font: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE DADES DE L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, DEPARTAMENT D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL. GENERALITAT DE CATALUNYA)

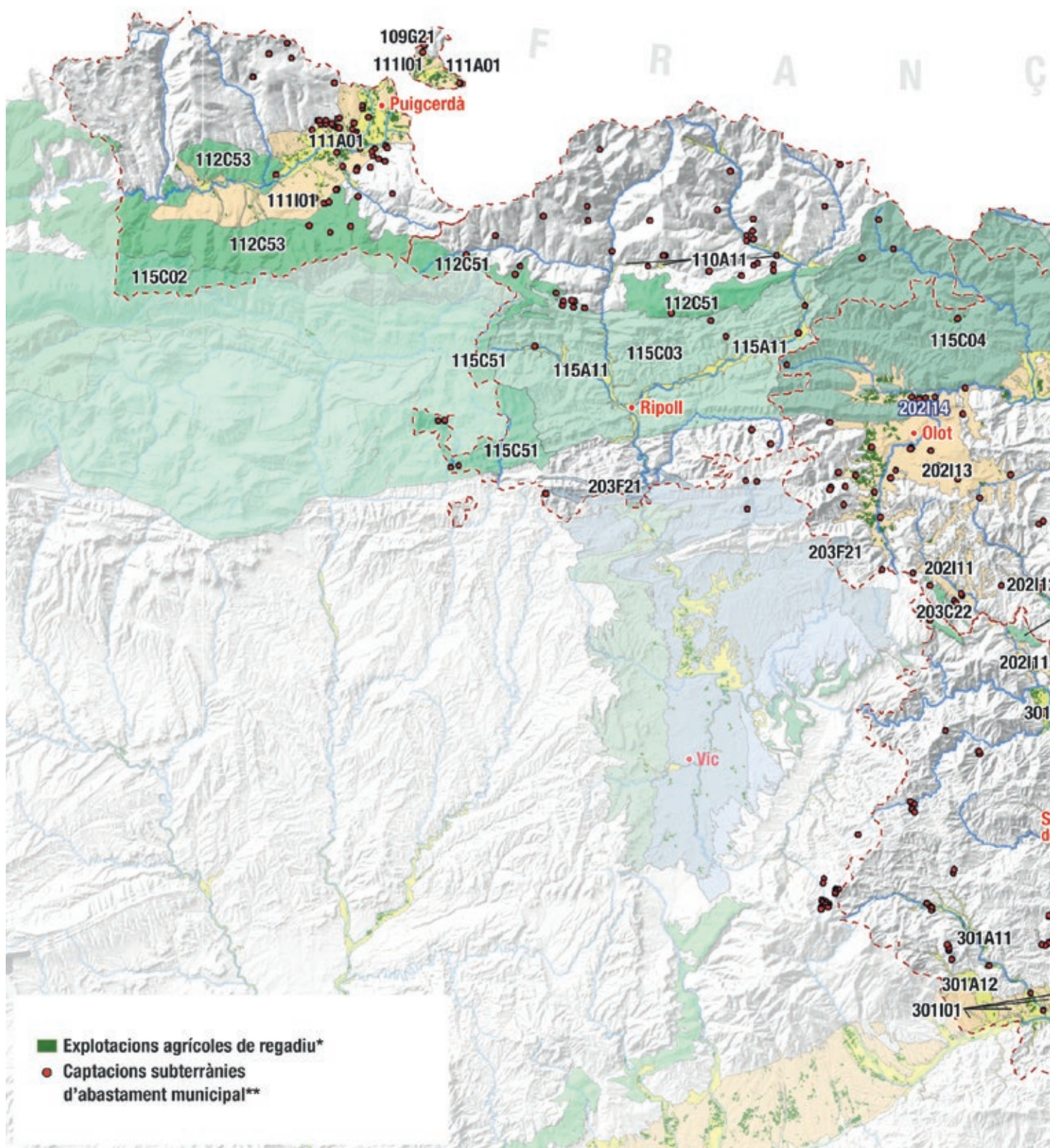


401A21 Aqüífer profund de la plana al·luvial del Fluvià i la Muga
 402A21 Aqüífer profund de la plana al·luvial del baix Ter
 403A21 Aqüífer fluviodeltaic profund de la baixa Tordera

Besalú, Beuda i Serinyà, constituïts per seqüències de graves lleugerament cimentades amb una matriu argilosa considerable. Aquests dipòsits tenen una porositat intergranular i un comportament hidràulic lliure.

■ 5. Aqüífers en dipòsits detrítics neògens i quaternaris antics representats per seqüències de conglomerats, gresos i argiles, poc o lleument cimentats, que rebleixen les fosses tectòniques neògenes de l'Empordà, la Selva, la Cerdanya i la part més septentrional de la fossa del Vallès. La porositat d'aquestes unitats és fonamentalment intergranular, tot i que alguns nivells detrítics més consolidats poden presentar, addicionalment, porositat per fissuració. El comportament hidràulic d'aquestes unitats dependrà de la seva posició estratigràfica dins de la seqüència deposicional de rebliment. Així, nivells de gresos i conglomerats aflorants presentaran un comportament hidràulic lliure, mentre que nivells de gresos i conglomerats més profunds i recoberts per nivells més argilosos presentaran un comportament confinat o semiconfinat.

■ 6. Aqüífers en formacions de roques carbonatades massives representades per les calcàries devonians del massís del Moixeró i la serra Cavallera, per les calcàries i dolomies massives mesozoïques del massís del Montgrí, o per les calcàries paleògenes dels relleus de les Pregarres, a la rodalia de Torrent i Girona, al sector més occidental del massís del Montseny-Guilleries, a Tavertet i, també a la conca lacustre de Banyoles-Besalú. L'extensió i la disposició d'aquestes unitats carbonatades està completament lligada a la tectònica alpina, que hauria provocat el plegament, basculament i trencament per falla d'aquestes formacions, i hauria donat lloc a la successió de blocs enlairats i enfonsats amb més o menys continuïtat lateral. La naturalesa carbonatada i massiva d'aquestes unitats els confereix una porositat per fissuració i dissolució, i presenten un grau de carstificació força desenvolupat. D'altra banda, el seu comportament hidràulic pot variar de lliure a confinat segons la seva posició estratigràfica dins de la seqüència rocosa del substrat, i si aquest aflora o no.



>> Mapa de les explotacions agrícoles de regadiu concentrades a les parts baixes de les conques dels rius Muga, Fluvià, Ter i Tordera, i a la depressió de la Selva - pla de Girona, i de la situació dels pous d'abastament municipal, alguns dels quals estan en zones d'aqüífers de baixa permeabilitat.

(Font: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE DADES DE LA *DUN 2022 I EL **PABCAT, DEL DEPARTAMENT D'ACCIÓ CLIMÀTICA, ALIMENTACIÓ I AGENDA RURAL. GENERALITAT DE CATALUNYA)



■ 7. Aqüífers en formacions complexes formades per calcàries, conglomerats, gresos i/o margues devonians, mesozoiques i/o paleògenes. Es tracta de seqüències de diversos materials que formen el substrat rocós d'una gran part dels relleus del Prepirineu ori-

ental, i que comprenen les capçaleres dels rius Segre, Llobregat, Ter, Fluvià i Muga. La porositat que hi predomina és per fissuració, tot i que, en les seqüències que presenten unitats de calcàries també hi ha una certa cars-
tificación. Igual que en el cas anterior, el

seu comportament hidràulic pot variar de lliure a confinat.

A banda d'aquestes set agrupacions, hi ha un conjunt de formacions geològiques que, tot i que presenten unes característiques litològiques que no les classifiquen, d'entrada, com a unitats aqüíferes, localment poden emmagatzemar un cert volum d'aigua i presentar una productivitat hídrica important. En aquests casos, l'Agència Catalana de l'Aigua les ha classificat com a aqüífers locals en medis de baixa permeabilitat. Aquestes formacions solen estar representades per:

■ 8. Seqüències paleògenes predominantment margoses amb intercalacions de gresos i/o conglomerats, normalment molt cimentats, que formen part del substrat rocós de la serralada Transversal o de la serra de Bellmunt i del massís de Puigsacalm, o dels relleus menors de la Garrotxa, el Pla de l'Estany i l'Empordà.

■ 9. Unitats de substrat paleozoic constituïdes per afloraments de granits i pissarres que formen part dels relleus del Pirineu axial oriental (des del serrat de les Llançanes, a l'est de Puigcerdà, fins a la serra de l'Albera i el cap de Creus, passant pels relleus del roc de Frausa, a la Jonquera), dels relleus del Montseny-Guilleries, de les Gavarres fins al massís de Begur i dels relleus de la baixa Costa Brava (des de Blanes fins a Sant Feliu de Guíxols). Aquestes unitats tenen una porositat per fissuració que localment pot atorgar una major permeabilitat al conjunt rocós. Aquestes unitats, quan es troben localment associades a falles o sistemes de falles profundes, donen lloc als principals fenòmens d'hidrotermalisme de les comarques gironines, en els quals afloren aigües termals i/o carbòniques. En trobem alguns exemples a la Selva, a Caldes de Malavella i a Santa Coloma de Farners; a les Gavarres, a Sant Julià de Ramis o a la Cerdanya, entre d'altres. A l'àrea del Montseny-Guilleries es concentra la major part de les empreses embotelladores d'aigües minerals.

Usos i recursos hídrics

Els recursos hídrics subterranis per satisfer les necessitats associades als diferents usos depenen de la quantitat i de la quantitat disponible, i aquests són els dos principals factors limitants en la seva gestió.

AQÜÍFER	CODI AQÜÍFER SUPERFICIAL / PROFUND	REG hm ³ /any	ABASTAMENT AQÜÍFER SUP. hm ³ /any	ABASTAMENT AQÜÍFER PROF. hm ³ /any	ABASTAMENT TOTAL hm ³ /any
Aqüífers de la plana al·luvial del Fluvià i la Muga	401A11/401A21	12,1	2,6	0,7	3,3
Aqüífers de la plana al·luvial del baix Ter i el Daró	402A11/402A21	11,0	2,8	9,2	12,0
Aqüífers al·luvials de la riera de Ridaura	303A13/303A23	0,1	0,8	1,1	1,9
Aqüífers fluviodeltaics de la baixa Tordera	403A11/403A21	1,1	0,4	9,4	9,8
Total		24,3			27,0

>> Volums d'extracció anual per a reg i abastament municipal als aqüífers litorals dels rius Muga, Fluvià, Ter, Ridaura i Tordera. (Font: ELABORACIÓ PRÒPIA A PARTIR DE LES DADES DE L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA I DADES ESTIMADES DE LA DUN 2022 [DACAAR])

En relació amb la qualitat dels recursos disponibles, els dos aspectes que cal considerar són els processos de contaminació natural, a conseqüència de les característiques fisicoquímiques del medi en determinades zones, i la contaminació derivada de l'activitat antròpica al territori.

Quant a la quantitat d'aigua que contenen els aqüífers i que es destina als diferents usos, aquesta depèn, bàsicament, de la recàrrega pluviomètrica i de transferències laterals des dels cursos fluvials o des d'altres aqüífers. Els temps de trànsit o de renovació d'aquests recursos, exceptuant en els aqüífers més profunds, és interanual o de pocs anys. Aquest fet és una variable més que cal tenir en compte en la planificació de la gestió, més enllà de la situació de canvi climàtic en què estem immersos.

L'aigua necessària per satisfer els usos i les activitats a les comarques gironines —abastament municipal i domèstic, reg agrícola, activitats industrials i recreatives i necessitats ambientals— prové de recursos superficials, subterranis o, en menor mesura, d'aigües regenerades o dessalinitzades. Amb independència de la qualitat de les aigües subterranies, les necessitats actuals d'abastament municipal a les comarques gironines són de l'ordre de 56 hm³/any, segons es desprèn de dades de l'Agència Catalana de l'Aigua (PABCAT), mentre que les necessitats d'aigua de reg es poden xifrar en 110 hm³/any (estimades a partir de la DUN - Declaració Agrària 2022, DACAAR), dels quals uns 45 hm³/any provindrien d'aigües subterranies.

Les necessitats d'aigua del sector industrial es concentren en àrees geogràfiques concretes al voltant de Ripoll, Olot, Banyoles i l'àrea urbana de Girona, incloent-hi una part de la Selva, i són més difícils d'estimar pel fet que una part d'aquest volum ja està quan-

tificat en l'aigua de proveïment municipal. Un capítol a part són les necessitats ambientals, que es concentren molt especialment a les zones baixes de les planes fluvials, i que no s'han arribat a quantificar de forma decidida.

El fet que la franja litoral sigui la que suporta una major activitat agrícola de regadiu i més pressió poblacional, fixa o estacional, explica que els aqüífers al·luvials lliures i confinats de les planes dels rius Fluvià-Muga, Ter, Ridaura i Tordera siguin els més explotats de les comarques gironines, ja que arriben a representar la meitat del volum d'aigua explotat en tots els aqüífers.

Malgrat la coincidència que se'n fa una explotació elevada, el grau de dependència de les aigües subterranies i superficials per a cada ús i a cada plana costanera és diferent segons la casuística particular de cada conca. Dos dels cursos, els dels rius Muga i Ter, estan regulats per embassaments, mentre que els altres dos, els dels rius Fluvià i Tordera, no estan regulats. A més, el riu Ter disposa d'una derivació des del Pasteral que permet aportar aigua a l'àrea metropolitana de Barcelona, a la Selva, a la Costa Brava sud i a la conca de la Tordera. Aquestes diferents situacions comporten que l'aigua necessària per cobrir els requisits hídrics dels usos de cada territori depengui en diferent grau de les aigües superficials (embassaments/derivació fluvial) i subterranies (aqüífers).

Pel que fa a abastament municipal, les diferències en aquests aqüífers són notables:

- A la plana litoral de la Muga, el 25 % de les necessitats es cobreixen amb aigües subterranies i el 75 % restant, amb aigües de l'embassament de Darnius-Boadella.
- A la plana del Fluvià i al baix Ter, el 100 % de l'abastament prové d'aigües subterranies.

- A la part baixa de la riera de Ridaura es concentren les captacions d'abastament de Santa Cristina d'Aro i de Sant Feliu de Guíxols, tot i que no depenen al 100 % dels recursos subterranis per poder disposar, segons les necessitats, d'aigua superficial del Ter derivada des del Pasteral.

- A la part baixa de la Tordera es concentren les captacions d'abastament de Blanes, Lloret i Tossa de Mar, entre d'altres, tot i que tampoc depenen al 100 % dels recursos subterranis per poder disposar, segons les necessitats, d'aigua superficial del Ter o d'aigua procedent de la dessalinitzadora de Blanes.

Pel que fa a l'aigua de reg a les planes de la Muga, del Fluvià i del Ter, la situació és la següent:

- A la plana de la Muga, el 35 % de les necessitats de reg es cobreixen amb aigües subterranies, mentre que el 65 % restant prové de l'embassament de Darnius-Boadella a través de les comunitats de regants.
- A la plana del Fluvià tot el reg se satisfà amb aigües subterranies.
- A la plana del Ter, el 40 % de les necessitats de reg es cobreixen amb aigües subterranies, mentre que el 60 % restant prové del riu Ter, a partir de desembassaments controlats al llarg del període de reg.

Els casos que hem exposat aquí exemplifiquen que un bon coneixement de la capacitat dels aqüífers i del grau de pressió extractiva i per activitats potencialment contaminants, actual i futura, a què estan sotmesos pot aportar criteri a l'hora de definir i planificar la gestió dels recursos hídrics subterranis en coordinació amb els recursos superficials, donant més pes estratègic a les aigües subterranies i orientant les accions de millora de disponibilitat de recursos cap a la recàrrega amb aigües regenerades.