

Diagnosis ambiental de la riera de Santa Coloma entre Santa Coloma de Farners i Riudarenes

Vanessa Galán Mañero

Treball dirigit per: Dr. Albert Folch^a i Dra. Anna Menció^b

a) Departament de Geologia. Universitat Autònoma de Barcelona; b) Departament de Ciències Ambientals. Universitat de Girona.
Juliol 2010.

Resum

A l'actualitat trobem nombrosos sistemes aquàtics alterats per diferents efectes d'origen antropogènic. Per tal d'evitar i/o disminuir aquests efectes va sorgir la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) essent aquest un dels seus objectius.

Aquest article descriu el funcionament hidrogeològic i l'estat ecològic de la riera de Santa Coloma, afluent de la Tordera (NE Catalunya), des de pràcticament el seu inici a Santa Coloma de Farners (Girona) fins a Riudarenes (Girona). S'intenta establir les possibles influències del funcionament hidrogeològic en l'estat ecològic a partir de dades piezomètriques, de cabal, fisicoquímiques i biològiques. Per aquesta última part s'han utilitzat indicadors biològics com l'índex d'hàbitat fluvial (IHF), avaluant l'hàbitat físic; l'índex de Qualitat del Bosc de Ribera (QBR), per determinar la qualitat ecològica de la zona de ribera; l'índex Biological Monitorig Working Party per a conques internes de Catalunya (BMWPC), per avaluar les diferents famílies de macroinvertebrats que hi viuen i l'índex ECOSTRIMED, una síntesi dels dos índex anteriors.

Paraules clau: riera de Santa Coloma, piezometria, cabal, hidroquímica, índex biològics.

Resumen

En la actualidad encontramos numerosos sistemas acuáticos alterados por diferentes efectos de origen antropogénico. Para intentar evitar y/o disminuir estos efectos surgió la Directiva Marc del Agua (2000/60/CE) siendo este uno de sus objetivos.

Este artículo describe el funcionamiento hidrogeológico y el estado de la riera de Santa Coloma, afluente de la Tordera (NE Catalunya), desde prácticamente su inicio en Santa Coloma de Farners (Girona) hasta Riudarenes (Girona). Se intenta establecer las posibles influencias del funcionamiento hidrogeológico en el estado ecológico a partir de datos piezométricos, de caudal, fisicoquímicos y biológicos. Para esta última parte se han utilizado indicadores biológicos como el índice de hábitat fluvial (IHF), evaluando el hábitat físico; el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), para determinar la calidad ecológica de la zona de ribera; el índice Biological Monitorig Working Party para cuencas internas de Catalunya (BMWPC), para evaluar las diferentes familias de macroinvertebrados que viven y el índice ECOSTRIMED, una síntesis de los dos índices anteriores.

Palabras clave: riera de Santa Coloma, piezometría, caudal, hidroquímica, índice biológicos.

Abstract

Nowadays there are several water systems affected by anthropogenic actions. In order to avoid or minimize these effects came up the Water Framework Directive (2000/60/EC) being one of its objectives.

This article describes the hydrogeological behaviour and the ecological status of the Santa Coloma River, a tributary of Tordera River (NE Spain), from near the headwaters in Santa Coloma de Farners (Girona) to Riudarenes (Girona). We try to establish the potential influences of the hydrogeological system in the ecological status of the river from potentiometric data, stream flow, physicochemical and biological parameters. For this last part have been used as biological indicators the *river habitat index* (IHF), evaluating the physical habitat; the *quality index forest bank* (QBR), to determine the ecological quality of riparian zone; the *Biological index Monitorig Working Party* for the inner basins of Catalonia (BMWPC) to evaluate the different families of macroinvertebrates; and the ECOSTRIMED index, a synthesis of the two previous rates.

Keywords: Santa Coloma River, piezometric distribution, river flow, hydrochemistry, biological index.

1. Introducció

L'aigua pels seus valors ecològics i socials, és un element bàsic per la vida. Però s'ha de tenir present que es tracta d'un recurs limitat. Segons l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) és molt més que això, es tracta d'un patrimoni natural imprescindible que cal preservar. Aquest fet ha trigat en integrar-se a la societat actual, donant-se casos de contaminació i sobreexplotació de masses d'aigua, ja sigui d'origen superficial o subterrani, a més de la modificació per acció antropogènica del cursos fluvials.

A Catalunya els rius que trobem són, principalment, de tipus mediterrani. Aquests rius, pateixen de manera natural períodes eixuts a l'estiu, que els fan més sensibles a accions antròpiques com són les derivacions de cabal, les captacions d'aigua subterrània per diferents usos, les canalitzacions, l'extracció d'àrids, l'abocament d'aigües residuals, ja sigui d'origen urbà o industrial, i altres alteracions hidrològiques que es realitzen a nivell de conca.

Fins a l'aparició de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA, 2000/60/CE), la gestió de l'aigua no s'havia fet amb una visió interdisciplinària, ni tenint en compte les necessitats dels ecosistemes associats a les diferents masses d'aigua. A més, aquesta situació s'ha vist agreujada per la manca de coneixement sobre la dinàmica dels rius, llacs o aqüífers que s'explotaven i també pel fet de no tenir en compte la disponibilitat d'aigua al territori. Tot això ha fet augmentar les pressions sobre els recursos hídrics, arribant, fins i tot en alguns casos, a la seva sobreexplotació. Aquest fet té una sèrie d'aspectes negatius associats, com són l'augment de l'intrusió salina a les zones costeres o la contaminació de les aigües, ja siguin superficials o subterrànies.

Les pressions esmentades, no tan sols afecten a la qualitat i disponibilitat de l'aigua, sinó que també, alteren l'ecosistema del bosc de ribera. A tot això s'ha d'afegir les introduccions d'espècies que s'han dut a terme a les conques catalanes, com és el cas del plàtan (*Platanus x hispanica*), la robinia (*Robinia pseudo-acacia*), la carpa (*Cyprinus carpio*) o la gambúsia (*Gambusia holbrooki*).

Amb aquestes consideracions es realitza l'estudi que aquí es presenta, centrat a la Riera de Santa Coloma, situada a la depressió de la Selva.

En aquesta zona la gestió que s'ha dut a terme ha estat dirigida cap al subministrament total de l'aigua

demandada, i en els últims anys aquesta ha augmentat. Per cobrir les necessitats hidròliques s'han explotat les rieres, els aqüífers superficials i els aqüífers més profunds. Degut a aquestes actuacions, s'ha començat a detectar problemes de qualitat i quantitat d'aigua (Menció, 2006).

Amb aquest estudi es pretén ampliar el coneixement sobre el comportament hidrogeològic i les afeccions antròpiques a la Riera de Santa Coloma. Al mateix temps, es vol veure si les afeccions que es produeixen en aquest sistema hidrogeològic afecten i/o modifiquen la qualitat ecològica al llarg de la riera de Santa Coloma en el tram situat entre les poblacions de Santa Coloma de Farners i Riudarenes.

Per dur a terme aquest objectiu principal, el treball realitzat se centra en dos punts principals:

- Caracterització hidrogeològica i hidroquímica per establir la relació riu-aqüífer.
- Estimació de la qualitat ecològica del curs fluvial, a través de l'utilització de diferents índex biològics.

2. Àrea d'estudi

La riera de Santa Coloma és un afluent del riu Tordera. Neix al massís de les Guilleries i discorre en sentit NO-SE seguint la falla de Santa Coloma. Poc després de passar per Riudarenes, gira bruscament, degut a l'estructura geològica i segueix en sentit NE-SO fins a la seva desembocadura a la Tordera. Rep l'aportació d'aigües de la riera de l'Esparra, de la de Massanes i de la riera del Vilarràs, així com de la sèquia de Sils. Ocupa una superfície de 321.3 km² (incloent la riera de Sils) (ACA, 2004). El llit de la riera és de natura sorrenca, inestable i molt variable morfològicament a causa de les constants avingudes periòdiques a la que es veu sotmesa (Mas-Pla et al., 1985; Figura 1).

A la riera aflora un ampli dipòsit al·luvial quaternari, formant un aqüífer majoritàriament lliure, però que la presència de capes d'argiles d'extensió significativa fan que l'aqüífer sigui semiconfinat (ACA, 2004). Està constituït majoritàriament per sorres i presenta un nivell lutític intermedi poc abans d'arribar a Riudarenes. A la part final d'aquesta plana al·luvial s'hi ubiquen les zones humides dels estanys de Sils (Mayo, 2008). També hi ha presència de materials neògens (MPOU, 1985).

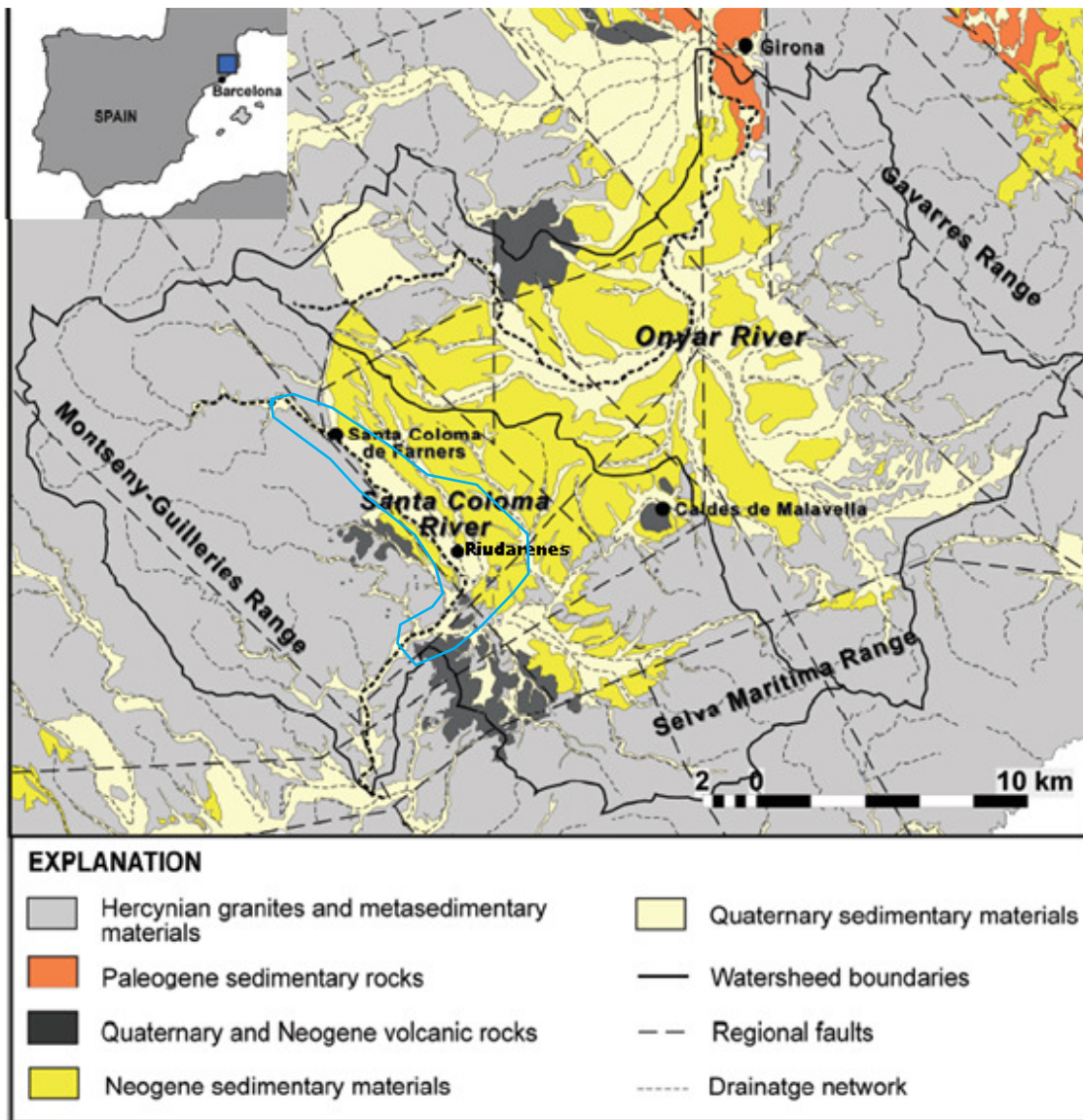


Figura 1. Situació geològica de la zona d'estudi (marcada en blau). Modificat de Folch, 2010.

Des del punt de vista hidrogeològic, la recàrrega de l'aqüífer al·luvial, que és el que està relacionat hidràulicament a la riera, es produeix per la infiltració directa de l'aigua de pluja. També pels retorns produïts per l'aigua de rec i per la relació riu-aqüífer influent. A més, els massissos circumdants també poden influir en la recàrrega d'aquesta formació (ACA, 2002)(Figura 1). La descàrrega es produeix per les extraccions i per la relació riu-aqüífer efluent (Folch i Mas-Pla,2008).

3. Materials i mètodes

S'han realitzat dues campanyes de mostreig. La primera a l'època eixuta, a principis de setembre de 2009; i la segona, després de l'època de pluges, a finals d'abril de 2010. S'han mostregat 10 punts superficials (a la primera campanya només 9, perquè el punt RSC07es trobava sec) i 38 pous superficials de característiques diferents: tant privats com en desús,

principalment de gran diàmetre, i de diferent grandària, brocal i profunditat. S'ha intentat que majoritàriament aquests pous estiguessin situats al llarg dels materials al·luvials del Quaternari. Tot i així, també n'hi ha del Neogen superficial que envolten a la riera de Santa Coloma.

Treball previ al camp: Neteja de vials

S'ha actuat segons el Standard Methods (Greenberg, et al, 1985). Els vials de plàstic i de 15 ml de capacitat van estar submergits totalment, taps inclosos durant tres dies en una barreja d'àcid nítric (69% de puresa) i aigua destil·lada, amb una relació de 1:5. Passat aquest temps, es va acabar de rentar passant tres cops aigua de l'aixeta per cada vial i a continuació tres cops més amb aigua destil·lada.

Treball al camp: presa de mostres

3.1 Nivells piezomètrics i mesura del cabal

Els nivells piezomètrics s'han mesurat mitjançant una sonda d'hidronivell, Eijkelkamp, de 100 m.

Pel càlcul del cabal s'ha emprat la fórmula:

$Q \text{ (m}^3\text{)} = \text{secció (m}^2\text{)} \cdot \text{velocitat (m/s)}$. Per mesurar la velocitat s'ha utilitzat un molinet digital Probe, graduat que ha permès conèixer la profunditat de cada tram i amb un metre la llargada del tram per saber la secció. En els trams on les profunditats variaven notòriament, s'ha dividit aquesta en subseccions, on el càlcul del cabal ha estat la suma dels cabals de les subseccions.

3.2 Mostres d'aigua

De cada punt a mostrejar s'han agafat dos vials i un recipient de 250 ml.

Als vials s'ha recollit l'aigua per analitzar els cations i anions. L'aigua s'ha fet passar per un filtre de 20µ de diàmetre de porus. A més, als que contenen la mostra per analitzar els cations, s'ha afegit àcid nítric (69% de puresa) fins arribar a pH 2.

L'aigua continguda als vials dels anions, també s'ha utilitzat per l'anàlisi del brom i fluor.

Al recipient de 250 ml s'ha introduït l'aigua per analitzar l'alcalinitat al laboratori el mateix dia del mostreig.

Les mostres, es guardaven en una nevera a 4°C per tal de conservar les seves propietats, fins a realitzar les anàlisis corresponents.

També s'ha mesurat la temperatura, pH (pH-metre de camp ORION 230A), conductivitat (conductímetre Crison). A més, durant la segona campanya, també s'ha mesurat l'oxigen dissolt (oxímetre Crison Oxi 45P) a les aigües superficials.

Per conèixer les concentracions dels diferents ions majoritaris, com són els anions (Cl, SO₄ i NO₃) i cations (Fe, Mn, Ca, Mg, Na i K), les mostres s'han analitzat a través del Servei d'Anàlisi Química de la Universitat Autònoma de Barcelona (SAQ).

També s'han analitzat dos elements minoritaris com són el brom i el fluor. El brom s'ha analitzat a través del Grup de Tècniques de Separació en Química de la Universitat Autònoma de Barcelona (GTS) i el fluor al Servei de Triti i C¹⁴ de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Finalment, la determinació de la concentració de bicarbonat s'ha realitzat al laboratori de la Unitat de Hidrogeologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. El mateix dia del mostreig.

Els paràmetres fisicoquímics, com són la temperatura, pH, conductivitat i oxigen dissolt (només mesurat durant la segona campanya), s'han mesurat amb aparells de camp in situ.

3.3 Mostres macroinvertebrats i anàlisi del IHF i QBR.

En la selecció dels punts (10) s'ha intentat agafar mostres tant dels punts naturals com dels afectats per accions antròpiques de diferent tipus per poder

comparar els efectes que causen les alteracions envers el sistema natural (són els mateixos punts on s'ha calculat el cabal i també s'han agafat mostres per analitzar els components de l'aigua) (Figura 2). En el cas de la primera campanya, només se n'ha mostrejat nou, degut a que per un dels punts (RSC07) no hi circulava aigua.

A cada estació, a més de la captura dels macroinvertebrats aquàtics, s'han anotat altres dades d'interès per poder completar l'estudi ecològic de la riera, com són les característiques hidrològiques del curs d'aigua, l'estat de conservació i desenvolupament de la vegetació aquàtica i de ribera, entre d'altres. Concretament, s'han determinat els índexs QBR i IHF.

El mètode de captura dels macroinvertebrats ha estat mitjançant la utilització d'una mànega de malla fina (250 µm) de Nital, cosida a un cercol d'acer inoxidable que disposa d'un mànec.



Figura 2. Estacions de mostreig. Modificat de l'ICC, 2010.

Un cop capturats els diversos exemplars, s'han col·locat en recipients, de plàstic hermètics per evitar pèrdues de les mostres, i s'han fixat amb alcohol, per tal de conservar intactes els organismes capturats. Un cop al laboratori, i amb l'ajuda d'una lupa binocular i les guies d'identificació corresponents (Puig *et al*, 1999 i Tachet *et al*, 2000) s'ha determinat l'ordre i família de cada individu.

Els mètodes de mostreig en cada cas han seguit les instruccions marcades pels protocols proposats per l'ACA (http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva_marc/protocol_macroinvertebrats_qual.pdf).

Cal esmentar, que els resultats obtinguts estan exposats a petits errors, degut al esforç de mostreig, encara que s'ha intentat que aquest fos sempre el mateix.

4. Resultats i discussió

4.1 Cotes piezomètriques i mesura del cabal

Les cotes piezomètriques han variat molt poc entre les dues campanyes. A la campanya d'abril es produeix un augment de les cotes del nivell freàtic. Per la primera campanya, la mitjana de la cota piezomètrica es troba als 90.18 m, amb una desviació estàndard de 27.13 m i per la campanya d'abril, aquestes dades són de 93.63 m, per la mitjana i de 22.57 per la desviació estàndard. Destacar que pou RD0203 situat al Neogen no ha presentat aigua en cap de les campanyes i el pou RD0204, també situat en materials neògens, només ha presentat aigua a la campanya d'abril, la cota del nivell freàtic estava als 93.15 m.

Seguidament s'ha establert la relació riu-aquífer per la zona estudiada, sent predominant una relació influent, exceptuant la zona de capçalera (SC0207), on aquest és efluent. A la zona que va aigües avall del punt SC0207 fins a SCFSS (Figura 3), no es pot establir la relació riu-aquífer, ja que no es disposen dades d'aquest tram.

El rec del Moli no acostuma a portar aigua de forma natural, es comporta com un dren de l'aquífer superficial en el moment que el nivell freàtic de l'aquífer sobrepassa la cota del dren. Això ha passat només a la primavera.

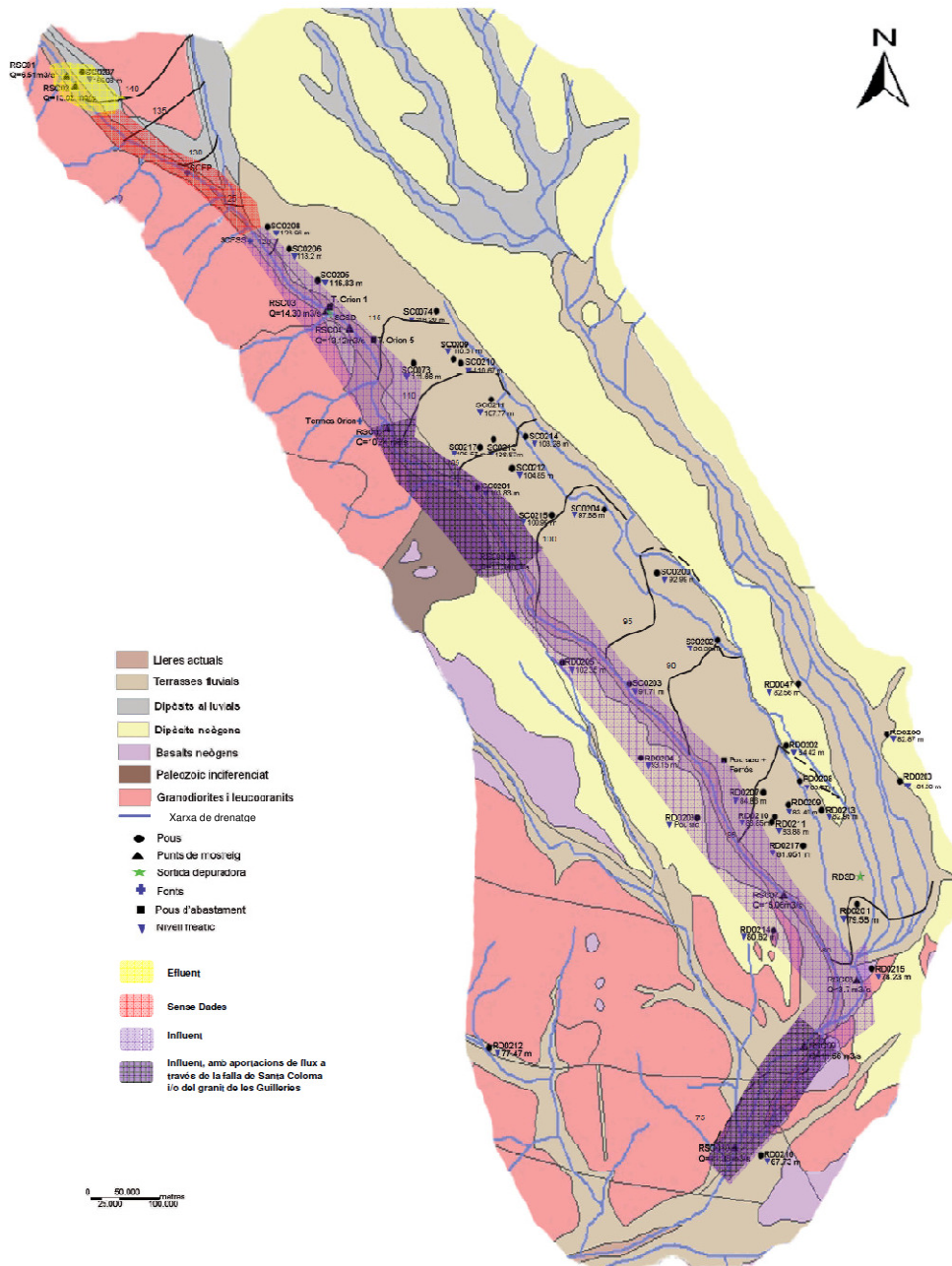


Figura 3. Relació riu-aquífer. També es poden veure els pous d'abastament de les dues poblacions (Termes Orion 1 i 5 per Santa Coloma de Farners i el pou sec i ferrós per Riudarenes).

4.2 Anàlisi hidroquímica

S'ha pogut determinar l'origen dels fluxos d'aigua, així com identificar possibles punts contaminats i l'aportació d'altres sistemes de flux.

Els resultats de les analítiques en ambdues campanyes són similars, tot i que les concentracions de les mostres d'abril són més baixes degut a la dilució que provoquen les precipitacions produïdes entre els dos períodes estudiats.

Així doncs, en l'estudi de les fàcies, no s'han produït canvis notoris. Les mostres presenten fàcies tipus Na-HCO₃ i Ca-HCO₃ en major o menor grau a les dues campanyes. Destacant, que a la primavera, hi ha una predominança més forta del tipus Ca-HCO₃. Les mostres amb fàcies Na-HCO₃ són aigües representatives de fluxos regionals, mentre que les Ca-HCO₃ indiquen aigües de caràcter més local (Folch, 2010). Això ha permès fer una classificació prèvia de les aigües mostrejades (Taula 1).

Al diagrama de Piper (Figura 4), s'observa que el component predominant en la majoria de les mostres pel que fa als cations és el calci i que a mesura que s'avança en l'espai estudiat, aquests cations tendeixen a una barreja entre el sodi i el potassi. En quant als anions, el component majoritari en les mostres és el bicarbonat. A la segona campanya predomina l'ió clorur i l'ió bicarbonat.

Aigües regionals	Aigües locals	Aigües intermèdies	Aigües en dipòsits neògen
SCFP	RSC01	RSC09	RD0214
SCFSS	RSC02	RSC10	RD0215
Termes Orion	RSC03	SC0202	
	RSC04	SC0203	
	RSC07	SC0204	
	SCSD	RD0208	
	SC0073	RSC05	
	SC0205	RSC06	
	SC0206	RSC08*	
	SC0207		
	SC0217		
	RD0212		

Taula 1. Classificació de l'aigua mostrejada.

* Aigua intermèdia d'origen diferent a la resta (Flux regional i flux local contaminat).

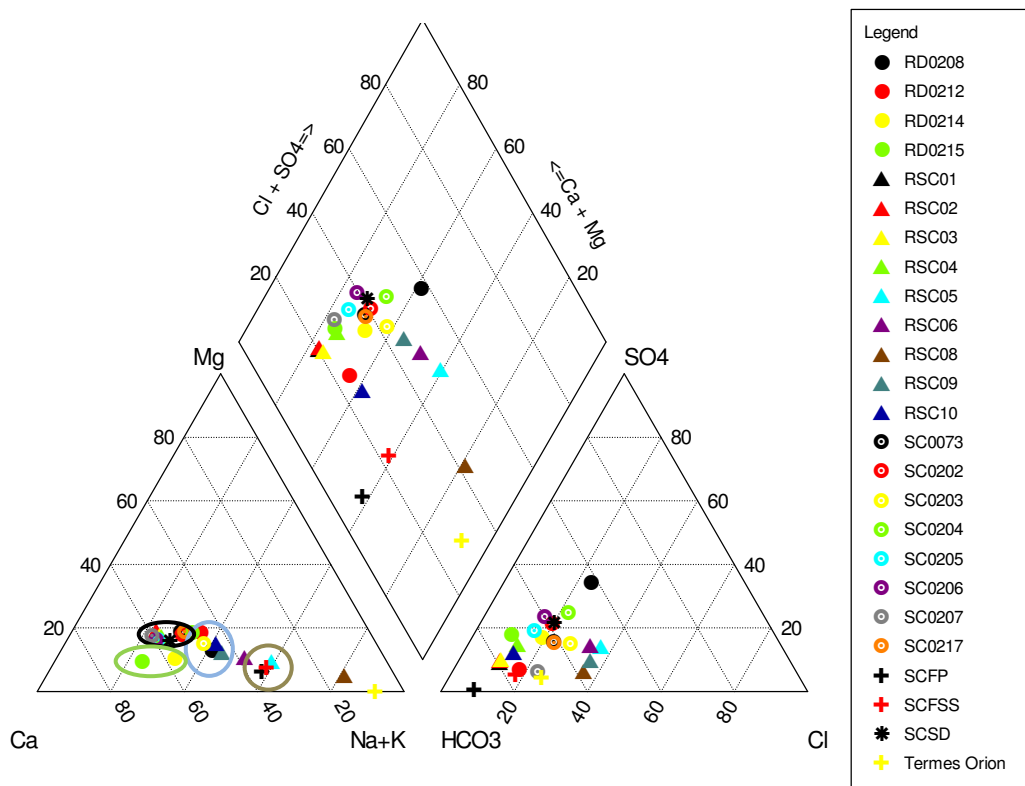


Figura 4. Diagrama de Piper. Campanya setembre 2009. El cercle blau senyala les aigües amb composició intermèdia, el cercle marró les aigües de fluxos profunds, el negre la mostra les aigües locals i el verd els pous situats en sediments del neògen.

Els traçadors per definir processos de barreja en aigües subterrànies utilitzats han estat el fluor i els nitrats (Folch, 2010) i per definir l'origen de les aigües subterrànies s'ha emprat la relació Cl/Br (Custòdio i Herrera, 2000). Els punts SCFP i Termes Orion s'han considerat representants del flux regional degut a la seva relació Cl/Br de 129 i 153 respectivament, ja que són les concentracions més properes als nivells indicats per altres estudis (185-220 Folch, 2010)(100-200 Gribby, 1983, Nordstrom, *et al*, 1989 i Pauwels, *et al*, 1992). A més, els seus nivells de fluor ens indiquen el mateix origen (Folch, 2010). Aquestes aigües tenen un alta interacció amb el granit (Folch, 2010).

Es considera que l'aigua de pluja té una relació Cl/Br en massa al voltant dels 220-310 (Folch, 2010). A la zona d'estudi la mostra que es troba amb una relació més propera a la descrita, és SCFSS, per tant, trobem aquí una mostra de l'aigua de pluja. Com a end-member d'aigües locals trobem els pous SC0205 i SC0206,

Les mostres amb una relació Cl/Br (Figura 5) més alta ens indiquen possibles focus contaminants. Perquè això es compleixi, hi ha d'haver a més una alta concentració de clorur (Alcalá i Custodio, 2008).

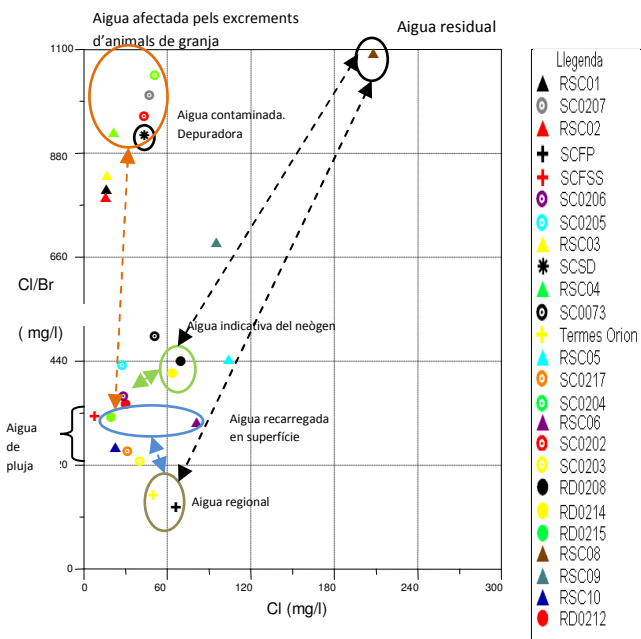


Figura 5. Relació Cl/Br (massa) - Cl. Campanya setembre 2009. Les fletxes discontinües representen possibles línies de barreja entre les aigües marcades.

Les aigües amb una relació Cl/Br al voltant dels 1245-1654, es troben afectades pels lixiviats dels excrements dels animals de granja (Pano, *et al*, 2006). Per acabar, les mostres amb una alta relació Cl/Br i de clorur, indiquen possibles focus contaminants. És el cas de SCSD i el punt de mostreig RSC08, considerats com a l'end-member de contaminació. A

més presenten també un alta concentració de nitrats, indicant possibles efectes eutròfics.

De la segona campanya s'extreuen els mateixos resultats, tot i que les mostres superficials es troben més agrupades a partir del punt RSC05 fins al RSC10, essent aquestes una barreja entre els tres tipus d'aigua; aigua local, regional i contaminada. El punt RSC07, que no queda contemplat en aquesta campanya, es troba situat en la barreja comentada anteriorment.

4.3 Índex biològics

En general, els diferents índexs han presentat nivells baixos durant la primera campanya i han millorat a la segona, exceptuant el QBR que gairebé no ha variat. La disponibilitat d'aigua ha estat el factor clau per aquesta millora produïda.

Comentar també, que els baixos valors poden ser deguts influïts per petits errors en la realització mostreigs.

4.3.1 IHF

Al setembre tan sols el punt RSC06, va obtenir un nivell de qualitat acceptable, la resta de punts presentaven un hàbitat alterat a diferents nivells segons el punt. Les causes d'aquestes baixes qualitats esdevenen de l'estacionalitat (presència de ràpids, percentatge d'obra...) i afectacions antròpiques (modificacions en la secció, deixalles...).

Durant la segona campanya la qualitat va augmentar degut a una disminució dels efectes de caire estacional, atès que els antròpics es van mantenir. La disponibilitat d'aigua va augmentar, facilitant així l'aparició de ràpids, també el percentatge d'obra va augmentar, degut al creixement de la densitat dels individus vegetals.

4.3.2 QBR

Com ja s'ha comentat, els valors d'aquest índex han variat molt poc, atès a que en el temps passat entre les dues campanyes de forma natural no es poden produir grans canvis. I tampoc s'han produït alteracions de caràcter antròpic (tala d'arbres, introduccions d'espècies...).

La millor qualitat l'ha presentat el punt RSC03, RSC05 per ambdues campanyes i RSC09 només a l'abril, catalogant-la com a bona, és a dir, el segon nivell de qualitat més alt segons aquest índex (Prat, *et al*, 2008). La resta de punts presenten valors del QBR inferiors, degut a una disminució de la qualitat, la distribució i el grau de cobertura vegetal de la ribera i per la presència d'espècies impròpies al bosc de ribera, majoritàriament pels pollancre.

4.3.3 BMWPC

A la campanya d'abril, s'han identificat 24 famílies durant el cens de les 9 estacions de mostreig (totes les plantejades, exceptuant el punt RSC07), dominant els

ordres Mollusca i Odonata, els quals en presenten un total de 5 famílies cadascun. Pel que fa a les famílies que més apareixen a les estacions mostrejades, trobem els limnèids, físids, i bètids, en un total de 6 estacions; i els èsnids, gèrrids i quironòmids en un total de 5. En general es tracta de famílies tolerants a la contaminació d'origen antròpic, i espècies comunes a la majoria de rius, essent poc indicadores de bones qualitats fisicoquímiques de l'aigua. També s'observen d'altres famílies, però de forma aïllada, com és el cas de l'ordre Ostracode, en punt RSC02. En aquest punt es forma una mena de bassa, que és el que permet la presència d'aquest taxó, atès que és típic d'aigües estancades (Puig, 1999).

Hi ha més abundància d'individus del tipus M-H-C (Mol-lusc, heteròpters i coleòpters) que de E-P-T (Efemeròpters, plecòpters i tricòpters), indicant així aigües eutròfiques i més lentes, típiques d'un tram mig/baix del riu, en comparació amb les E-P-T que són indicatives de medis més nets i amb alta presència de ràpids, indicatius de trams de capçalera (Prat i Bonada, 2002 i Puig, 1999).

Pel que respecta a relació entre els possibles efectes de la limitació en els hàbitats disponibles i la contaminació d'origen antròpic de l'aigua (analitzada a través de la concentració de clorurs, nitrats i conductivitat) sobre les comunitats de macroinvertebrats, s'observa que hi ha una relació positiva entre l'IHF i el BMWPC. En canvi, en el cas dels paràmetres fisicoquímics aquesta, no és tan clara. En aquest sentit, a la primera campanya semblaria que els canvis en la qualitat biològica estan més lligats a la disponibilitat d'hàbitats que a possibles problemes de contaminació. Ara bé, també s'observa que a valors alts de clorurs, nitrats i conductivitat, la tendència és observar baixos valors de BMWPC.

A la campanya d'abril s'han trobat un total de 31 famílies. Les més abundants són; els quironòmids que es troben en totes les estacions; els bètids que es troben a totes, exceptuant al punt RSC08; i seguidament, els físids i gèrrids que apareixen en 8 de les 10 estacions. També cal destacar la presència dels cènids en 7 punts de mostreig. Aquest grup de famílies de macroinvertebrats són bastant comunes de trobar als espais fluvials i no són gaire indicatives de bona qualitat a l'aigua.

D'altra banda, la presència de famílies menys abundants, trobades en 3-5 estacions de mostreig, com calopterígids, limnefilids i lepidostomàtids amb rangs de BMWPC de 8, 7 i 10 respectivament, fan augmentar la qualitat d'aquests punts en comparació amb la primera campanya.

Tot i que el nombre de famílies de E-P-T ha augmentat, també ho ha fet M-H-C, pel que continua donant-se una major proporció d'individus M-H-C.

El cabal també juga un paper important a l'hora d'establir-se la comunitat de macroinvertebrats, atès que s'observa un cert augment de famílies a mida que el cabal augmenta en les dues campanyes.

L'efecte dels contaminants ha estat el mateix també que a l'anterior campanya, ara bé, la disponibilitat d'una diversitat més gran d'hàbitats físics (determinada a través de l'IHF) sembla que sigui el paràmetre que té una relació més directa sobre la comunitat de macroinvertebrats.

5. Conclusions

Al fer la comparació entre paràmetres fisicoquímics i biològics, s'observa que:

La relació riu-aqüífer dominant és influent durant tot l'any. Això fa que no hi hagi aportació subterrània d'aigua de l'aqüífer superficial cap a la riera, fent que la qualitat disminueixi, tant a nivell fisicoquímico com biològic. Aquest fet és més notori a la època seca (setembre). Tot i així, hi ha alguns trams del riu que es recarreguen a través de les aportacions de sistemes de flux més profunds, fent que la qualitat en aquests trams sigui més alta que a les zones que els envolten.

Els nivells freàtics varien poc entre campanyes i tenen poc efecte a la riera. Per altra banda, els pous d'abastament (Santa Coloma de Farners i Riudarenes) creen un estrès a l'ecosistema fluvial durant els mesos d'estiu. Atès al clima mediterrani que presenta la zona d'estudi, on les precipitacions disminueixen pronunciadament, la riera es veu afectada, perdent un gran volum de cabal, i fins i tot, quedant seca en alguns trams de caràcter influent.

A nivell fisicoquímico s'han observat diferents fàcies hidroquímiques indicant els diferents orígens de l'aigua i l'evolució d'aquesta. S'ha vist la importància del flux regional en la recàrrega de la riera i/o de la connectivitat hidràulica. En aquest sentit, si bé a la riera no es produeix una entrada d'aigua procedent de l'aqüífer al·luvial, sí que rep aportacions de les fractures situades just a sota.

La disponibilitat i la qualitat de l'aigua juguen un paper molt important alhora d'establir-se la comunitat dels macroinvertebrats, juntament amb la diversitat d'hàbitats.

Les obres associades al TAV tenen un efecte negatiu sobre la riera, ja que han fet desaparèixer tota la vegetació de ribera al marge més proper a aquesta al punt RSC07.

Els punts que presenten millors condicions fisicoquímiques també són els que han obtingut valors més alts dels índex biològics calculats. Així doncs, punts amb un cert grau de contaminació, com el RSC08, presenten nivells dolents en quant a índex biològics. I per contra, s'observa que punts amb qualitat

hidroquímica més alta, també presenten índex biològics més alts (és el cas del punt RSC03 o RSC05).

L'aigua que circula a través de les fractures del granit i que manté el cabal de la riera en determinades estacions de l'any, afavoreix una millora de la qualitat fisicoquímica, permetent així una millora dels índex biològics (RSC05, RSC09 i RS10) a la campanya de setembre respecte els altres trams estudiats.

6. Agraïments

Aquest treball s'ha realitzat mitjançant el finançament del Ministeri de Educació y Ciencia a través dels projectes CICYT del Programa Nacional de Recursos Hídricos: REN2002-04288-C02- 02; MCYT CGL2005-08019-C04-02.

També vull fer extensibles aquests agraïments a l'Agència Catalana de l'Aigua, al Servei d'Anàlisi Química, al Grup de Tècniques de Separació en Química i al Servei de Tritis i C¹⁴ de la Universitat Autònoma de Barcelona per la seva professionalitat.

7. Bibliografia

Llibres i articles

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA). (2002). Desenvolupament d'un model matemàtic per a la gestió dels aqüífers al·luvials i fluvideltaics de la Tordera. *Generalitat de Catalunya*. Barcelona.

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA). (2004). Informe dels treballs de base per desenvolupa el programa de gestió de l'aqüífer de la riera de Santa Coloma. *Generalitat de Catalunya*. Barcelona.

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA). (2006). Hidrologia i balanç de recursos de l'aqüífer al·luvial de la riera de Santa Coloma: anàlisi d'alternatives i de mesures d'actuació en relació al proviment municipal de Sta Coloma de Farners i Riudarenes (la Selva). *Generalitat de Catalunya*. Barcelona.

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. (2009). Recopilació de dades i treballs de camp per definir el model conceptual dels aqüífers principals del sector nord-est del subsistema Tordera. Informe final. *Generalitat de Catalunya*. Barcelona.

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2010₂). Model numèric del flux d'aigua subterrània associat a la riera de Sana Coloma (CTN0802572). *Generalitat de Catalunya*. Barcelona.

ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ROBLES, S.; MELLADO, A.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁINZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos

mediante el índice IBMWP (antes BMWP⁺). *Limnética*, 21(3-4): 175-185.

ALCALÁ, F.J.; CUSTODIO, E. (2008). Atmospheric chloride deposition in continental Spain. *Hydrological processes* 22, 3636-3650.

ALCALÁ, F.J.; CUSTODIO, E. (2008₁). Using Cl/Br ratio as a tracer to identify the origin of salinity in aquifers in Spain and Portugal. *Journal of Hydrology* 359, 189-207.

BENITO, G.; PUIG, M.A. (1999). BMWPC. Un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del agua*, 191:43-56.

CUSTODIO, E.; HERRERA, C. (2000). Utilización de la relación Cl/Br como trazador hidrogeoquímico en hidrología subterránea. *Boletín Geológico y Minero* 111-4, 49-68. Instituto Geológico y Minero de España, Spain.

DOMENICO, P.; SCHWARTZ, F. (1997). Physical and Chemical Hydrogeology. *Westford: John Wiley & Sons*. New York.

ESCUDE, R.; FRAILE, J.; SALVADOR, J.; RIBERA, F.; SÁNCHEZ-VILA, X.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E. (2009). Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrogeología subterránea. *Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea*. Barcelona.

FOLCH, A.; ROLDÁN, R. (2003). Estudio hidrogeológico de los acuíferos de la riera de Santa Coloma de Farners. *Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea*. Barcelona.

FOLCH, A. (2010). Geological and human influences on groundwater flow systems in range-and basin areas: the case of the Selva Basin (Catalonia, NE Spain). PhD dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona.

FOLCH, A.; MAS-PLA, J. (2008). Hydrogeological interactions between fault zones and alluvial aquifers in regional flow systems. *Hydrological Processes* 22, 3476-3487.

FREEZE, R.A.; CHERRY, J. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall. Toronto.

GEOSERVEI. (2000). Actualització i cartografia hidrogeològica del sistema flúvio-deltaic del curs mitjà i baix del riu Tordera. Projecte elaborat per a l'Agència Catalana de l'Aigua. Memòria, plànols i annexos. 72p. Inèdit.

GÓMEZ, A. (2009). Condicons socioecològiques de la riera d'Arbúcies pel entorn de la Llúdriga (*Lutra lutra*). Projecte final de carrera, Ciències Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.

GREENBERG, E.; TRUSSEL, R.; CLESCERI, L. (1985). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association*. Washington.

- GRIGSBY, C.O. (1983). Personal communication, letter from Los Alamos National Laboratory, New Mexico.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME).(1993). Estudio hidrogeológico de la Selva. Síntesi. *Secretaria General de la Energia y Recursos Minerales. Ministerio de Industria y Energia*. Madrid.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR,P.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ROBLES, S.; MELLADO, A.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁNCZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; ALBA-TERCEDOR, J. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnética*, 21(3-4): 187-204.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR,P.; MUNNÉ, A.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁNCZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; SALINAS, M. J.; ALBA-TERCEDOR. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnética*, 21(3-4): 135-148.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR,P.; MUNNÉ, A.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁNCZ-CANTERO, C.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; ALBA-TERCEDOR.; MORENO, J. L.; MOYÁ, G. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnética*, 21(3-4): 115-133.
- JUBANY, J. (2008). Seguiment de la qualitat biològica de l'aigua de la Tordera mitjançant la comunitat de macroinvertebrats. A: BOADA, M; MAYO, S; MANJA, R. [Cur.]. Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera. *Institució Catalana d'Història Natural*, p. 303-326. Barcelona.
- MARTÍNEZ, P.E.; MARTÍNEZ, P.; CASTAÑO, S. (2005). Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- MARSIÑACH, A. (2009). Anàlisi de la relació ri-aquífer al crús mitjà del riu Tordera. Treball de màster en Estudi Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- MAYO, S; GÓMEZ, F. J; MAS-PLA, J. (2008). Caracterització de la conca de la Tordera. A: BOADA, M; MAYO, S; MANJA, R. [Cur.]. Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera. *Institució Catalana d'Història Natural*, p. 17-40. Barcelona.
- MAS-PLA, J.; MENCÍO, A. (2008). Estudi hidrològic de la Tordera: elements per al següent de la biodiversitat i gestió de l'aigua. A: BOADA, M; MAYO, S; MANJA, R. [Cur.]. Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera. *Institució Catalana d'Història Natural*, p. 245-274.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (1998). Índex QBR. Mètode per a l'avaluació de la qualitat dels ecosistemes de ribera. *Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient*. Barcelona.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N.; BONADA, N. (2000). ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. *Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient*. Barcelona .
- MUNNÉ, A.; SOLA, C.; PRAT, N. (2006). Estado ecológico de los ríos en Catalunya. Diagnòsis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la DMA. *Tecnología del Agua*, 273: 30-46.
- MENCÍO, A. (2006). Anàlisi multidisciplinària de l'estat de l'aigua a la depressió de la Selva. PhD dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (MOPU). (1985). Plan Hidrológico del Pirineo Oriental. E.E.2 Estudio complementario sobre aguas subterráneas. Zona 5 - La Selva.Síntesis Hidrogeológica. *Dirección General de Obras Hidráulicas*. Madrid.
- NEGRE, C.; MAS-PLA, J.; MENCÍO, A. (2004). Valoració de les aportacions naturals i antròpiques al cabal en el curs mig del riu Tordera (CIC) i connotacions ambientals derivades. Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua. Fundació Nueva Cultura del Agua.
- NORDSTROM, D.K., LINDBLOM, S., DONOHOE, R.J. AND BARTON, C.C.(1989). Fluid inclusions in the Stripa granite and their possible influence on the groundwater chemistry. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 53, 1741-1755.
- ORTIZ, J.; ORDEIX, M.; BRETXA, E.; SELLARÈS, N.; GILI, S.; MUNNÉ, A.(2009). Espiadimonis, nàiades, sabaters i cuques de caps. Els macroinvertebrats dels rius i zones humides de Catalunya. *Museu Industrial del Ter/ Eumo Editorial*. Vic.
- PAUWELS, H., FOUILLIAC, C., CRIAUD, A. (1992). Water-rock interactions during the experimets within the geothermal hot dry rock borehole GPK 1, Soultz-sous-Forêts, Alsace, France. *Applied Geochemistry* 7, 243-255.
- PRAT, N.; M. RIERADEVALL; A. MUNNÉ, C. SOLÀ.; G. CHACÓN (1996): *La qualitat ecològica del Besòs i el Llobregat. Informe 1994-1995. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient* (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 1). Barcelona. 102 pàg. Barcelona.
- PRAT, N.; BONADA, N. (2002). Resultados del proyecto GUADALMED sobre el estado ecológico de los ríos mediterraneos. *Limnetica* (Vol Espcial), 21 (3-4).
- PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; PUÉRTOLAS, L. (2008). Els espais fluvials. Manual de diagnòsi ambiental. *Diputació de Barcelona*. Barcelona .
- PRAT, N.; RIERADEVAL, M.; FOTUÑO, P.; MORANTE, M.; PIÉ, G.; MIRALLES, M.; MARSIÑACH, A.; ORDEIX, M.; ORTIZ, J.; BRETXA, E.; SELLARÈS, N.; ACOSTA, R.;

CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; MURRIA, C.; PUNTÍ, T.; PUÉRTOLAS, L.; RÍOS B.; SÁNCHEZ, N.; VERNAKAİK, I. (2008). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix, la Tordera i el Ter. Informe 2007. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 17).*

PANNO, S.V; HACKLEY, K.C; HWANG, H.H; GREENBERG, S.E; KRAPAC, I.G; LANDSBERGER, S; D.J.O'KELLY. (2006). Characterization and Identification of Na-Cl Sources in Ground Water. *Ground water* 44, 176-187.

PIQUÉ, A. (2008). Insights into the geochemistry of F, Ba and Zn-(Pb) hydrothermal systems: examples from northern Iberian Peninsula. PhD dissertation. Universitat de Barcelona.

PUIG, M.A. (1999). El macroinvertebrats del riu catalans. Guia il·lustrada. Generalitat de Catalunya. *Departament de Medi Ambient. Barcelona.*

SÁNCHEZ, S.; PIÉ, G. (2008). Anàlisi de la diversitat i la quantitat de la vegetació de ribera a la Tordera i a la riera d'Arbúcies. A: BOADA, M; MAYO, S; MANJA, R. [Cur.]. Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera. *Institució Catalana d'Història Natural*, p. 345-374. Barcelona.

SMITH, R.L; SMITH, T.M. (2000). Elements of Ecology. 4th edition update. *Adison Wesley Longman, Inc.*

TACHET, H.; RICHOUX P.; BOURNAUD, M.; USSEGLIO-POLATERA, P.; (2002) Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. *CNRS Edition, Paris.*

VEHI, M. (2001). Geologia Ambiental de la Depressió de la Selva. PhD dissertation. Universitat Autònoma de Barcelona.

VILANOVA, E. (2004). Anàlisi dels sistemes de flux a l'àrea Gavarres-Selva-Baix Empordà. Proposta de model hidrodinàmic regional. PhD dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona.

VILANOVA, E; MENCIO, A; MAS-PLA, J. (2008). Determinación de sistemas de flujo regionales y locales en las depresiones tectónicas del Baix Empordà y la Selva (NE de España) en base a datos hidroquímicos e isotópicos. *Boletín Geológico y Minero* 119, 51-62. Instituto Geológico y Minero de España.

Adreces electròniques

AGENCIA CATALANA DE L'AIGUA. (2010₁): <http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca/>. Diversos dies.

DIPUTACIÓ DE BARCELONA. PROGRAMA DE QUALITAT ECOLÒGICA DELS RIUS. (2010): http://ecobill.diba.cat/index.php?page=met4_ihf. Diversos dies de març 2010.

INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA. (2010): www.icc.es. Diversos dies.

THE CENTER FOR INNOVATION AND SCIENCE EDUCATION. Análisis de la Calidad del Agua del Río Chillón Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos: http://www.ciese.org/curriculum/diproj2/04A/reports/Peru_FCS_4B-H2O-Viva.pdf. Diversos dies de maig 2010.