

CARACTERITZACIÓ DE LA CONCA DE LA TORDERA

SÍLVIA MAYO^{*,****}, FRANCISCO JAVIER GÓMEZ^{****}
I JOSEP MAS-PLA^{*,**,***}

* Observatori de la Tordera.

** Àrea de Geodinàmica Externa, Departament de Ciències Ambientals, i Geocamb, Universitat de Girona, 17041 Girona.

*** Departament de Geologia, i Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

**** Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA), Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona.

MAYO, S., GÓMEZ, F. J. I MAS-PLA, J. (2008). «Caracterització de la conca de la Tordera». A: BOADA, M., MAYO, S. & MANEJA, R. [Cur.]. *Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 17-40. ISBN: 978-84-7283-983-0

1. GEOGRAFIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

La conca de la Tordera es localitza a la comunitat autònoma de Catalunya, al nord-est de la península Ibèrica (figura 1). S'ubica dins de la demarcació hidrogràfica de les Conques Internes de Catalunya (CIC), a cavall entre les províncies de Barcelona i Girona. El territori de la conca ocupa una extensió total de 898 km², en la qual el curs principal del riu i els torrents i rieres conformen una xarxa de drenatge de morfologia obligadament adaptada als accidents geològics i de relleu.

El curs d'aigua principal que dóna nom a la conca és el riu Tordera, que neix al massís del Montseny, entre el turó de l'Home (1.712 m) i Matagalls (1.696 m), i desemboca al mar Mediterrani, entre Malgrat de Mar i Blanes, després de recórrer uns 61 km.

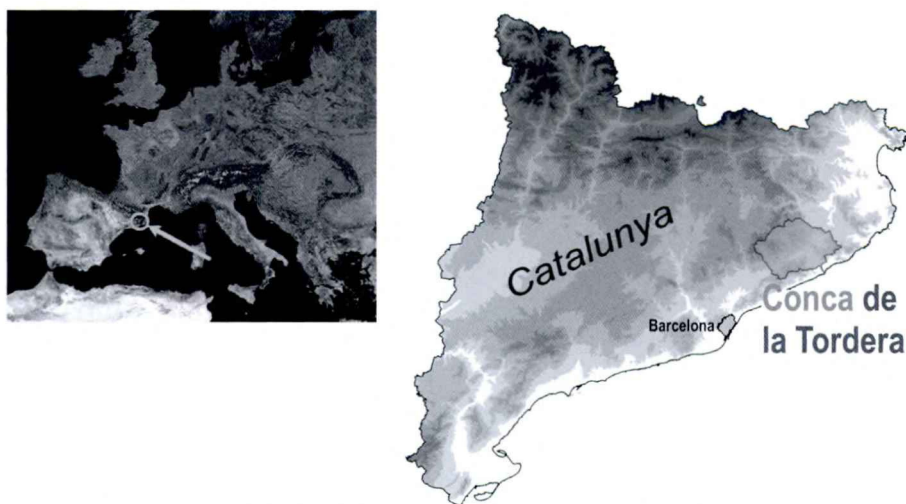


FIGURA 1. Localització geogràfica de la conca de la Tordera en el context català i europeu.

1.1. MARC FÍSIC I GEOGRÀFIC

La conca de la Tordera se situa a la serralada Prelitoral catalana i en la seva capçalera drena les aigües del vessant sud-oriental del Montseny i les Guilleries (serralada Prelitoral catalana) i dels vessants septentrionals dels massissos del Montnegre i la Selva Marítima (serralada Litoral catalana). La superfície de la conca ocupa també, en el seu tram mitjà, part de la depressió Prelitoral catalana i de la depressió de la Selva. A través d'una franja d'altitud deprimida de la serralada Litoral, la Tordera arriba a desembocar al mar Mediterrani.

Al llarg dels aproximadament 61 km del seu recorregut, el curs principal de la Tordera transcorre per diferents entorns geogràfics que configuren la morfologia del curs fluvial. Popularment s'accepta que el naixement de la Tordera està situat a la font Bona, a la vall de Sant Marçal, al massís del Montseny, si bé segons Salvador Llobet (Llobet, 1947), el naixement estaria ubicat a la cota 1.600 m s. n. m., al coll de les Agudes. Tanmateix, en el cas de la Tordera, no es pot parlar d'un punt de naixement estricte

s'hi desenvolupen, constituint l'eix geogràfic de referència a partir del qual s'estableixen els assentaments humans, les infraestructures i les activitats socioeconòmiques.

La conca de la Tordera comprèn un total de quatre delimitacions comarcals: el Maresme, la Selva, el Vallès Oriental i una petita zona d'Osona. Dins el territori de la conca, s'hi inclouen íntegrament o parcial les demarcacions de trenta-un municipis: Malgrat de Mar, Palafolls i Tordera, a la comarca del Maresme; Arbúcies, Blanes, Breda, Caldes de Malavella, Fogars de la Selva, Hostalric, Maçanet de la Selva, Massanes, Riells i Viabrea, Riudarenes, Sils, Sant Feliu de Buixalleu, Sant Hilari Sacalm, Santa Coloma de Farners, Vidreres i Vilobí d'Onyar, a la Selva; Campins, Fogars de Montclús, Gualba, Llinars del Vallès, Montseny, Sant Celoni, Sant Esteve de Palautordera, Sant Pere de Vilamajor, Santa Maria de Palautordera, Vallgorguina i Vilalba Sasserra, al Vallès Oriental, i el Brull, a Osona. La figura 3 mostra els límits administratius dels municipis compresos íntegrament dins de la conca.

La població de la conca de la Tordera ha estat subjecta a importants canvis durant les darreres dècades, com a resultat de l'evolució dels sectors productius i, particularment, del creixement dels nuclis urbans i industrials, així com de l'apogeu del sector turístic costaner i el fenomen de les segones residències. Fent una lectura per comarques, entre l'any 1975 i l'any 1998, la població resident es va incrementar aproximadament un 40-50 %, amb un major increment a les àrees de la plana fluvial i de costa (Vallès Oriental i Maresme).

L'any 1999 la població censada de la conca de la Tordera i dels municipis costaners que hi exerceixen influència per l'ús dels seus recursos constava d'uns 225.000 habitants, 298.710 si considerem la població equivalent a temps complet anual —ETCA— definida per l'IDESCAT (1999). La població de dret de la conca de la Tordera l'any 2004 (IDESCAT, 2005) era de 260.344 persones, de les quals 114.274 pertanyen als anomenats municipis «fora conca».

El desequilibri poblacional a la conca es fa palès amb una concentració principalment a les conurbacions de la plana del riu Tordera (destaquen els nuclis de Sant Celoni i Tordera), i sobretot als nuclis costaners propers a la zona de desembocadura (Blanes, Lloret de Mar, Pineda de Mar, Malgrat de Mar). En aquests darrers municipis, la densitat poblacional oscil·la entre 15.000 i 20.000 hab./km², a diferència d'altres de capçalera com Montseny o Fogars de Montclús amb densitats properes als 100 hab./km². Més importants són, però, les oscil·lacions de població estacionals, eminentment estivals, degudes al turisme, que poden fer duplicar o triplicar la població resident (amb un total d'uns 545.000 habitants de població màxima) (Ventura i Lefort, 2003). Els aspectes poblacionals i demogràfics es tracten més àmpliament al capítol *El marc socioeconòmic de la conca de la Tordera* d'aquest llibre, on es fa una descripció del marc socioeconòmic de la conca.

El grau d'antropització, en relació amb la intensitat dels assentaments humans i la tipologia d'usos i activitats econòmiques desenvolupades, juntament amb les característiques pròpies de l'entorn físic i natural, configuren les característiques ambientals dels diferents trams de la conca.

Tal com es descriu en apartats posteriors d'aquest capítol, la conca de la Tordera inclou en el seu àmbit geogràfic un bon nombre d'espais naturals protegits. En el cas del curs alt, la inclusió de la conca al Montseny, parc natural i alhora zona declarada reserva de la biosfera, afavoreix la conservació de l'entorn i la preservació de biodiversitat associada a l'àmbit fluvial. El riu transcorre per un territori tancat i abrupte, amb un grau d'antropització baix. En el seu curs mitjà, la Tordera travessa longitudinalment el corredor situat entre els massissos del Montnegre i del Montseny, una zona de confluència

d'infraestructures viàries i ferroviàries i una important zona industrial. A més, s'hi concentra la majoria de la població de la conca, tant en nombre d'habitants com en densitat de nuclis urbans. En aquest tram, la Tordera es veu afectada per abocaments d'aigües residuals urbanes i industrials. Ja en la seva desembocadura, hi conflueixen les activitats agrícoles del delta i una important zona turística associada al litoral del nord del Maresme i del sud de la Selva.



FIGURA 3. Límits municipals i principals infraestructures viàries a la conca de la Tordera.

La Tordera, al seu pas entre les serralades del Montseny i del Montnegre, a la depressió Prelitoral, esdevé un corredor de comunicacions de la Península amb la resta d'Europa des d'antic, on conflueixen el camí ral, la Via Augusta romana i les actuals infraestructures viàries i ferroviàries, que es van construir tot resseguint la plana al·luvial de la Tordera. Actualment aquesta zona ha esdevingut un eix de comunicacions de primer ordre i el riu ha quedat encaixonat entre l'eixam d'asfalt.

L'arribada del ferrocarril a la regió data del 8 de setembre de 1860, quan va passar el primer tren des de Barcelona cap a Girona. L'altre gran eix de comunicacions modernes és l'actual autopista AP-7, oberta al trànsit el 1970 i que travessa longitudinalment el corredor amb dos accessos: l'un per Sant Celoni i l'altre per Hostalric. N'és complementària la C-35, la qual facilita la connexió en tot el corredor i realitza una funció de via de servei, amb un traçat gairebé paral·lel a l'autopista.

Una nova infraestructura en construcció és el tren d'alta velocitat (TAV) que, de manera paral·lela al ferrocarril convencional i als eixos viaris, transcorre per la depressió Litoral per enllaçar Barcelona amb Girona i Perpinyà.

La figura 3 recull les principals infraestructures que actualment es concentren seguint el curs de la Tordera a la plana del Vallès-la Selva des de Sant Celoni i fins a Hostalric. La trama de comunicacions ha afavorit l'establiment d'indústries i de polígons industrials al llarg de la plana al·luvial, amb un fort impacte, no només a nivell paisatgístic, sinó també pel que fa a la fragmentació del territori, a la impermeabilització del sòl i a la pèrdua de valors naturals i d'hàbitats, tot homogeneïtzant la morfologia ripària i canviant la dinàmica fluvial, car implica ubicar esculleres als marges de la llera del riu.

Altres transformacions del territori a la zona de la plana al·luvial, essencialment motivats per l'extracció d'aïds, l'augment del sòl industrial i les infraestructures viàries, han restringit l'àmbit fluvial a una franja estreta i molt artificialitzada. Aquesta alteració, tot i que no hi ha preses ni embassaments al curs principal, ha comportat la modificació morfològica de la llera, afectant tant el desenvolupament de la dinàmica fluvial com les relacions entre riu i aqüífer. Els paràmetres hidrològics de la conca de la Tordera es troben molt condicionats per la forta demanda a què estan sotmesos. Les necessitats hídriques, de caràcter urbà i industrial al tram mitjà de la conca i de caràcter urbà, industrial i agrícola a la zona del delta han intervingut moltíssim en la distribució dels recursos hídrics, amb una afecció manifesta envers l'aigua en termes de quantitat disponible i de la seva qualitat.

Aquesta confluència d'elements d'interès social, econòmic i ambiental fa de la conca de la Tordera un territori d'una singularitat excepcional, tot superant el caràcter local.

2. BIOGEOGRAFIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

La singular localització geogràfica de la conca de la Tordera, a cavall entre diferents accidents de relleu, contribueix a la presència d'un gradient orogràfic molt accentuat. De fet, la transició entre les zones amb més altitud de la conca, emmarcades en els massissos del Montseny i el Montnegre, i les zones de cota més baixa, ubicades a la depressió Prelitoral i els últims trams pròxims a la franja litoral, té lloc en un context regional relativament petit. Aquestes variacions en l'orografia del terreny, principalment associades amb diferències d'altitud i orientació, afavoreixen un particular mosaic de condicions climàtiques en el qual es troben representades tres de les set grans regions biogeogràfiques que es defineixen en tot el conjunt dels països de la Unió Europea (EEA, 2005): la regió boreoalpina, la regió eurosiberiana o centreeuropea i la regió mediterrània. Aquesta diversitat biogeogràfica ha afavorit que la conca de la Tordera sigui un espai privilegiat amb uns valors de biodiversitat molt notables.

De manera molt aproximada, podem fer servir el criteri de l'altimetria de la conca per ubicar la distribució dels tres dominis biogeogràfics al territori de la Tordera. Aquest criteri, com s'ha citat anteriorment, presenta el biaix de no considerar les variacions orogràfiques i climàtiques particulars, les quals afavoreixen la presència d'enclavaments biogeogràfics; en el cas de la Tordera, aquests enclavaments es corresponen majoritàriament amb zones d'influència centreeuropea que s'ubiquen en certes parts del territori de domini general mediterrani, com obagues, fons de vall, zones humides, etc.

Un altre biaix molt comú en parlar de la distribució dels paisatges únicament des de plantejaments estrictament biogeogràfics és no considerar la intervenció humana en el territori com a força inductora de canvis ambientals. Contemporàniament, les aportacions en ciència ambiental han posat de manifest que els enfocaments unidisciplinaris basats únicament en criteris biològics han esdevingut insuficients per donar resposta i interpretar el paisatge i la realitat ambiental en tota la seva complexitat. De fet, els paisatges no es poden entendre sense la innegable petjada humana que amb la seva activitat ha modelat el medi d'una manera decisiva. No obstant això, i tot i que sigui necessari tenir consciència de la importància de la intervenció humana, la sistematització aportada

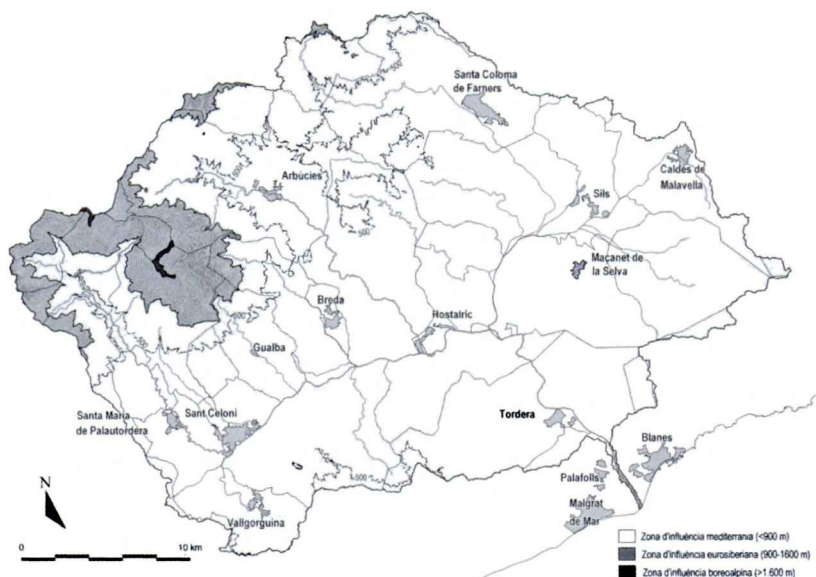


FIGURA 4. Distribució aproximada dels dominis biogeogràfics segons l'altimetria de la conca de la Tordera. Autor: G. Muñoz, 2006, a partir de DMAH, 2004.

per la biogeografia esdevé un criteri útil per entendre de manera general els patrons i els processos de distribució i residència dels organismes vius al territori.

2.1. LA REGIÓ BOREOALPINA

La regió boreoalpina és el bioma amb menys representació territorial a la conca de la Tordera. La seva distribució se circumscriu als primers trams dels cursos fluvials localitzats a les zones culminants del massís del Montseny, aproximadament per sobre de la cota 1.600 metres.

Les condicions climàtiques d'aquest bioma es caracteritzen per un règim de temperatures que són baixes durant tot l'any, essent la temperatura mitjana anual generalment no superior als 10°C , i sensiblement fredes a l'etapa hivernal, quan es poden assolir temperatures sota zero. Aquestes baixes temperatures es veuen acompanyades d'un règim de pluges abundant, en què la precipitació mitjana oscil·la al voltant dels 1.000 mil·límetres i en què als últims compassos de la tardor i principalment a l'hivern poden tenir lloc episodis de precipitació en forma de neu.

En aquests emplaçaments, en els quals les condicions ambientals són certament adverses, les comunitats forestals són substituïdes de manera natural per comunitats vegetals arbustives i herbàcies, de port petit i aspecte llenyós, integrades per espècies de corologia boreal, com el ginebró nan (*Juniperus nana*), el nabiu (*Vaccinium myrtillus*) o el peu de gat (*Antennaria dioica*).



FIGURA 5. Aspecte general dels punts culminants d'influència boreoalpina al turó de l'Home, al Parc Natural del Montseny. Al fons, depressió Prelitoral i vista del municipi de Sant Celoni. Autor: F. J. Gómez, 2006.



FIGURA 6. Comunitats de ginebró nan de corologia boreoalpina en primer terme. En segon terme, transició entre la franja boreoalpina de les parts culminants i la franja d'influència eurosiberiana, on es diferencien les comunitats de la fageda i l'avetosa de Passavets, al Parc Natural del Montseny. Autor: F. J. Gómez, 2006.

2.2. LA REGIÓ CENTREEUROPEA

La regió biogeogràfica centreeuropea (també dita eurosiberiana) s'estén aproximadament per una cinquena part del territori de Catalunya, principalment en zones de muntanya mitjana situades entre els 1.000 i els 1.800 metres d'altitud del pre-Pirineu, així com en enclavaments més meridionals, com és el cas de la zona del Montseny. En el cas de la conca de la Tordera, els límits altitudinals de la franja d'influència eurosiberiana es troben compresos aproximadament entre la cota 900 i la cota 1.600 metres, tot i que en cotes considerablement més baixes es poden trobar enclavaments afavorits per condicions orogràfiques i microclimàtiques particulars.

Les condicions climàtiques generals d'aquesta regió presenten temperatures que esdevenen moderadament fresques durant tot l'any, amb una temperatura mitjana anual que s'aproxima als 12 °C i una relativa intensitat de fred en el període hivernal, acompanyades d'un règim de precipitació notable en què el valor mitjà anual oscil·la al voltant dels 700 mil·límetres.

Les comunitats de vegetació predominants a les zones de tendència eurosiberianes són formacions boscoses planocaducifòlies.

Als pisos altitudinals superiors, la comunitat més característica i predominant és el bosc de faig (*Fagus sylvatica*), encara que també és possible trobar petites zones d'abetosa enclavades al domini de la fageda acidòfila, bosquets d'abet (*Abies alba*) de singular importància botànica, ja que esdevenen la població europea més meridional d'aquesta conífera, relict de l'escenari de vegetació passat diferent de l'actual. L'aspecte interior de les fagedes presenta una morfologia força esclarissada amb un sotabosc on es poden trobar alguns tàxons herbacis com la descàmpsia (*Deschampsia flexuosa*) o l'el·lèbor verd (*Helleborus viridis*). L'existència de la fageda també constitueix un element d'especial singularitat florística per a la conca de la Tordera, ja que esdevé un dels boscos d'aquest tipus ubicats més al sud de tot el continent europeu.



FIGURA 7. Aspecte hivernal de la fageda de Santa Fe de Montseny, al Parc Natural del Montseny. Autor: F. J. Gómez, 2005.

A les parts més basals de la franja eurosiberiana, quan les condicions són de tendència subatlàntica és possible trobar rouredes de caràcter humit, on destaquen espècies arbòries com el roure de fulla gran (*Quercus petraea*) i el roure pèrol (*Quercus robur*), acompanyades per altres arbres com la moixera (*Sorbus aria*), el castanyer (*Castanea sativa*) —del qual actualment es conserven pocs reductes donada la recessió d'aquests arbres a causa de la malaltia del xancre— o el freixe de fulla gran (*Fraxinus excelsior*); al seu torn, quan les condicions són de tendència submediterrània i caracteritzades per una meridionalitat més accentuada, són comunes les rouredes seques d'estratègia marcescent on es troben tàxons arboris com el roure martinenc (*Quercus pubescens*) o el roure cerrioide (*Quercus x cerrioides*), acompanyats d'altres arbres com la blada (*Acer opalus*). Al sotabosc de les rouredes més humides, són presents tàxons arbustius com l'arç blanc (*Crataegus monogyna*), l'aranyoner (*Prunus spinosa*) i la falguera comuna (*Pteridium aquilinum*), juntament amb plantes herbàcies com l'escorodònia (*Teucrium scorodonia*), la betònica (*Stachys officinalis*), l'heura (*Hedera helix*) o el lloreret (*Daphne laureola*); a les rouredes més seques, es troben espècies com la gódua (*Sarothamnus scoparius*) o el tortel·latge (*Viburnum lantana*).

A la zona de biogeografia eurosiberiana ubicada per sota del domini de la fageda també es poden trobar boscos de coníferes. En aquestes comunitats, l'espècie dominant és el pi roig (*Pinus sylvestris*).



FIGURA 8. Roureda de Tordera. Autor: F.J. Gómez, 2006.

2.3. LA REGIÓ MEDITERRÀNIA

La regió biogeogràfica mediterrània és la regió més àmpliament representada en l'àmbit de la conca de la Tordera, així com en el conjunt de Catalunya, on s'estén per gairebé el 80 % del país. Els ambients d'influència mediterrània es troben des de les zones ubicades al nivell del mar fins a zones localitzades al voltant de la cota altimètrica dels 900 o 1.000 metres, aproximadament.

Les condicions climàtiques generals es caracteritzen per presentar temperatures mitjanes anuals que superen els 16 °C i precipitacions mitjanes anuals que no superen els 600 mil·límetres. El règim de pluges a les zones de tendència mediterrània es troba caracteritzat per una marcada estacionalitat, concentrant-se les precipitacions a la primavera i a la tardor, sovint amb episodis de tempesta, així com també per l'accentuat període de sequera estival, el qual coincideix amb els mesos de temperatures més elevades i en el qual la rigurositat hídrica és especialment exigent.

La comunitat vegetal més característica d'aquest domini biogeogràfic és l'alzinar mediterrani, que es presenta amb una diversitat de paisatges que van des d'ambients de tipus bosc escleròfil on l'espècie dominant és l'alzina (*Quercus ilex* ssp. *ilex*) fins a zones de matollar.

A l'extrem superior del bioma mediterrani, per sobre dels 700 metres d'altitud, es troba la formació boscosa de l'alzinar muntanyenc, de morfologia arbòria densa i amb un sotabosc característicament esclarissat amb tàxons com la gòdua (*Sarothamnus scoparius*) o la maduixera (*Fragaria vesca*), i també tàxons hemicriptòfits (herbes perennes). En zones on es dona l'absència de la coberta arbòria, les formacions vegetals dominants són les brolles d'estepes (*Cistus* sp.) i brucs (*Erica* sp.).

En zones ubicades en una menor cota altimètrica que les zones d'alzinar muntanyenc, on les condicions climàtiques són més eixutes, l'alzinar presenta una morfologia boscosa molt atapeïda, amb uns estrats arbustiu, herbaci i lianòfil molt desenvolupats. En ocasions, es poden trobar formacions mixtes en què l'alzina es barreja amb pi blanc (*Pinus halepensis*), pinastre (*Pinus pinaster*) o pi pinyer (*Pinus nigra*). En aquestes zones, trobem tàxons a l'estrat arbustiu com l'arboç (*Arbutus unedo*), el marfull (*Viburnum tinus*), el llentiscle (*Pistacia lentiscus*), el fals aladern (*Phyllirea latifolia*), l'esparreguera (*Asparagus acutifolius*) o el galzeran (*Ruscus aculeatus*). L'estrat herbaci presenta espècies com la violeta de bosc (*Viola alba*), la rogeta (*Rubia peregrina*) o la falzia negra (*Asplenium adiantum-nigrum*), mentre que l'estrat lianòfil, sovint molt nodrit, incorpora tàxons com l'arítjol (*Smilax aspera*), el lligabosc (*Lonicera implexa*) o l'heura (*Hedera helix*). Al seu torn, en algunes zones d'influència mediterrània de la conca on el substrat és de caire granític, és possible trobar boscos d'alzina surera (*Quercus suber*), majoritàriament afavorits per la intervenció humana donada la vàlua dels aprofitaments de suro.

A les zones més basals i on el règim hídric és més eixut, les formacions arbòries són substituïdes per altres amb dominància dels arbustos, esquitxats per alguns individus de pi blanc. Aquestes formacions prenen la forma de brolles de terra baixa on, a més d'estepes i brucs, es troben tàxons com el romaní (*Rosmarinus officinalis*), la farigola (*Thymus vulgaris*), la gatosa (*Ulex parviflorus*) o la ginesta (*Spartium junceum*).

3. GEOLOGIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

En el context de l'estudi ambiental d'una conca hidrogràfica en el qual es consideren aspectes de caire biològic associats a un sistema fluvial, la descripció geològica, estructural i geodinàmica de la conca és una referència inicial bàsica per al seu coneixement.



FIGURA 9. Alzar al Parc Natural de Montnegre. Autor: F. J. Gómez, 2006.

Aquesta introducció és especialment necessària a la conca de la Tordera, on trobem un seguit d'entorns geològics diferenciats que determinen una notable variabilitat de processos hidromorfològics que d'aquesta manera, influeixen en la seva configuració ecohidrològica.

La conca de la Tordera (894 km²), geogràficament, està constituïda per dues subconques: la subconca de la Tordera (570 km²) pròpiament dita, que inclou també la riera d'Arbúcies (116 km²), i la conca de la riera de Santa Coloma (324 km²). La primera se situa a l'extrem septentrional de la comarca del Vallès Oriental, la part meridional de la comarca de la Selva i l'extrem nord del Maresme, mentre que la segona ocupa gran part de la comarca de la Selva.

La conca hidrogràfica de la Tordera se situa a les serralades Costaneres Catalanes —amb la seva capçalera a les serralades Prelitoral, ocupant els vessants del Montseny i les Guillerries, i Litoral, en el vessant interior dels massissos del Montnegre i la Selva Marítima—, a la depressió Prelitoral o del Vallès en el tram mitjà de la Tordera, a la depressió de la Selva a la conca de la riera de Santa Coloma i, finalment, travessa la serralada Litoral en un zona topogràficament deprimida on la Tordera desenvolupa el seu delta (figura 10).

Aquesta ampla distribució geogràfica és el resultat de l'adaptació de la conca a un seguit d'imposicions geològiques de caire estructural que han definit el traçat de la xarxa de drenatge. Tanmateix, al llarg del seu curs, la Tordera travessa distintes formacions geològiques, en les quals defineix la morfologia de les seves valls i n'adquireix els sediments que caracteritzen el reblliment del canal i de les formacions sedimentàries que ha dipositat al llarg de la història geològica més recent, el Quaternari.

Aquests aspectes defineixen, doncs, el medi físic on s'ubica la Tordera i alhora en determinen els trets morfodinàmics de la conca com a sistema fluvial. Diversos autors —Rosgen (1994), Poff *et al.* (1997), Sear *et al.* (1999), Richter *et al.* (2003), entre d'altres— associen els trets hidromorfològics dels rius a la dinàmica ecosistèmica que hi té lloc. Més recentment, la Directiva Marc de l'Aigua (Directiva 2000/60 CE) inclou la caracterització dels elements hidromorfològics entre els indicadors representatius del bon estat del medi hidrològic, el qual és l'objectiu final que pretén assolir la directiva.

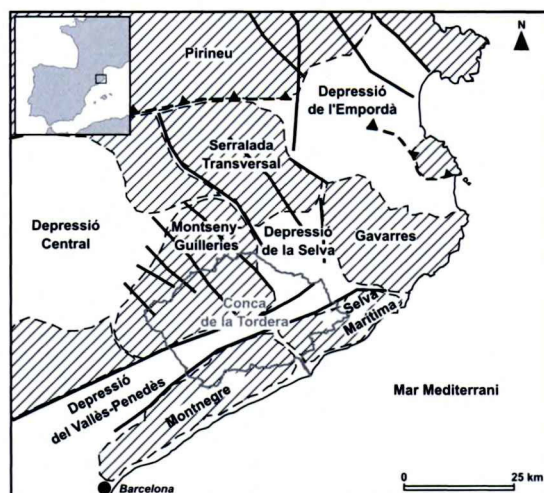


FIGURA 10. Situació de la conca de la Tordera en el marc morfoestructural del NE de Catalunya. Font: Modificat de la base geològica de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (www.icc.es).

En aquesta introducció geològica es fa una descripció de l'estructura tectònica i de la litologia de les unitats geològiques i una síntesi dels processos fluvials i de la hidrogeologia de la conca de la Tordera, amb la finalitat de glossar aquells elements que són rellevants en el seguiment de la biodiversitat que proposen els objectius del projecte «Observatori de la Tordera». Per a la descripció detallada de la hidrologia superficial, vegeu el capítol 11 d'aquest mateix llibre.

Els antecedents bibliogràfics a la geologia de les unitats de relleu incloses a la conca de la Tordera són molt nombroses, atesa especialment la rellevància geològica del Montseny-Guilleries i del delta de la Tordera. Els treballs de síntesi de Sala (1978), Gutiérrez (1999), ICC (2002) i Rosell (2002), entre molts altres, donen una visió àmplia del seu context geològic.

3.1. CONTEXT GEOLÒGIC

La conca de la Tordera se situa en una zona geològicament complexa del territori català, anomenada els Catalànids, en la qual la imposició de les estructures geològiques, especialment les falles d'abast regional, és determinant en la disposició de la xarxa de drenatge. Concretament, ocupa la confluència entre les depressions tectòniques del Vallès i de la Selva, és a dir, entre les fractures en direcció NE-SO que defineixen la primera i les fractures en direcció perpendicular NO-SE que determinaren l'enfonsament de la Selva durant el Neogen (Donville, 1976). Són fractures importants, que han definit la disposició de les grans unitats de relleu del sector nord-oriental de Catalunya (figura 10). La seva importància en temps geològics recents està representada pel vulcanisme mioplèocènic i quaternari del sector, com els afloraments d'Hostalric, Maçanet, l'Esparra, Caldes de Malavella i, més al nord, fora ja de la conca de la Tordera, la closa de Sant Dalmai i el vulcanisme de la serralada Transversal (Olot, Amer, Canet d'Adri, Llorà, entre els més representatius).

Així, la tipologia rectangular que adopta el traç de la Tordera, sovint descrit com a «forma de quatre», reflecteix la imposició de les falles en el traçat del seu curs. El paral·lelisme que mostren les rieres del vessant vallesà del Montseny també reflecteix el traçat estructural orientat NO-SE, així com l'orientació del seu curs baix i del desenvolupament del delta. La connexió entre les dues subconques (Tordera i Santa Coloma) a Massanes també respon a la unió de les dues fractures NO-SE que defineixen la depressió Prelitoral i a la seva intersecció amb les falles de direcció perpendicular.

Aquesta base estructural permet que a la conca de la Tordera aflorin unitats geològiques de distints períodes amb litologies diverses i que, en definitiva, presenti en els seus estadis més recents, des del Neogen fins a l'actualitat, una història geològica lligada a aquesta evolució tectònica.

Les unitats geològiques que apareixen a la conca de la Tordera poden diferenciar-se entre aquelles que formen part de les serralades Prelitoral i Litoral i la de les depressions Prelitoral i de la plana deltaica. A les serralades hi afloren materials de l'era Primària o Paleozoic, principalment roques ígnies i metamòrfiques, intensament deformades durant l'orogènesi herciniana. A les depressions hi trobem materials no consolidats del Terciari superior, concretament del Neogen, i del Quaternari més recent. Hi ha doncs, una important llacuna estratigràfica que comprèn l'era Secundària, o Mesozoic, i el Terciari inferior; materials que, d'altra banda, afloren al vessant occidental del Montseny, al llarg del riu Congost, o al nord de les Gavarres i a la serralada Transversal. La fase distensiva de l'orogènesi alpina donà lloc a l'enfonsament de les depressions prelitorals des del Penedès fins a la Selva i, més al nord, l'Empordà.

3.1.1. Descripció de les unitats geològiques

A la conca de la Tordera, hi trobem tres unitats geològiques, les quals es descriuen a continuació (figura 11).

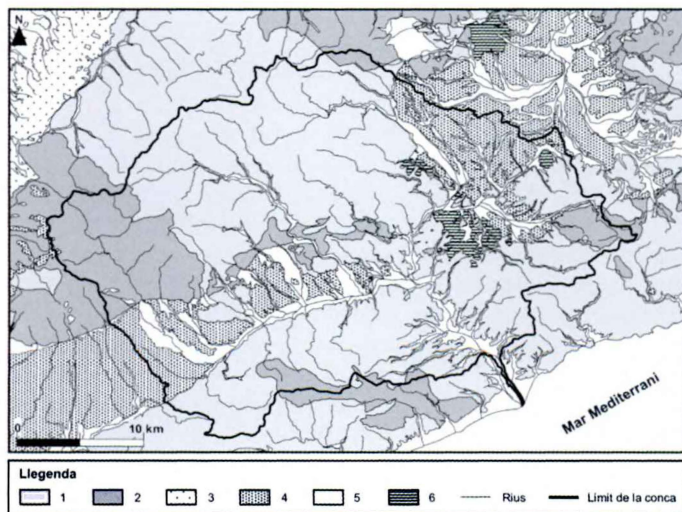


FIGURA 11. Mapa litològic de la conca de la Tordera. Llegenda: materials ígnies (1) i materials metamòrfics (2) del Paleozoic; materials sedimentaris del Paleogen (3) i del Neogen (4); materials al·luvials i fluviodeltaics del Quaternari (5); materials volcànics neogens i quaternaris (6). Font: Modificat de la base geològica de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (www.icc.es).

UNITAT DE MATERIALS IGNIS I METAMÒRFICS DE LES SERRALADES

Aquesta unitat està constituïda pels materials metamòrfics i ignis situats als massissos del Montseny, les Guàrdies, Montnegre i la Selva Marítima. Es tracta de sediments metamorfitzats de l'era Primària, bàsicament esquists i fil·lites del Cambro-ordovicià, intruïts pel batòlit tardihercinià, de tipus granodiorític i amb nombrosos dics. La part superior dels materials granítics sol trobar-se intensament meteoritzada, donant lloc a horitzons de sauló amb gruixos superiors a la desena de metres.

Aquests materials es troben intensament fracturats, i són especialment rellevants les fractures d'orientació NE-SO que determinen les principals direccions de drenatge.

UNITAT DE MATERIALS SEDIMENTARIS NEÒGENS

Els materials sedimentaris neògens, propis de sistemes de ventalls al·luvials, no consolidats, afloren al marge esquerre de la Tordera, al peu del massís del Montseny, i en el reblliment sedimentari de la depressió de la Selva.

En el tram des de Santa Maria de Palautordera fins a Hostalric, afloren un seguit de dipòsits sedimentaris, amb característiques de ventall al·luvial (Sala, 1979), que recobreixen el substrat granodiorític descrit. Estan constituïts per acumulacions detrítiques heteromètriques, conglomerats i gresos, amb una menor proporció d'argiles. La màxima potència d'aquests dipòsits s'assoleix a la zona de Santa Maria de Palautordera, amb un gruix d'uns 35-40 m, i disminueix fins a Hostalric. Concretament, a la proximitat de la Batllòria, el recent talús del TGV mostra els materials granítics subjacents per sota del reblliment sedimentari neogen, indicant la base d'aquests materials. Aquestes formacions sedimentàries estan relacionades amb l'enfonsament tardà de la part septentrional de la depressió del Vallès.

En el cas de la depressió de la Selva, l'enfonsament d'aquesta fossa tectònica donà lloc a acumulacions de materials detrítics superiors a 200 m a la seva part occidental, dins de la zona pertanyent a la conca de la riera de Santa Coloma. Similarment, es tracta de materials propis de sistemes al·luvials, de caràcter heteromètric no consolidat amb successions de nivells de materials detrítics grollers i argiles de gruix mètric. La síntesi de la geologia de la depressió de la Selva està descrita en els treballs de Vehí (2001) i Menció (2006).

UNITAT DE MATERIALS AL·LUVIALS QUATERNARIS

Els materials al·luvials quaternaris es troben representats al llarg del riu Tordera, des de poc abans de Sant Celoni fins a la desembocadura, i a la riera de Santa Coloma al llarg dels principals cursos de la xarxa de drenatge. Es tracta de dipòsits relacionats amb la dinàmica fluvial de la Tordera i la riera de Santa Coloma, que en els trams de Sant Celoni a Hostalric i de Santa Coloma de Farners a Sils presenten un gruix màxim proper als 15 m. A partir d'Hostalric, el gruix de materials al·luvials augmenta fins a 30 m a la zona de Fogars de la Selva, i s'incrementa progressivament arran del desenvolupament de la formació fluviodeltàica a la part baixa de la conca. Tanmateix s'han identificat terrasses al·luvials anteriors a la plana d'inundació actual o preactual, discontinues i situades a una alçada d'uns 35 m sobre la llera actual del riu (Geoservei, 2000).

El dipòsits fluviodeltàics de la Tordera, com a formació sedimentària, s'inicien a partir del «colze de Fogars» i assoleixen gruixos de 40 m a les proximitats de la població de Tordera i de fins a 75 m a la línia de costa, per damunt del substrat format per materials ignis o neògens. Aquests dipòsits estan constituïts majoritàriament per materials grollers, amb diverses intercalacions mètriques a decamètriques de llims i argiles, a la meitat inferior d'aquesta formació i a les seves zones laterals. Aquesta variabilitat li-

tològica (que defineix diferents seqüències estratigràfiques) és deguda a la distribució estratigràfica dels sistemes fluvials en relació amb les oscil·lacions del nivell del mar durant el procés de formació del delta (Geoservei, 2000). Amb tot, el coneixement de la geologia dels nivells més profunds del delta de la Tordera quedà modificat amb la realització de les captacions que nodreixen la dessalinitzadora de Blanes, que suggereixen desplaçar el basament granític a fondàries de més de 170 m (Guimerà *et al.*, 2003).

3.2. DESCRIPCIÓ DELS PROCESSOS MORFODINÀMICS

Des de la perspectiva dels objectius de l'Observatori, els principals processos morfodinàmics que actuen a la conca de la Tordera són els associats a la dinàmica fluvial. En aquest sentit, cal considerar l'efecte del cabal superficial i de les seves variacions en l'estabilitat de la llera i, concretament, amb la presència de dinàmiques d'erosió (ja sigui d'encaixament de la pròpia llera com de migració de lateral del curs fluvial) i de sedimentació. Un altre aspecte dinàmic, les inundacions o *torderades*, és un altre procés que implica un risc en l'ús del territori, alhora que esdevé un element a considerar en qualsevol modificació del règim fluvial.

DINÀMICA FLUVIAL: EROSIÓ, TRANSPORT I SEDIMENTACIÓ

La part alta de la conca de la Tordera mostra un encaixament de la xarxa de drenatge en els materials paleozoics i assoleix una alta densitat. No obstant això, en el curs mitjà i baix de la Tordera s'observa una alternança de processos d'erosió o sedimentació de material transportat pel riu. Aquests processos són el resultat de la pròpia dinàmica natural del riu i de les pressions que ha sofert a les darreres dècades, especialment les extraccions d'àrids tant a la plana al·luvial com a la mateixa llera del riu. Per abastar la magnitud d'aquesta pressió ambiental, s'ha de considerar que el volum extret ha estat estimat en tres milions de metres cúbics de grava i sorra des del 1956 fins al 1987, principalment en el curs baix a l'entorn del municipi de Tordera, amb un ritme d'extracció catorze vegades superior al d'aportació de material, la qual cosa donà lloc a un rebaix de la llera d'1,5 m en tot aquest tram (Rovira *et al.*, 2005a).

A l'inici del curs mitjà, entre Viladecans i Santa Maria de Palautordera, el riu Tordera presenta un intens encaixament en els materials neògens del ventall al·luvial del pla de Palautordera, amb talussos propers a 30 m d'alçada, activament excavats a la cara convexa dels meandres del riu. A partir de Sant Celoni, el riu comença a desenvolupar la plana al·luvial subactual, situada uns cinc metres per damunt de la cota de la llera, en la qual el riu actual està encaixat pràcticament durant la resta del seu recorregut.

En el tram mitjà, s'identifiquen distintes zones on té lloc una sedimentació efectiva del material que dona lloc a barres fluvials notables que són transformades durant les avingudes de major cabal. D'exemples d'aquestes barres, en trobem a la zona del gorg del Perxistor¹, al tram anterior a la confluència amb la riera d'Arbúcies, i en algun tram en el curs baix, entre Fogars i Tordera (figura 12). A la resta del curs, sol dominar una

¹ Al tram de la Tordera proper al gorg del Perxistor, s'ha observat un cabal habitualment més elevat, així com la formació de barres fluvials amb graves que denoten una capacitat important d'arrossegament del riu. Aquest «gorg» se situa en una zona d'aprimament de la plana al·luvial degut a un aflorament de materials neògens del marge esquerre que redueix la distància amb el talús de l'autopista (situat al marge dret) pràcticament a l'ample de la llera. Atribuïm aquestes observacions a un retorn de l'aigua subterrània a la llera produït per la reducció de la secció de l'aquífer al·luvial que té lloc abans del «gorg». La dilució de la concentració química dels elements en dissolució en aquest tram (Mas-Pla i Menció, 2007) també suggereix aquesta entrada de flux subterrani i en corrobora la causa esmentada

dinàmica de transport, amb rius anastomosats de morfologia efímera (en condicions de cabal baix o mitjà), en funció de la fixació produïda per les espècies de ribera a les barres fluvials (figura 13). En condicions de crescudes importants, la Tordera sol ocupar tot l'ample de la secció de la llera, en molts trams definida antròpicament limitant d'aquesta manera l'extensió de la plana d'inundació natural.

La riera d'Arbúcies no desenvolupa una veritable plana al·luvial fins a la confluència amb la Tordera, mostrant petites acumulacions d'escassa entitat al llarg del seu recorregut. El pla de Gaserans, situat uns vint metres per damunt de la llera de la riera, és equivalent a les formacions al·luvials de Palautordera.

La riera de Santa Coloma mostra un ampli dipòsit al·luvial des de Santa Coloma de Farners fins a Riudarenes, amb un gruix d'uns 15 m. Està constituït majoritàriament per sorres i presenta un nivell d'argiles intermedi. A la part final d'aquesta plana al·luvial, s'hi ubiquen les zones humides dels estanys de Sils. Es tracta d'una zona topogràficament deprimida en la qual sol embassar-se l'aigua superficial en períodes d'intensa precipitació. La naturalesa argilosa del sòl i la proximitat del nivell freàtic en aquest indret faciliten la persistència de l'aigua superficial, amb una escassa capacitat de drenatge.

En tots aquests casos, les modificacions de la morfologia de la llera fetes amb la finalitat de protegir els marges de l'erosió i de permetre una màxima capacitat de drenatge durant els moments de crescuda del cabal, juntament amb altres pressions com les extraccions d'àrids, han modificat intensament els trets morfodinàmics de la llera de la Tordera i el seu potencial ecohidrològic. Els processos fluvials actuals són el resultat de l'adaptació de la dinàmica natural de la Tordera a les imposicions antròpiques recents. Gutiérrez (1999) il·lustra la modificació de la llera de la Tordera resultant d'aquestes pressions antròpiques mitjançant la comparació de fotografies aèries dels anys 1956 i 1985; permeten observar el trànsit ocorregut des d'una llera mòbil amb una ampla plana d'inundació on la migració del curs del riu és evident (1956) fins a una llera única de formes fluvials fixes, ben vegetades i amb una plana al·luvial modificada per extraccions de terra i actuacions antròpiques (1985 i actualment).



FIGURA 12. Barra fluvial activa al tram del gorg del Perxistor, amb un gruix proper als 2 metres, en un tram de fort desnivell (maig 2006). Foto de l'autor.

En tot cas, la conca de la Tordera presenta una intensa dinàmica fluvial reflectida en el transport de sediment. Rovira *et al.* (2005b) fan un balanç de sediment al curs baix de la Tordera durant tres anys (1997-1999) i calculen que aquest tram va rebre un volum de 156.700 tones de sediment (el 80 % com a càrrega de fons i el 20 % en suspensió) i que 107.000 tones van ser exportades al mar Mediterrani. El balanç positiu de sediment, que indica un emmagatzematge en el curs baix, depèn de la freqüència de crescudes i mostra una elevada variabilitat anual.

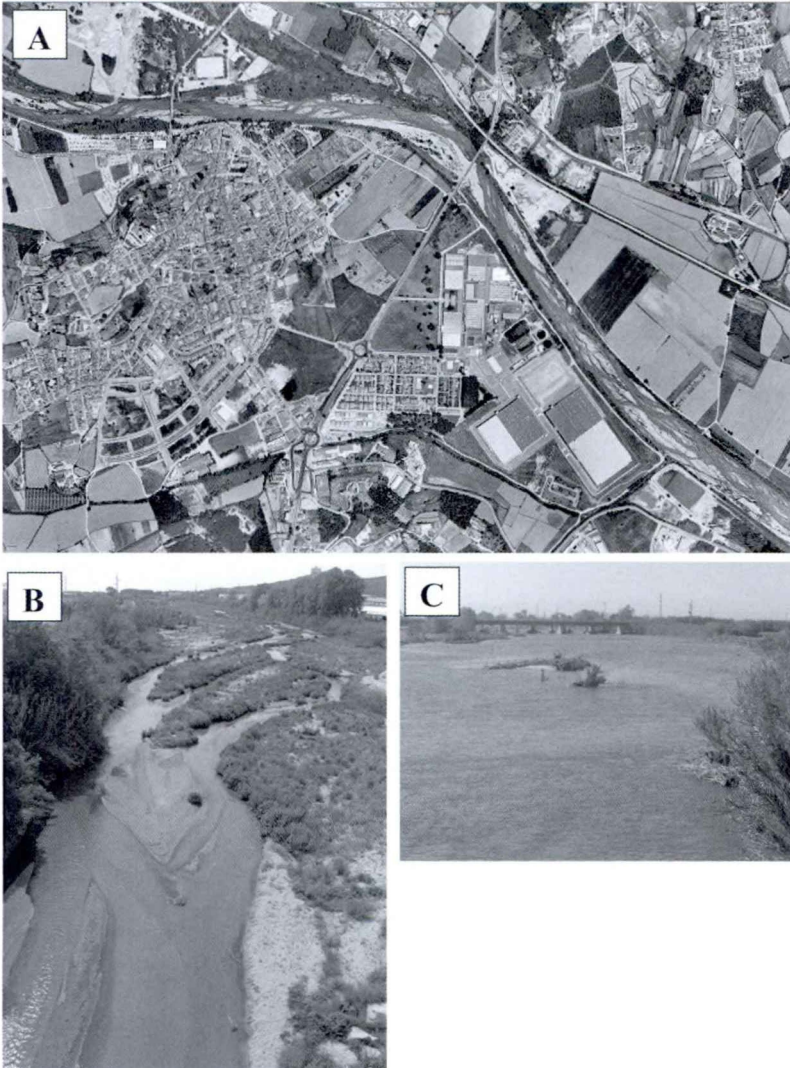


FIGURA 13. Exemple de traçat fluvial anastomosat de la Tordera: a) Imatge del curs baix, aigües avall del municipi de Tordera (Font: ICC, <http://shagrat.icc.es>); b) Detall d'aquesta morfologia (11de maig de 2005); c) Aspecte de la llera en un punt proper a (b) durant una crescuda (21de maig de 2004). Fotos de l'autor.

RISC D'INUNDACIONS A LA TORDERA

El riu Tordera és conegut per la intensitat de les seves crescudes, anomenades *torderades*, i per les inundacions que produeixen a la plana al·luvial. Aquest risc geològic ha donat com a resultat una planificació de l'espai fluvial en la qual les dinàmiques fluvials extraordinàries, responsables d'aquestes crescudes, i les zones potencialment inundables han estat cartografiades. Alhora, la planificació fluvial també considera la inferència de les actuacions humanes en la dinàmica fluvial, les quals poden fer disminuir la capacitat de drenatge de la llera i augmentar la perillositat de les inundacions (ACA, 2003; ACA, 2001).

Les dades de cabals instantanis màxims anuals (Qci), registrades a les estacions d'aforament (EA) de l'Agència Catalana de l'Aigua, permeten calcular els cabals màxims corresponents a distints períodes de retorn, és a dir, a intervals de temps que estadísticament separen dues avingudes del mateix cabal. La figura 14 mostra la periodicitat dels cabals màxims basats en les dades de Qci, segons el model de Gringorten, i la seva extrapolació a períodes de retorn superiors al nombre d'anys de registre a través de la distribució de Gumbel. Per a l'EA de Sant Celoni, prenent els Qci des del 1942 fins al 2004 (en els anys en què hi ha registre, $n = 40$), s'observa que el cabal màxim instantani amb una periodicitat de cinquanta anys és de $175 \text{ m}^3/\text{s}$, de cent anys és de $203 \text{ m}^3/\text{s}$ i, finalment, per a una periodicitat de cinc-cents anys és de $267 \text{ m}^3/\text{s}$. Per a l'EA de Fogars, s'han considerat els valors de l'antiga estació d'aforament (EA62) que fou activa fins al 1992, juntament amb els de l'actual estació EA89. Els cabals màxims instantanis segons la distribució de Gumbel serien de $1.095 \text{ m}^3/\text{s}$ per a períodes de retorn de cinquanta anys, $1.260 \text{ m}^3/\text{s}$ per a cent anys i $1.650 \text{ m}^3/\text{s}$ per a cinc-cents anys.

Des de la perspectiva de l'evolució de la biodiversitat a la Tordera, la protecció contra les avingudes extraordinàries ha obligat a la modificació dels marges de la riba amb la finalitat d'incrementar la capacitat de drenatge de la secció de la llera i, a la vegada, protegir-los de l'erosió. Aquestes actuacions han restringit l'evolució de la dinàmica fluvial a la franja limitada per aquestes obres, i han privat el desenvolupament natural del riu i dels hàbitats que es desenvolupen a les riberes.

3.3. CARACTERÍSTIQUES HIDROGEOLÒGIQUES

La naturalesa sedimentària dels dipòsits al·luvials del tram mitjà i del desenvolupament fluviodeltaic del tram baix de la Tordera els atorga un excel·lent potencial com a aqüífers, és a dir, tenen una bona capacitat d'emmagatzemar aigua (porositat) i de deixar-la fluir (permeabilitat) en funció del gradient hidràulic establert. Per aquesta raó, els recursos hidrogeològics d'aquestes formacions han estat intensament utilitzats en el desenvolupament agrícola, industrial i urbà a la conca de la Tordera des de la segona meitat del segle XX, fins a assolir un preocupant grau de sobreexplotació des de fa un seguit d'anys. L'extrem grau de deteriorament dels recursos, relacionat amb un descens notable del nivell hidràulic i la consegüent intrusió marina a la franja litoral, ha dut a la presa de mesures de protecció de l'aqüífer (Edicte del 26 de setembre de 2003 que aprova el pla d'ordenació d'extraccions i declaració definitiva de sobreexplotació de l'aqüífer al·luvial de la Tordera mitjana i dels aqüífers de la baixa Tordera, DOGC núm. 3991, 20/10/2003, p. 20232) i a la construcció de la primera dessalinitzadora del litoral català a Blanes.

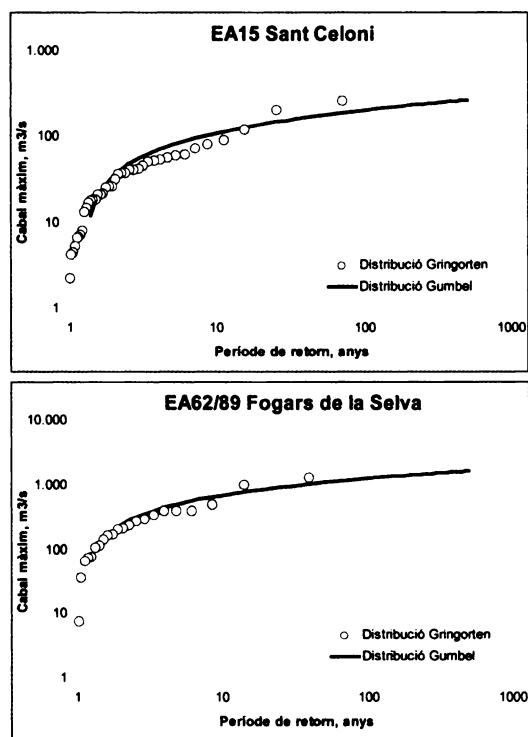


FIGURA 14. Relacions cabal màxim instantani / període de retorn a les estacions d'aforament de Sant Celoni (EA15) i Fogars de la Selva (EA62 i EA89). Font: Dades de l'Agència Catalana de l'Aigua.

El potencial hidrogeològic dels al·luvials de la Tordera és, doncs, rellevant i ha estat motiu de diversos estudis científics i de gestió hidrològica. Les tesis doctorals de Bernard Plus i Michel Le Joncour, ambdues de l'any 1968 a la Universitat de París, juntament amb els primers estudis hidrogeològics (MOPU, 1971, 1985) i els nombrosos estudis realitzats posteriorment per les administracions (Junta d'Aigües, ACA), universitats i entitats (FCIHS, ICC...) han posat de manifest l'interès hidrogeològic, ecològic i socioeconòmic dels recursos d'aigua a la Tordera. Altres estudis hidrogeològics recents a la conca de la Tordera són els corresponents al sistema Montseny-Guilleries (ACA, 2002), a la depressió de la Selva (Vehí, 2001; Menció, 2006) i els estudis corresponents a les masses d'aigua subterrànies segons els protocols de la Directiva Marc de l'Aigua (ACA, 2005). En aquest document s'exposen les pressions sobre les masses d'aigua a la Tordera i són catalogades com a «altes» les corresponents a l'activitat industrial i als abocaments d'estacions depuradores i com a «moderades» les pressions de tipus agrícola i urbà. En síntesi, el document IMPRESS defineix les masses d'aigua de la conca baixa de la Tordera amb un impacte alt i amb el risc de no assolir els objectius ambientals de la directiva a curt termini.

A l'estudi hidrogeològic de Geoservei (2000) es presenta una diagnosi dels trets més rellevants en relació amb l'estat actual dels aqüífers de la Tordera. Aquesta diagnosi exposa els aspectes següents:

- L'aqüífer del curs baix de la Tordera presenta un dèficit de recursos hídrics que s'estima en un total de 8 hm³/any, com a conseqüència del desequilibri en el balanç hídric en el qual la intensa explotació en els darrers quinze anys ha influït notablement. Aproximadament un 50 % de les extraccions totals (44 hm³/any) es destinen a l'abastament urbà.
- Les extraccions per a l'abastament urbà generen un descens molt important del nivell hidràulic tant a l'aqüífer lliure superficial com a l'aqüífer semiconfinat profund.
- Com a resultat, té lloc l'assecament del riu durant molts mesos l'any (especialment al curs baix) i una progressiva intrusió marina fins a distàncies d'uns 2,5 km de la línia de costa.
- Els autors de l'estudi adverteixen de l'avanç de la interfase marina i alerten del progressiu deteriorament de la qualitat de les aigües subterrànies per salinització.

A més de l'impacte en els recursos hídrics, l'assecament progressiu de la llera degut a les extraccions d'aigua subterrània té connotacions ambientals, atès que impedeix el correcte desenvolupament de les dinàmiques ecosistèmiques dels entorns de ribera. A aquesta pressió, s'hi afegeix la presència de substàncies no desitjades a les aigües superficials i subterrànies de la Tordera, derivades de les diverses activitats humanes. Actuacions públiques com la dessalinitzadora de Blanes tenen per objectiu ambiental, juntament amb altres estratègies de planificació, disminuir les extraccions d'aigua subterrània continental i afavorir així la recuperació dels nivells hidràulics i, amb ells, la reducció de l'abast de la intrusió marina. També cal preveure, a llarg termini, la recuperació del cabal superficial en períodes d'escassa precipitació.

En el seguiment de la biodiversitat que desenvolupa l'Observatori de la Tordera, es considera que una apropiada relació riu-aqüífer, que permeti l'existència d'un cabal d'esgotament durant els períodes d'estiatge o sequera, i una adequada qualitat de les aigües superficials i subterrànies són aspectes indicadors de l'estat hidrològic de cada tram de riu i, per tant, de la seva qualitat ecològica.

BIBLIOGRAFIA

GEOGRAFIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

- ACA (2000). *Estudi de caracterització i prospectiva de les demandes d'aigua a les conques internes de Catalunya i a les conques catalanes de l'Ebre*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Barcelona.
- ACA (2002). *Estudi d'actualització de l'avaluació de recursos hídrics de les conques internes de Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Barcelona.
- SÁNCHEZ, S. (2006). *La vegetació de ribera com a bioindicador per al monitoratge de conques fluvials. El cas de la conca de la Tordera*. Treball de recerca. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- LLOBET, S. (1947). *El medio y la vida en el Montseny. Estudio geográfico*. CSIC – Instituto Juan Sebastián Elcano – Estación de estudios pirenaicos. Barcelona
- VENTURA, M.; LEFORT T. (2003). «La dimensió social de l'ús de l'aigua. Resultats 2001-2003». *L'Observatori: estació de seguiment de la biodiversitat de la conca de la Tordera*. Memòria 2001-2003. Informe inèdit.

BIOGEOGRAFIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

- BOADA, M.; ULLASTRES, H. (1998). *El macizo del Montseny*. Editorial Brau. Barcelona.
- BOADA, M. (2002). *El Montseny, cinquanta anys d'evolució dels paisatges*. Publicacions de l'Abadia de Montserrat. Barcelona.
- BOADA, M.; GÓMEZ, F. J. (inèdit). *Biodiversitat de Catalunya*. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra.
- SPELLERBERG, I.; SAWYER, J. W. D. (1999). *An introduction to applied biogeography*. Cambridge University Press. Londres.

GEOLOGIA DE LA CONCA DE LA TORDERA

- ACA (2002). *Model de gestió del sistema hidrològic de naturalesa granítica del sistema Montseny-Guilleries*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Inèdit.
- ACA (2005). *Documents d'anàlisi de pressions i impactes i avaluació del risc d'incompliment dels objectius de la DMA a Catalunya*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. <<http://mediambient.gencat.net/aca/ca//planificacio/directiva/impress.jsp>>
- ACA (2001). *Delimitació de zones inundables a les conques internes de Catalunya*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. <<http://mediambient.gencat.net/aca/ca//planificacio/inundabilitat/>>
- ACA (2003). *Planificació de l'espai fluvial (PEF) de la conca de la Tordera*. 3 v. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Inèdit.
- DONVILLE, B. (1976). «Géologie néogène de la Catalogne orientale». *Bulletin BRGM*, 2ème série, 4, 3, p. 177-210.
- 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. 72 p. Inèdit
- GUIMERÀ, J.; JORDANA S.; RUIZ E.; IGLÉSIAS, M.; BORRÀS, G. (2003). «Un modelo 3D de densidad variable para simular el sistema acuifero multicapa del delta del río Tordera (Barcelona, Cataluña, España)». A: IGME, *Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: Países mediterráneos*. Madrid.
- GUTIÉRREZ, C. (1999). *La Tordera. Perspectiva geogràfica-històrica d'un riu*. Publicacions de la Rectoria Vella. Sant Celoni.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA (ICC, 2002). *Mapa Geològic de Catalunya, E 1:250.000*. 2a ed. Barcelona.
- LE JONCOUR, M. (1968). *Premières données sur l'hydrogéologie du cours inférieur et du delta du Rio Tordera (Espagne)*. Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 140 p.
- MENCIÓ, A. (2006). *Anàlisi multidisciplinària de l'estat de l'aigua a la depressió de la Selva*. Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- MOPU (1971). *Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental, Zona Norte. N-3. Informe hidrogeológico sobre la zona aluvial del río Tordera*. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- MOPU (PLAN HIDROLÓGICO DEL PIRINEO ORIENTAL, 1985). *E.E.-2. Estudio complementario sobre aguas subterráneas. Zona 4: Tordera-Costa Brava Sur y Alto Maresme. Aluviales del Tordera. Tomo 6*.
- PLUS, B. (1968). *Premières données sur l'hydrogéologie des cours supérieur et moyen du Rio Tordera (Espagne)*. Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 127 p.
- POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPEARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. (1997). «The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration». *BioScience*, 47 (11), p. 769-784.

- RICHTER, B. D.; MATTHEWS, R.; HARRISON, D. L.; WIGINGTON, R. (2003). «Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological identity». *Ecological Applications*, 13 (1), p. 206-224.
- ROSGEN, D. L. (1994). «A classification of natural rivers». *Catena*, 22, p. 169-199.
- ROSELL, J. (2002). «Geología de Catalunya». A: L. PALLÍ, C. ROQUÉ, i D. BRUSI, ed., *Geología de Girona. 9 itinerarios de campo*. XII Simposio sobre la Enseñanza de la Geología. Girona, 2002, p. 9-26.
- ROVIRA, A.; BATALLA, J. R.; SALA, M. (2005a). «Fluvial sediment budget of a Mediterranean river: the lower Tordera (Catalan Coastal Ranges, NE Spain)». *Catena*, 60, p. 19– 42
- ROVIRA, A.; BATALLA, J. R.; SALA, M. (2005b). «Response of a river sediment budget after historical gravel mining (the Lower Tordera, NE Spain)». *River Research and Applications*, 21, p. 829–847.
- SALA, M. (1978). *La cuenca del Tordera. Estudio geomorfológico*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- SALA, M. (1979). «Geomorfología de la cuenca alta del río Tordera». *Acta Geológica Hispànica*, 14, p. 457-461.
- SEAR, D. A.; ARMITAGE, P. D.; DAWSON, F. H. (1999). «Groundwater dominated rivers». *Hydrological Processes*, 13, p. 255-276.
- VEHÍ, M. (2001). *Geologia ambiental de la Selva*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.