

Anàlisi de la variabilitat hidrològica a la conca alta de la Tordera (massissos del Montseny i el Montnegre)

Laia Casadellà, Anna Menció, Josep Mas-Pla i David Brusi

Centre de Geologia i Cartografia Ambientals (GEOCAMB) i Àrea de Geodinàmica, Departament de Ciències Ambientals. Universitat de Girona

Resum

L'estudi temporal de les sèries de cabals permeten caracteritzar els recursos hidrològics d'una conca hidrogràfica, així com també observar els canvis que han succeït al llarg del temps per tal de cercar-ne les causes i establir estratègies de gestió adequades. En aquest estudi es presenta l'aplicació del mètode desenvolupat per RICHTER *et al.* (1996) per a l'anàlisi de la variabilitat hidrològica. Aquest mètode permet identificar els canvis succeïts en la hidrologia de la conca alta de la Tordera a partir de les dades de cabals registrats a l'estació d'aforament de Sant Celoni des del 1924 fins al 2006. En aquest període, els resultats mostren una variació del cabal amb tendència a la baixa, un augment de la dispersió dels valors de cabal, un cabal de base progressivament més baix i una disminució de la relació entre el cabal i la precipitació a les darreres dècades.

Paraules clau

Hidrologia, cabal, Tordera, canvi global

Resumen

Análisis de la variabilidad hidrológica en la cuenca alta del río Tordera (macizos del Montseny y el Montnegre)

El estudio temporal de las series de caudales permite caracterizar los recursos hidrológicos de una cuenca hidrográfica, así como observar los cambios que han sucedido a lo largo del tiempo para encontrar las causas de forma que, conociéndolas, sea posible establecer estrategias de gestión adecuadas. En este estudio se presenta una aplicación del método desarrollado por RICHTER *et al.* (1996) para el estudio de la variabilidad de caudales. Éste permite identificar los cambios sucedidos en la hidrología de la cuenca alta del río Tordera a partir de los datos de caudal registrados en la estación de aforo de Sant Celoni desde 1924 hasta 2006. En este período, los resultados muestran una variación del caudal con tendencia a la baja, un aumento de la dispersión de los valores de caudal, un caudal de base progresivamente menor y una disminución de la relación entre el caudal y la precipitación en las últimas décadas.

Palabras clave

Hidrología, caudal, Tordera, cambio global

Summary

Analysis of hydrological variability in the upper Tordera basin (Montseny and Montnegre massifs)

The time study of a number of channel runoffs allow the hydrological resources of a hydrological basin to be characterised as well as the changes that have occurred over the passage of time so as to determine the causes and establish adequate management strategies. This study presents the application of the method developed by Richter, et al. (1996) to analyse hydrological variability. This method allows the changes in the hydrology of the upper Tordera basin to be determined on the basis of channel runoff data recorded in the Sant Celoni wastewater measurement stations from 1924 to 2006. In this period, the findings show a downward trend in runoff variation, an increase in the dispersion of runoff values, a base runoff that is increasingly lower and a fall in the ratio between runoff and precipitation in recent decades.

Keywords

Hydrology, runoff, Tordera, global change

Introducció

En moltes ocasions s'ha considerat l'aigua simplement com un recurs il·limitat, si bé mitjançant transvasaments o altres enginys, per satisfer les demandes antròpiques. Actualment, aquest enfocament ha canviat, i es dirigeix cap a estratègies de gestió que permetin no tan sols assegurar la demanda, sinó també un ús eficient que respecti les funcions ecològica i geodinàmica de l'aigua.

En els darrers anys, la Directiva marc de l'aigua (DMA, Directiva 2000/60/CE) és l'eina legal que proporciona el marc d'actuació comuna sobre la gestió de l'aigua a tots els estats membres de la Unió Europea per tal d'assolir els ideals de la gestió sostenible; entenen com a tal un règim d'extraccions que genera uns estressos al sistema controlats i que preserva el creixement socioeconòmic i els valors naturals (DEH, 2004). A la conca de la Tordera, com en tantes altres, hi ha un conflicte entre recursos disponibles i l'entorn socioeconòmic en què domina una demanda en creixement.

L'assoliment d'una gestió adequada dels recursos s'avaluarà mitjançant l'ús d'indicadors biològics i hidromorfològics. En aquest sentit, l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) ha desenvolupat el protocol HIDRI (ACA, 2006) en el qual, entre altres indicadors, se suggereix que l'anàlisi de la variabilitat del cabal és rellevant per observar variacions en el règim de cabals i establir estratègies de gestió. Per a aquesta anàlisi, proposa la metodologia denominada *Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA, indicadors de l'alteració hidrològica; The Natural Conservancy [TNC, 2007]; vegeu el lloc web de: <http://www.nature.org/initiatives/freshwater/conservationtools/>) basada en els treballs de RICHTER *et al.* (1996, 1997), la qual permet caracteritzar estadísticament distints paràmetres hidrològics, basats en les mesures de cabal mitjà diari. La seva interpretació ha de permetre comparar els canvis soferts a la conca en determinats períodes i determinar-ne els efectes sobre el medi fluvial. Aquesta metodologia permet, a més, caracteritzar els paràmetres hidrològics atorgant-los un significat ecològic, així com també comparar els canvis soferts a la conca en determinats períodes. Conseqüentment, la IHA és vàlida per caracteritzar la dinàmica del riu i comparar-ne els canvis successius que s'han produït en un determinat període de temps i permet observar la influència del denominat canvi global.

S'entén com a canvi global totes aquelles transformacions que actualment mostren els sistemes

naturals com a conseqüència del canvi climàtic pròpiament dit, així com també de les transformacions humanes en el territori, les quals han modificat alguns dels components dels cicles naturals amb una incidència rellevant a la seva dinàmica, i s'han afegit als efectes de les modificacions en la dinàmica atmosfèrica. En particular, el Grup Inter-governamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 2001), ja reconeix que el canvi derivat d'aquestes pressions humanes tindrà un efecte tant o més important sobre els recursos hídrics que els atribuïbles a totes les modificacions dels sistemes climàtics relacionades amb el cicle hidrològic.

L'objectiu d'aquest estudi és aplicar la IAH per avaluar els canvis hidrològics que s'han produït a la conca alta de la Tordera mitjançant l'anàlisi de l'evolució dels cabals diaris registrats a l'estació d'aforament de l'ACA a Sant Celoni (EA15), amb la finalitat de copsar la variabilitat atribuïble als efectes del canvi global en aquesta conca. Tanmateix, en aquest projecte, es pretén avaluar l'abast d'aquesta metodologia en la caracterització de dades hidrològiques a un riu mediterrani, propi del context de les conques internes de Catalunya.

La conca de la Tordera se situa a les Conques Internes, a la Serralada Litoral, amb una extensió de 894 quilòmetres quadrats. Aquest treball se centra en la conca alta de la Tordera, que comprèn les capçaleres situades als massissos del Montseny i el Montnegre, amb una àrea de 125 quilòmetres quadrats (fig. 1); les aigües d'escoriment de les quals s'aforen a l'estació de Sant Celoni. El canvi global al Montseny ha rebut un tractament multidisciplinar a l'estudi de Boada (2002).

Metodologia

Les dades de cabals mitjans diaris emprades corresponen a les aforades a Sant Celoni, atès que comprèn un període llarg de dades enregistrades i, *a priori*, representa una influència humana relativa al comprendre la conca alta de la Tordera. Aquesta influència és atribuïble sobretot a canvis d'usos del sòl i a les extraccions d'aigua de la llera que tenen el seu màxim exponent en la derivació d'aigua per a reg de Viladecans, entre Sant Esteve de Palautordera i el Montseny. Concretament s'ha treballat amb registres de cabal mitjà diari des de l'any 1924 fins al 2006. Cal esmentar la manca de dades enregistrades en els períodes 1932-1943 i 1967-1969. En els anys 1972 i 1992, la informació és deficient.

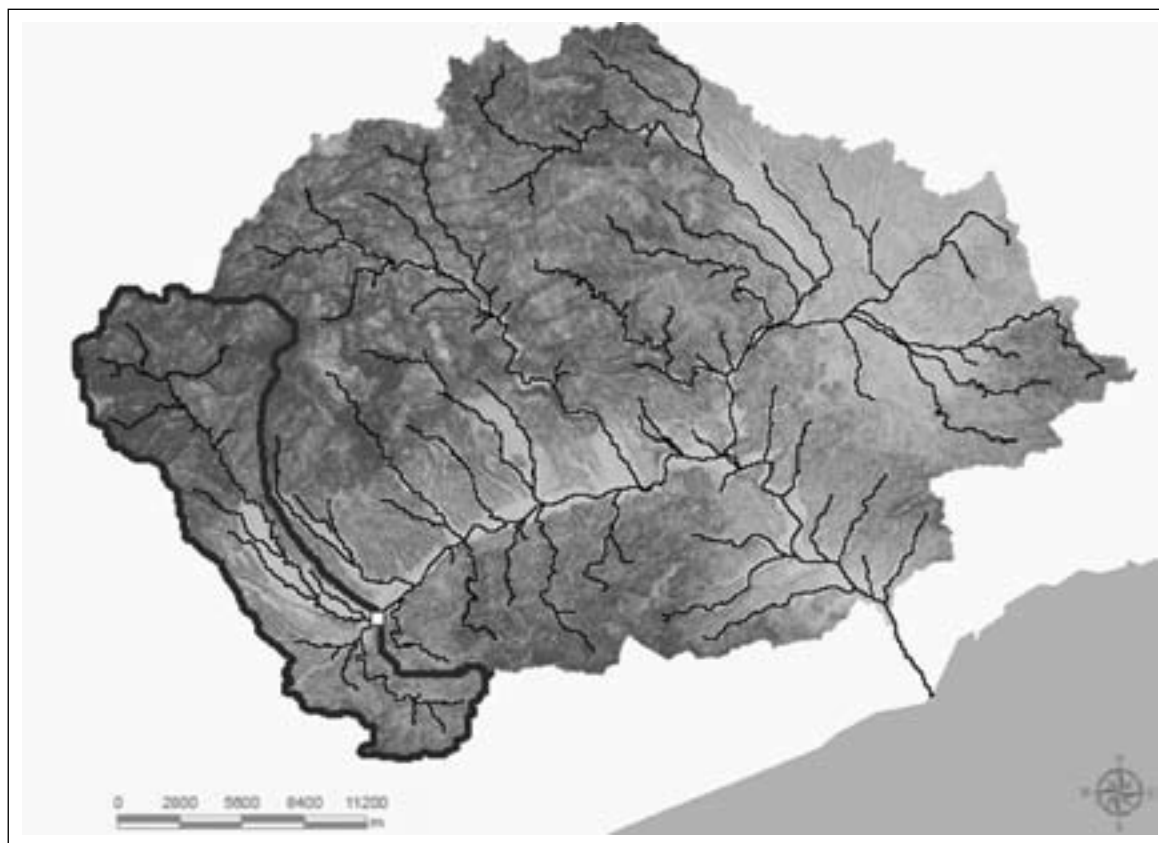


Figura 1. Situació geogràfica de la conca alta de la Tordera.

Amb la finalitat de suavitzar i reduir les fluctuacions de les sèries cronològiques de cabals, i mostrar-ne una tendència general, aquest estudi proposa l'ús de les mitjanes mòbils, en períodes de cinc anys, en el tractament estadístic de les dades de cabal. Aquest interval de cinc anys es considera prou petit per aproximar-se a la realitat de cada any i suficientment gran per mostrar tendències durant tot el temps de registre (1924-2006). Així doncs, s'ha començat calculant les mitjanes mòbils de les diferents dades estadístiques obtingudes per al període 1924-1928, i s'ha anat seguint: 1925-1929, 1926-1930, 1927-1931 i així progressivament fins a arribar a l'últim període 2002-2006. Els anys en què no es disposa de dades no s'han analitzat i no s'han fet entrar dins el càlcul de la mitjana mòbil. És per aquest motiu que la majoria de les gràfiques representades calculades a partir de mitjanes mòbils no mostren cap informació per al període 1963-1976, tot i que en realitat només manquen les dades dels anys 1967, 1968, 1969 i 1972.

Una de les aplicacions de la IHA, segons els autors esmentats, és avaluar els efectes sobre la dinàmica fluvial abans i després d'una actuació

puntual i significant en el medi. En el cas de la Tordera, no n'hi ha aquest cas, sinó que les transformacions han donat lloc a un canvi progressiu del sistema fluvial. L'ús de les mitjanes mòbils pretén captar aquesta modificació gradual de les darreres dècades i avaluar-ne les alteracions ocorregudes. Tanmateix, la IHA permet calcular els paràmetres a partir d'estadístics paramètrics (mitjana/desviació estàndard) o no paramètrics (percentils). En aquest estudi s'ha treballat amb estadístics no paramètrics, la qual cosa representa l'opció apropiada al treballar amb dades hidrològiques que no segueixen, *a priori*, una distribució normal.

El programa informàtic elaborat per The Natural Conservancy permet calcular un total de 67 paràmetres estadístics. Aquests es troben subdividits en dos grups, corresponents als indicadors de l'alteració hidrològica, pròpiament dits, i als components ambientals del cabal (*Environmental Flow Components*, o EFC). Aquests permeten determinar les connexions entre les condicions hidrològiques (o canvis en aquestes condicions) i les respostes ecològiques, incloent-hi estudis de la influència en les condicions hidrològiques específiques en les espècies, tipus de comunitats de

plantes o processos ecohidrològics, com, per exemple, el transport de sediment i les distribucions de salinitat.

Els indicadors d'alteració hidrològica que han mostrat una major significació en l'anàlisi dels cabals de la Tordera per a cada període de cinc anys ha estat l'anàlisi dels percentils; és a dir, la proporció de mesures (expressades en percentatge) amb un valor de cabal igual o menor al del corresponent percentil; el coeficient de dispersió, referit al quocient entre la diferència dels percentils 75 i 25 i el percentil 50 (o mediana); i l'evolució del cabal basal definit pel quocient entre el cabal mínim en un període de set dies dels cinc anys i el cabal mitjà diari. Tanmateix, també s'ha comparat la relació entre les mitjanes aritmètiques dels cabals diaris i de la precipitació en cada quinquenni, amb la finalitat de referir les variacions observades bé a la pluviometria, bé a altres factors que incideixen en l'escorriment d'una conca hidrogràfica.

En relació amb els components ambientals del cabal (EFC), el mètode aplicat interpreta els hidrogrames com una sèrie repetitiva de patrons hidrogràfics d'importància ecològica. Així, distingeixen que defineix distintes tipologies de cabals, entre els quals hem seleccionat els resultats corresponents a l'evolució dels cabals baixos (valors inferiors al percentil 50%), a la variació dels llindars superior i inferior que permeten definir els cabals elevats (valors entre els percentils 50% i 75%) i, finalment, a la freqüència dies amb polsos de cabal elevat (TNC, 2007).

Com a darrer aspecte metodològic, RICHTER *et al.* (1997) proposen l'anàlisi del rang de variació (*Range of Variability Approach*, RVA) per facilitar l'aplicació de la IHA al problema de la restauració hidrològica establint objectius de gestió basats en règims de cabals. La RVA utilitza les variacions naturals dels paràmetres de la IHA d'abans del canvi o impacte concret (preses, extraccions, derivacions, etc.) com a referència i, a partir d'aquí, defineix fins a quin punt els règims naturals del cabal han estat alterats. En el cas de la Tordera, on no hi ha un canvi concret, el seguiment dels valors de la IHA per quinquennis ha de permetre identificar canvis graduals en el règim de cabals i aplicar la RVA en funció dels intervals que es diferenciïn.

Resultats

Aquest estudi s'ha dividit en tres parts. En la primera, s'analitzen els paràmetres IHA obtinguts

a partir de les dades de cabal diàries de l'EA15 de la Tordera des del 1924 fins al 2006, aportant-hi una visió exploratòria de l'evolució dels cabals i emfasitzant els resultats obtinguts a partir de les mitjanes mòbils quinquennals. Posteriorment, i amb les mateixes dades, es duu a terme l'anàlisi dels EFC. Finalment, es fa l'anàlisi RVA per tal de determinar possibles objectius de gestió i discutir els canvis observats en el règim hidrològic.

Resultats obtinguts a partir de l'anàlisi IHA

Una de les observacions principals derivades de la IHA és la variació dels cabals al llarg dels anys amb una tendència a la baixa. S'observa que a partir del període 1973-1977 els percentils comencen a disminuir, sobretot els indicats pels percentils 10, 25 i 50% (fig. 2). En aquest sentit, els cabals mínims per a cada una de les distribucions dels percentils s'assoleixen en els darrers deu anys, fet que s'atribueix a les sequeres que des de 1996 han afectat de forma gairebé ininterrompuda les conques internes. Si bé és cert que els primers registres, corresponents a les dècades de 1920 i 1930, també mostren una distribució del cabal similar, considerem rellevant el descens actual en comparació a la distribució quasi uniforme que s'observa entre el 1945 i el 1965.

Amb la finalitat de relacionar aquest comportament amb la precipitació, s'han comparat els valors de les mitjanes dels cabals amb les precipitacions registrades a l'observatori del Montseny per a cada quinquenni (fig. 3), i s'han distingit els parells de dades anteriors i posteriors a 1970. S'hi aprecia una menor correlació entre cabals i precipitacions més recents (posteriors a 1970) que en els valors anteriors a aquesta data. És a dir, per a un mateix rang de precipitacions anual (entre 900 i 1.200 mil·límetres), s'observa que per al període anterior a 1970 els valors del cabal mitjà anual són més elevats que en anys posteriors a 1970. Tanmateix, la linealitat entre precipitacions i cabals és més ajustada per al període anterior ($r^2 = 0,471$), mentre que per als anys posteriors la relació de linealitat disminueix ($r^2 = 0,117$).

L'anàlisi IHA mostra un augment de la variabilitat intraquinquennal a través del coeficient de dispersió a partir de la dècada de 1970 (fig. 4). Mentre que en el període comprès entre els anys 1950 i finals del 1960 el coeficient de dispersió és unifor-

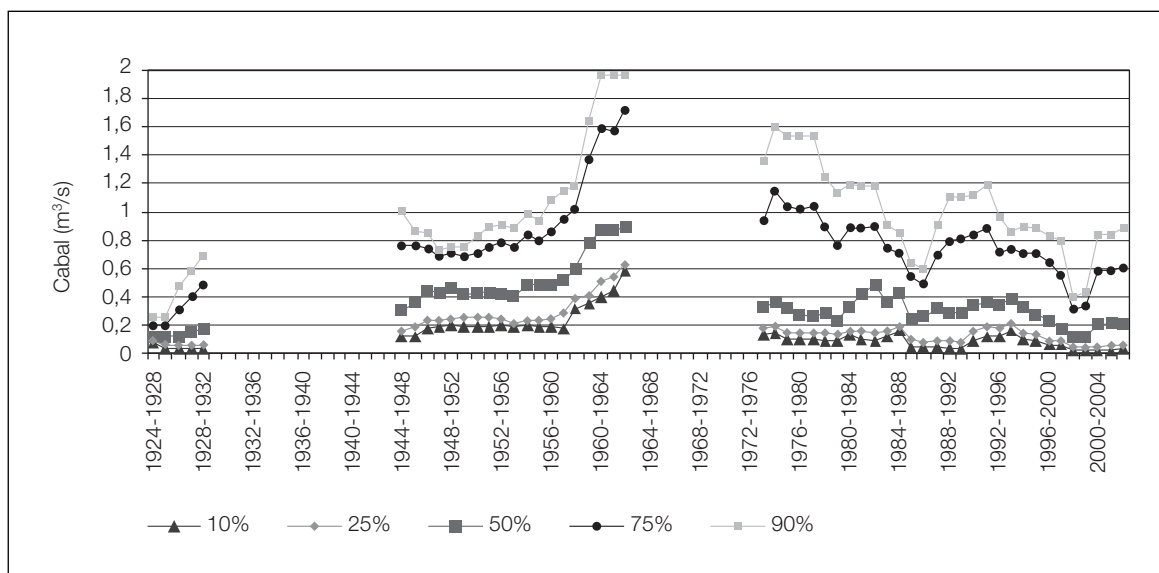


Figura 2. Evolució dels percentils 10, 25, 50, 75 i 90% del cabal en els quinquennis des del 1924-1928 fins al 2002-2006 (EA15).

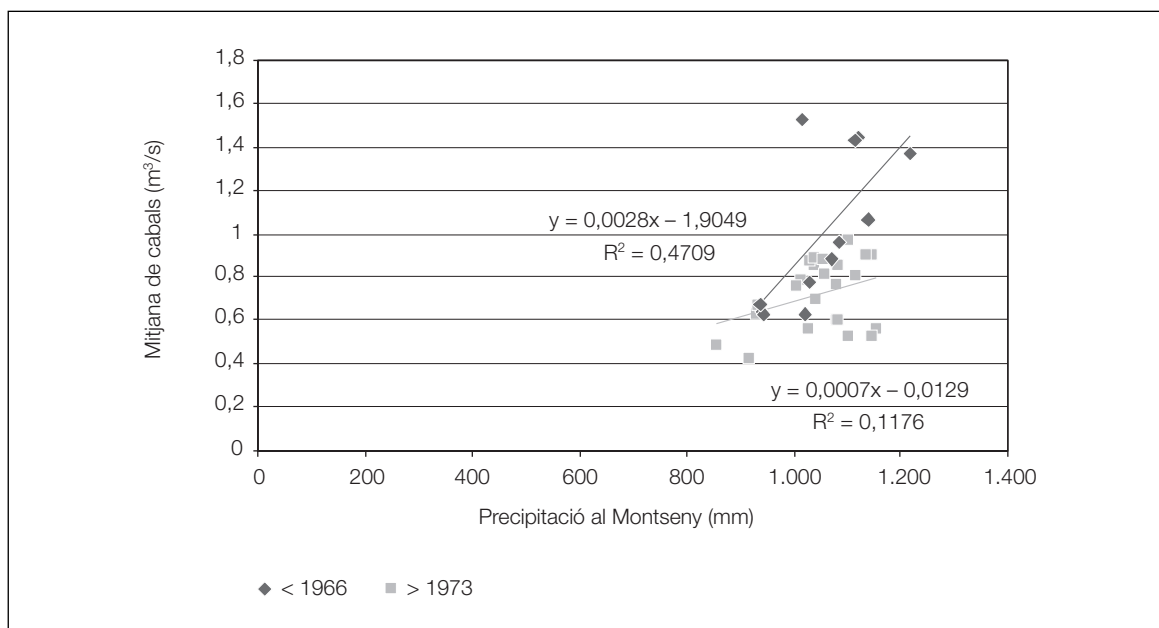


Figura 3. Precipitació anual al Montseny (mm) respecte a la mitjana anual dels cabals a l'EA15 (m³/s), diferenciant les dades anteriors i posteriors a 1970.

me (independentment del valor absolut del cabal), a partir de la dècada de 1970 s'observa una tendència a l'alça tant dels valors mínims com màxims del coeficient de dispersió que indica, addicionalment, l'existència de variabilitat interquinquenal. Aquest fet és significatiu, atès que les mitjanes mòbils tendeixen a homogeneïtzar les fluctuacions existents i, malgrat això, el coeficient de dispersió mostra una notable variació en el temps. El reconeixement d'aquesta variabilitat és bàsic en la redacció d'es-

tràtegies de gestió, ja que tant la disminució progressiva dels cabals com l'augment de la variabilitat són dificultats afegides en la previsió d'assignacions d'aigua per als diferents usos.

Finalment, la IHA mostra com els valors mínims de cabal i, especialment el cabal basal, són cada vegada menors (fig. 5). És especialment notable el fet que l'acompliment del cabal de manteniment (0,204-0,305 m³/s; ACA, 2004) no sol assolir-se per a cabals inferiors al percentil 25%, aproxima-

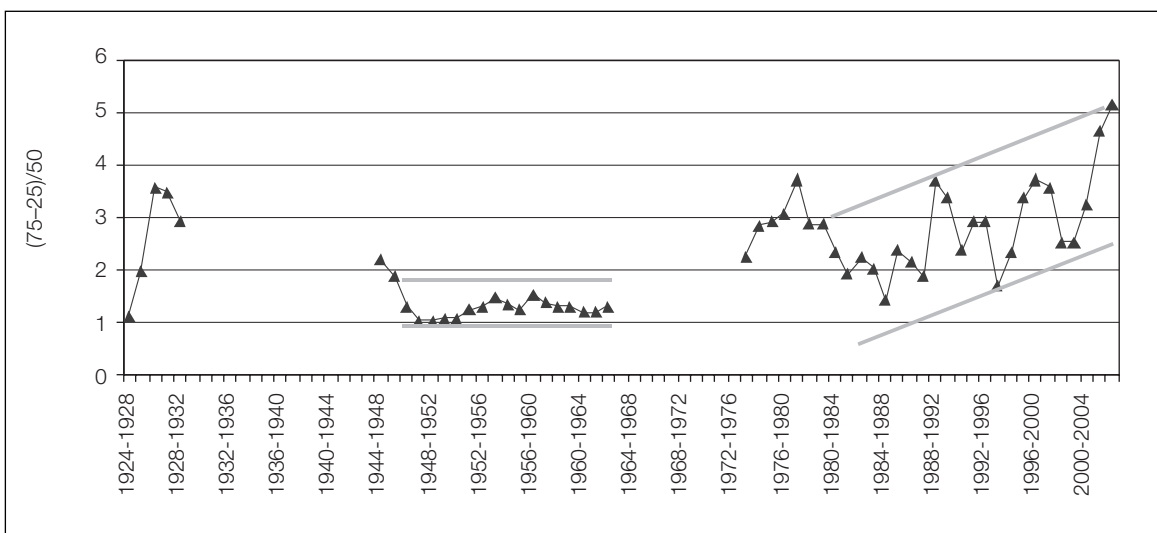


Figura 4. Evolució del coeficient de dispersió en el període estudiat. Les línies assenyalen les envolvents dels valors màxims i mínims d'aquest paràmetre.

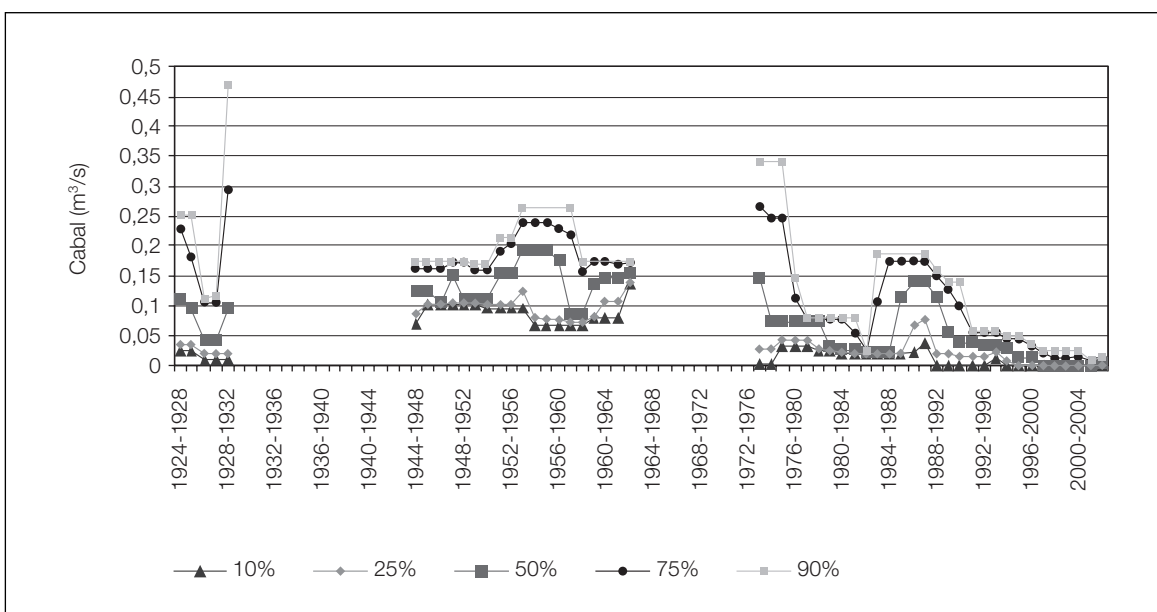


Figura 5. Evolució dels percentils 10, 25, 50, 75 i 90 del cabal basal en els quinquennis des del 1924-1928 fins al 2002-2006 (EA15).

dament, tot i que amb anterioritat a 1970 s'assolien amb major freqüència.

L'anàlisi IHA a la Tordera mostra un conflicte entre diferents factors. D'una banda, la disponibilitat d'aigua al sistema hidrològic és molt variable, amb una tendència a augmentar la proporció de cabals baixos i la seva variabilitat. De l'altra, la demanda antròpica s'ha incrementat al llarg de les darreres dècades de manera proporcional al creixement socioeconòmic de la zona i al benestar. Amb tot, aquest increment de la demanda antròpica a la conca alta no ha estat tan accentuada

com als trams mitjà i baix de la Tordera. Conseqüentment, les observacions derivades de la IHA s'atribueixen a una modificació més complexa del sistema hidrològic que a una relació lineal i directa amb l'augment de la demanda.

Resultats obtinguts a partir de l'anàlisi EFC

L'anàlisi EFC efectuada a la conca alta de la Tordera mostra uns valors de mitjana dels cabals bai-

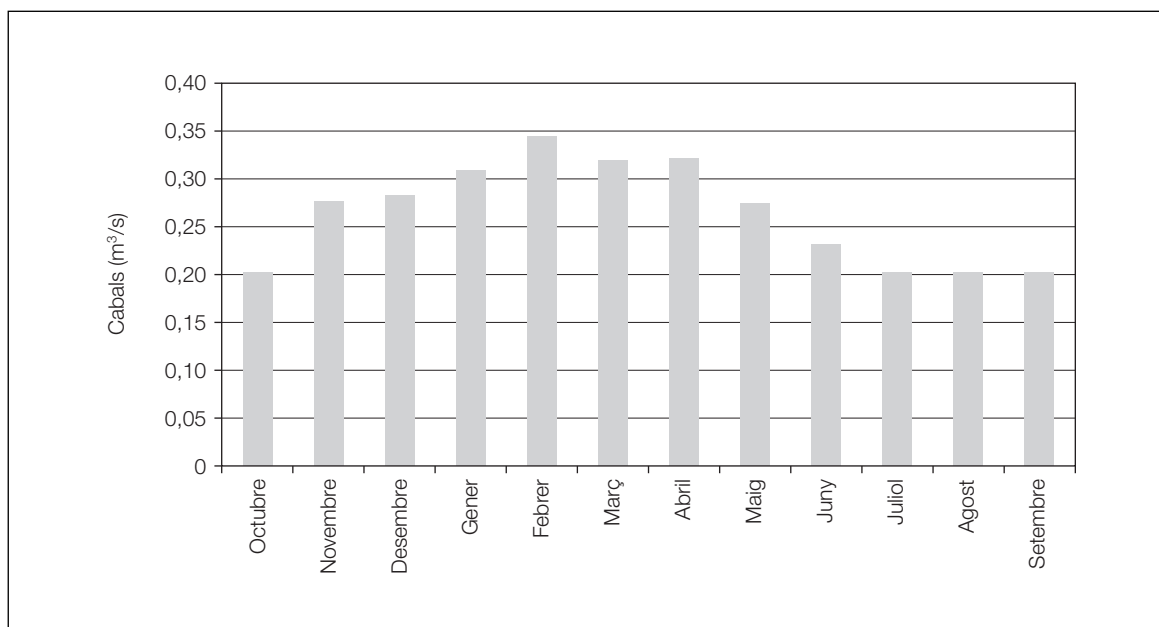


Figura 6. Mitjana dels valors de cabals baixos mensuals des del 1924 fins al 2006.

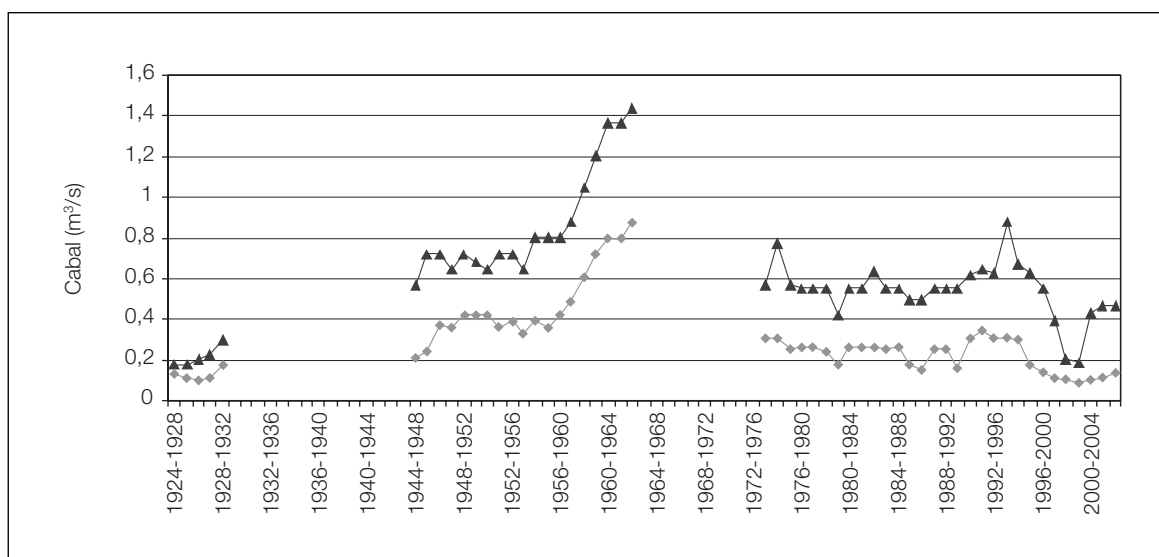


Figura 7. Llindars superior i inferior del rang de cabals elevats a l'EA15 per als quinquennis des del 1924-1928 fins al 2002-2006 (EA15).

xos mensuals sempre inferior als 0,35 metres cúbics per segon, i en la majoria dels mesos inferior als cabals de manteniment establerts (fig. 6). Aquest resultat il·lustra les deficiències hídriques i el poc marge de gestió durant tot l'any, atès que la meitat de dies el cabal no satisfà els requeriments ecològics, especialment a l'estiu.

Referent als llindars dels cabals elevats, s'observa una tendència a l'estabilització en valors de 0,60 metres cúbics per segon el llindar superior i de 0,25 metres cúbics per segon l'inferior,

si bé aquests han disminuït durant la darrera dècada per efecte dels distints períodes de sequera i dels anys extraordinàriament secs (fig. 7). Cal notar que el llindar inferior coincideix en el rang de valors definits pel cabal de manteniment (0,204-0,305 m³/s). Finalment, es produeix un augment de la freqüència de dies amb cabals elevats, és a dir, augmenta la probabilitat de tenir «torderades» i també es dona una major variabilitat interanual entre períodes successius (fig. 8).

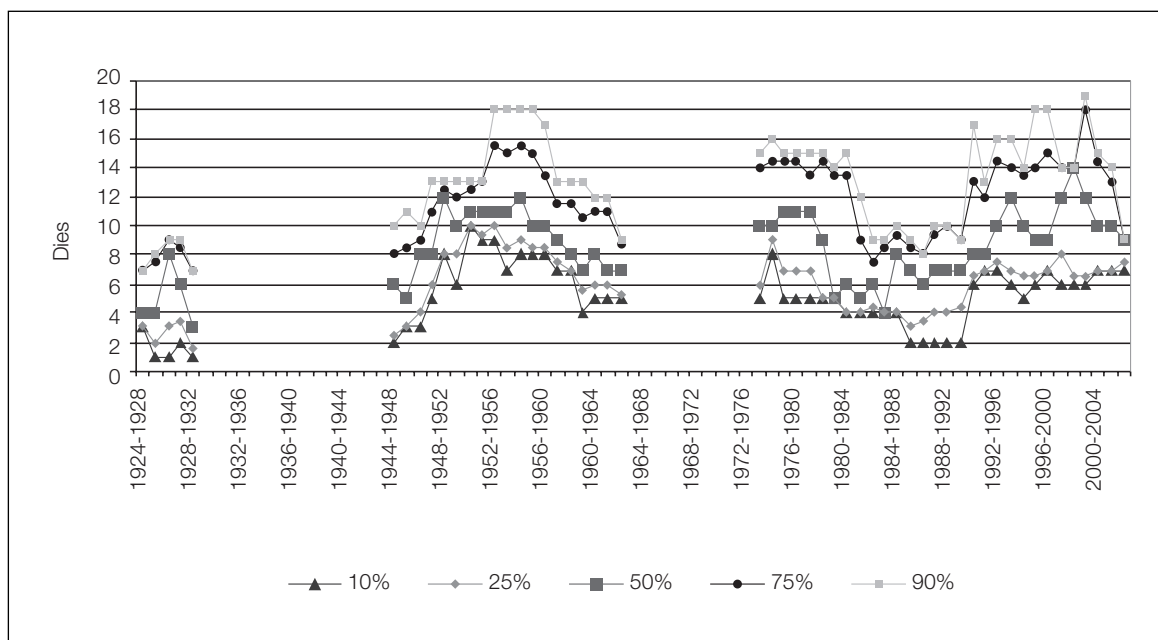


Figura 8. Freqüència de dies a l'any amb polsos de cabal elevat a l'EA15 des del període 1924-1928 fins al 2002-2006.

Així doncs, d'aquesta anàlisi es desprenen dues observacions respecte a la gestió hidrològica de la conca alta de la Tordera. La primera d'aquestes és la dificultat de satisfer el cabal de manteniment amb els cabals reals i amb les derivacions existents actualment i, alhora, d'afrontar un increment de la demanda en el futur. La segona, els límits de cabals elevats se situen actualment en valors inferiors als registrats a meitat del segle xx, i propers a les propostes de cabals de manteniment. Aquest resultat indica que cal atorgar el màxim interès a la gestió d'aquests cabals reduïts, majoritaris en el registre d'aforament i indispensables per al manteniment del bon estat hidrològic d'aquest riu. Cal fer esment que aquests cabals estan influenciats pels retorns d'aigua residual tractada i industrial a la llera, amb proporcions que poden assolir fins al 50% del cabal que transcorre pel tram mitjà de la Tordera (NEGRE *et al.*, 2004 i MAS-PLA, 2005).

Resultats obtinguts a partir de l'anàlisi RVA

La determinació de dos períodes per a la comparació dels règims hidrològics s'ha basat en els resultats obtinguts en les anàlisis IHA i EFC exposades, en les quals es detecta que, majoritàriament, és a partir de la dècada de 1960-1970 que

s'observa algun tipus de canvi en la dinàmica fluvial de la conca. És per aquest motiu que s'ha escollit l'any 1965 com a any en què es manifesta aquest canvi i que coincideix, a grans trets, amb el desenvolupament econòmic de la comarca.

D'aquesta manera, els resultats de l'anàlisi RVA a partir de les dades de cabal diàries del tram alt de la Tordera consideren dos períodes: a) el període preimpacte corresponent als anys 1924-1965, i b) el període postimpacte corresponent als anys 1965-2006. Així, s'observa, en primer lloc, que els cabals mensuals han experimentat un canvi moderat; és a dir, al llarg de l'any el cabal que circula pel tram estudiat de la Tordera és similar al que circulava abans del 1965, excepte a l'estiu i a la tardor (fig. 9). No obstant això, els cabals mínims i màxims anuals han experimentat un canvi notable, de manera que els cabals mínims són inferiors en el segon període respecte del primer i els cabals màxims, superiors. Els cabals mensuals baixos també han disminuït notablement. Per altra banda, els valors de cabal basal del primer període dupliquen els valors del segon període.

Els paràmetres que fan referència als polsos de cabal ens permeten observar que el nombre de polsos de cabal baix han augmentat, però la durada és la mateixa, i que el nombre de polsos de cabal elevat es manté uniforme, malgrat que la seva durada en dies és superior.

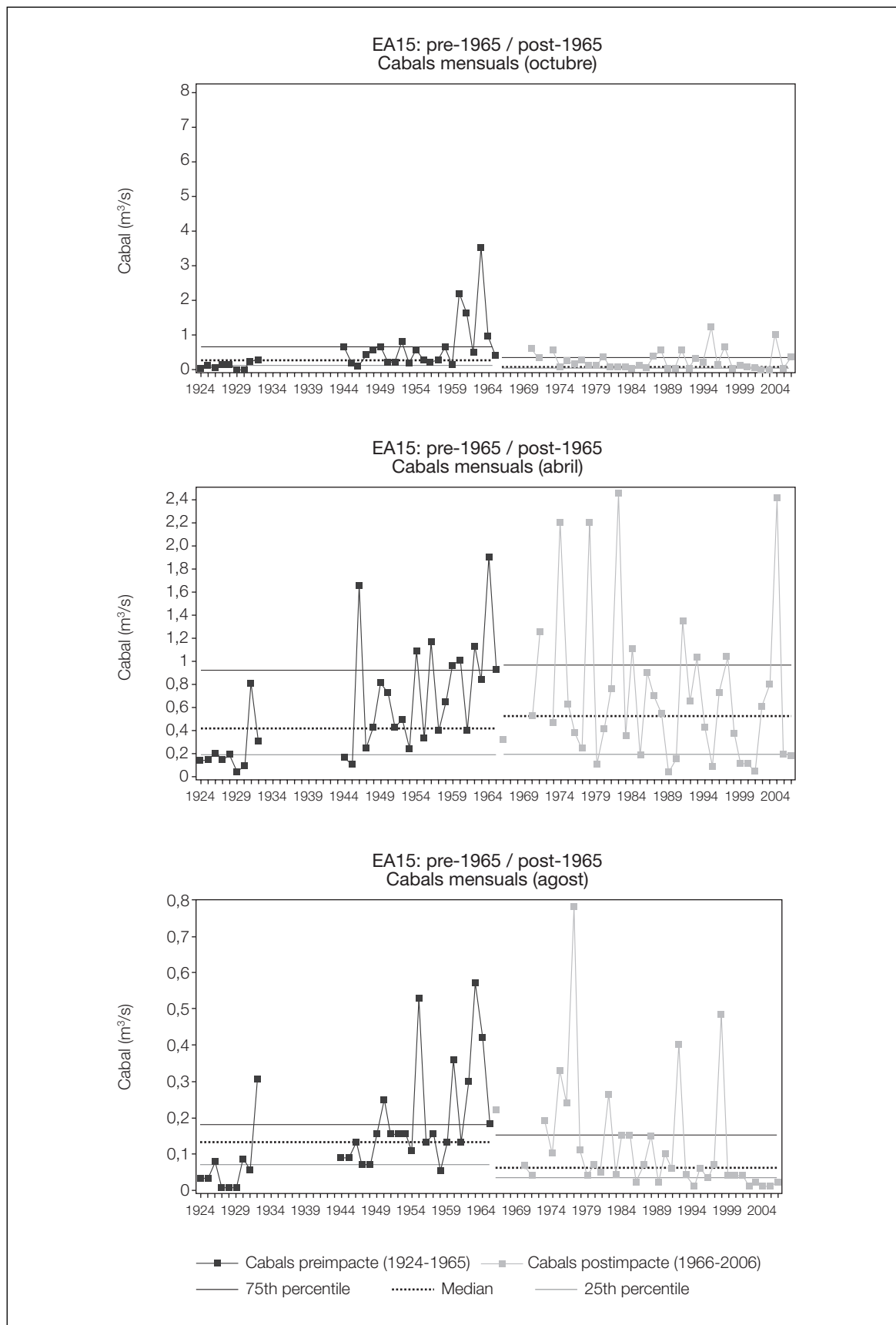


Figura 9. Cabal mensual dels quinquennis des del 1924-1928 fins al 2002 -2006 i resultats de l'anàlisi del rang de variabilitat en els períodes 1924-1965 (preimpacte) i 1966-2006 (postimpacte) per als mesos d'abril, agost i octubre.

Conclusions

En aquest treball s'ha estudiat la variabilitat del cabal de la Tordera en els darrers vuitanta anys, amb l'objectiu d'aportar criteris de gestió que contribueixin a la preservació del sistema hidrològic i dels seus valors ecològics. Utilitzant el mètode dels indicadors de l'alteració hidrològica s'observa que els cabals han tendit a disminuir en alguns dels diferents paràmetres i a mostrar major variabilitat en els darrers 35-40 anys. S'opina que la informació derivada dels paràmetres IHA és il·lustrativa de la realitat hidrològica de la Tordera i entenedora pel que fa al coneixement de la seva dinàmica.

En aquesta anàlisi estadística dels cabals es recupera la idea exposada per RICHTER *et al.* (1998) de caracteritzar l'estat dels rius per un règim de cabals natural, la qual cosa implica assumir una determinada variabilitat dels cabals per part del gestor. Així, les condicions prèvies a l'any 1965 poden reflectir l'estat original de la conca que podria definir-se de referència en els objectius de recuperació de la Tordera.

Finalment, la magnitud dels canvis hidrològics observats a la conca alta del Montseny suggereixen una variació del cabal més gran que la que es podria esperar de l'augment en la demanda antròpica succeït en aquesta zona de muntanya. Per aquesta raó, i a l'espera de dades d'increment històric del consum de recursos locals, apuntem que la variabilitat hidrològica derivada de l'anàlisi efectuada és atribuïble al canvi global.

Agraïments

El projecte Observatori de la Tordera (<http://www.observatoriutordera.org>) està finançat per l'Agència Catalana de l'Aigua i dirigit des de l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals de la Universitat Autònoma de Barcelona. Els autors agraïeixen a

l'ACA la seva disponibilitat a proporcionar les dades de cabals per a aquest estudi.

Bibliografia

ACA (2004): *Pla sectorial de cabals de manteniment a les conques internes de Catalunya*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Inèdit.

ACA (2006): *Protocol HIDRI. Protocol d'avaluació de la qualitat hidromorfològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge.

BOADA, M. (2002): *El Montseny. Cinquanta anys d'evolució dels paisatges*. Pub. Abadia de Montserrat, 279 pàgines.

IPCC (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.

MAS-PLA, J. (2005): «Elements per a la gestió hidrològica al tram mig de la Tordera», dins *VI Trobada d'Estudiosos del Montseny*. Diputació de Barcelona, Monografia 41, p. 157-161.

NEGRE, C., MAS-PLA, J. i MENCÍO, A. (2004): «Valoració de les aportacions naturals i antròpiques al cabal en el curs mig de la Tordera (CIC) i connotacions ambientals derivades», dins *IV Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua*. Edició en CD.

RICHTER, B. D., BAUMGARTNER, J. V., POWELL, J. i BRAUN, D. P. (1996): «A Method for Assessing Hydrologic Alteration Within Ecosystems», dins *Conservation Biology*, núm. 10, p. 1163-1174.

RICHTER, B. D., BAUMGARTNER, J. V., WIGINGTON, R. i BRAUN, D. P. (1997): «How Much Water Does a River Need?», dins *Freshwater Biology*, núm. 37, p. 231-249.

RICHTER, B. D., BAUMGARTNER, J. V., BRAUN, D. P. i POWELL, J. (1998): «A Spatial Assessment of Hydrologic Alteration Within a River Network», dins *Regulated Rivers*, núm. 14, p. 329-340.

TNC (2007). *Indicators of Hydrologic Alteration, version 7. User's Manual*. The Nature Conservancy.