

Canvis en la comunitat de macroinvertebrats i en la qualitat ecològica d'un torrent de muntanya del Parc Natural del Montseny. Importància de la variabilitat climàtica

Narcís Prat Fornells, Pau Fortuño Estrada i Maria Rieradevall Sant

Grup de recerca FEM (Freshwater Ecology and Management), Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona. Barcelona

Resum

El grup de recerca FEM recull mostres de macroinvertebrats aquàtics als cursos fluvials del Montseny des de l'any 1979 en el marc del programa d'estudi de la qualitat ecològica dels rius, amb una periodicitat de dos cops a l'any des del 1994. S'han analitzat els canvis en la comunitat al punt de mostreig de referència del torrent de Riudeboix. En aquest període, el riu es va assecar en cinc ocasions i en dues va quedar reduït a unes petites basses. Mitjançant un índex pluviomètric (SPI), es comprova com la situació hidrològica del riu reflecteix la pluja dels tres mesos anteriors. La riquesa taxonòmica de macroinvertebrats i els valors dels indicadors biològics mostren una gran variabilitat en el temps, sempre en el rang de la bona qualitat. En els darrers trenta anys, no s'aprecien canvis importants en la presència d'alguns gèneres considerats molt sensibles als canvis de temperatures i d'estat hidrològic.

Paraules clau

biodiversitat, macroinvertebrats, qualitat ecològica dels rius, SPI, situació hidrològica, canvi climàtic

Resumen

Cambios en la comunidad de macroinvertebrados y en la calidad ecológica de un torrent de montaña del Parque Natural del Montseny. Importancia de la variabilidad climática

El grupo de investigación FEM recoge muestras de macroinvertebrados acuáticos en los cursos fluviales del Montseny desde el año 1979 en el marco del programa de estudio de la calidad ecológica de los ríos, y con una periodicidad de dos veces al año desde 1994. Se han analizado los cambios en la comunidad en el punto de muestreo de referencia del torrente de Riudeboix. En este período, el río se secó en cinco ocasiones y en dos quedó reducido a pequeñas pozas. Mediante un índice pluviométrico (SPI), se comprueba como la situación hidrológica del río refleja la lluvia de los tres meses anteriores. La riqueza taxonómica de macroinvertebrados y los valores de los indicadores biológicos muestran gran variabilidad en el tiempo, siempre en el rango de la buena calidad. En los últimos treinta años, no se aprecian cambios importantes en la presencia de algunos géneros considerados muy sensibles a los cambios de temperaturas y del estado hidrológico.

Palabras clave

biodiversidad, macroinvertebrados, calidad ecológica de los ríos, SPI, situación hidrológica, cambio climático

Abstract

Chapter Title

Text

Keywords

keywords

Introducció

L'estudi continuat i estandarditzat dels organismes al llarg del temps és molt important per poder validar els canvis ambientals que s'estan produint a la biosfera. En el cas dels ecosistemes aquàtics, es considera que aquests organismes es troben entre els ecosistemes més sensibles, ja que, a més d'haver d'afrontar els efectes directes de l'augment de la temperatura en els processos ecològics i de la disponibilitat d'aigua lligada a variacions en les precipitacions, els ecosistemes fluvials estan exposats a altres pressions que hi interactuen (eutrofització, increment de l'erosió, augment de l'absorció d'aigua, etc.) (ORMEROD, 2009). De fet, hi ha poques sèries que compreguin més de deu anys d'observació (si es considera deu anys el límit mínim per poder definir tendències robustes al canvi) (JACKSON i FÜREDER, 2006). En aquests estudis, els paràmetres analitzats solen ser paràmetres ambientals, com ara la hidrologia o la temperatura de l'aigua, i en uns quants s'inclou la informació de la resposta dels organismes. En el cas de l'estudi de les poblacions i les comunitats de macroinvertebrats aquàtics, hi ha algun estudi sobre els rius permanents de clima temperat (ROSENZWEIG *et al.*, 2008), i poques dades referents als rius mediterranis (BÊCHE i RESH, 2007; LAWRENCE *et al.*, 2010).

És precisament en aquest context que prenen rellevància les dades sobre els rius de la província de Barcelona recollides pel grup de recerca FEM (Freshwater Ecology and Management) del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona amb el finançament de la Diputació de Barcelona. Es disposa de dades esparses des del 1979, i de forma continuada (dues vegades a l'any com a mínim) des del 1994. Es tracta d'un dels pocs programes que, sempre sota la responsabilitat del mateix grup de recerca, fa aquest seguiment continuat a l'Estat espanyol. L'estudi es du a terme en diversos punts dels rius Llobregat, Besòs i Foix, i el seu objectiu principal és fer un seguiment de la qualitat de les aigües dels rius emprant els macroinvertebrats i sota un protocol específic dissenyat per a l'ocasió i que es pot consultar de forma detallada a www.ecobill.diba.cat/ (PRAT *et al.*, 2012). Es pot llegir un resum dels resultats d'aquest programa de seguiment a PRAT i RIERADEVALL (2006) i dels de la riera d'Avencó, a CARCELLER *et al.* (2002).

L'objectiu d'aquest treball és presentar les dades de l'evolució de la comunitat de macroin-

vertebrats del torrent de Riudeboix, un petit torrent de muntanya que es troba a la capçalera de la riera d'Avencó al Parc Natural del Montseny. S'ha escollit aquesta localitat perquè no està alterada per cap activitat antropogènica directa en la seva conca hidrològica i perquè es troba dins una zona protegida, de manera que s'espera que els canvis que s'observin en les comunitats d'organismes estiguin relacionats només amb variacions climàtiques. S'utilitzen tant les dades a nivell de família generades per a l'aplicació d'índexs de qualitat de l'aigua, com també les dades de més resolució taxonòmica (gènere) de què disposem d'algunes famílies d'insectes aquàtics (plecòpters i efemeròpters), per tal de reflexionar sobre el possible efecte de l'augment de la temperatura i la disminució de la pluviositat que s'ha donat a la zona des del 1979 en la composició de la comunitat.

Lloc d'estudi

El torrent de Riudeboix té una longitud de només 0,9 km i una àrea de conca de 0,88 km². El punt de mostreig se situa riu amunt per sobre el pont de la carretera del Brull a Collformic. Aquest torrent està inclòs en la xarxa de l'Agència Catalana de l'Aigua de punts de referència dels rius mediterranis silícics. Les seves característiques físicoquímiques han variat poc al llarg dels anys d'estudi, que comprèn dos períodes, la caracterització inicial que es va fer entre el 1979 i el 1980, i el programa de seguiment que s'inicià el 1994 i que s'ha mantingut de forma continuada fins a l'actualitat.

Material i mètodes

Els materials i mètodes d'estudi són explicats de manera detallada en la pàgina web del programa Qualitat dels rius de la província de Barcelona (www.ecobill.diba.cat/). De forma resumida, podem dir que es va visitar aquesta localitat com a mínim dues vegades a l'any des del 1994, una a la primavera i una altra a l'estiu. En cada campanya, es prenen mostres de macroinvertebrats seguint el protocol GUADALMED (JÁIMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2002), que consisteix en una mostra integrada recollida amb una xarxa circular de 30 cm de diàmetre i una malla de porus de 250 µm. El material recollit era identificat en part al camp per comprovar que s'es-

tava agafant la màxima diversitat d'organismes, requisit indispensable per poder calcular l'índex biològic IBMWP (ALBA-TERCEDOR i SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988) i, posteriorment, era fixat en formol per fer-ne una tria i identificar-lo al laboratori. En cas que hi hagués un nombre elevat d'invertebrats, es triaven fins a 300 individus i se'n feien submostres, tal com s'indica en els protocols per avaluar la qualitat biològica de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2006). Finalment, s'examinava tota la mostra per detectar-hi els individus menys abundants. Tots els individus identificats i classificats formen part de la col·lecció del grup de recerca FEM, convenientment etiquetats i preservats en etanol al 70% per si en un futur es volen estudiar amb més detall i se'n vol millorar la resolució taxonòmica.

En cada visita al tram d'estudi, s'obtenien dades d'alguns paràmetres ambientals (cabals) i fisicoquímics mesurats directament al camp (conductivitat, temperatura, oxigen i pH), i es recollia aigua per analitzar-ne els nutrients al laboratori (amoni, nitrits, nitrats, sulfats, clorurs). També s'ha mesurat l'índex IHF (índex d'hàbitat fluvial) i l'índex QBR (qualitat del bosc de ribera), els quals no han mostrat cap variació al llarg del temps i sempre mostren valors elevats, tal com correspon a un punt de referència.

A l'hora d'analitzar l'estructura de la comunitat de macroinvertebrats, utilitzarem diferents mètriques: la riquesa de famílies (S); el valor d'EPT (suma del nombre de famílies d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters) per representar els organismes de preferències reòfiles (d'aigües ràpides); el valor d'OCH (suma del nombre de famílies d'odonats, coleòpters i heteròpters) per representar els organismes de preferències d'aigües més tranquil·les, i el valor de la relació EPT/(EPT+OCH) (BONADA *et al.*, 2006, 2007) com a expressió dels canvis en la composició de la comunitat respecte a la variació en la disponibilitat d'hàbitat hidràulic. Finalment, valorarem la qualitat de l'aigua amb el valor de l'índex biològic IBMWP i amb l'IASPT (o valor indicador mitjà de totes les famílies presents en un mostreig determinat).

Resultats

Condicions hidrològiques i estat ecològic

El torrent de Riudeboix està poc mineralitzat i presenta una conductivitat mitjana de $67 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ i poca variabilitat dels valors dels diferents pa-

Taula 1. Característiques fisicoquímiques del torrent de Riudeboix (Montseny). Valors mitjans, mínims, màxims i desviació estàndard per al període estudiat

	Mitjana	Mínim	Màxim	Desv. est.
pH	7,81	6,38	9,10	0,68
Oxigen (mg/l)	8,95	3,82	12,50	2,69
Oxigen (% sat.)	83,63	33,30	120,40	22,37
Temperatura (°C)	11,48	6,10	17,60	3,82
Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	67,3	31,1	177,0	29,2
TOC (mg/l)	2,04	1,50	2,90	0,48
SS (mg/l)	3,26	0,00	5,00	1,82
Amoni (mg N-NH_4^+ /l)	0,160	0,000	0,900	0,220
Nitrits (mg N-NO_2^- /l)	0,010	0,002	0,060	0,013
Nitrats (mg N-NO_3^- /l)	0,287	0,010	0,600	0,211
Fosfats (mg P-PO_4^{3-} /l)	0,040	0,005	0,072	0,017
Sulfats (mg/l)	9,75	4,00	22,00	5,41
Clorurs (mg/l)	5,08	0,75	13,80	2,91

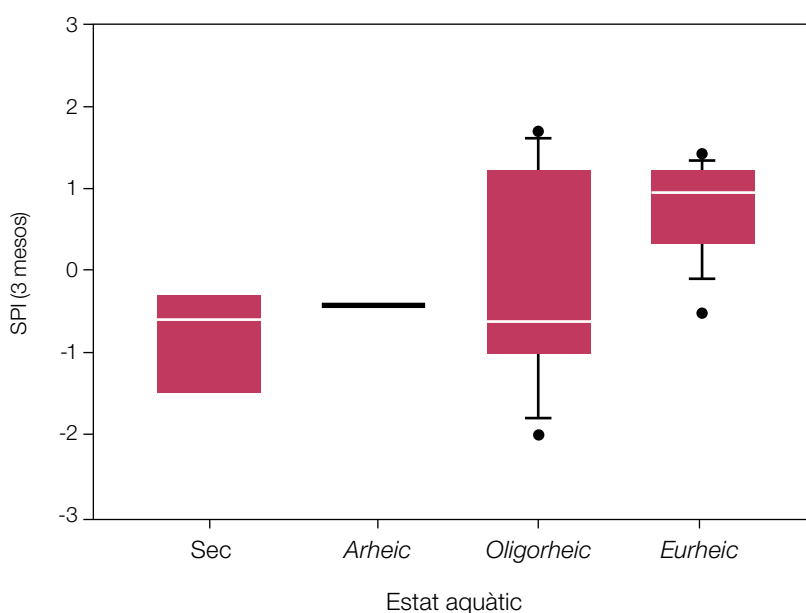
ràmetres ambientals analitzats, tot i que tendeix a mostrar valors més elevats en tots aquests paràmetres en moments de baix cabal (**taula 1**). El pH és neutre o lleugerament alcalí (mitjana de 7,8), amb continguts d'oxigen dissolt sempre elevats (**taula 1**). Els nutrients hi són sempre presents en quantitats molt baixes. La composició iònica es pot trobar detallada en l'estudi de PRAT *et al.* (1983).

El cabal fluctua àmpliament, fins al punt que a vegades el riu es troba totalment sec (cinc visites de les 39 realitzades), mentre que en dues ocasions estava reduït a unes poques basses desconnectades entre les unes de les altres. El cabal fluctua entre valors inferiors a 1 l/s fins a un màxim mesurat per nosaltres d'11 l/s. Cal tenir en compte que es visitava la localitat per poder mostrejar la comunitat d'organismes, fet que requereix nivells de cabal baixos i estables, de manera que s'evitaven els moments de creixuda. De la trentena de mesures de cabal fetes, només dues igualen o sobrepassen els 5 l/s, mentre que moltes altres es troben per sota dels 0,5 l/s. Atès que les comunitats d'organismes aquàtics depenen molt dels macrohàbitats presents (basses i zones de corrent als rius), el projecte MIRAGE ha desenvolupat una caracterització dels rius en diferents estats hidrològics que anomenem estats aquàtics, els quals condicionen de manera important la composi-

ció i l'estructura de la comunitat d'organismes. Aquests estats es troben definits de forma detallada en el treball de GALLART *et al.* (2012). Seguint aquella nomenclatura, el torrent de Riudeboix es va qualificar cinc vegades en l'estat sec, mentre que en tres ocasions es trobava en estat *arheic* (és a dir, reduït a unes poques basses desconnectades entre si). Amb valors de cabal tan minsos, com ara 0,5 l/s, el riu no s'acaba d'assecar i manté, excepte a ple estiu, un filet d'aigua que connecta les basses i que és molt important per al manteniment de la vida aquàtica. Aquest estat s'anomena *oligorheic*, el qual es va diagnosticar vuit vegades en total. Finalment, gairebé sempre s'ha trobat el torrent en estat *eurheic*, és a dir, amb flux d'aigua i amb la presència dels dos macrohàbitats principals –basses i zones de corrent alhora– (**taula 2**). Quan en algun mostreig no hi havia mesures de cabal, hem definit els estats aquàtics emprant les fotografies que es fan de manera rutinària en el moment del mostreig.

Atès que no es disposa de dades de cabal en continu, hem utilitzat l'*Standardized Precipitation Index* (SPI), tal com es va definir en el treball de MUNNÉ i PRAT (2011), per determinar si hi ha cap relació entre els estats aquàtics i les condicions hidrològiques (definides aquí com les de pluja anteriors al moment del mostreig, que és el que mesura l'índex SPI). Tal com

Figura 1. Valors de l'índex de pluviositat SPI dels tres mesos anteriors al mostreig per a cadascun dels estats aquàtics (AS) al torrent de Riudeboix (Parc Natural del Montseny) en el període 1995-2012



Taula 2. Estat aquàtic (AS) i estat ecològic del torrent de Riudeboix (Montseny)

AS	cabal (l/s)	N (estació de l'any)	S	EPT	OCH	EPT / OCH + EPT	IASPT	IBMWP	IBMWP Mínim i màxim
Eurheic	> 1	14 (13P i 1E)	23	10	3,1	0,76	6	136	73-200
Oligorheic	< 1	8 (3P i 5E)	26	11	3,9	0,72	6	152	103-185
Arheric	0	3 (3E)	24	9	3,5	0,70	5	128	73-158
Sec		5 (5E)							

N = nombre de mostreigs en què s'ha trobat un AS determinat i la seva distribució per èpoques de mostreig (P = primavera, E = estiu). S = mitjana de la riquesa de famílies de macroinvertebrats aquàtics. EPT = mitjana de la suma del nombre de famílies d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters. OCH = mitjana de la suma del nombre de famílies d'odonats, coleòpters i heteròpters. EPT/OCH+EPT = valor mitjà de l'índex proposat en BONADA *et al.* (2006). IASPT = mitjana del valor indicador mitjà de les famílies de macroinvertebrats (de 0 a 10). IBMWP = mitjana del valor d'aquest índex de qualitat de l'aigua.

mostra la **figura 1**, si es calcula l'SPI antecedent amb els tres mesos anteriors al mostreig a partir de les dades de precipitació mensual de l'estació meteorològica automàtica de Tagamanent (font: Servei Meteorològic de Catalunya), l'estat aquàtic es relaciona bé amb el valor de l'SPI, amb valors positius per a l'estat *eurheic* i molt negatius en el sec, en què el més variable és l'estat *oligorheic*. Tal com vam indicar en MUNNÉ i PRAT (2011), l'SPI és un bon índex per mostrar quines han estat les condicions de cabal anteriors al moment del mostreig i per definir períodes humits i secs als rius mediterranis.

Una qüestió interessant és comprovar si aquests canvis en l'estat hidrològic suposen canvis en les comunitats de macroinvertebrats. Pel que podem observar en la **taula 2**, no hi ha diferències importants entre el nombre de taxa o les mètriques per mesurar l'estat ecològic dels estats aquàtics *eurheic* i *oligorheic*, mentre que en el període eixut (*arheic*) s'observa que el nombre de taxa i l'IBMWP es mantenen elevats; en canvi, l'EPT i l'IASPT disminueixen. Això és conseqüència del fet que la pèrdua de diversitat lligada a la disminució de tàxons EPT (efemeròpters, plecòpters i tricòpters) és compensada pel nombre més elevat d'OCH (odonats, coleòpters i heteròpters), de manera que el nombre de taxa total es manté. Tal com recullen la **taula 2** i la **figura 2**, l'estat *eurheic* és freqüent a la primavera; mentre que l'*oligorheic*, l'*arheic* i el sec es troben a l'estiu. El valor de l'índex biològic IBMWP és molt variable en tots els estats aquàtics amb grans canvis segons els anys i no mostra una relació directa amb l'SPI. Si utilitzem els límits de qualitat fixats per l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua) per als rius de tipologia

similar al torrent de Riudeboix, veiem que el torrent sempre es troba en un estat bo o molt bo.

Canvis a llarg termini de la comunitat de macroinvertebrats

Les dades dels anys 1979 i 1980 no són comparables del tot a les posteriors per la forma com es va mostrejar; per això, només es pot comparar tota la sèrie a partir de l'any 1995. Aquesta sèrie s'inicia després d'un tempesta molt fortes caigudes a la tardor del 1994 que van arrossegar riu avall bona part de la comunitat, la qual es va començar a recuperar, pel que fa al nombre total de taxa, el 1996.

Com es pot observar en la **figura 3**, el nombre de famílies de macroinvertebrats trobades fluctua entre les 10 (abril del 1997) i més de 30 (2011), amb grans variacions al llarg del temps. Després de les importants afectacions provocades per les pluges fortes del 1994, la taxa d'acumulació de famílies en els anys inicials és alta fins al final de l'any 2000, en què ja s'havien acumulat la majoria de les famílies. S'observa que a partir d'aquest any només hi ha com a molt una família per any i que solen ser famílies rares, sempre en densitats molt baixes, excepte en el 2003, en què es van incrementar lleument. La biodiversitat total acumulada de macroinvertebrats aquàtics en aquesta localitat del Montseny és elevada, amb més de 70 famílies (**figura 4**). Ara bé, tal com mostra aquesta figura, la meitat de les famílies són poc freqüents (es presenten en menys del 20% dels casos) i només cinc superen el 70% de freqüència d'aparició. La majoria de les famílies amb una freqüència elevada són insec-

Figura 2. Variació del valor d'algunes mètriques d'estructura de la comunitat de macroinvertebrats aquàtics i de la qualitat biològica amb relació a l'estat aquàtic del torrent de Riudeboix (Parc Natural del Montseny) en el període 1995-2012

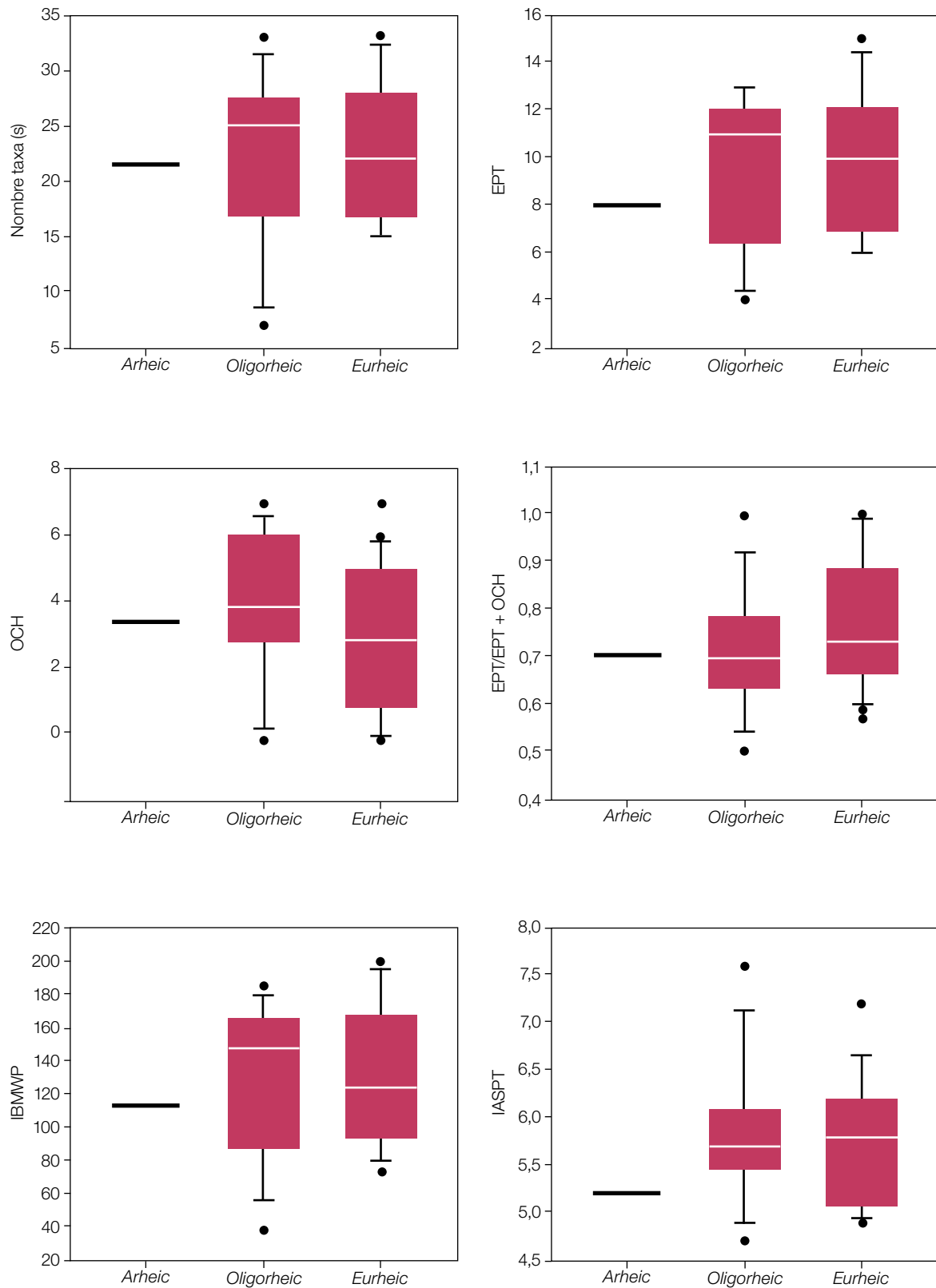
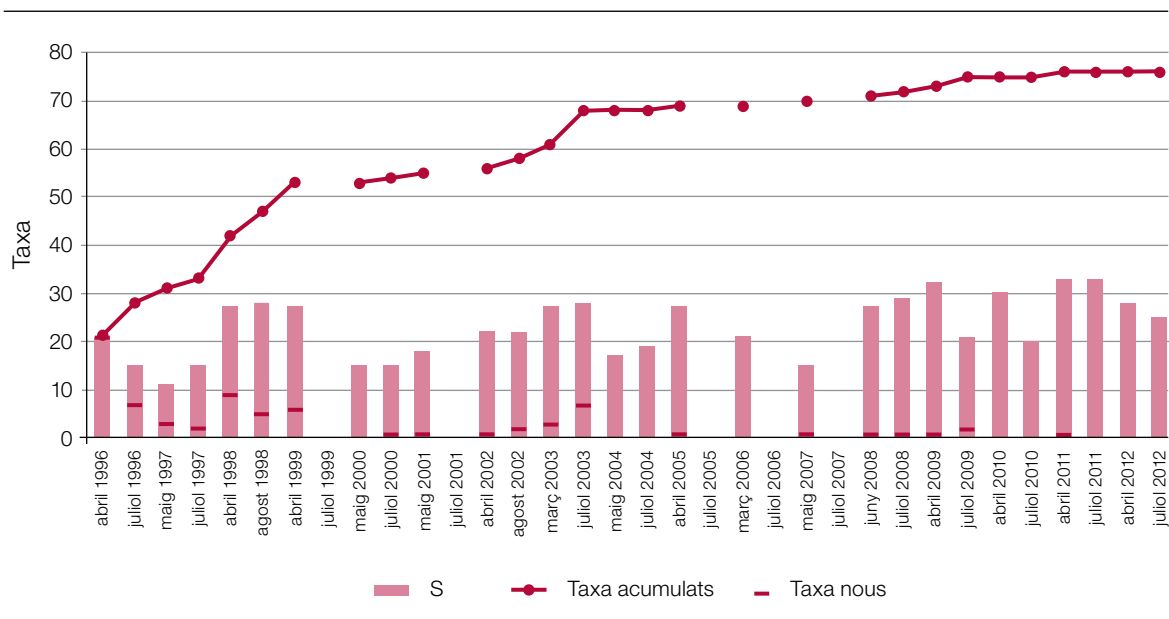


Figura 3. Evolució del nombre de famílies (S) de macroinvertebrats, del nombre de famílies noves (taxa nous) i del nombre de famílies acumulat durant tot el període d'estudi (taxa acumulats) al torrent de Riudeboix (Parc Natural del Montseny)



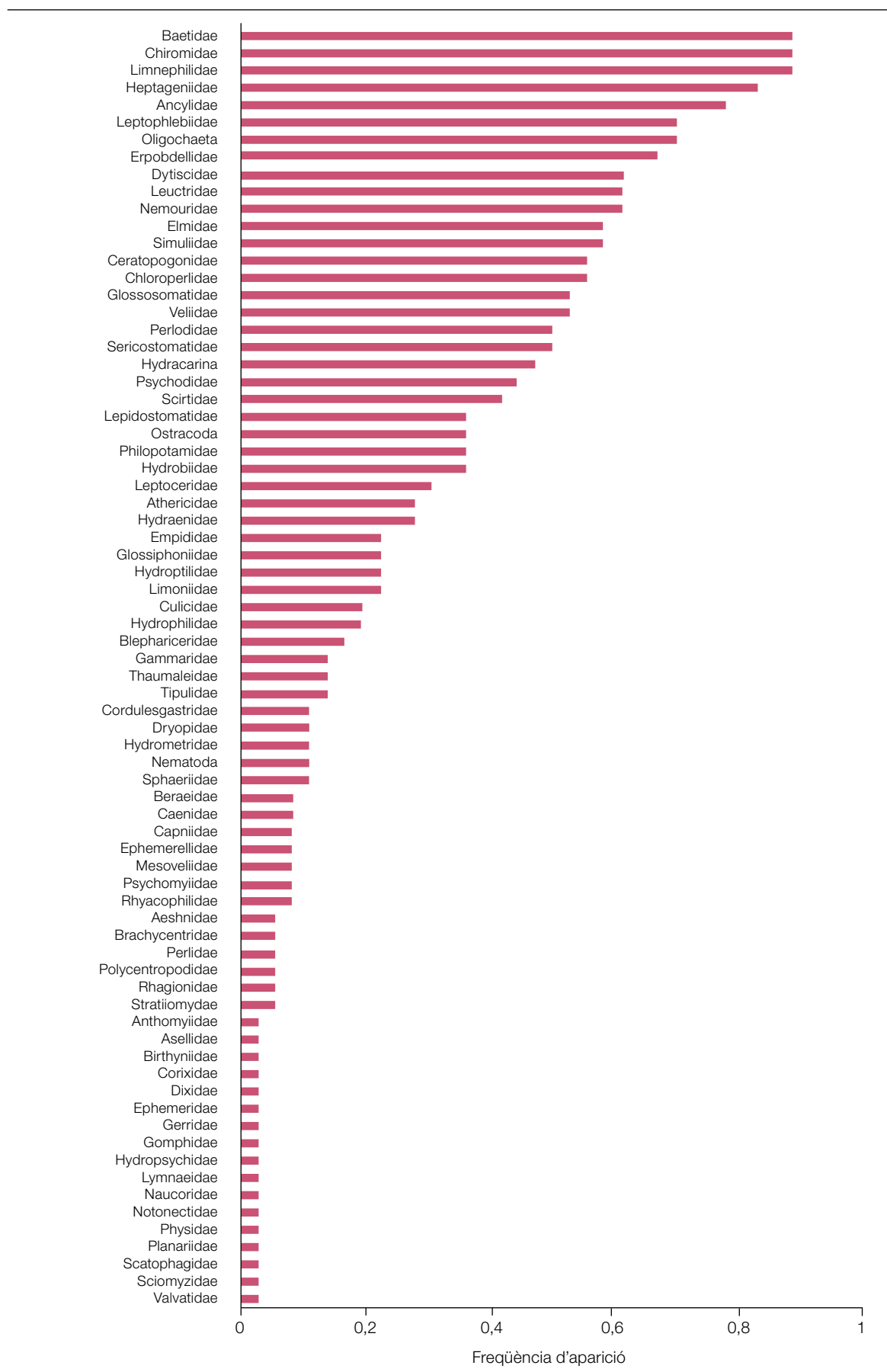
tes aquàtics, mentre que la majoria de gasteròpodes o els crustacis que no tenen una fase aèria són poc freqüents (llevat dels Ancyliidae). Això està relacionat amb el fet que, com que es tracta d'un lloc que s'asseca tot sovint, les espècies menys resistents i menys resilients (sobretot les que tenen poca capacitat de dispersió) no hi són presents.

La millora de la resolució taxonòmica en els temps inicial i final de la sèrie temporal estudiada (1979-2012) per a dos dels ordres coneguts perquè presenten un bon nombre de taxons propis d'aigües fredes i netes i, per tant, són indicadors d'un possible canvi climàtic, aporta alguns resultats interessants. La comparació de la llista de taxa d'efemeròpters i de plecòpters mostra moltes similituds (taula 3), amb només dos gèneres nous i sense cap extinció. No hem pogut identificar genèricament algunes famílies perquè són poc freqüents en la sèrie i perquè no eren presents en cap dels dos anys analitzats.

Discussió

Les dades del torrent de Riudeboix ens mostren la utilitat de la recol·lecció sistemàtica de dades a l'hora d'interpretar futurs canvis i la necessitat de mantenir xarxes de control d'aquests tipus. Tot i les dades de resolució taxonòmica baixa, s'observa clarament que l'acumulació de taxa

es forma molt ràpidament després d'una gran pertorbació, i que les famílies que són importants per a la comunitat de macroinvertebrats apareixen en pocs anys. Com que es tracta de mostres recol·lectades i analitzades per calcular índexs biològics de qualitat de l'aigua, l'objectiu taxonòmic fou el de família, fet que no permet analitzar les tendències de la biodiversitat, ja que només algunes de les famílies tenen nombrosos gèneres (per exemple, els dípters quironòmids). El manteniment de col·leccions del material recol·lectat es mostra aquí com una eina imprescindible per poder obtenir una visió més completa de la biodiversitat dels rius estudiats. Per exemple, en un estudi que hem fet en dues localitats de la mateixa xarxa d'estudi a l'Alt Llobregat [estació L56] i a la riera de Merlès [estació L61]), s'han classificat els efemeròpters, plecòpters i tricòpters recollits per al biomonitoratge fins a nivell d'espècie o de grups d'espècies (ja que les larves i nimfes de vegades no tenen caràcters diferenciadors de les espècies), i es mostra la sensibilitat d'aquests insectes aquàtics als canvis hidrològics (PACE *et al.*, sòtmès). Això suggereix l'interès que cal fer el mateix estudi per als rius del massís del Montseny. De moment, la identificació genèrica d'efemeròpters i plecòpters del 1979 i les del 2012 (taula 3) constaten que no hi ha hagut canvis importants. Aquest fet es podria interpretar com un símptoma de manca de resposta

Figura 4. Freqüència d'aparició de la taxa durant el període d'estudi (1979-1980 i 1994-2012) al torrent de Riudeboix

Taula 3. Famílies d'efemeròpters i plecòpters, la seva freqüència d'aparició en tot el període d'estudi al torrent de Riudeboix i gèneres identificats d'aquests ordres els anys 1979 i 2012

Ordre	Família	Freqüència	Gènere	1979	2012
Plecoptera	Capniidae	0,08			
	Chloroperlidae	0,55	<i>Siphonoperla</i>	x	x
	Leuctridae	0,61	<i>Leuctra</i>	x	x
	Nemouridae	0,61	<i>Amphinemura</i>	x	x
			<i>Nemoura</i>	x	x
			<i>Protonemura</i>	x	x
	Perlidae	0,05			
Ephemeroptera	Perlodidae	0,50	<i>Isoperla</i>		x
	Baetidae	0,89	<i>Baetis</i>	x	x
	Caenidae	0,08			
	Ephemerellidae	0,08			
	Ephemeridae	0,02			
	Leptophlebiidae	0,69	<i>Habroleptoides</i>	x	x
			<i>Habrophlebia</i>		x
	Heptageniidae	0,83	<i>Ecdyonurus</i>	x	x

en l'ajust de les comunitats d'organismes als canvis ambientals produïts a la zona, tant als climàtics (temperatura i humitat) com en altres (la cobertura de la vegetació a la conca). Segons el *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics* (BAIC) del 2011 que ha publicat el Servei Meteorològic de Catalunya (Equip de Canvi Climàtic, 2012) i que sintetitzem en la [taula 4](#), per a l'estació meteorològica del turó de l'Home - puig Sesolles, s'han produït canvis en la temperatura mitjana i en la pluviositat.

Pel que sembla, la magnitud dels canvis documentats fins ara en el clima (increment de la temperatura de l'aire i augment de la irregularitat de les precipitacions) no ha significat un canvi substancial dels tàxons aquàtics més sensibles als canvis tèrmics i ambientals (els plecòpters i els efemeròpters) en el cas del torrent de Riudeboix. Podríem relacionar aquest fet amb la persistència del flux al riu en els moments clau del seu cicle biològic (des de la tardor fins a la primavera). Una indicació d'aquesta circumstància seria que, tal com mostra la [taula 2](#), en gairebé totes les primaveres l'aigua corre pel riu (estat *eurheic*) amb els dos macrohàbitats presents, per la qual cosa el riu és molt similar any rere any en aquesta època, tot i que a l'estiu es pugui assecar (estat sec) o

ritat de les precipitacions) no ha significat un canvi substancial dels tàxons aquàtics més sensibles als canvis tèrmics i ambientals (els plecòpters i els efemeròpters) en el cas del torrent de Riudeboix. Podríem relacionar aquest fet amb la persistència del flux al riu en els moments clau del seu cicle biològic (des de la tardor fins a la primavera). Una indicació d'aquesta circumstància seria que, tal com mostra la [taula 2](#), en gairebé totes les primaveres l'aigua corre pel riu (estat *eurheic*) amb els dos macrohàbitats presents, per la qual cosa el riu és molt similar any rere any en aquesta època, tot i que a l'estiu es pugui assecar (estat sec) o

Taula 4. Canvis en la mitjana anual i la mitjana estacional de la temperatura i de la precipitació a l'observatori del turó de l'Home - puig Sesolles (en °C/dècada per a la temperatura i % en la pluja)

	Anual	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Temperatura	+0,23*	+0,21*	+0,22*	+0,35*	+1,16*
Precipitació	-0,80	+4,00*	-1,80*	-3,70*	+1,30*

* Valors que mostren una variació estadísticament significativa.
Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

quedar reduït a basses (*arheic*) o amb basses connectades (*oligorheic*). No és clar que l'estat *arheic* sigui més comú en els darrers anys, de manera que no podem afirmar que tendeixi a circular menys aigua pel riu en la sèrie estudiada. Malgrat que no es disposa de dades contínues de cabals o de temperatura de l'aigua, sinó que són les mesures en les ocasions del mostreig, el fet que ni el nombre de taxa ni altres característiques de la comunitat hagin canviat gaire al llarg del període estudiat ens fa pensar que els possibles efectes del canvi climàtic als rius i rieres del Montseny (desaparició de taxa, per exemple) encara no s'han produït, com a mínim en aquest torrent. De totes maneres, cal ser prudent, ja que l'únic que podríem estar observant en aquest cas és l'elevada resiliència i resistència de les comunitats de macroinvertebrats en un ambient que es faria progressivament menys favorable als macroinvertebrats per la possible reducció de les èpoques de flux (estat *eurheic*). Si en el futur el progressiu augment de les temperatures (amb l'increment de l'evapotranspiració que això suposa), juntament amb un canvi en el règim de precipitacions, arribés a disminuir la durada de la fase *eurheica* del riu, podríem pensar que es podria produir un canvi radical en la composició i estructura de les comunitats dels macroinvertebrats.

Com ja hem dit anteriorment, si la conca té cada vegada més biomassa de vegetació, amb l'augment de la temperatura hi haurà més evapotranspiració i, per tant, menys aigua al riu, com ja s'ha demostrat per a diferents rius a Catalunya (PRAT i MANZANO, 2009), per la qual cosa la desaparició de les espècies sensibles als canvis de temperatura seria només una qüestió de temps, tant pels efectes directes de la temperatura en el cicle vital com pel fet que circularia menys aigua pels rius i que la secada estiuenca seria cada vegada més freqüent i més llarga.

Cal, doncs, estar atents al que passi en els propers anys per saber si les comunitats es mantenen o bé si hi ha canvis en la seva composició. Per tant, és imprescindible mantenir el programa de seguiment i al mateix temps re-examinar de nou les mostres que tenim dels diferents anys per classificar els organismes a un nivell taxonòmic més detallat i veure si podem relacionar la presència de les diferents espècies als canvis ambientals, en el sentit de comprovar si som davant d'una situació de deute d'extinció

(que encara no s'ha expressat) (KUUSSAARI *et al.*, 2009) i quant temps triguen a fer-se efectives les possibles extincions de tàxons degudes a la modificació de l'hàbitat.

Bibliografia

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2006): *BIORI, Protocol d'avaluació de la qualitat ecològica dels rius*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. 89 pàgines.

ALBA-TERCEDOR, Javier; SÁNCHEZ-ORTEGA, Antonino (1988): «Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978)». *Limnetica*, núm. 4; p. 51-56.

BÊCHE, Leah A.; RESH, Vincent. H. (2007): «Short-term climatic trends affect the temporal variability of macroinvertebrates in California 'Mediterranean' streams». *Freshwater Biology*, núm. 52; p. 2317-2339.

BONADA, Núria; RIERADEVALL, Maria; PRAT, Narcís; RESH, Vincent (2006): «Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in Mediterranean-climate streams of northern California». *Journal of the North American Benthological Society*, núm. 25(1); p. 3-43.

BONADA, Núria; RIERADEVALL, Maria; PRAT, Narcís (2007): «Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network». *Hydrobiologia*, núm. 589; p. 91-106.

CARCELLER, Fernando; FONS, Jaume; MARTÍN, Ricard; IBÁÑEZ, Joan Josep; PRAT, Narcís; RIERADEVALL, Maria; MUNNÉ, Antoni; CHACÓN, Guillem; ROMO, Àngel; CARMONA, Josep Maria; FONT, Xavier (2002): «Estudi de la biodiversitat de les rieres del Montseny (conca del riu Besòs). El cas de la riera de l'Avencó». *V Trobada d'estudiosos del Montseny*, Monografies, 33, p. 37-42. Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona.

EQUIP DE CANVI CLIMÀTIC (2012): *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics. Any 2011* [En línia]. Àrea de Climatologia, Servei Meteorològic de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. <www.20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Indicadors%20climatics%20a%20Catalunya/pdf/BAIC%202011/BAIC_2011.pdf>.

GALLART, Francesc; PRAT, Narcís; GARCÍA-ROGER, Eduard; LATRON, Jérôme; RIERADEVALL, Maria;

LLORENS, Pilar; BARBERÁ, G. G.; BRITO, D.; GIROLAMO, A. M. de; LO PORTO, A.; BUFFAGNI, Andrea; ERBA, Stefania; NEVES, R.; NIKOLAIDIS, N. P.; PERRIN, J. L.; QUERNER, E. P.; QUIÑONERO, J. M.; TOURNOUD, M. G.; TZORAKI, O.; SKOULIKIDIS, N.; GÓMEZ, Rosa; SÁNCHEZ-MONTOYA, Maria del Mar; FROEBRICH, J. (2012): «A novel approach to analysing the regimes of temporary streams in relation to their controls on the composition and structure of aquatic biota». *Hydrology and Earth System Sciences*, núm. 16; p. 3165-3182.

JACKSON, John K.; FÜREDER, Leopold (2006): «Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance». *Freshwater Biology*, núm. 51; p. 591-603.

JÁIMEZ-CUÉLLAR, Pablo; VIVAS, Soledad; BONADA, Núria; ROBLES, Santiago; MELLADO, Andrés; ÁLVAREZ, Maruxa; AVILÉS, Juan; CASAS, Jesús; ORTEGA, Manuel; PARDO, Isabel; PRAT, Narcís; RIERADEVALL, Maria; SÁINZ-CANTERO, Carmen Elisa; SÁNCHEZ-ORTEGA, Antonino; SUÁREZ, M. Luisa; TORO, Manuel; VIDAL-ABARCA, M. Rosario; ZAMORA-MUÑOZ, Carmen; ALBA-TERCEDOR, Javier (2002): «Protocolo GUADALMED (PRECE)». *Limnetica*, núm. 21 (3-4); p. 187-204.

KUUSAAARI, Mikko; BOMMARCO, Riccardo; HEIKKINEN, Risto K.; HELM, Aveliina; KRAUSS, Jochen; LINDBORG, Regina; ÖCKINGER, Erik; PÄRTEL, Meelis; PINO, Joan; RODÀ, Ferran; STEFANESCU, Constantí; TEDER, Tiit; ZOBEL, Martin; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf (2009): «Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation». *Trends in Ecology and Evolution*, núm. 24; p. 564-571.

LAWRENCE, Justin E.; LUNDE, Kevin B.; MAZOR, Raphael D.; BÊCHE, Leah A.; MCELRAVY, Eric P.; RESH, Vincent H. (2010): «Long-term macroinvertebrate response to climate change: implications for biological assessment in mediterranean-climate streams». *Journal of the North American Benthological Society*, núm. 29; p. 1424-1440.

MUNNÉ, Antoni; PRAT, Narcís (2011): «Effects of Mediterranean climate annual variability on stream biological quality assessment using macroinvertebrate communities». *Ecological Indicators*, núm. 11(2); p. 651-662.

ORMEROD, S.J. (2009): «Climate change, river conservation and the adaptation challenge». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, núm. 19; p. 609-613.

PACE, Giorgio; BONADA, Núria; PRAT, Narcís (sotmès): «Long-term variability of macroinvertebrate richness and composition in two different Mediterranean climate streams». *Freshwater Biology*.

PRAT, Narcís; MANZANO, Andreu (ed.) (2009): «Resum Executiu i taula resum». *Aigua i canvi climàtic. Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya*. Barcelona: Agència Catalana de l'Aigua, p. 7-23.

PRAT, Narcís; PUIG, Maria dels Àngels; GONZÁLEZ, Gloria (1983): «Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat. II. El poblament faunístic i la seva relació amb la qualitat de les aigües». *Monografies Diputació de Barcelona*, núm. 9. Barcelona: Diputació de Barcelona. 163 pàgines.

PRAT, Narcís; RIERADEVALL, Maria (2006): «25-years of biomonitoring in two mediterranean streams (Llobregat and Besòs basins, NE Spain)». *Limnetica*, núm. 25 (1-2); p. 541-550.

PRAT, Narcís; Rieradevall, Maria; FORTUÑO, Pau; PIÉ, Gerard; JIMÉNEZ, Laia; ACOSTA, Raúl; BONADA, Núria; CAÑEDO-ARGÜELLES, Miguel; CID, Núria; GRANTHAM, Theodore E.; LLACH, Francesc; ORDEIX, Marc; PACE, Giorgio; PERRÉE, Isabelle; PUNTÍ, Tura. RODRÍGUEZ-LOZANO, Pablo; ROIG, Romero; SÁNCHEZ, Núria; SELLARÈS, Núria; VERKAIK, Irima; VILLAMARIN, Christian (2012): *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix, la Tordera i el Ter. Informe 2011* [En línia]. Diputació de Barcelona, Àrea de Territori i Sostenibilitat (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 21). <<http://ecobill.diba.cat>>

ROSENZWEIG, Cynthia; KAROLY, David; VICARELLI, Marta; NEOFOTIS, Peter; WU, Qigang; CASASSA, Gino; MENZEL, Annette; ROOT, Terry L.; ESTRELLA, Nicole; SEGUIN, Bernard; TRYJANOWSKI, Piotr; LIU, Chunzhen; RAWLINS, Samuel; IMESON, Anton (2008): «Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change». *Nature*, núm. 453; p. 353-357.