

Les comunitats de macroinvertebrats aquàtics de dos torrents del Montseny com a cas d'estudi dels possibles efectes del canvi global

PAU FORTUÑO, RAÚL ACOSTA, NÚRIA BONADA, NÚRIA CID, PABLO RODRÍGUEZ-LOZANO i NARCÍS PRAT
Grup de Recerca Freshwater Ecology and Management (FEM). Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Universitat de Barcelona

Resum

Al llarg de cinc anys es van estudiar les comunitats de macroinvertebrats de trams de capçalera de dos torrents del Montseny de característiques i altitud similars, però amb règims climàtics i hidrològics diferents, l'un de clima més temperat i amb règim permanent (torrent de Coll Pregon: Teb1), i l'altre de clima més mediterrani i amb règim intermitent (torrent de Riudeboix: B29). Tots dos compleixen condicions de referència i mantenen un estat ecològic molt bo, independentment de l'estat aquàtic en què es trobin. Amb l'anàlisi de la comunitat de macroinvertebrats feta des de dos punts de vista (taxonòmic i amb trets biològics) es van observar diferències entre localitats i entre èpoques de l'any (primavera i estiu), de manera que aquestes dues capçaleres configurin un escenari immillorable on testar i detectar si el canvi global està afectant els ecosistemes aquàtics i de quins en seran els efectes sobre les comunitats de macroinvertebrats.

Paraules clau

Canvi global, hidrologia, macroinvertebrats, trets biològics, riu

Resumen

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de dos torrentes del Montseny como caso de estudio de los posibles efectos del cambio global

A lo largo de cinco años se estudiaron las comunidades de macroinvertebrados de tramos de cabecera de dos torrentes del Montseny de características y altitud similares, pero con regímenes climáticos e hidrológicos diferentes, uno de clima más templado y con régimen permanente (torrente de Coll Pregon: Teb1), y el otro de clima más mediterráneo y con régimen intermitente (torrente de Riudeboix: B29). Ambos cumplen condiciones de referencia y mantienen un muy buen estado ecológico, independientemente del estado acuático en que se encuentren. Con el análisis de la comunidad de macroinvertebrados realizado desde dos puntos de vista (taxonómico y con rasgos biológicos), se observaron diferencias entre localidades y entre épocas del año (primavera y verano), por lo que estas dos cabeceras resultan ser un inmejorable escenario donde testar y detectar si el cambio global está afectando a los ecosistemas acuáticos y de cuáles serán sus efectos sobre las comunidades de macroinvertebrados.

Palabras clave

Cambio global, hidrología, macroinvertebrados, rasgos biológicos, río

Abstract

The Aquatic Macroinvertebrate Communities of Two Streams in Montseny as a Case Study of the Possible Effects of Global Change

Over the course of five years we studied the macroinvertebrate communities of the headwaters of two Montseny streams with similar characteristics and altitude yet with different climate and hydrological regimes: one with a more temperate climate and permanent regime (Coll Pregon stream: Teb1) and the other one with a more Mediterranean climate and an intermittent regime (Riudeboix stream: B29). Both meet reference conditions and retain very good ecological status irrespective of their aquatic status. Analysis of the macroinvertebrates community performed from two points of view (taxonomic and with biological traits) found differences between locations and between seasons (spring and summer). Consequently these two headwaters are a peerless setting for testing and identifying whether global change is affecting aquatic ecosystems and what its impact on macroinvertebrate communities will be.

Keywords

Global change, hydrology, macroinvertebrates, biological traits, river

Introducció

Les prediccions sobre els efectes del canvi global a Europa indiquen que els rius de la conca mediterrània patiran dèficits importants de cabal (FORZIERI *et al.*, 2014), i això farà que els rius amb un règim de cabal intermitent siguin cada cop més freqüents. Aquests canvis tenen unes implicacions importants pel que fa als impactes que pugui causar en els ecosistemes fluvials, com ara la pèrdua de biodiversitat (TEDESCO *et al.*, 2013; FILIPE *et al.*, 2013) o alteracions en els cicles biogeoquímics (GÓMEZ-GENER *et al.*, 2016). A més, les eines que utilitzem per avaluar l'estat ecològic dels rius poden no ser aplicables en aquests rius intermitents (CID *et al.*, 2016). Per tant, el seguiment d'aquests ecosistemes és clau per poder estudiar com afectarà el canvi global els ecosistemes fluvials. Una manera és fer estudis comparatius entre rius sotmesos a climes (p. e., mediterranis i temperats) i règims hidrològics (p. e., rius permanents i intermitents) diferents (BONADA *et al.*, 2007a; BONADA *et al.*, 2007b).

Al massís del Montseny, les dades climàtiques demostren que hi ha hagut un augment significatiu de la temperatura i una disminució de la precipitació en els darrers cinquanta anys per a totes les èpoques de l'any, però especialment durant els mesos d'estiu (taula 1). En aquest context, estudiar l'efecte del canvi global en els ecosistemes aquàtics d'aquest espai protegit és de gran rellevància per a una gestió efectiva de la conservació.

Taula 1. Canvis observats 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 % per a la pluja), període 1950-2015

	Anual	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Temperatura	+0,24*	+0,20*	+0,23*	+0,34*	+0,18*
Precipitació	-1,80	-1,00	-0,60	-4,70	-1,10

* Variació estadísticament significativa.

Font: Equip de Canvi Climàtic, 2016.

En aquest treball es van utilitzar dos torrents del Massís del Montseny com a cas d'estudi per saber com podria afectar els rius de capçalera el canvi global. Aquests torrents estan situats a molt poca distància l'un de l'altre, però presenten característiques ambientals diferents, sobretot per la seva orientació geogràfica diferent (N-S). Així, l'objectiu del treball va ser simular unes condicions ambientals inicials i finals de l'efecte del canvi ambiental en els ecosistemes aquàtics de capçalera del Montseny mitjançant aquest gradient entre unes condicions climàtiques generals de temperatures més baixes i humitats elevades —com les que es troben al vessant nord del Montseny— i unes altres de tempe-

ratures més altes i humitats més baixes —com les del vessant sud—, i potenciant aquest gradient tenint en compte estudis fets en època humida (primavera) i època seca (estiu).

Lloc d'estudi

Es van estudiar dos trams de capçalera de dos cursos d'aigua propers al cim del Matagalls, el torrent de Riudeboix (B29), que és afluent de la riera d'Avencó (conca del Besòs) i el torrent de Coll Pregon (Teb1), afluent de la riera Major (conca del Ter). Els dos trams d'estudi es troben situats una mica per sobre dels 1.000 msnm i tenen una conca de drenatge petita, de 0,33 km² (B29) i de 0,72 km² (Teb1). Els dos trams d'estudi estan separats per una distància lineal de poc més de 4 km, però la barrera altitudinal que hi ha entre ells és de quasi 500 m (figura 1). L'orientació de les dues conques de drenatge és diferent, cosa que determina, en bona part, les diferències observades (figura 1) en la vegetació del bosc de ribera i la hidrologia. El torrent de Riudeboix, que té unes característiques més mediterrànies, està situat al vessant sud-oest de la carena i la seva vegetació és majoritàriament formada per pins, alzines i espècies típicament mediterrànies. En canvi, el torrent de Coll Pregon, que té unes característiques més temperades, se situa al vessant nord i la seva conca està coberta d'una espessa fageda sense sotabosc. Tot i aquestes diferències, ambdós trams pertanyen a la tipologia de riu de muntanya mediterrània de geologia silícica (ACA, 2005) i ambdós són considerats de referència segons PRAT *et al.* (2010).

Figura 1. A l'esquerra, detall dels dos punts o trams d'estudi. A la dreta, situació dels punts d'estudi al mapa topogràfic 1:50.000 i gràfic amb la cota altimètrica de la línia recta imaginària que uneix ambdós punts



Font: <<http://www.icc.ca++t/vissir3/>>.

Material i mètodes

Es van visitar les dues localitats a la primavera i a l'estiu des de 2012 fins a 2016, amb l'excepció de l'estiu de 2012 en què el Tebl no va ser visitat perquè el programa d'estudis tenia uns objectius lleugerament diferents als d'anys posteriors.

En cada visita a les dues localitats es van seguir tots els mètodes d'estudi del programa Qualitat Ecològica dels Rius de Barcelona (<www.ub.edu/barcelonarius>) i, per tant, s'hi van obtenir dades: 1) hídriques i hidromorfològiques (cabal i estat aquàtic i índex d'hàbitat fluvial —IHF—); 2) fisicoquímiques (conductivitat, temperatura, oxigen, pH, amoni, nitrats, sulfats i clorurs); 3) de macroinvertebrats (mostreig multihàbitat amb una xarxa de 250 µm seguint el protocol GUADALMED; JÁIMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2002); i 4) de bosc de ribera (mitjançant l'aplicació de l'índex de qualitat del bosc de ribera, QBR). Respecte a la resolució taxonòmica de la identificació de macroinvertebrats, els individus van ser identificats a nivell de gènere al laboratori en la major part dels casos, els *Chironomidae* es van identificar a nivell de subfamília o tribu, mentre que la resta de dípters es van identificar a nivell de família i els oligoquets, ostracodes, hidràcars, copèpodes i cladòcers, a nivell de grup.

Per determinar si hi havia diferències entre punts de mostreig per variables ambientals obtingudes es van fer proves no paramètriques U de Mann-Whitney, i per determinar si hi havia diferències entre casos (punt de mostreig i època de mostreig tractats independentment) es van fer proves no paramètriques H de Kruskal-Wallis. En tots dos casos, es va utilitzar el programa IBM SPSS Statistics (versió 24).

Per a l'anàlisi de l'estructura de la comunitat de macroinvertebrats es va representar gràficament l'evolució de les dades de riquesa a la màxima resolució taxonòmica (S_{taxa}), en què es va incloure el nombre de taxa nous respecte als mostresjos anteriors, i les corbes d'acumulació de taxa, que representen el total de taxa que es van trobar en una localitat almenys en una ocasió. També es va fer una classificació dels taxa en els grups següents: 1) EPT (d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters), que són els organismes amb preferències reòfiles (aigües ràpides); 2) OCH (d'odonats, coleòpters i heteròpters), que són els organismes amb preferències lèntiques (aigües tranquil·les). Paral·lelament, i per explorar les diferències en la composició de les comunitats de macroinvertebrats, se'n va fer la representació gràfica mitjançant una anàlisi d'escalat multidimensional no paramètrica (NMDS) amb el programa PRIMER, usant la matriu de dissimilaritat de Bray Curtis de les abundàncies de taxa transformades logarítmicament ($\log x + 1$). Amb les mateixes dades, es va realitzar una anàlisi permutacional multivariada de la variància (PERMANOVA) per testar si hi havia diferències significatives a causa dels factors localitat i època de l'any.

Finalment, es van analitzar els trets biològics obtinguts de TACHET *et al.* (2010) i BONADA i DOLÉDEC (2011) que inclouen 60 trets biològics d'11 categories dife-

rents (com ara el tipus de dispersió). Les matrius d'abundància dels taxa ($\log +1$) de cada mostra es van creuar amb la matriu de trets biològics per tal d'obtenir matrius de valors d'abundància relativa de cada tret biològic per a cada mostra. Aquestes matrius es van usar per fer una anàlisi de correspondències difosa (*Fuzzy Correspondence Analysis* o FCA) per determinar les diferències entre llocs de mostreig i èpoques de mostreig segons el conjunt de trets biològics. Aquesta anàlisi es va fer amb els paquets Ade4 (DRAY i DUFOUR, 2007) i Vegan (OKSANEN *et al.*, 2015) del programari estadístic R 3.2.1.

Resultats

Condicions fisicoquímiques, hidrològiques i hidromorfològiques i de qualitat biològica

Els dos torrents estudiats van presentar unes característiques fisicoquímiques (taula 2) típiques de rius de capçalera ben conservats: temperatures de l'aigua baixes, conductivitat baixa, alta disponibilitat d'oxigen, i un nivell molt baix de compostos nitrogenats i fòsfor, sals (clorurs i sulfats) i sòlids en suspensió.

Respecte a la hidrologia (taula 2), els cabals sempre van ser baixos i alguns estius al B29 van arribar a ser zero (estat aquàtic *arheic* segons GALLART *et al.*, 2012). Però, aquest torrent no es va trobar mai totalment sec en aquest període, de manera que es podia dir que aquest tram té un règim hídric intermitent amb basses, mentre que el Tebl té un règim hídric permanent.

L'hàbitat fluvial va ser prou heterogeni sempre que hi circulés aigua. Els resultats dels indicadors biològics (taula 2) mostraren que totes dues rieres van tenir sempre molt bona qualitat de l'aigua i un bosc de ribera sense alteracions i, per tant, un molt bon estat ecològic.

Es va observar que els dos torrents presenten diferències significatives respecte al cabal (sempre és inferior al B29), els sulfats (superiors al B29) i el nombre de famílies o S_{fam} (inferior al B29), però no per a la resta de paràmetres.

Quan es van comparar les dades obtingudes tenint en compte tant la localitat com l'època de l'any de forma independent, es van obtenir diferències significatives per a la conductivitat, la temperatura i l'oxigen de l'aigua, totes tres amb una clara variació entre les dades de primavera i les d'estiu. Per a altres indicadors de contaminació de l'aigua, com els compostos nitrogenats (amoni, nitrats i nitrits), els fosfats o els clorurs, no hi havia diferències. Respecte als indicadors biològics, només es van observar diferències respecte als valors de l'IASPT (Iberian Average Score Per Taxon), però no per a l'Índex IBMWP (Iberian Bio-Monitoring Working Party), que sempre es manté en el rang de qualitat més alt. Amb una molt bona qualitat biològica segons l'IBMWP i un bosc de ribera ben conservat (QBR de 100) els valors de l'estat ecològic (ECOSTRIMED) s'han situat en la ca-

tegoria de molt bona qualitat en tots els casos. En el cas de l'IHF, no s'hi van observar diferències significatives, tot i que segons les dades mitjanes de l'estiu, al B29 ha arribat a baixar un rang de qualitat a causa de la falta de cabal.

Taula 2. Valors mitjans ($\bar{X}$) i desviació estàndard (SD) dels indicadors fisicoquímics, hidromorfològics i biològics dels torrents de Riudeboix (B29) i de Coll Pregon (Teb1) segons l'època de mostreig (primavera i estiu), per al període 2012-2016

Indicador	B29 primavera		B29 estiu		Teb1 primavera		Teb1 estiu	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
Temperatura (°C)*	8,38	± 1,57	15,98	± 1,84	8,45	± 1,21	13,55	± 1,15
Conductivitat (µS/cm)*	49,03	± 12,88	71,20	± 14,98	44,30	± 8,95	61,40	± 8,24
pH	7,80	± 0,69	7,58	± 0,82	7,45	± 0,39	7,57	± 0,26
Oxigen (mg/l)*	10,30	± 0,52	5,72	± 1,47	10,65	± 0,54	35,35	± 46,03
Oxigen (% saturació)*	86,82	± 6,31	58,03	± 14,85	90,56	± 5,51	59,28	± 43,41
Amoni (mg N-NH ₄ ⁺ /l)	0,060	± 0,023	0,040	± 0,00	0,050	± 0,020	0,040	± 0,000
Nitrits (mg N-NO ₂ ⁻ /l)	0,008	± 0,001	0,010	± 0,004	0,009	± 0,004	0,008	± 0,000
Nitrats (mg N-NO ₃ ⁻ /l)	0,185	± 0,250	0,207	± 0,212	0,255	± 0,205	0,160	± 0,044
Fosfats (mg P-PO ₄ ³⁻ /l)	0,023	± 0,006	0,020	± 0,000	0,023	± 0,006	0,020	± 0,000
Sulfats (mg/l)*	7,45	± 2,09	7,03	± 1,96	3,90	± 1,64	3,47	± 1,67
Clorurs (mg/l)	2,94	± 0,75	3,52	± 0,64	2,84	± 0,83	2,48	± 0,36
SS (mg/l)	0,85	± 0,21	1,20	± 0,28	0,90	± 0,14	1,30	± 0,42
S _{fam} (nre. de famílies)	28,60	± 1,34	24,25	± 5,91	31,00	± 2,55	30,50	± 3,11
IASPT*	6,00	± 0,16	5,23	± 0,43	6,10	± 0,25	5,70	± 0,35
IBMWP	171,2	± 8,04	128,7	± 40,64	188,8	± 15,69	174,0	± 23,28
QBR	100	± 0	100	± 0	100	± 0	100	± 0
ECOSTRIMED	1	± 0	1	± 1	1	± 0	1	± 0
Cabal (l/s)*	1,75	± 0,95	0,09	± 0,11	6,10	± 3,75	1,87	± 1,50
IHF	69,60	± 2,61	57,25	± 11,93	71,80	± 6,14	66,00	± 3,56
Estat aquàtic	Eurheic o oligorheic		Oligorheic o arheic		Eurheic o oligorheic		Eurheic o oligorheic	

* Diferències significatives entre casos (localitat + època). Nombres en verd = rang de qualitat molt bo. Nombres en vermell = rang de qualitat moderat.

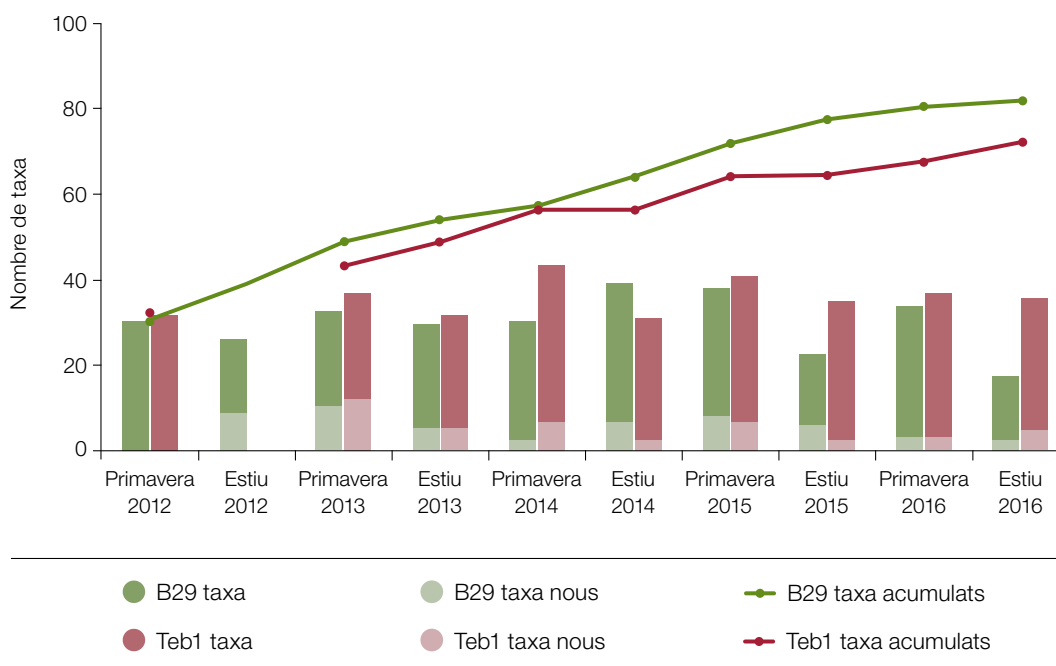
Font: <www.ub.edu/barcelonarius>.

Riquesa, composició de la comunitat de macroinvertebrats a elevada resolució taxonòmica

En aquests 19 mostrejos es van identificar prop de 43.700 individus corresponents a 99 taxa, la major part a nivell de gènere. Els dípters quironòmids i, sobretot, les subfamílies *Orthocladiinae* i *Tanypodinae* i la tribu *Tanytarsini* foren les més ubiques i abundants a tots dos torrents durant aquest estudi.

El nombre total de taxa de macroinvertebrats va trobar-se per sobre de 30 en la major part dels mostrejos realitzats (gràfic 1) i només va baixar d'aquest llindar al punt B29 i quan a l'estiu es troba en un estat aquàtic *arheic* (2012, 2015 i 2016). Durant tot el període d'estudi, van anar apareixent entre 3 i 11 taxa nous a cada localitat (gràfic 1), i això va fer que el nombre de taxa acumulats, és a dir, els taxa presents en almenys una ocasió, hagi anat augmentant fins a arribar als 82 al B29 i als 72 al Teb1.

Gràfic 1. Evolució del nombre de taxa de macroinvertebrats, del nombre de taxa nous i del nombre de taxa acumulats durant tot el període d'estudi als torrents de Riudeboix (B29) i de Coll Pregon (Teb1)



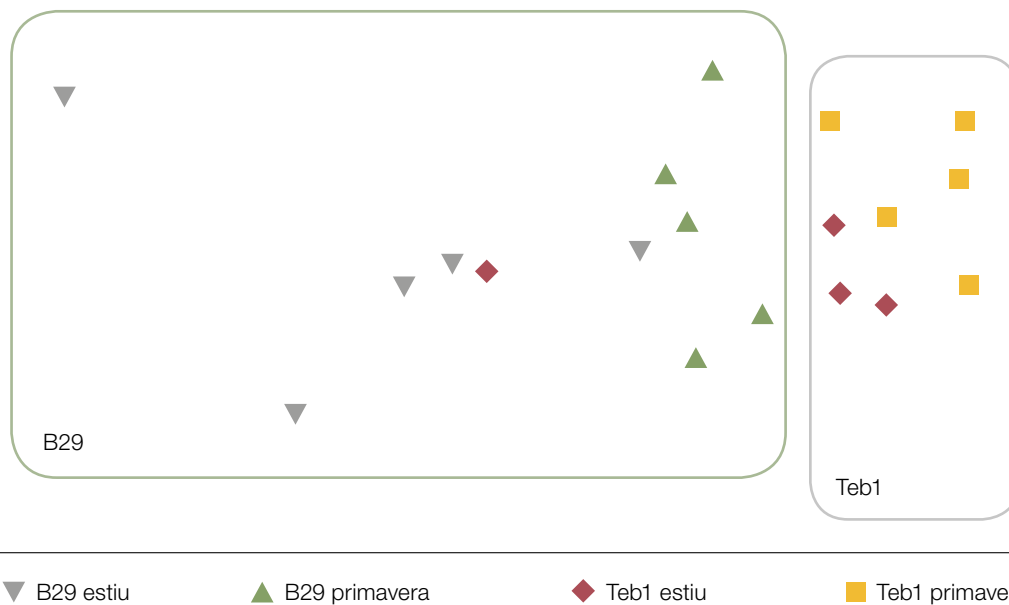
Pel que fa als EPT i OCH (taula 3), s'observa que els taxa d'EPT presents van ser 29 en tots dos casos i que al B29 es van arribar a identificar 20 taxa d'OCH, mentre que al Teb1 se'n van trobar 14.

Cal ressaltar que al Teb1 no es va trobar cap taxó de l'ordre *Odonata* mentre que al B29 mai s'hi ha trobat, per exemple, cap exemplar de la família *Hydropsychidae* (*Trichoptera*).

Taula 3. Nombre de taxa total dels ordres d'OCH i d'EPT als torrents de Riudeboix (B29) i de Coll Pregon (Teb1)

Ordres	B29	Teb1
Odonats	2	0
Coleòpters	16	13
Heteròpters	2	1
OCH	20	14
Efemeròpters	7	9
Plecòpters	6	7
Tricòpters	18	12
EPT	29	29

A la pàgina web <www.ub.edu/barcelonarius> es poden consultar els inventaris de taxa detallats, així com la freqüència d'aparició en el període d'estudi.

Gràfic 2. Resultats de l'anàlisi NMDS realitzada amb la matriu de dissimilaritat de Bray Curtis de les abundàncies de taxa de macroinvertebrats transformades logarítmicament ($\log x + 1$).

L'NMDS (gràfic 2) mostra clarament que la composició de les comunitats de macroinvertebrats és diferent segons la localitat i l'època de l'any. L'ordenació separa les mostres recollides durant l'estiu al B29, situades més a l'esquerra, de les recollides durant la primavera al Teb1, més a la dreta. A més, també es pot veure

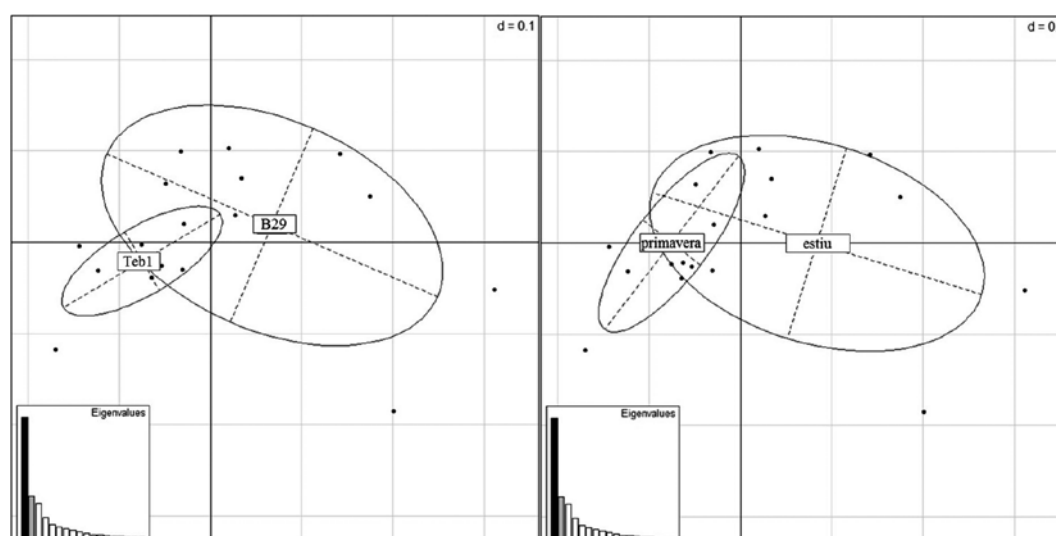
la gran dispersió de les mostres de l'estiu al B29, mentre que la resta (primavera B29, estiu Teb1 i primavera Teb1) són molt més similars. L'anàlisi PERMANOVA va confirmar que la localitat va influir significativament en la composició de les comunitats de macroinvertebrats (pseudo-F = 4,31, $p = 0,001$), així com l'època de l'any (pseudo-F = 2,35, $p = 0,011$).

Composició de trets biològics

Amb l'anàlisi FCA es va observar que els punts resultants se separen entre localitats i també entre èpoques de mostreig (**gràfic 3**) de forma significativa (mètode de Montecarlo amb p -valor menor a 0,01). No obstant això, el grau de solapament de les el·lipses va indicar que hi ha un cert grau de semblança entre localitats i èpoques de l'any.

També es va poder observar que la dispersió de punts de les mostres del B29 o de les mostres recollides en moments d'estiatge va ser molt gran en comparació de les del Teb1 o les de primavera, respectivament, i per tant, es va tornar a repetir una situació similar a la que es va observar amb les anàlisis que utilitzaven la composició taxonòmica.

Gràfic 3. Anàlisi FCA de la matriu de trets biològics en què l'escala del gràfic (d) és 0,1

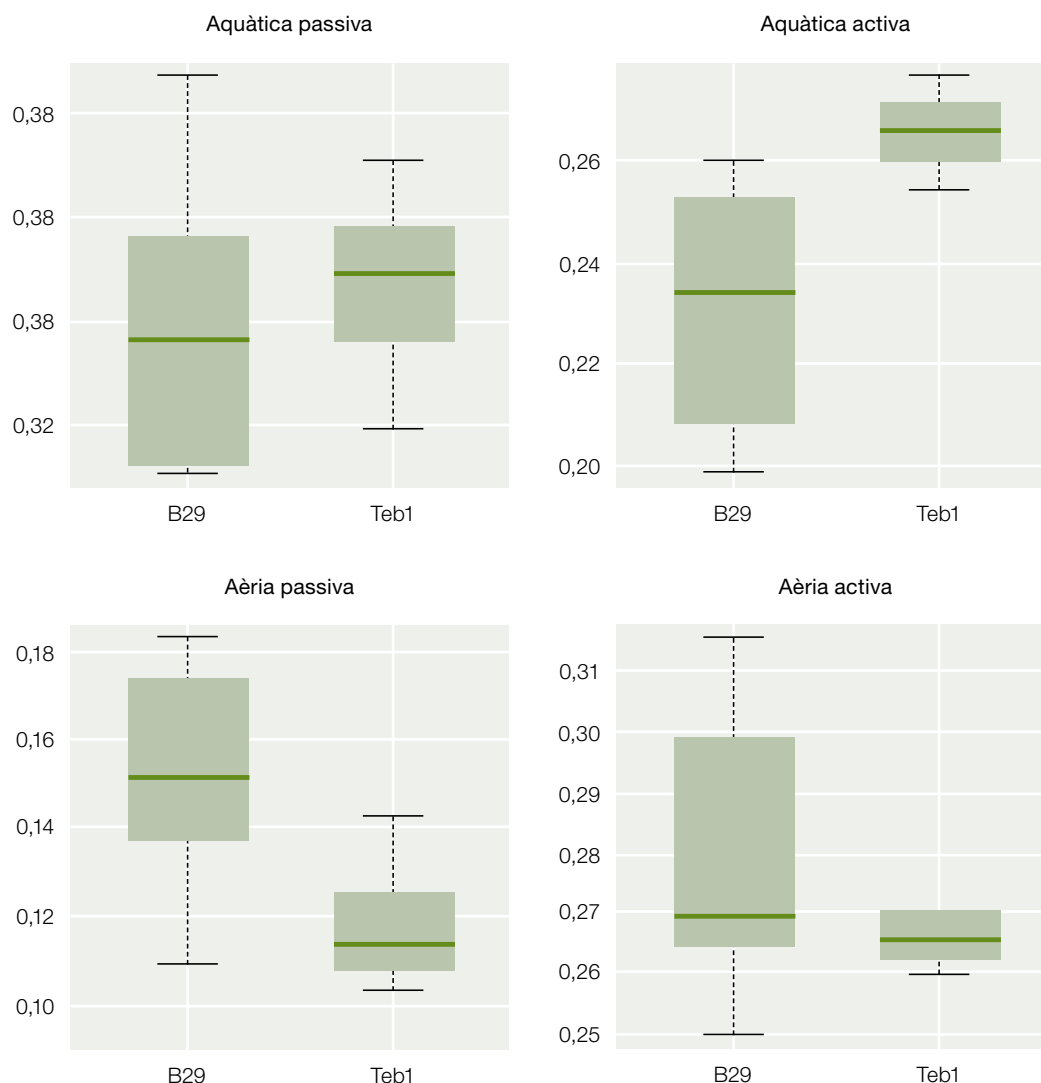


Les el·lipses enceren un 76 % de les mostres quan representen les localitats de mostreig i un 70 % quan se separen per època de l'any. Els dos primers eixos expliquen un 57,5 % de la variància: el 42,6 % el primer eix i el 14,9 % el segon eix.

El **gràfic 4** exemplifica les diferències entre els dos torrents que es van trobar per un tret clau lligat a la intermitència de l'aigua com és la forma de dispersió. Així, al Teb1, que té un règim hídric permanent, els taxa que hi van viure tendeixen a tenir formes de dispersió més lligades a l'aigua (nedadors o per deriva), mentre que al B29, que té un règim hídric més intermitent, va trobar-s'hi més taxa que

es dispersen de forma aèria (voladors o mitjançant el vent). De nou, s'observa com al B29, la variabilitat que resulta és molt més gran que al Teb1.

Gràfic 4. Diagrama de caixes que mostra els resultats de les preferències per cada tipus de dispersió dels taxa de cada punt de mostreig un cop ponderada l'abundància



Els eixos verticals indiquen la proporció dels taxa que tenen una forma o una altra de dispersió respecte al total.

Discussió i conclusions

Amb els resultats d'aquests cinc anys de mostrejos en aquestes dues capçaleres es va verificar que ambdós trams d'estudi van mantenir sempre un molt bon estat fisicoquímic, biològic i ecològic, independentment de quin fos l'estat aquàtic en què es trobaven, i que, per tant, es continuen complint les condicions de referència. Així, la comunitat de macroinvertebrats observada en els diferents mostrejos

va ser modificada només per causes naturals, que, en aquest cas, han d'estar relacionades amb les tendències del clima, que tendeix a ser més sec (menys precipitació i major temperatura).

Tots dos torrents van presentar una comunitat aquàtica molt diversa i amb alguns taxa presents al llarg de tot el període, especialment al Tebl, cosa que indica que aquest torrent té unes condicions ambientals més estables al llarg del temps. D'altra banda, al B29, com que les condicions hídriques i de l'hàbitat fluvial poden variar molt entre èpoques de l'any i entre anys secs i humits, la comunitat aquàtica es veu sotmesa a canvis molt més importants. De totes maneres, aquesta variabilitat ambiental més gran va fer que aquest torrent tingués una diversitat acumulada més elevada. En aquest torrent, durant l'estiatge s'hi van establir taxa amb preferències per ambients aquàtics amb poc o nul corrent d'aigua (e. g., *Odonata*). En canvi, quan el torrent recuperava l'aigua, s'hi van poder recol·lectar animals que requereixen d'aigües molt fredes i ben oxigenades, com ara *Liponeura* (Diptera: *Blephariceridae*) o diversos taxa EPT. La colonització després de l'estiatge en aquest riu temporal va ser possible gràcies a altres rius propers en bones condicions, com el mateix Tebl, que serveixen com a font d'individus colonitzadors (MORANTE *et al.*, 2010).

Les anàlisis de la comunitat de macroinvertebrats, ja sigui amb la composició taxonòmica o amb els trets biològics, reforcen les afirmacions anteriors, ja que hi va haver diferències entre els torrents i també entre primavera i estiu. No obstant això, les diferències més grans s'observen al B29 a l'estiu respecte a la resta de casos, ja que va ser on les variacions hidrològiques entre anys foren més grans. Així, tenint en compte les prediccions de canvi climàtic amb un augment de la temperatura i una disminució de la precipitació a la qual se li suma més irregularitat climàtica (períodes secs més intensos i duradors i esdeveniments meteorològics dràstics més freqüents [IPCC, 2014]), cal esperar que la comunitat de macroinvertebrats al Tebl pugui arribar a ser, en un futur, com l'observada al B29 i també que aquest darrer torrent acabi assecant-se totalment a l'estiu de forma habitual, la qual cosa implicaria un canvi important pel que fa a la diversitat de la seva comunitat (pel canvi de taxa i el canvi en el nombre relatiu d'individus dels taxa) que ha estat observada en aquest estudi i en d'altres d'anteriors (PRAT *et al.*, 2014). Si a aquest efecte, si se li suma que les fonts d'individus colonitzadors siguin menys estables, és a dir, que torrents propers que fins ara han estat permanents acabin sent torrents intermitents, les conseqüències encara poden ser més dràstiques.

En conclusió, es pot considerar que aquests dos torrents són un punt de control ideal per fer el seguiment dels possibles efectes dels canvis ambientals en els ecosistemes aquàtics del Montseny. En anys futurs es podran comparar les dades que se n'obtinguin i observar si les mostres recollides es mantenen similars a les que s'han observat en aquest període o van tendint a canviar en el sentit del gradient observat entre aquests dos torrents i aquestes dues èpoques de l'any.

Agraïments

Les dades utilitzades per fer aquest treball van ser generades gràcies al conveni CARIMED (Efectes del canvi ambiental en les comunitats d'organismes dels rius mediterranis) entre el grup FEM (Freshwater Ecology and Management) de la Universitat de Barcelona i la Diputació de Barcelona, que en el període 2012-2016 va estudiar els ecosistemes de rius, rieres i torrents de la Xarxa de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. Aquests estudis formen part del programa de seguiment de la Qualitat Ecològica dels Rius de Barcelona, que ha estat en actiu continuadament des de 1994. Aquest treball va ser, a més, una continuació del treball realitzat amb les dades d'anys anteriors (1979-2012) del torrent de Riudeboix i que va ser presentat en l'edició de 2012 de les Trobades d'Estudiosos del Montseny (PRAT *et al.*, 2014).

Bibliografia

- ACA (AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA) (2005): *Caracterització de masses d'aigua i anàlisi del risc d'incompliment dels objectius de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/ce) a Catalunya (conques intra i intercomunitàries)*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 860 pàgines.
- BONADA, N.; DOLÉDEC, S.; STATZNER, B. (2007a): «Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios». *Global Change Biology*, núm. 13; p. 1.658-1671.
- BONADA, N.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2007b): «Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network». *Hydrobiologia*, núm. 589; p. 91-106.
- BONADA, N.; DOLÉDEC, S. (2011): «Do mediterranean genera not included in Tachet *et al.* (2002) have mediterranean trait characteristics?». *Limnetica*, núm. 30 (1); p. 129-142.
- CID, N.; VERKAİK, I.; GARCÍA-ROGER, E. M.; RIERADEVALL, M.; BONADA, N.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; GÓMEZ, R.; SUÁREZ, M. L.; VIDAL-ABARCA, M. R.; DEMARTINI, D.; BUFFAGNI, A.; ERBA, S.; KARAOUZAS, I.; SKOULIKIDIS, N.; PRAT, N. (2016): «A biological tool to assess flow connectivity in reference temporary streams from the Mediterranean Basin». *Science of The Total Environment*, núm. 540 (1); p. 178-190.
- DRAY, S.; DUFOUR, A.-B. (2007): «The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists». *Journal of statistical software*, núm. 22 (4); p. 1-20.
- EQUIP DE CANVI CLIMÀTIC (2016): *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics. Any 2015*. Barcelona: Àrea de Climatologia. Servei Meteorològic de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

- FILIFE, A. F.; LAWRENCE, J. E.; BONADA, N. (2013): «Vulnerability of stream biota to climate change in mediterranean climate regions: a synthesis of ecological responses and conservation challenges». *Hydrobiologia*, núm. 719; p. 331-351.
- FORZIERI, G.; FEYEN, L.; ROJAS MUJICA, R. F.; FLÖRKE, M.; WIMMER, F.; BIANCHI, A. (2014): «Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe». *Hydrology and Earth System Sciences*, núm. 18; p. 85-108.
- GALLART, F.; PRAT, N.; GARCÍA-ROGER, E. M.; LATRON, J.; RIERADEVALL, M.; LLORENS, P. (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. 3.165-3.182.
- GÓMEZ-GENER, L.; OBRADOR, B.; MARCÉ, R.; ACUÑA, V.; CATALÁN, N.; CASAS-RUIZ, J. P.; SABATER, S.; MUÑOZ, I.; VON SCHILLER, D. (2016): «When Water Vanishes: Magnitude and Regulation of Carbon Dioxide Emissions from Dry Temporary Streams». *Ecosystems*, núm. 19 (4); p. 710-723.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (CORE WRITING TEAM - PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. [ed.]). Ginebra: IPCC. 151 pàgines.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ROBLES, S.; MELLADO, A.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁINZ-CANTERO, C. E.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; ALBA-TERCEDOR, J. (2002): «Protocolo GUADALMED (PRECE)». *Limnetica*, núm. 21 (3-4); p. 187-204.
- MORANTE, M.; MÚRRIA, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2010): «Distribució altitudinal de les espècies de la família *Baetidae* (Insecta: *Ephemeroptera*) al Parc Natural del Montseny: aproximació morfològica i molecular». *VII Monografies del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona, p. 333-344.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. (2015): «vegan: Community Ecology Package». R package version 2.2.
- PRAT, N.; ORTIZ, R.; FORTUÑO, P.; RIERADEVALL, M.; ACOSTA, R.; SOLÀ, C.; TERRATS, A.; MUNNÉ, A. (2010): *Establiment de la xarxa de punts de referència dels rius de Catalunya. Informe de la validació dels punts de referència segons les directrius de la DMA i dels exercicis d'intercalibració europeus*. Barcelona: Agència Catalana de l'Aigua. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 152 pàgines.
- PRAT, N.; FORTUÑO, P.; RIERADEVALL, M. (2014): «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». *VIII Monografies del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona, p. 248-258.
- TACHET, H.; RICHOUX, P.; BOURNAUD, M.; USSEGLIO-POLATERA, P. (2010): *Invertébrés d'Eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie*. París: CNRS. 588 pàgines.

TEDESCO, P. A.; OBERDORFF, Th.; CORNU, J.-F.; BEAUCHARD, O.; BROSSE, S.; DÜRR, H. H.; GRENOUILLET, G.; LEPRIEUR, F.; TISSEUIL, C.; ZAISS, R.; HUGUENY, B. (2013): «A scenario for impacts of water availability loss due to climate change on riverine fish extinction rates». *Journal of Applied Ecology*, núm. 50; p. 1.105-1.115.