

Ecologia i distribució dels macroinvertebrats aquàtics de la Garrotxa: consideracions sobre el seu ús com a bioindicadors

ROMERO ROIG

Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural
romero.roig@gmail.com

Rebut: 15.6.2015
Acceptat: 6.12.2015.

RESUM

S'estudien 20 punts de mostreig en 10 cursos fluvials situats a zones d'ús forestal o sotmeses a baixa intensitat agrícola-ramadera a la comarca de la Garrotxa. L'activitat agrícola-ramadera es relaciona amb alteracions de la qualitat fisicoquímica i hidromorfològica dels cursos fluvials estudiats, però no amb alteracions de la qualitat biològica expressada per les comunitats de macroinvertebrats aquàtics, de manera que l'estat ecològic observat és en general bo o molt bo. Es determinen les característiques de l'estat de referència dels cursos fluvials de la Garrotxa, que es relacionen amb la seva ubicació en zones forestals i una grandària mínima de conca. S'identifiquen tres àmbits geogràfics dins de la comarca, diferenciats per la composició i riquesa de les comunitats de macroinvertebrats: l'est de la conca del Fluvià, amb comunitats adaptades a condicions més càlides, baixa altitud i poc pendent; l'oest de la conca del Fluvià, amb comunitats adaptades a condicions de major cabal i oxigenació de l'aigua, i la conca del Ter, amb comunitats més pobres.

Paraules clau: macroinvertebrats aquàtics, Garrotxa, estat ecològic, impacte agrícola-ramader, estat de referència, distribució.

ABSTRACT

Twenty sampling points on 10 streams in forested or low-intensity agricultural and cattle-managed areas were studied in the county of La Garrotxa. Agriculture and the presence of cattle negatively influenced physical and chemical variables, as well as the hydromorphological quality of streams, but had no significant affect on the biological quality of macro-invertebrate communities. Thus, streams mostly have good or very good ecological status. The features of the reference condition of streams in La Garrotxa were determined and were observed to be related to forestry land use and a minimum size of the drainage basin. Three different geographical areas are identified within this county in terms of macro-invertebrate richness and community assembly patterns: in streams in the eastern Fluvià basin community assemblages are adapted to warmer waters, lower altitude and lower gradients; in the western Fluvià basin, communities include species adapted to higher flow rates and oxygen concentrations; the streams in the Ter basin have the lowest macro-invertebrate richness.

Key words: aquatic macro-invertebrates, Garrotxa, ecological status, impact of agriculture and cattle, reference condition, distribution.

INTRODUCCIÓ

L'estudi de l'estat ecològic dels rius i rieres de la Garrotxa s'ha desenvolupat seguint la Directiva Marc de l'Aigua (UE 2000/60/CE), que té com a principal objectiu millorar l'estat de conservació dels ecosistemes aquàtics afectats per impactes derivats de l'activitat humana. Això ha fet que els treballs desenvolupats a la comarca (Baserba, 1993; Novellas & Baserba, 1999) i els seguiments posteriors duts a terme pel Consorci de Medi Ambient i Salut Pública (SIGMA) hagin prioritzat l'estudi de trams fluvials sotmesos a impactes de tipus urbà o industrial. Així, la majoria dels punts de mostreig de la xarxa de seguiment d'estat ecològic (91%) s'ubiquen aigües avall de punts d'abocaments d'estacions depuradores, industrials, zones urbanes o amb intensa activitat agrícola i ramadera (dades SIGMA i de l'Agència Catalana de l'Aigua sobre caracterització i anàlisi d'Impactes i PRESSions de les masses d'aigua — IMPRESS —). Només el 9% restant representa els trams de referència (aquells amb un grau elevat de naturalitat i amb una influència antròpica nul·la o molt baixa) amb una freqüència de mostreig més baixa (cada cinc anys, generalment). És a dir, els trams de rius i rieres poc o gens alterats no han estat prioritzats als seguiments d'estat ecològic desenvolupats a la Garrotxa.

Aquest treball té com a objectiu estudiar l'estat ecològic i les comunitats de macroinvertebrats dels ecosistemes fluvials de referència a la Garrotxa, o sotmesos a un impacte agrícola-ramader de baixa intensitat, així com avaluar el poder indicador de diferents índexs de qualitat biològica i de determinats tàxons en relació a aquest tipus d'impacte. També es pretén estudiar els possibles canvis d'aquestes comunitats en funció de la variabilitat ambiental dins la comarca. El fet de centrar l'estudi en zones amb un alt grau de naturalitat contribueix a entendre millor el comportament de les comunitats de macroinvertebrats en condicions de referència i a contextualitzar més acuradament aquestes condicions en futurs estudis de l'estat ecològic dels rius i rieres de la Garrotxa.

MATERIAL I MÈTODES

Àrea d'estudi

Durant la primavera de 2013 es van dur a terme mostrejos estandarditzats de macroinvertebrats en 20 punts al llarg de diversos cursos fluvials a la comarca de la Garrotxa (FIGURA 1, TAULA 1) i també s'hi van mesurar algunes variables fisicoquímiques i hidromorfològiques (TAULA 2). El disseny del mostreig inclou 10 trams fluvials en cadascun dels quals s'ha mostrejat dos punts dins la mateixa conca de drenatge: els punts 1, considerats punts control, on l'ús de la seva conca de drenatge és exclusivament forestal o de pastura arbrada (< 1% de la superfície destinada a usos agrícoles i ramaders); i els punts 2, situats aigües avall dels punts control, i amb una conca de drenatge on es desenvolupa activitat agrícola i ramadera (AAR d'ara en endavant). El tram fluvial estudiat a la riera de ca n'Illa (punts Ca1 i Ca2) és una excepció i tots dos punts es consideren control, ja que a la conca de drenatge no s'hi desenvolupa AAR, i per tant la comparació entre ells és més aviat una estimació de la seva variabilitat sense considerar la influència humana en aquesta zona. Cap de les conques de drenatge considerades està destinada a usos urbans o industrials, quedant exclosos de l'àrea d'estudi possibles impactes derivats d'aquestes activitats.

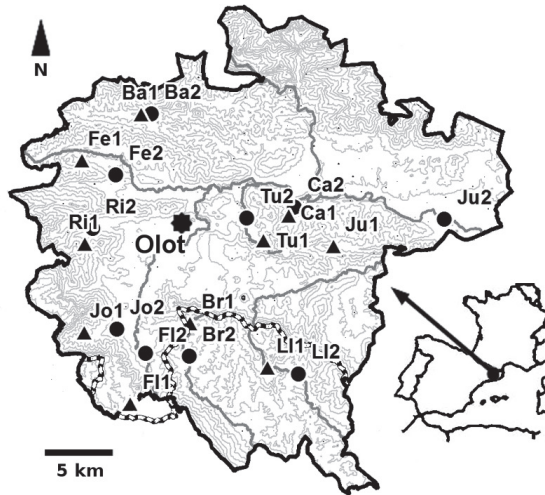


FIGURA 1. Àrea d'estudi localitzada a la comarca de la Garrotxa. Es representen els punts 1 (control, triangles), els punts 2 (aigües avall, cercles), els cursos fluvials principals i el límit entre la conca del Fluvià (Nord) i la conca del Ter (Sud) dins la comarca (línia discontinua).

TAULA 1. Dades dels punts de mostreig. 1 = punt control; 2 = punt aigües avall. Msnm = altitud (metres sobre el nivell del mar); ACD = àrea de la conca de drenatge; ACD AAR = àrea de la conca de drenatge destinada a usos agrícoles i ramaders.

Codi	Massa d'aigua	Conca	UTM ETRS89 31T				X	Y
			msnm (m)	ACD (Ha)	ACD AAR (Ha)	ACD AAR (%)		
Ll1	Rec Monissol	Ter	637	54,2	0	0	463894	4660480
Ll2	Riu Llémena	Ter	397	1165,6	65,6	5,6	466164	4660006
Br1	Torrent de Marboleny	Ter	590	155,4	0	0	458170	4663726
Br2	Riu Brugent	Ter	512	542,8	21,3	3,9	458147	4661303
Fl1	Pujolriu/Cabanyes	Fluvià	888	20,2	0	0	453801	4657812
Fl2	Riu Fluvià	Fluvià	487	2255,2	665,3	29,5	454904	4661537
Jo1	Rec Capdevila	Fluvià	714	88,4	0	0	450418	4663055
Jo2	Riera Joanetes	Fluvià	518	980,5	97,6	10	452827	4663303
Ri1	Torrent Font del Joan	Fluvià	675	75,3	0	0	450444	4669566
Ri2	Riu Riudaura	Fluvià	590	1554,3	87,9	5,7	451027	4670678
Fe1	Riera del Ferró	Fluvià	485	231,3	0	0	450238	4675701
Fe2	Riera del Ferró	Fluvià	399	582,8	47,4	8,1	452728	4674631
Ba1	Torrent Garringot	Fluvià	588	62,5	0,3	0,5	454603	4679074
Ba2	Riera Vall de Bac	Fluvià	571	2089,1	207,7	9,9	455364	4679105
Tu1	Riu Turonell	Fluvià	443	135,8	0	0	463606	4669807
Tu2	Riu Turonell	Fluvià	395	677,1	109,4	16,2	462374	4671449
Ju1	Riu Junyell	Fluvià	346	281,1	4,9	0,3	468725	4669371
Ju2	Riu Junyell	Fluvià	119	1704,6	150,3	8,8	476912	4671369
Ca1	Riera ca n'Illa	Fluvià	258	488,3	0,9	0,2	465444	4671648
Ca2	Riera ca n'Illa	Fluvià	219	584,3	0,9	0,1	465878	4672276

TAULA 2. Variables fisicoquímiques i hidromorfològiques dels cursos fluvials estudiats. (T^a = temperatura; O₂ = oxigen dissolt; CE. = conductivitat elèctrica; NO₃⁻ = concentració de nitrats; SO₄²⁻ = concentració de sulfats; IHF = Índex d'Hàbitat Fluvial; QBR = Índex de Qualitat del Bosc de Ribera).

Codi	T ^a (°C)	O ₂ (mg L ⁻¹)	CE (µS cm ⁻¹)	pH	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	Cabal (L s ⁻¹)	IHF	QBR
Ll1	6,0	9,9	457	8,7	< 2,00	14,4	0,3	60	100
Ll2	12,9	9,6	542	8,4	< 2,00	12,1	28,3	67	75
Br1	10,4	8,2	470	8,7	< 2,00	14,7	3,0	70	100
Br2	13,2	11,2	674	8,4	4,49	43,3	9,9	66	75
Fll	9,7	10,6	452	9,0	< 2,00	23,0	4,1	61	100
Fll2	14,0	9,7	540	9,4	4,67	32,8	4,8	62	35
Jo1	10,8	10,0	498	8,6	< 2,00	31,2	2,2	68	100
Jo2	11,0	11,1	518	8,9	6,03	41,1	75,8	68	90
Ri1	11,3	9,5	511	7,9	< 2,00	14,1	18,4	59	100
Ri2	13,1	10,6	864	7,9	2,73	303,0	179,0	69	80
Fe1	12,0	9,8	354	8,0	2,16	13,1	28,8	66	100
Fe2	12,6	9,6	499	8,0	2,97	13,6	27,0	70	80
Ba1	10,3	10,6	486	8,5	< 2,00	41,4	1,6	61	95
Ba2	11,2	11,1	513	8,5	< 2,00	71,3	126,3	66	80
Tu1	10,8	9,2	488	7,9	2,29	10,6	10,0	66	95
Tu2	13,4	8,8	556	8,1	13,40	13,6	55,3	68	75
Ju1	13,4	9,0	510	8,1	< 2,00	11,0	16,5	72	95
Ju2	14,9	7,2	983	8,0	7,80	300,0	1,7	58	60
Ca1	14,6	9,3	507	8,2	< 2,00	29,2	34,3	73	100
Ca2	13,5	9,4	515	8,2	< 2,00	29,8	16,0	63	80

Els usos agrícoles i ramaders desenvolupats a la conca de drenatge dels punts 2 són diversos, amb dominància de cultius convencionals de gramínies (blat de moro, blat, ordi, margall) o colza, pastures de ramat boví, i en algun cas poc freqüent oví, donant-se en tots els casos una coexistència d'usos agrícoles i ramaders. Els usos del sòl a l'àrea d'estudi i la seva superfície van ser determinats a través del visor d'informació geogràfica del MARM (SIGPAC, dades actualitzades al desembre de 2012). Les àrees de les conques de drenatge de les estacions de mostreig van ser mesurades mitjançant software de sistemes d'informació geogràfica (ArcMap 10).

Mostreig

Les mostres de macroinvertebrats bentònics es van recollir seguint el protocol de mostreig qualitatiu descrit per l'Agència Catalana de l'Aigua per a l'avaluació de la qualitat biològica dels cursos fluvials de les conques catalanes (ACA, 2006a). A cada punt es va mostrejar un tram de longitud igual a 20 cops l'amplada del riu o riera, amb una xarxa de 500 µm de llum. Les mostres es van conservar en etanol al 70% per a la seva posterior determinació al laboratori. Es van prendre dades *in situ* de pH (pH-metre X5 model pH6), conductivitat (conductímetre X5 model Cond 6), oxigen

dissolt i temperatura (sonda oximètrica YSI model Pro 20), i es van recollir mostres d'aigua per tal de determinar les concentracions de NO_3^- , SO_4^{2-} , F^- i Cl^- mitjançant cromatografia iònica al laboratori del SIGMA (Olot) segons els protocols descrits per la *American Public Health Association* (APHA *et al.*, 1992). També es van prendre dades de la qualitat hidromorfològica, mitjançant l'aplicació de l'Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF, Pardo *et al.*, 2002; ACA, 2006b) i l'índex de Qualitat del Bosc de Ribera (QBR, Munné *et al.*, 1998, 2003; ACA, 2006b). Per últim, es va determinar el cabal superficial dels cursos fluvials a partir de l'amplada, fondària i velocitat del corrent, amb un correntòmetre Global Water FP101.

Determinació dels macroinvertebrats i índexs de qualitat biològica

La determinació taxonòmica dels macroinvertebrats aquàtics recol·lectats es va dur a terme amb una lupa binocular. Pel que fa als exemplars d'efemeròpters i plecòpters, es van realitzar, a més, preparacions microscòpiques de peces bucals i ous per a la seva determinació amb ajuda de microscopi òptic i electrònic. Exceptuant els tàxons Nematoda, Annelida, Acariformes, Branchiopoda, Copepoda, Ostracoda i Collembola, tots els grups es van determinar almenys fins a la categoria taxonòmica de família, i en la majoria dels casos es va augmentar la resolució fins a gènere o espècie. Els únics grups que es van poder identificar a nivell d'espècie en la seva totalitat van ser els efemeròpters, els plecòpters i els neuròpters. La bibliografia emprada i les consultes a especialistes per a la identificació dels individus es troba àmpliament detallada a Roig *et al.* (2016). En una etapa prèvia, es van determinar els exemplars a la resolució taxonòmica requerida (normalment a nivell de família) per tal de calcular els índexs de qualitat biològica corresponents als cursos fluvials estudiats. Es van calcular quatre índexs: IBMWP, BMWPC, ASPT i EPT. Els índexs IBMWP (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor *et al.*, 2002) i BMWPC (Benito de Santos & Puig, 1999) són les adaptacions a la península Ibèrica i Catalunya, respectivament, de l'índex BMWP (Biomonitoring Working Party, Armitage *et al.*, 1983). Tots dos es basen en assignar un valor numèric a cada tàxon en funció de la seva sensibilitat a la contaminació, donant com a resultat final el sumatori d'aquests valors, que es categoritzen en una escala de qualitat biològica. L'índex ASPT (Average Score Per Taxon, Armitage *et al.*, 1983), anomenat d'ara en endavant IASPT o ASPTC, segons la seva versió ibèrica o catalana, s'obté a partir de la divisió dels valors dels índexs anteriors pel nombre de tàxons considerats, i dona com a resultat final un valor mitjà del valor bioindicador de la comunitat. L'índex EPT (Lenat, 1988) és un sumatori de les famílies d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters presents a la mostra, tot i que es pot calcular a diferents resolucions taxonòmiques (família: EPTf; gènere: EPTg; o espècie: EPTe).

Tractament de dades

Pel que fa al tractament estadístic de les dades, es va realitzar una anàlisi descriptiva preliminar de les dades. Paral·lelament, es va dur a terme una anàlisi d'escalat multidimensional (MDS) per visualitzar la similitud de les mostres en funció dels índexs de qualitat biològica i composició de les comunitats de macroinvertebrats. Aquesta anàlisi integra la informació de les variables i ordena les mostres en un espai

bi o tri dimensional en funció de la similitud dels valors d'aquestes variables. Per altra banda, es va realitzar una anàlisi de components principals (PCA) per tal d'estudiar la variabilitat de les mostres en funció del conjunt de variables ambientals definides. Aquesta anàlisi ordena les mostres en un espai segons la correlació dels valors de les variables amb diversos eixos dimensionals, anomenats components principals, de manera que s'obté una mesura de la influència de cada variable en la ordenació de les mostres i del percentatge de variabilitat explicat per les variables considerades. També es van realitzar tests de la normalitat de les variables (Kolmogorov-Smirnov) per decidir si realitzar anàlisis de la variància paramètrics o no paramètrics (Anova i Kruskal-Wallis, respectivament) i testar les diferències de les variables (riquesa de famílies, fisicoquímiques, hidromorfològiques, índexs de qualitat biològica) entre diferents categories de mostres. Finalment, es van dur a terme anàlisis de regressió lineal per conèixer les relacions entre les variables (cabal, índexs biològics, riquesa d'espècies, superfície de la conca, intensitat agrícola i ramadera). Totes les anàlisis estadístiques es van desenvolupar mitjançant els programes S-Plus 6.1 Professional, Primer 6 & Permanova+ i SigmaPlot 10.0.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Estat ecològic dels cursos fluvials estudiats

En general, els nivells dels diferents paràmetres fisicoquímics mesurats en els trams estudiats es troben dintre dels rangs habituals en condicions naturals o de baix impacte i quasi sempre lluny de valors associats a alteracions importants (TAULA 2). El pH de la totalitat de les estacions de mostreig presenta valors bàsics (7,9–9,4) degut a la litologia calcària predominant a les conques d'estudi. Tot i estar desviats de la neutralitat, estan lluny de valors extrems que podrien comprometre la compatibilitat amb la vida aquàtica (Allan & Castillo, 2007). Els nivells d'oxigen dissolt varien entre 7,2 i 11,2 mg L⁻¹, valors en general propers als de saturació en funció de les temperatures registrades (Margalef, 1983; Allan & Castillo, 2007) i en general típics d'ambients lòtics oligotròfics. S'observa un mínim al Junyell (Ju2), amb un 71,4% d'oxigen dissolt que coincideix amb la mínima altitud (119 msnm), la màxima temperatura (14,9 °C) i un cabal molt escàs (1,7 L s⁻¹). La conductivitat elèctrica no supera en cap cas valors per sobre dels 1000 µS cm⁻¹, llindar que es sol relacionar amb impactes antròpics (Prat *et al.*, 2013). Tot i així, presenten valors relativament alts (546,9 µS cm⁻¹ de mitjana), presumiblement associats a la naturalesa calcària de les conques de drenatge. Destaquen dos màxims als rius Junyell i Ridaura (Ju2 i Ri2) amb valors de 983 i 864 µS cm⁻¹, respectivament. Aquestes mesures coincideixen amb valors màxims en la concentració de sulfats (300 i 303 mg L⁻¹, respectivament), que superen en un ordre de magnitud la seva concentració a la resta de punts. Això podria indicar la presència d'un abocament puntual o de fonts més difuses (per exemple, una sobre fertilització dels camps de conreu) aigües amunt d'aquests punts. Els nitrats solen presentar valors per sota d'1 mg L⁻¹ en condicions naturals (USEPA), mentre que la concentració mitjana als rius europeus és de 3,7 mg L⁻¹ (Allan & Castillo, 2007). Els cursos d'aigua estudiats presenten, en més de la meitat dels casos, valors per sota del límit de detecció (2 mg L⁻¹). La majoria dels punts que sobrepassen aquests límits es corresponen amb els punts 2, cosa que

sembla tenir relació amb l'AAR desenvolupada a la conca. El màxim, observat al punt Tu2, coincideix amb la detecció prèvia de concentracions elevades de nitrats d'origen agrícola al Turonell (Serra & Tornés, 2004). En tot cas, sempre trobem una concentració inferior a 50 mg L⁻¹, llindar a partir del qual una massa d'aigua superficial es considera contaminada per nitrats (UE 91/676/CEE).

Els cabals observats a la majoria dels punts són en general reduïts, típics de rieres de segon i tercer ordre, amb una distribució irregular de les dades (TAULA 2): un 10% del trams presenten un cabal > 100 L s⁻¹, un 50% presenten un cabal entre 100 i 10 L s⁻¹, i un 40% tenen un cabal inferior a 10 L s⁻¹. Les estacions mostrejades es consideren temporals o efímeres en general, tot i que hi pot haver alguna excepció (Ri2, Ba2). Com és d'esperar, s'observa una correlació positiva entre l'àrea de la conca de drenatge i el cabal ($R^2 = 0,2653$; $P < 0,05$) i els punts 1 (control), situats aigües amunt, presenten en general una conca de drenatge més petita i de menor cabal que els punts 2.

En relació a la heterogeneïtat dels hàbitats observats als cursos fluvials, aquesta presenta una baixa variabilitat si atenem als valors de l'índex IHF (TAULA 2), amb un rang observat que oscil·la entre 58 i 73, sent 100 la puntuació màxima fixada (Pardo *et al.*, 2002). Aquests valors indiquen que en tots els casos hi trobem una heterogeneïtat d'hàbitats suficient com per acollir una comunitat prou representativa per a una correcta interpretació dels índexs de qualitat biològica (ACA, 2006a).

Els valors de l'índex QBR obtinguts (TAULA 2) indiquen que gairebé tots els trams presenten una qualitat del bosc de ribera 'molt bona' (≥ 95) o 'bona' (75–90), reflex d'alteracions nul·les o mínimes a les riberes (Munné *et al.*, 1998, 2003; ACA, 2006b). Cal destacar que els punts control sempre assoleixen la màxima categoria (molt bona qualitat), pel fet d'estar situats en zones forestals. Contràriament, cap dels punts 2 presenta una molt bona qualitat del bosc de ribera. Els mínims els presenten els punts Ju2 i FI2, amb valors corresponents a les categories 'mediocre' i 'deficient', respectivament. Aquests i la resta dels punts 2 presenten alteracions del bosc de ribera lligades sobretot a una reducció de la cobertura arbòria i de la connectivitat del bosc de ribera amb l'ecosistema adjacent, degudes a l'AAR i/o a la presència de pistes o carreteres a l'espai de ribera.

Tots els rius i rieres estudiats presenten una qualitat biològica 'molt bona' segons les categories establertes pels índexs IBMWP i BMWPC, ja que els rangs observats (132–284 i 140–298, respectivament) superen sempre el llindar dels 120 punts (TAULA 3). Això indica que, en tots els casos, les comunitats de macroinvertebrats estudiades representen unes condicions inalterades o distorsions d'escassa importància. Per als índexs derivats de l'ASPT (TAULA 3) no s'han consensuat categories de qualitat biològica, però ofereixen un matís interessant ja que ponderen el sumatori del valor bioindicador dels organismes presents a la comunitat pel nombre total de tàxons. D'aquesta manera, el resultat indica un valor mitjà de la qualitat biològica de la comunitat i no sobreestima increments en la riquesa de tàxons amb valors baixos. En aquest sentit, els rangs mesurats (4,33–6,11 per l'IASPT i 4,48–6,36 per l'ASPTC) ens situen en comunitats on l'abundància de tàxons amb un alt valor de qualitat biològica és important o, fins i tot, predominant. El valor mitjà de l'índex IASPT en aquest estudi és de 5,51, similar al trobat en indrets poc o gens sotmesos a impacte (Zamora-Muñoz, 1992; Martínez & Pujante, 1997). L'índex EPT, que inclou moltes espècies amb baixa tolerància a la contaminació (Hodkinson & Jackson, 2005),

TAULA 3. Qualitat biològica dels cursos fluvials estudiats. Riquesa de famílies i diferents índexs de qualitat biològica (F = Riquesa de famílies; EPTf = EPT —famílies—; EPTg = EPT —gèneres—).

Mostra	F	IBMWP	BMWPC	IASPT	ASPTC	EPTf	EPTg
L11	32	132	140	4,4	4,7	5	7
L12	37	143	148	4,3	4,5	7	10
Br1	34	147	155	4,9	4,8	6	9
Br2	34	176	183	5,5	5,6	13	14
Fl1	36	200	203	5,9	6,0	15	19
Fl2	37	203	203	6,0	5,8	14	18
Jo1	35	195	200	5,7	5,9	13	15
Jo2	45	237	238	5,5	5,5	17	21
Ri1	33	195	197	6,1	6,2	13	17
Ri2	49	274	280	5,8	5,8	18	24
Fe1	46	275	286	6,1	6,4	19	22
Fe2	43	221	228	5,3	5,4	14	17
Ba1	39	205	210	5,7	5,7	12	20
Ba2	37	208	211	5,6	5,7	14	20
Tu1	44	249	261	5,9	6,1	16	21
Tu2	53	284	298	5,7	5,8	18	25
Ju1	45	237	235	5,5	5,5	15	19
Ju2	51	253	261	5,2	5,2	11	15
Ca1	53	267	271	5,3	5,4	15	22
Ca2	46	254	254	5,8	5,8	15	23

presenta un valor mitjà de 7,0 (EPTf) al període 2011–2013 a la xarxa de seguiment d'estat ecològic de la conca del Ter a Osona (Sellarès *et al.*, 2013), mentre que en el present estudi és de gairebé el doble (13,5). S'ha de tenir en compte que l'àrea d'estudi a Sellarès *et al.* (2013) inclou també punts sotmesos a diversos impactes i abocaments.

Influència de la activitat agrícola i ramadera (AAR)

Alguns indicadors revelen una reducció en la qualitat fisicoquímica i hidromorfològica lligada a l'AAR. Aquesta alteració es manifesta als punts 2 per un augment en les concentracions de nitrats i en la conductivitat, així com una reducció de la qualitat del bosc de ribera (FIGURA 2). No obstant això, aquestes alteracions no influeixen en la qualitat biològica expressada pels índexs de macroinvertebrats, ja que no s'observen variacions en funció de l'AAR, tal i com reflecteix l'ordenació espacial de les mostres a l'anàlisi MDS (FIGURA 3). Aquesta tendència es confirma pel fet que cap dels índexs presenten diferències significatives entre els punts 1 i els punts 2 (Kruskal-Wallis, $P > 0,05$).

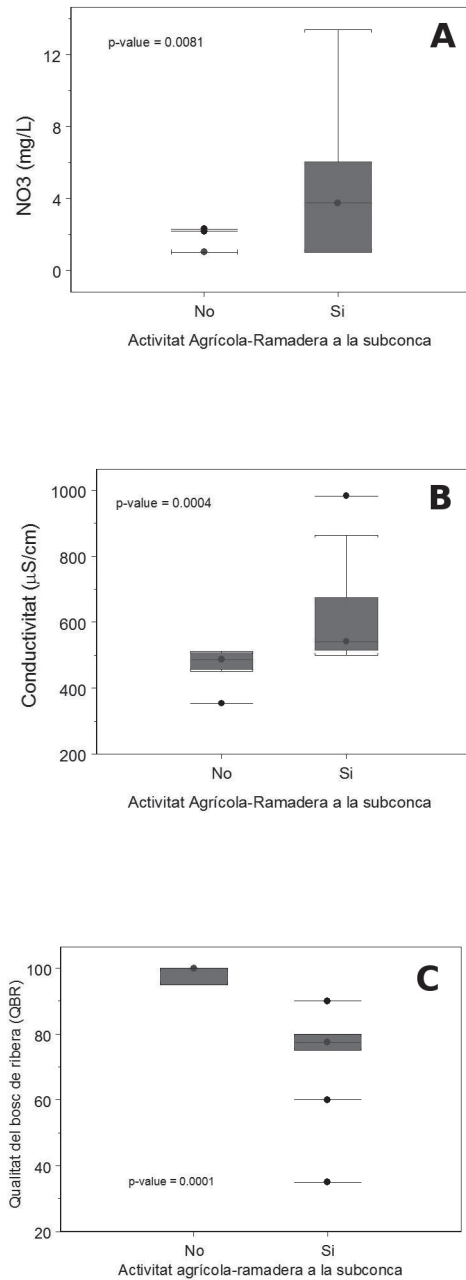


FIGURA 2. Diagrames de caixa representant les diferències significatives entre cursos fluvials amb o sense activitat agrícola-ramadera (AAR) a la conca de drenatge (categories "Si" i "No" respectivament en l'eix x) en relació a la concentració de nitrats (A), la conductivitat (B) i la qualitat del bosc de ribera (C).

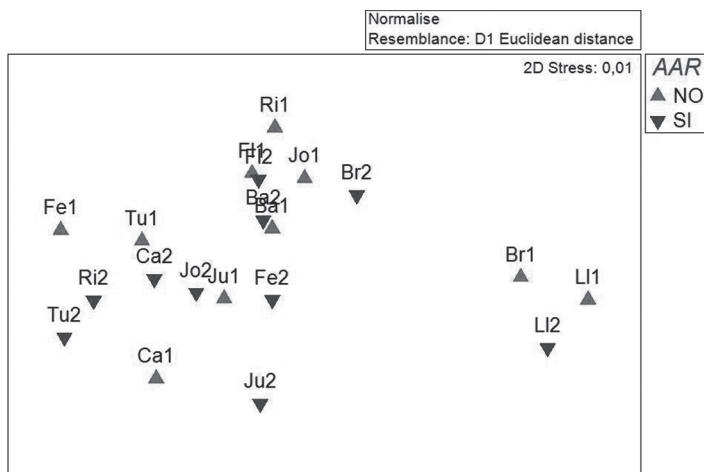


FIGURA 3. Ordenació de les mostres amb activitat agrícola-ramadera (triangles invertits) o sense (triangles drets), segons l'anàlisi MDS considerant les variables de qualitat biològica (riquesa de famílies i els índexs IBMWP, BMWPC, IASPT, ASPTC, ETPf, i ETPg).

TAULA 4. Paràmetres de l'anàlisi de regressió lineal entre els valors dels índexs de qualitat biològica als punts 2 (variable dependent) i la superfície de la conca de drenatge destinada a AAR (variable independent). A: superfície total; B: % de superfície. (F = riquesa de famílies; EPTf = EPT – famílies–; EPTg = EPT – gèneres–).

A

Variable	R ²	Error estàndar	P-valor
F	0,0714	0,0118	0,4553
IBMWP	0,0139	0,0806	0,7449
BMWPC	0,0217	0,0829	0,6841
IASPT	0,1384	0,0008	0,2898
ASPTC	0,0608	0,0007	0,4919
EPTf	1,20*10 ⁻⁶	0,0062	0,9976
EPTg	0,0002	0,0088	0,9686

B

Variable	R ²	Error estàndar	P-valor
F	0,0063	0,2897	0,8270
IBMWP	0,0004	1,9212	0,9543
BMWPC	0,0002	1,9853	0,9663
IASPT	0,1237	0,0191	0,3190
ASPTC	0,0780	0,0173	0,4343
EPTf	0,0237	0,1439	0,6709
EPTg	0,0092	0,2082	0,7919

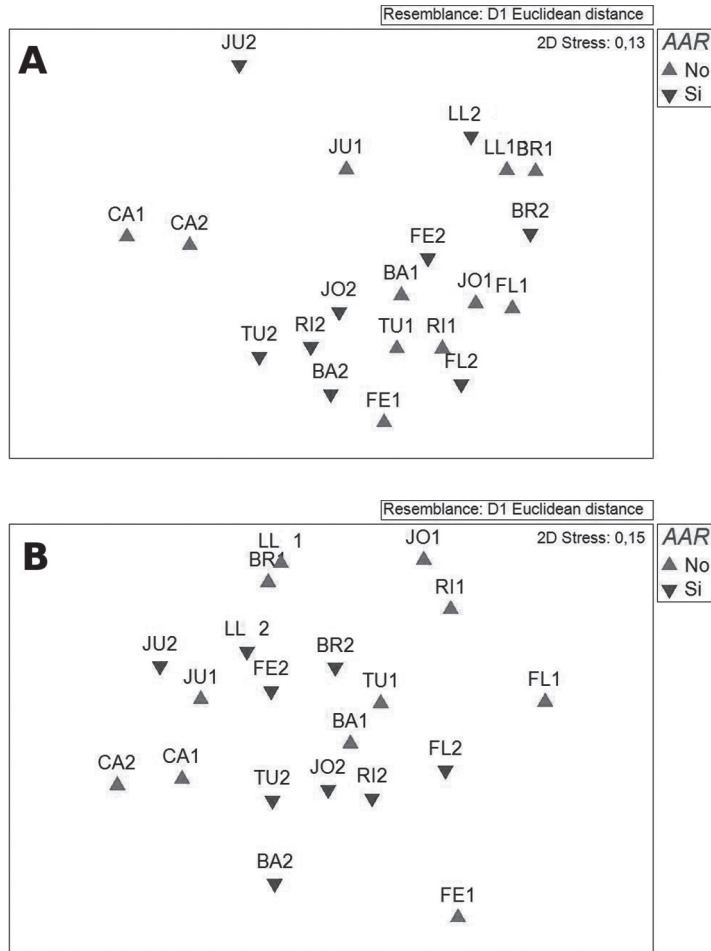


FIGURA 4. Ordenació de les mostres amb activitat agrícola-ramadera (triangles invertits) o sense (triangles drets) segons l'anàlisi MDS considerant la composició de gèneres (A) i la composició d'espècies d'efemeròpters i plecòpters (B) en termes de presència/absència als cursos fluvials estudiats.

Si es considera la intensitat agrícola i ramadera en termes de superfície de la conca destinada a l'AAR (tant en superfície absoluta com en percentatge de la conca) no s'observa cap relació significativa entre la intensitat de l'AAR i la qualitat biològica (TAULA 4). Això suggereix l'existència d'un llindar d'impacte sobre les comunitats de macroinvertebrats que possiblement es dona en condicions d'una major intensitat d'AAR que les considerades en aquest estudi. La majoria d'aquests índexs consideren els tàxons a una resolució de família i, per tant, una major resolució taxonòmica podria oferir major sensibilitat envers un impacte de baixa intensitat reflectit pels indicadors químics (NO_3^- , conductivitat) i hidromorfològics (QBR). Els resultats del MDS, però, mostren que la composició total de gèneres i la composició d'espècies d'efemeròpters i plecòpters als trams estudiats, és molt similar en les mostres control i les mostres amb AAR a la conca (FIGURA 4).

Determinació dels trams fluvials de referència

La majoria dels trams estudiats assoleixen o estan molt propers a les condicions de referència, tot i que la totalitat dels punts 2 pateix alteracions de la qualitat del bosc de ribera en major o menor mesura (TAULA 2, FIGURA 2). Respecte als punts control, o punts 1, en tots els casos compleixen els requisits biològics, fisicoquímics i hidromorfològics per a ser considerats com a trams de referència (Puntí, 2007; Sánchez-Montoya *et al.*, 2009). No obstant, alguns dels punts control presenten una superfície de la conca de drenatge reduïda, degut a la dificultat per trobar trams d'estudi amb subconques més grans que complissin els requeriments per a ser considerats control. Aquest fet té una influència sobre la comunitat de macroinvertebrats, ja que s'observa una correlació entre la riquesa de famílies i la grandària de la conca de drenatge ($R^2=0,6286$, $P < 0,01$, TAULA 5, FIGURA 5), de manera que les conques més petites presenten una menor riquesa de macroinvertebrats i, en conseqüència, decrements dels índexs IBMWP i BMWPC. L'efecte de la grandària de la conca de drenatge d'alguns punts control, juntament amb el cabal, amb el que està fortament relacionada ($R^2 = 0,4381$; $P < 0,05$), genera un règim hídric massa intermitent. Això no permetria l'establiment d'espècies no adaptades a cursos amb una alta temporalitat, cosa que dificulta una comparativa acurada amb els punts d'aigües avall si es fan servir aquests índexs. Aquesta correlació però, no afecta al valor mitjà de qualitat biològica de les comunitats de macroinvertebrats ni a la riquesa de famílies i gèneres d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters (TAULA 5). Això indica una millor aplicabilitat dels índexs ASPT i EPT respecte de l'IBMWP i BMWPC en subconques de poca grandària, i el seu ús és indicat en aquestes condicions. Tot i així, per a l'establiment de zones de referència a la Garrotxa es recomana considerar trams amb una conca de drenatge amb prou superfície com per acollir una diversitat d'espècies que no exclou aquelles no adaptades a llargs períodes de sequera. Així doncs, punts control com els de la riera de ca n'Illa (Ca1), Ferró (Fe1) i Junyell (Ju1), que a més presenten valors d'IHF i riquesa de famílies per sobre de la mitjana, serien òptims com per a considerar-los trams de referència a la Garrotxa.

TAULA 5. Paràmetres de l'anàlisi de regressió lineal entre els valors dels índexs de qualitat biològica als punts 1 (variable dependent) i la superfície de la conca de drenatge (variable independent). Els valors en negreta i amb asterisc mostren correlacions estadísticament significatives. (F = riquesa de famílies; EPTf = EPT – famílies –; EPTg = EPT – gèneres –).

Variable	R ²	Error estàndar	P-valor
F	0,6286	0,0075	0,0036*
IBMWP	0,4023	0,0652	0,0360*
BMWPC	0,3639	0,0671	0,0494*
IASPT	0,0020	0,0009	0,8948
ASPTC	0,0001	0,0010	0,9736
EPTf	0,1264	0,0070	0,2833
EPTg	0,2658	0,0082	0,1045

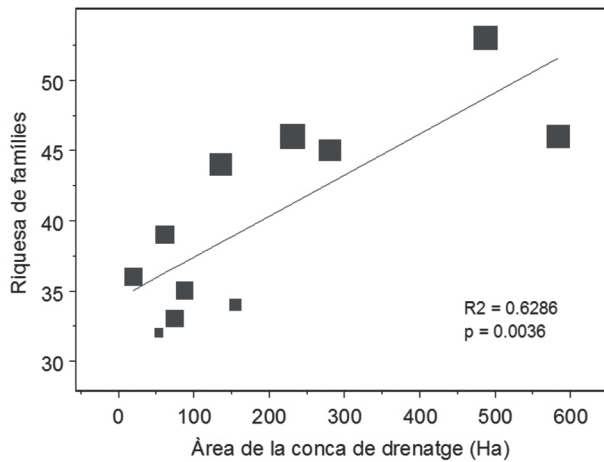


FIGURA 5. Gràfic de dispersió on es representa la riquesa de famílies de macroinvertebrats en relació a la superfície de la conca de drenatge dels punts control. La mida dels quadrats representa els valors de l'índex IBMWP.

Composició faunística de les comunitats de macroinvertebrats

La composició faunística de les comunitats de macroinvertebrats (àmpliament detallada a Roig *et al.*, 2016) diferencia clarament els cursos fluvials en funció de la conca principal (FIGURA 6) degut a una menor riquesa de macroinvertebrats als punts de la conca del Ter (FIGURA 7). També s'observa una diferenciació dins la conca del Fluvià a la Garrotxa entre dos àmbits geogràfics (FIGURA 6): els cursos fluvials situats a l'oest (riera de Joanetes, riu Fluvià, riu Riudaura, riera del Ferró i riera del Bac) i els de l'est (riu Turonell, riera de ca n'Illa i riera de Junyell). Aquestes diferències venen en part donades per la presència de gèneres i espècies trobades exclusivament a punts de l'àmbit Fluvià Est, com *Thraululus bellus* (Ephemeroptera), *Scarodytes* sp. i *Peltodytes* sp. (Coleoptera), o *Calamoceras marsupus* i *Setodes* sp. (Trichoptera); o bé, per gèneres i espècies amb molt poca presència a l'àmbit Fluvià Oest i absència total a la conca del Ter, com *Platycnemis* sp. (Odonata), o *Atrichops crassipes* i *Dicranota* sp. (Diptera). Per una altra banda, també s'han trobat gèneres i espècies exclusivament a l'àmbit Fluvià Oest, com *Cordulegaster boltonii* (Odonata), un bon indicador d'aigües ben oxigenades (Lockwood & Oliver, 2007), o *Eloeophila* sp. (Diptera). També hi destaca l'absència total de troballes dels gèneres *Cloëon* (Ephemeroptera), *Notonecta* (Heteroptera) i *Halipilus* (Coleoptera), tots tres típics d'ambients lenítics, cosa que indica una dominància d'ambients reòfils als trams del Fluvià Oest.

Per avaluar els canvis ambientals en els diferents àmbits geogràfics que puguin explicar aquestes diferències en la composició de les comunitats de macroinvertebrats, es presenten els resultats d'una anàlisi de components

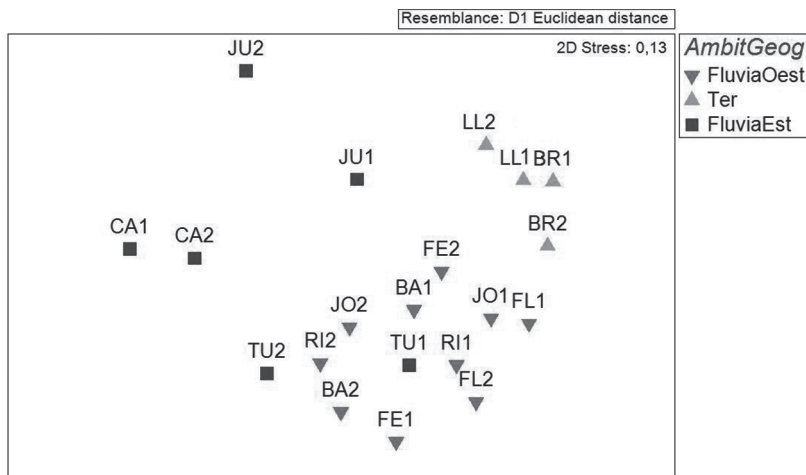


FIGURA 6. Ordenació de les mostres de les conques del Fluvià Oest (triangles invertits), Fluvià Est (quadrats) i Ter (triangles drets) segons l'anàlisi MDS considerant la composició total de gèneres a les mostres en termes de presència/absència. A l'anàlisi no s'han inclòs els macroinvertebrats que no han estat identificats a nivell de gènere, excepte els presents només en una sola mostra o els morfotipus a nivell de família. Tampoc no s'han inclòs les identificacions a través de les exúvies dels quironòmids perquè no són representatives del punt de mostreig.

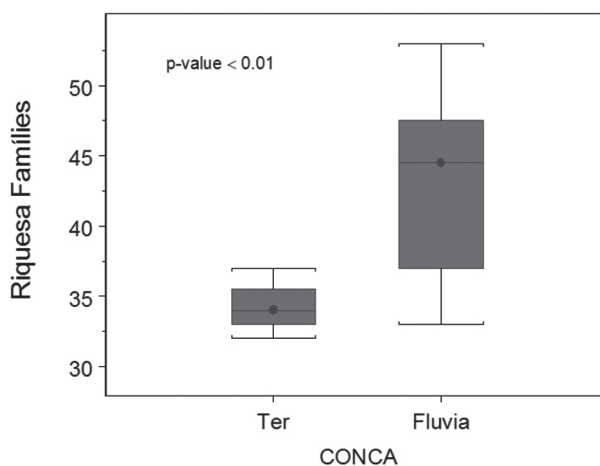


FIGURA 7. Diagrama de caixa representant les diferències significatives en la riquesa de famílies de macroinvertebrats entre els cursos fluvials de la conca del Fluvià i de la conca del Ter.

principals (PCA, FIGURA 8). L'ordenació discrimina clarament els punts de l'est de la conca del Fluvià de la resta i relaciona aquests amb altes temperatures, poc pendent, baixa altitud i major conductivitat, condicions lligades a ambients més lenítics. En aquest sentit, també s'observa una tendència que relaciona els punts

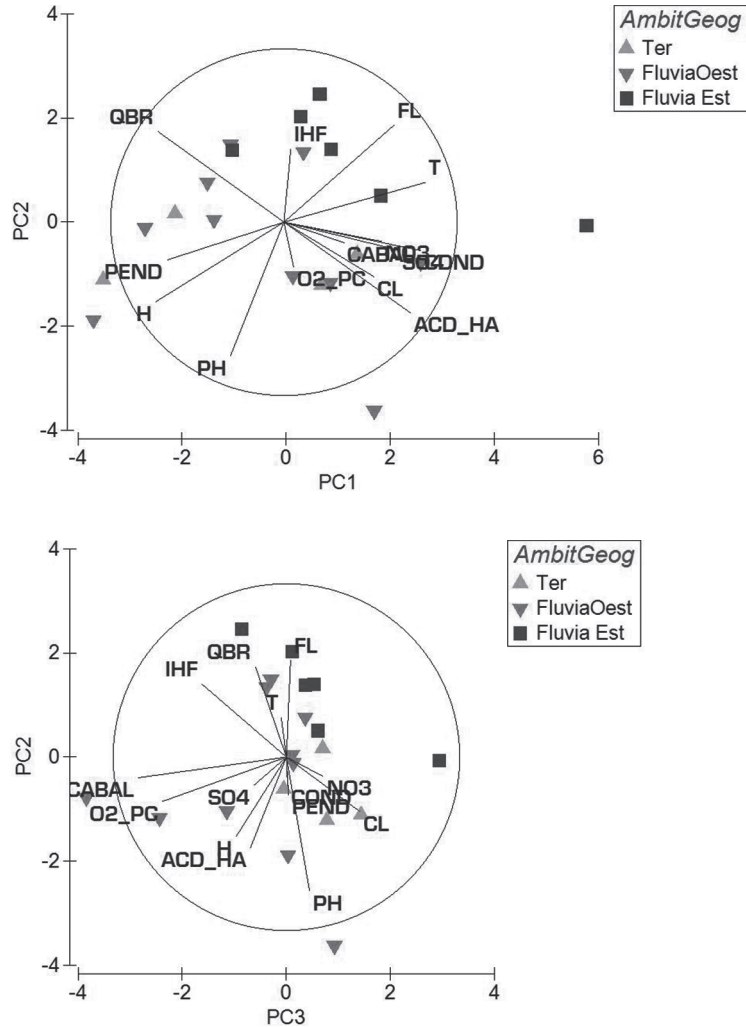


FIGURA 8. Anàlisi de components principals (PCA) representant la ordenació de les mostres respecte les variables de la conca (PEND = Pendent; H = altitud; ACD_HA = àrea de la conca de drenatge), hidromorfològiques (IHF = Índex d'Hàbitat Fluvial; QBR = índex de Qualitat del Bosc de Ribera), i fisicoquímiques (T = T[°]; PH = pH; O2_PC = oxigen dissolt (%); COND = conductivitat; NO3, SO4, FL, i CL = concentracions de nitrats, sulfats, fluorurs i clorurs). A dalt es representen les components 1 i 2, a baix les components 2 i 3. Les components 1, 2 i 3 expliquen el 35,7%, 15,6% i 13,8% de la variabilitat de les mostres, respectivament. Les línies representen la correlació de les variables amb cadascuna de les components principals.

del Fluvià Est amb baixos cabals circulants i menor percentatge d'oxigen dissolt. Així doncs, una influència més mediterrània deguda a un descens altitudinal, així com una hidromorfologia més típica de trams mitjos o valls de pendent més suau poden explicar les diferències en les comunitats. La presència exclusiva al Fluvià Est d'espècies com *Calamoceras marsupus* (Trichoptera) o *Thraululus bellus*

(Ephemeroptera) recolza aquesta idea, ja que aquestes espècies tenen preferència per trams mitjans i aigües temperades (Puig, 1999; Vieira-Lanero, 2000). Per una altra banda, els resultats indiquen una tendència de major cabal i oxigen dissolt als cursos estudiats a l'àmbit Fluvià Oest (FIGURA 8), quelcom recolzat per la composició faunística d'aquests trams, com ja s'ha explicat. Pel que fa als trams de la conca del Ter, la seva composició faunística és visiblement dissemblant respecte de la conca del Fluvià (FIGURA 6), fet difícil d'explicar per les condicions ambientals, que no presenten diferències tan marcades entre ambdues conques (FIGURA 8). De fet, cap de les variables hidromorfològiques o fisicoquímiques presenten diferències significatives entre les conques principals, excepte per la concentració de clorurs i fluorurs (Anova, $P > 0,05$), que en cap cas assoleixen concentracions fora del rang en aigües dolces en condicions naturals. Per aquest motiu es creu que la menor riquesa taxonòmica observada a la conca del Ter pot estar influenciada per causes complementàries. En aquest sentit, una possible explicació són els anomenats 'efectes de prioritat' sobre la composició de les comunitats, segons els quals, a condicions ambientals regionals similars poden existir comunitats molt diferents entre sí a una escala més local degut a efectes estocàstics, com ara processos de colonització, extinció, i taxes de natalitat i mortalitat (Chase, 2003). Aquesta coexistència de comunitats diferents a escala local sota condicions ambientals similars es coneix com a 'equilibri estable múltiple' i sol ser més probable en condicions de baixa alteració dels ecosistemes, taxes mitges-altes de productivitat, presència de barreres físiques i alta diversitat regional d'espècies que potencialment puguin formar part de la comunitat (Chase, 2003), condicions que es compleixen en aquest cas. En aquest context, les diferències en la composició de les comunitats depenen en gran mesura de l'ordre en què les espècies van colonitzar l'espai físic en un primer moment (efecte de prioritat) i de la seva capacitat per evitar la colonització de noves espècies (Chase & Leibold, 2002; Chase, 2003). Per tant, processos de colonització i competència associats al fet de pertànyer a una conca principal diferent poden accentuar la singularitat de les comunitats dels punts de la conca del Ter d'aquest estudi, comunitats en general més pobres i amb una composició fortament dissemblant respecte a la conca del Fluvià.

CONCLUSIONS

L'estat ecològic dels rius i rieres d'aquest estudi es pot considerar en general bo o molt bo, tot i que s'observen alteracions en alguns indicadors de la qualitat fisicoquímica i hidromorfològica dels trams on es desenvolupa AAR. La qualitat biològica determinada pels índexs de macroinvertebrats és en tots els casos molt bona, típica d'indrets no sotmesos a impactes importants, i no presenta diferències significatives entre els punts amb AAR i els control.

La superfície de la conca de drenatge es relaciona amb la riquesa de macroinvertebrats, de manera que a subconques massa reduïdes resulta inadequat aplicar els índexs IBMWP i BMWPC, dependents d'aquesta variable. No ocorre així amb els índexs ASPT i EPT.

Es recomana considerar com a trams de referència a la Garrotxa els punts control (absència d'impactes en la qualitat fisicoquímica, hidromorfològica i biològica) amb una superfície de conca mínima que no generi decrements en la riquesa de macroinvertebrats (Ca1, Fe1, Ju1).

La composició i riquesa de les comunitats de macroinvertebrats bentònics presenta diferències entre els trams d'estudi de la conca del Ter respecte dels de la conca del Fluvià. Dins de la conca del Fluvià, les comunitats de macroinvertebrats bentònics presenten diferències entre els punts situats a l'est (caracteritzats per condicions de major temperatura, menor altitud i poc pendent), i els punts situats a l'oest (caracteritzats per major cabal i oxigenació de l'aigua). Les comunitats de macroinvertebrats estudiades a la conca del Ter presenten menor riquesa i unes peculiaritats en la composició d'espècies que es podria explicar per efectes estocàstics com a factors moduladors en el seu assemblatge.

AGRAÏMENTS

El finançament per dur a terme el present estudi va ser proporcionat per l'Ajuntament d'Olot a través de la beca Oriol de Bolòs de Ciències Naturals. La Mariàngels Puig (CEAB-CSIC) va determinar les mostres de plecòpters i efemeròpters. En Mariano Larraz (Universidad de Navarra) va determinar les mostres de mol·luscs. La Mònica Martinoy (Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i del Baix Ter) va determinar diversos exemplars de coleòpters de les famílies Dytiscidae i Hydraenidae. Diversos especialistes com la Núria Bonada (Universitat de Barcelona - Trichoptera), l'Andrés Millán (Universidad de Murcia - Heteroptera), en Rüdiger Wagner (Kassel Universität - Psychodidae), en Mike Lockwood (ICHN Garrotxa/Grup Oxygastra - Odonata), en Ton Van Haaren (Grontmij Group - Stratiomyidae), en Manuel Portillo (Universidad de Salamanca - Tabanidae) i en Javier Alba-Tercedor (Universidad de Granada - Ephemeroptera) van aclarir diversos dubtes en les determinacions a través d'imatges digitals i/o van aportar valuosos consells, informació i bibliografia. En Guillermo de Mendoza va assessorar en el disseny de mostreig i tractament de dades, va participar en algunes jornades de camp i va fer valuoses aportacions al manuscrit. En Jaume Heras (oficina comarcal DAAM Garrotxa) va aportar informació i consells sobre els usos agrícoles a la comarca i l'ús i interpretació del programa SIGPAC. El Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu del Ter va cedir les sondes de paràmetres fisicoquímics i el correntòmetre. El consorci SIGMA d'Olot va determinar els nivells de nitrats, sulfats, clorurs i fluorurs de les mostres d'aigua. La Paula Fonollà i en Rafael Carbonell van col·laborar en alguns dels mostreigs. Els revisors científics de l'article van aportar molt valuosos suggeriments quant a l'estil i els continguts.

BIBLIOGRAFIA

- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA) 2006a.** *BIORI, Protocol d'Avaluació de la Qualitat Biològica dels Rius.* Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (ACA) 2006b.** *HIDRI, Protocol d'Avaluació de la Qualitat Hidromorfològica dels Rius.* Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- ALBA TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988.** Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.

- ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS J.; BONADA, N.; CASAS, J.; MELLADO, A.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; ROBLES, S.; SÁINZ-CANTERO, C. E.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; VIVAS, S. & ZAMORA-MUÑOZ, C. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP). *Limnetica*, 21: 175–185.
- ALLAN, J. D. & CASTILLO, M. M. 2007. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Springer, Dordrecht.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992. *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- ARMITAGE, P.D.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters. *Water Res.*, 17: 333–347.
- BASERBA, C. 1993. Estudi de la qualitat de l'aigua del riu Fluvià al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Inèdit.
- BENITO DE SANTOS, G. & PUIG, M. A. 1999. BMWPC, un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del Agua*, 191: 43–56.
- BONADA, N.; ZAMORA MUÑOZ, C.; EL ALAMI, M.; MÚRRIA, C. & PRAT, N. 2008. New records of Trichoptera in reference Mediterranean-climate rivers of the Iberian Peninsula and North of Africa: Taxonomical, faunistical and ecological aspects. *Graellsia*, 64: 189–208.
- CHASE, J. M. & LEIBOLD, M. A. 2002. Spatial scale dictates the productivity–biodiversity relationship. *Nature*, 416: 427–430.
- CHASE, J. M. 2003. Community assembly: when should history matter? *Oecologia*, 136: 489–498.
- HODKINSON, I. D. & JACKSON, J. K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environ. Manage.*, 35: 649–666.
- IMPRESS. Agència Catalana de l'Aigua. Disponible en: <http://acamap.gencat.cat/impress/egv.php?lang=ca>.
- LENAT, D. R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 7: 222–233.
- LOCKWOOD, M. & OLIVER, X. 2007. *Les libèl·lules de la Garrotxa. Monografies de Patrimoni Natural de la Garrotxa*, 1. Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural. Olot.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Omega. Barcelona.
- MARTÍNEZ, F. & PUJANTE, M. 1997. Estudio de la fauna de invertebrados en el río Cabriel y manantiales asociados en la provincia de Albacete. *Al-Basit*, 40: 71–110.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C. & PRAT, N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20–37.
- MUNNÉ, A.; PRAT, N.; SOLÀ, C.; BONADA, N. & RIERADEVALL, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquat. Conserv.*, 13: 147–163.
- NOVELLAS, X. & BASERBA, C. 1999. Seguiment de la qualitat de l'aigua del riu Fluvià al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa 1993-1998. Inèdit.
- PARDO, I.; ÁLVAREZ, M.; CASAS, J.; MORENO, J. L.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; MOYÀ, G.; PRAT, N.; ROBLES, S.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M. & VIDAL-ABARCA, M. R. 2002. El hàbitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hàbitat. *Limnetica* 21: 115–133.
- PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; FORTUÑO, P.; ACOSTA, R.; BONADA, N.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; CID, N.; PACE, G.; RODRÍGUEZ-LOZANO, P.; SÁNCHEZ, N.; VERKAİK, I. & VILLAMARÍN, C. 2013. *Diagnosi ambiental de les conques dels rius de la Província de Barcelona. Informe 2012. Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius*, 22. Diputació de Barcelona. Barcelona.

- PUIG, M. A. 1999.** *Els Macroinvertebrats dels Rius Catalans*. Guia il·lustrada. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- PUNTÍ, T. 2007.** *Ecologia de les Comunitats de Quironòmids en Rius Mediterranis de Referència*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- ROIG, R.; de MENDOZA, G.; PUIG, M. A.; LARRAZ, M. & LANGTON, P. 2016.** Contribució al llistat faunístic dels macroinvertebrats aquàtics de la Garrotxa. *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, 8: 25-39.
- SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; VIDAL-ABARCA, M. R.; PUNTÍ, T.; POQUET J. M.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; ALBA-TERCEDOR, J.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; TORO, M.; ROBLES, S.; ÁLVAREZ, M. & SUÁREZ, M. L. 2009.** Defining criteria to select reference sites in Mediterranean streams. *Hydrobiologia*, 619: 39–54.
- SELLARÈS, N.; JIMÉNEZ, L. & ORDEIX, M. 2013.** Seguiment de l'estat ecològic dels cursos fluvials d'Osona. Memòria de l'any 2013. Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis, Museu del Ter. Informe tècnic. Manlleu.
- SERRA, A. & TORNÉS, E. 2004.** Elaboració d'una eina d'avaluació de l'estat tròfic de la conca del riu Fluvià a la Garrotxa. Beques Oriol de Bolòs de Ciències Naturals. Convocatòria 2003. Inèdit.
- SIGPAC, Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas**, . Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>
- Unió Europea, 1991.** Directiva Europea 91/676/CEE. Relativa a la protecció de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Unió Europea, 2000.** Directiva 2000/60/CE Del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- USEPA**, . Rivers & Streams Monitoring & Assessment. 5.7 Nitrates. Disponible en: <http://water.epa.gov/type/rsll/monitoring/vms57.cfm>.
- VIEIRA-LANERO, R. 2000.** Las larvas de los tricópteros de Galicia (Insecta: Trichoptera). Tesi doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.
- ZAMORA-MUÑOZ, C. 1992.** Macroinvertebrados acuáticos, caracterización y calidad de las aguas de los cauces de la cuenca alta del río Genil. Tesi doctoral. Universidad de Granada. Granada.