

# EFFECTES DELS IMPACTES HUMANS SOBRE LA BIODIVERSITAT DE MACROINVERTEBRATS AQUÀTICS EN EL GAIÀ I ALTRES RIUS DE CATALUNYA\*

*Jesús Ortiz, Carolina Solà, Goretti Merseburger i Antoni Munné*

## RESUM

Les diferents perturbacions derivades de l'activitat humana poden alterar greument l'estructura i el funcionament dels ecosistemes fluvials. En aquest estudi hem relacionat la diversitat d'invertebrats aquàtics amb diverses variables ambientals amb l'objectiu d'avaluar la importància d'aquests factors sobre els ecosistemes fluvials. El riu Gaià presentava una conductivitat relativament elevada. Les concentracions de nutrients eren habitualment baixes, però amb augments puntuals. La diversitat d'invertebrats del Gaià era superior a la mitjana de tots els rius estudiats a Catalunya i l'estat ecològic es trobava entre bo i molt bo, però existeix el risc que disminueixi a nivells de qualitat inferiors a causa d'abocaments puntuals. Les variables amb major influència sobre la diversitat d'invertebrats són l'hàbitat fluvial, la conductivitat, el carboni orgànic total, l'ortofosfat i l'amoni. D'altra banda, tot i que el nombre de rius afectats per activitats agrícoles és major, els efectes dels impactes urbans sobre els invertebrats són més accentuats. A més, els efectes dels diferents tipus d'alteracions que influeixen sobre la diversitat d'invertebrats semblen ser additius, de manera que la solució d'una o poques alteracions podrien tenir millores tangibles i progressives en l'ecosistema.

\* Basat en (ORTIZ *et al.*, en premsa). Hem d'agrair la participació de diversos tècnics que han proveït les dades fisicoquímiques i de macroinvertebrats recollides al camp, el personal del laboratori de l'Agència Catalana de l'Aigua i a en Carlos Cardona, encarregat de l'elaboració dels mapes, també de l'Agència Catalana de l'Aigua.

## 1. INTRODUCCIÓ

Les activitats agrícoles i la urbanització són les dues causes principals de degradació dels ecosistemes fluvials als països desenvolupats (EEA, 2003; PAUL I MEYER, 2001). El gran nombre de perturbacions humanes alteren la qualitat de l'aigua, la hidrologia, l'hàbitat fluvial, la vegetació de ribera i dispersen espècies invasives. Aquestes alteracions afecten les comunitats biològiques i poden tenir conseqüències severes sobre l'ecosistema. En aquest context, la Directiva Marc de l'Aigua (Directiva Europea 2000/60/CE) entra en vigor amb l'ambició objectiu que els ecosistemes aquàtics mantinguin o assoleixin un estat ecològic bo o molt bo, a ser possible abans de l'any 2015, entenent l'estat ecològic com una mesura de la qualitat de l'estructura i la funció de l'ecosistema. Per avaluar l'estat ecològic, la utilització de macroinvertebrats aquàtics com a indicadors biològics representa diversos avantatges en relació amb altres grups d'organismes i les anàlisis químiques puntuals com, per exemple, la capacitat d'integrar informació relativa a les darreres setmanes, la seva ubiqüitat i els relativament senzills i econòmics mètodes de mostreig i, a més, és una aproximació àmpliament estesa arreu del món.

Un gran nombre d'estudis previs que analitzen els efectes de diverses alteracions humanes sobre els ecosistemes fluvials conclouen que la diversitat de macroinvertebrats disminueix amb l'augment de la intensitat de les perturbacions (BRUNS, 2005; DELONG I BRUNSEN, 1998; ORTIZ I PUIG, 2007; SHIEH *et al.*, 1999). Així, doncs, el monitoratge dels ecosistemes fluvials a partir de la diversitat de macroinvertebrats i índexs d'estat ecològic adquireixen una importància cabdal per al desenvolupament de plans de conservació.

En aquest context, l'objectiu d'aquest estudi és comparar la diversitat de macroinvertebrats aquàtics i l'estat ecològic del riu Gaià amb altres rius de Catalunya i examinar els efectes de diverses variables ambientals sobre la comunitat de macroinvertebrats.

## 2. ÀREA D'ESTUDI

El Districte de Conca Fluvial de Catalunya consisteix en 11 conques principals i diversos torrents litorals que circulen pel territori català i desemboquen al mar Mediterrani. En aquest estudi, es van seleccionar 158 punts de mostreig pertanyents a 99 cursos fluvials de Catalunya classificats en 12 tipus fluvials d'acord amb les seves característiques geogràfiques, fisiogràfiques, físiques i químiques (MUNNÉ I PRAT 2004) i que cobrien un ampli rang de condicions ambientals i impactes humans. L'àrea urbana de Catalunya representa un 6% de la superfície total de Catalunya, mentre que la superfície cultivada ocupa un 28% i la forestal, un 62% (Figura 1). Els punts de mostreig es troben a alçades entre gairebé el nivell del mar fins a més de 1.600 m i la precipitació anual mitjana varia entre els menys de 400 mm a les planes de ponent fins als més de 1.250 mm als Pirineus. A conseqüència del clima Mediterrani, el cabal en un tram de riu pot variar diversos ordres de magnitud, dins del mateix any o entre diferents anys, i en alguns trams la hidrologia es troba fortament alterada per les extraccions humanes.

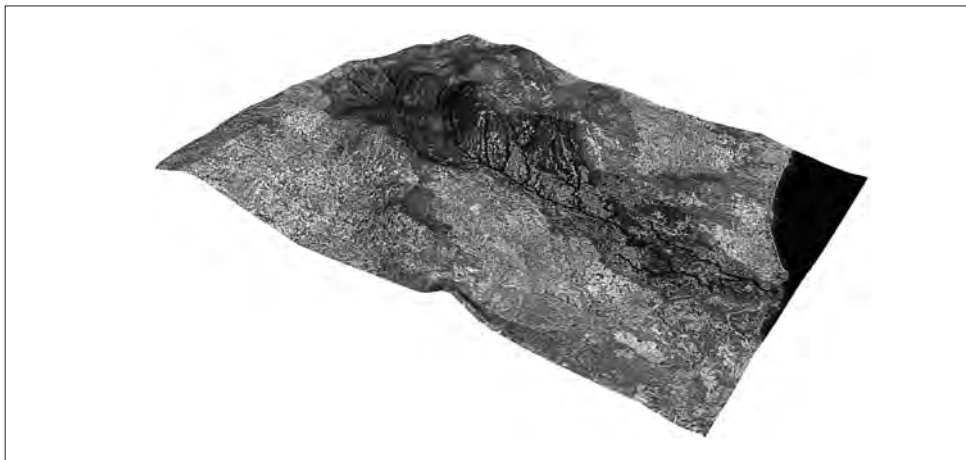
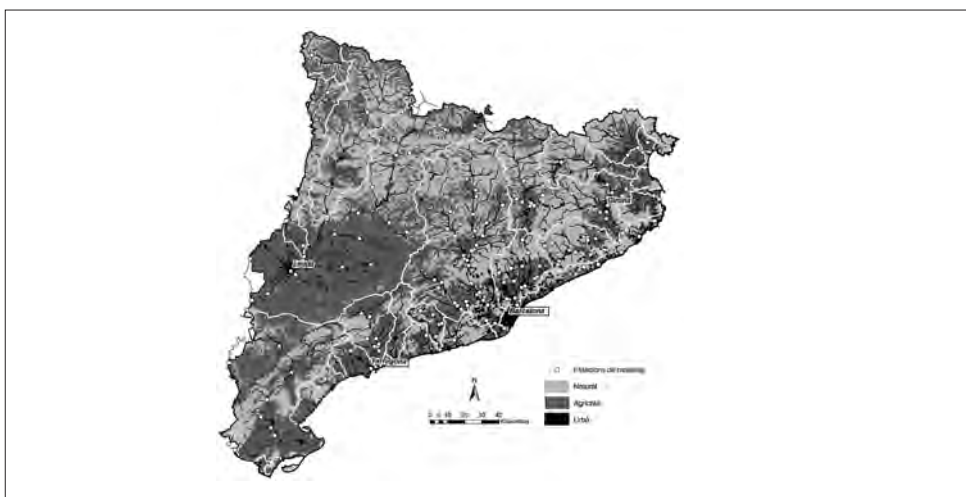
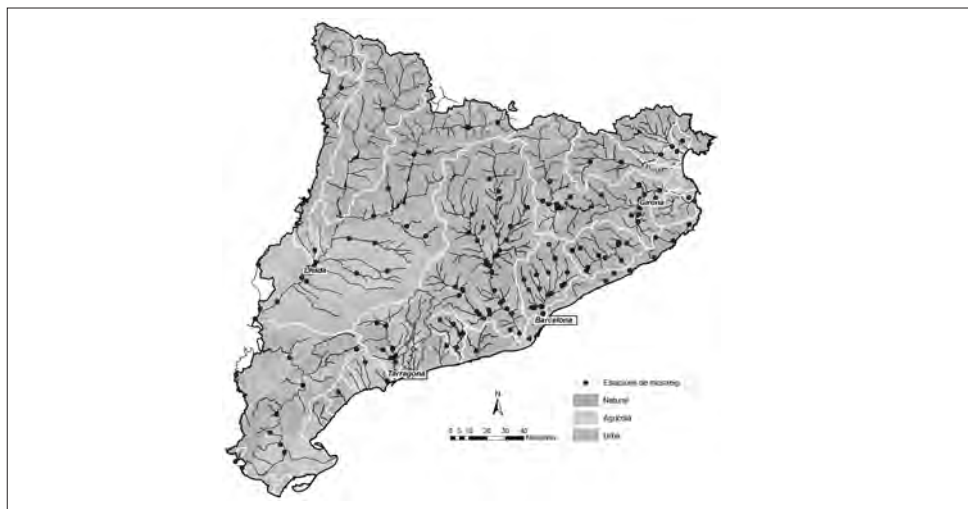


Figura 1. Reproducció en tres dimensions de la conca del Gaià. Base Cartogràfica: Institut Cartogràfic de Catalunya.



□ Figura 2: Mapa dels 158 punts de mostreig considerats en el Programa de Seguiment i Control de l'Agència Catalana de l'Aigua a Catalunya, les conques principals i els principals usos del sòl a Catalunya. El punt de mostreig del Gaià es destaca amb un punt blanc.



□ Figura 3: Mapa de la conca del Gaià i els principals usos del sòl. El punt de mostreig del Gaià es destaca amb un punt blanc.

El riu Gaià es considera dins de la tipologia de rius amb influència de zones càrstiques. L'eix principal del Gaià té una longitud de 59 km, tot i que els darrers 11 km es troben secs bona part de l'any a conseqüència de la presa del Catllar. El Gaià drena una conca de 424 km<sup>2</sup> amb un 4% de superfície urbana, un 42% d'agrícola i un 54% de forestal (Figura 2). La població de tota la conca és d'uns 16.000 habitants, 10.000 dels quals es troben per sobre del pantà del Catllar. Malgrat la coneguda variabilitat longitudinal, en el conjunt de dades d'aquest estudi, el riu Gaià es troba representat per un punt situat riu amunt del pantà del Catllar, al terme municipal de Montferri. Existeix un segon punt de control a la Riera de Gaià però no se'n té cap dada perquè sempre es troba eixut.



□ Figura 4: Presa del Catllar.

### 3. METODOLOGIA

Els 158 punts de mostreig seleccionats són representatius de les principals masses d'aigua de Catalunya en termes de la Directiva Marc de l'Aigua 2000/60/CE (EC, 2000). Les masses d'aigua tenen una longitud mitjana de 15 km i han estat delimitades d'acord amb les seves característiques fisicoquímiques, biològiques i hidromorfològiques (ACA, 2005). Aquests punts són mostrejats periòdicament per l'Agència Catalana de l'Aigua a través del seu Programa de Seguiment i Control d'Aigües Superficials. A cada punt de mostreig, es van mesurar amb una freqüència mensual diverses variables fisicoquímiques (oxigen dissolt, conductivitat, pH, temperatura de l'aigua, amoni, nitrat, ortofosfat i carboni orgànic total) i, amb una freqüència anual (primavera), l'hàbitat fluvial (índex IHF) (PARDO *et al.*, 2002) i els macroinvertebrats aquàtics. Els macroinvertebrats van ser mostrejats segons la metodologia IBMWP (ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2002; ALBA-TERCEDOR i SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988) detallada als protocols publicats per l'Agència Catalana de l'Aigua (MUNNÉ *et al.*, 2006). En aquest estudi s'ha calculat la riquesa de famílies de macroinvertebrats considerades en la metodologia IBMWP com a mesura de la biodiversitat i l'índex d'estat ecològic IBMWP. Els usos del sòl van ser considerats com a dades de les pressions a la conca de cada tram d'acord amb la metodologia de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2005). Aquest estudi analitza les dades disponibles dels anys 2007 i 2008, amb una base de dades de 241 registres de fisicoquímica, 248 d'hàbitat fluvial, 251 de macroinvertebrats i 153 de pressions, aquestes darreres considerades constants al llarg dels dos anys de mostreig. Les anàlisis estadístiques s'han fet amb el paquet estadístic PASW Statistics (18.0 per Windows).

### 4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

#### 4.1 VARIABLES AMBIENTALS

El rang de variació de les variables fisicoquímiques de les 241 mostres d'aigua era força ampli (Figura 3). Els valors de conductivitat més baixos, 48  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , es van trobar a la capçalera de la riera de Gualba (Montseny, conca de la Tordera) i al riu de la Llosa (Martinet, Conca del



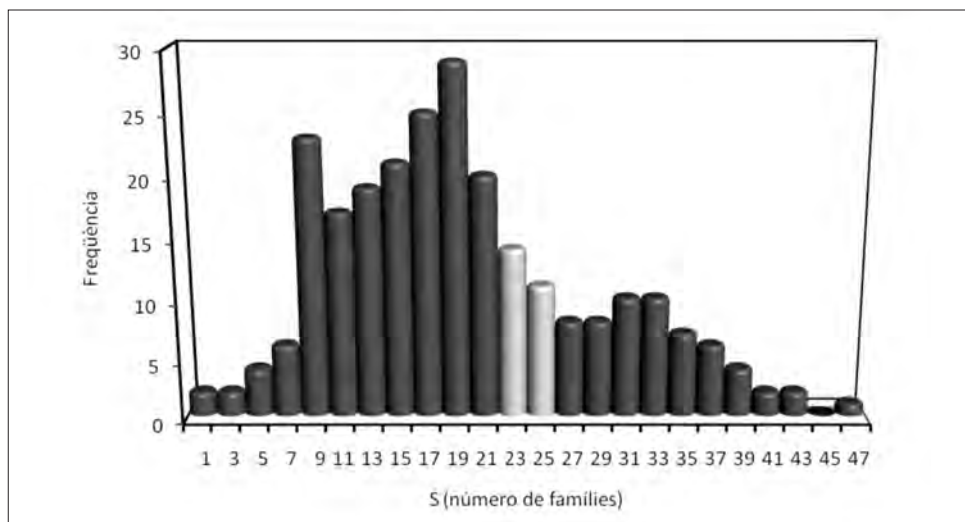
□ Figura 5: Desembocadura del riu Gaià a Tamarit.

Segre). En aquests punts, situats a més de 1.000 m d'alçada, les concentracions de nutrients sovint presentaven valors per sota dels límits de detecció. El valor màxim de conductivitat, 4722  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , es va trobar a la capçalera de la riera de Llitrà (Vilafranca del Penedès, conca del Foix). La primavera de 2007 i de 2008, el Gaià presentava una conductivitat relativament elevada (al voltant dels 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) però les concentracions de nutrients eren baixes o moderades en comparació amb els altres rius estudiats. Els valors de pH eren moderats a tots els punts de mostreig i en cap cas es van registrar valors extrems. La majoria de punts de mostreig presentaven unes concentracions d'oxigen per sobre dels 7mg/L, incloent-hi el Gaià (13 mg/L de promig), mentre que el valor més baix, 0.8 mg/L, es va donar a la Riera de Rajadell (Manresa, conca del Llobregat).



□ Figura 6: Riu (canal)  
Gaià al Catllar.

Entre tots els punts de mostreig de Catalunya, un 7% tenien valors de l'índex IHF per sota de 40, considerat límit per sota del qual es recomana no aplicar índexs biològics perquè l'hàbitat fluvial es troba degradat i pot representar restriccions importants per al desenvolupament de moltes famílies de macroinvertebrats. De la resta de punts de mostreig, 28% tenien valors d'IHF entre 40 i 60, considerats valors aptes per aplicar índexs biològics però amb precaució, i 65% presentaven valors superiors als 60 punts, que indiquen que la qualitat de l'hàbitat és òptima. El punt de mostreig amb una puntuació IHF més baixa va ser la del Reclar (Sils, conca de la Tordera), amb tan sols 20 punts, i la més alta, la del Francolí a Vallmoll, amb 93 punts. La qualitat de l'hàbitat fluvial al punt de mostreig del Gaià va ser força elevada, amb 77 i 81 punts l'any 2007 i 2008, respectivament.



□ Figura 7: Histograma de la diversitat de macroinvertebrats (riquesa taxonòmica de famílies) per les 251 mostres recollides a Catalunya els anys 2007 i 2008. Els rangs on es troben les mostres del Gaià es destaquen en gris clar.

La pressió agrícola de la subconca de cada punt de mostreig oscil·lava entre 0 i 5.57 punts i 21 punts de mostreig tenien un valor per sobre de 2, límit a partir del qual es considera que l'afectació pot ser significativa. La pressió urbana oscil·lava entre 0 i 5.72 i també 21 punts de mostreig tenien un valor per sobre de 2. Si es tenen en compte les dues pressions sumades, el nombre de punts de mostreig amb un valor de pressió superior a 2 ascendeix a 54. A la subconca del punt de mostreig del Gaià la pressió agrícola és moderada (1.28) i la pressió urbana és baixa (0.15) com a conseqüència de l'accidentalitat del terreny.

#### 4.2 MACROINVERTEBRATS AQUÀTICS

A les 251 mostres es van identificar 113 famílies de macroinvertebrats. Les famílies més comunes van ser les sangoneres erpobdèlids, els cargols físids, els ancils, efímeres bètids i cènids, escarabats ditíscids, tricòpters hidropsíquids i hidrotíflids i dípters quironòmids, simúlids i psicòdids, totes elles presents a les mostres del Gaià (Taula 1). El nombre màxim de famílies per mostra (46) es va trobar a la Riera de les Gorgues (Osona, conca del Ter; Figura 4). En l'altre extrem, els punts amb un nombre de famílies de macroinvertebrats més baix van ser el Reclar (Sils, conca de la Tordera) i la riera de la Boella (Tarragona), amb tan sols una família (oligoquets i quironòmids, respectivament). El nombre de famílies al punt de mostreig del Gaià van ser 25 l'any 2007 i 22, el 2008, lleugerament per sobre de la mitjana de tots els rius estudiats a Catalunya (19 famílies).

Taula 1. Famílies de macroinvertebrats presents a les mostres recollides el Gaià els anys 2007 i 2008 i puntuació de l'índex IBMWP per cada família				
Grup	Família	IBMWP	2007	2008
Altres Organismes	NEMATOMORPHA	-		~
	NEMATODA	-		~
OLIGOCHAETA	OLIGOCHAETA	1	~	~
HIRUDINEA	Erpobdellidae	3	~	
MOLLUSCA	Ancylidae	6	~	~
	Hydrobiidae	3	~	~
	Lymnaeidae	3		~
	Physidae	3	~	~
	Planorbidae	3		~
CRUSTACEA	CLADOCERA	-	~	~
	COPEPODA	-		~
	OSTRACODA	3	~	~
	Gammaridae	6	~	~
	Asellidae	3	~	~
	Cambaridae	-	~	~
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4	~	~
	Caenidae	4	~	~
ODONATA	Calopterygidae	8	~	
	Platycnemididae	6	~	
HETEROPTERA	Gerridae	3	~	
	Hydrometridae	3	~	
	Nepidae	3	~	
	Notonectidae	3	~	~
COLEOPTERA	Dytiscidae	3	~	~
	Elmidae	5	~	~
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	5	~	~
	Hydroptilidae	6	~	~
	Rhyacophilidae	7	~	
DIPTERA	Chironomidae	2	~	~
	Culicidae	2		~
	Dolichopodidae	4		~
	Empididae	4	~	~
	Psychodidae	4		~
	Simuliidae	5	~	~
	Tabanidae	4	~	

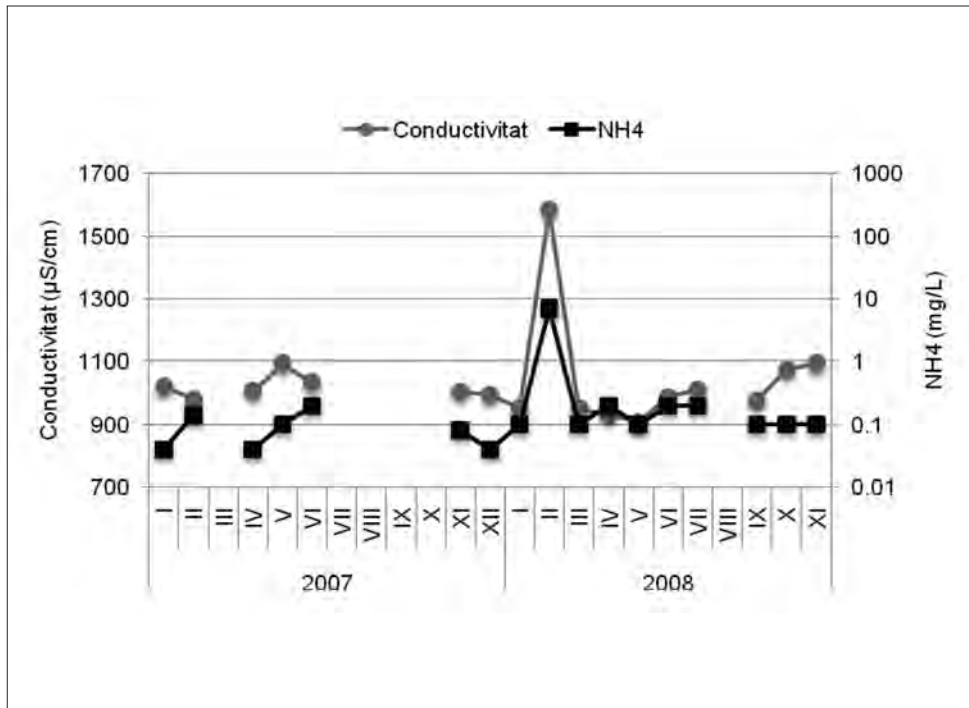


La puntuació de l'índex IBMWP més alta va ser també per a la Riera de les Gorgues amb 240 punts (molt bo), i la més baixa, per al Reclar, amb tan sols 1 punt (dolent). L'estat ecològic pel Gaià es trobava entre molt bo (103 punts el 2007) i bo (82 punts el 2008) i compleix, per tant, amb les expectatives de la Directiva Marc de l'Aigua de la Unió Europea (2000/60/CE), a diferència del 37% dels rius de Catalunya o el 25% dels rius del Camp de Tarragona (Figura



□ Figura 8: Mapa dels nivells de qualitat en els 158 punts de mostreig considerats en el Programa de Seguiment i Control de l'Agència Catalana de l'Aigua a Catalunya els anys 2007 i 2008 d'acord amb els índexs biològics basats en macroinvertebrats, diatomees i peixos.

8). Tot i això, les puntuacions mitjanes (índex IASPT) de les famílies presents a les mostres són relativament baixes (4.1 el 2007 i 3.7 el 2008) i la puntuació màxima de les famílies és moderada (8 dels odonats calopterígid sobre 10. Taula 1). Aquestes dades indiquen que els nivells de qualitat de l'estat ecològic s'expliquen millor per l'elevada biodiversitat, possiblement a causa de la qualitat de l'hàbitat, que no per la presència de macroinvertebrats molt sensibles a la



□ Figura 9. Valors de conductivitat i concentració d'amoni (NH4) durant els anys 2007 i 2008.

contaminació. A més a més, també cal tenir en compte que els macroinvertebrats integren informació de les darreres setmanes a diferència de les mesures de química puntuals que poden no reflectir els abocaments puntuals. Per exemple, els mostreigs de macroinvertebrats al riu Gaià es van fer el maig de l'any 2007 i el juny el 2008. Si només s'haguessin tingut en compte les dades de química d'aquestes dates, no s'hauria detectat l'augment puntual de nutrients que es va donar abans del mostreig de 2008, mentre que aquesta perturbació sí que es reflecteix en els índexs de macroinvertebrats (Figura 9).

#### 4.3 RELACIÓ ENTRE MACROINVERTEBRATS I VARIABLES AMBIENTALS

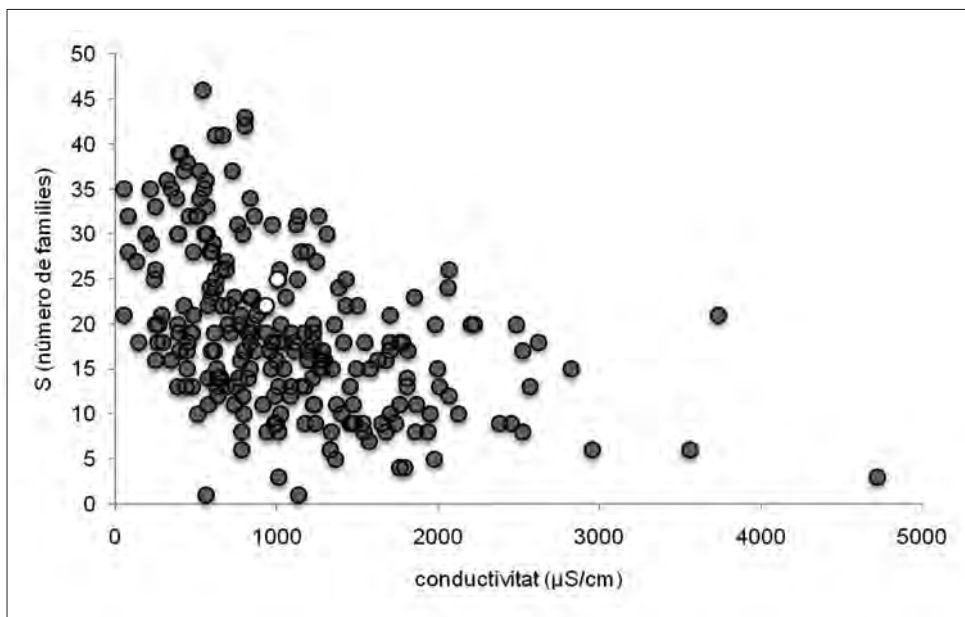
Les variables més clarament correlades amb la diversitat de macroinvertebrats (coeficient de correlació d'Spearman amb  $p < 0.0005$ ) van ser la conductivitat, el carboni orgànic dissolt, l'amoni i l'ortofosfat (Figura 7). En tots aquests casos, el coeficient de correlació era negatiu d'acord amb els resultats de diversos estudis previs (KAY *et al.*, 2001; ORTIZ *et al.*, 2008; ROY *et al.*, 2003).

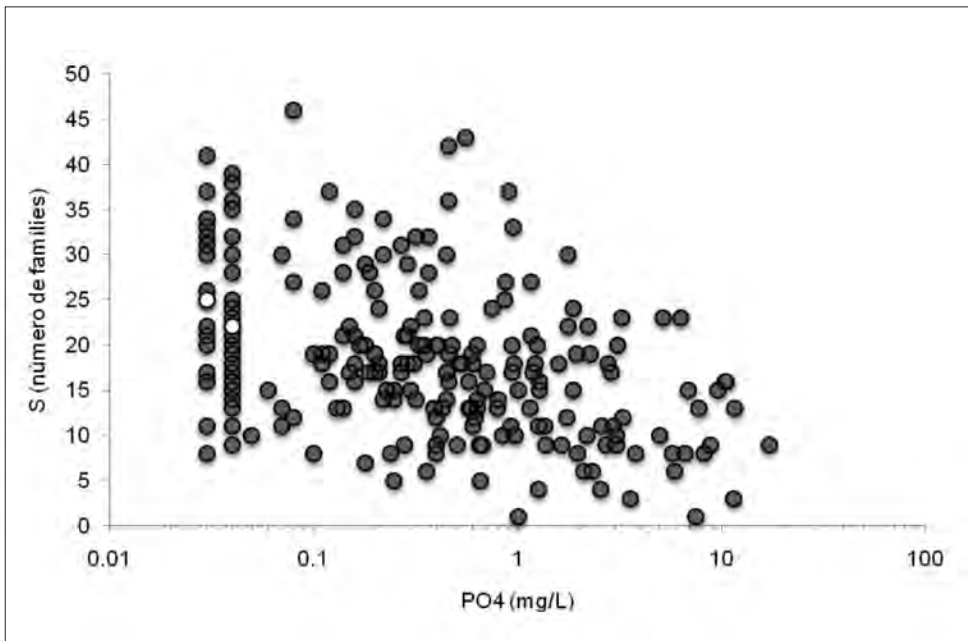
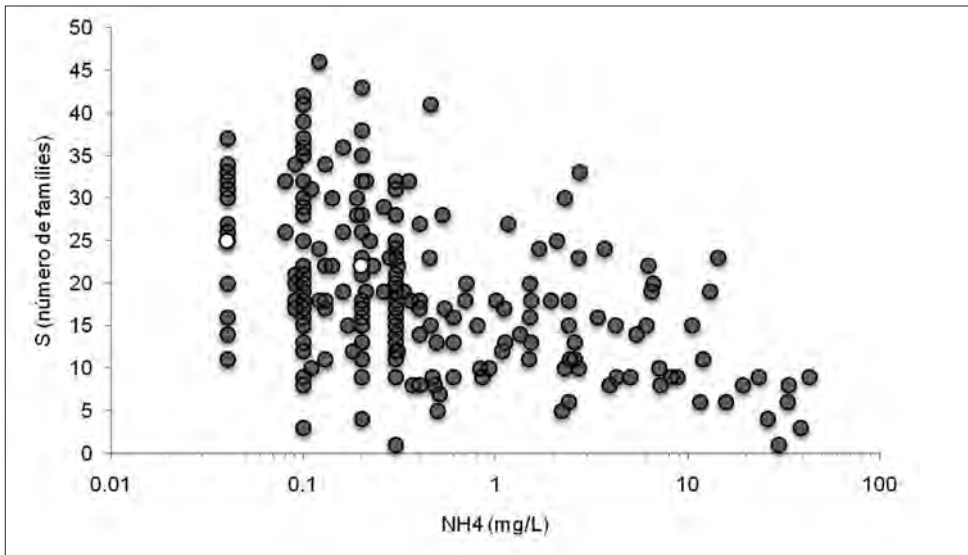
La relació entre la biodiversitat de macroinvertebrats i l'índex IHF presenta el coeficient de correlació més elevat ( $R_s = 0.584$ ,  $p < 0.0005$ ,  $n = 248$ ), i indica la importància de l'hàbitat

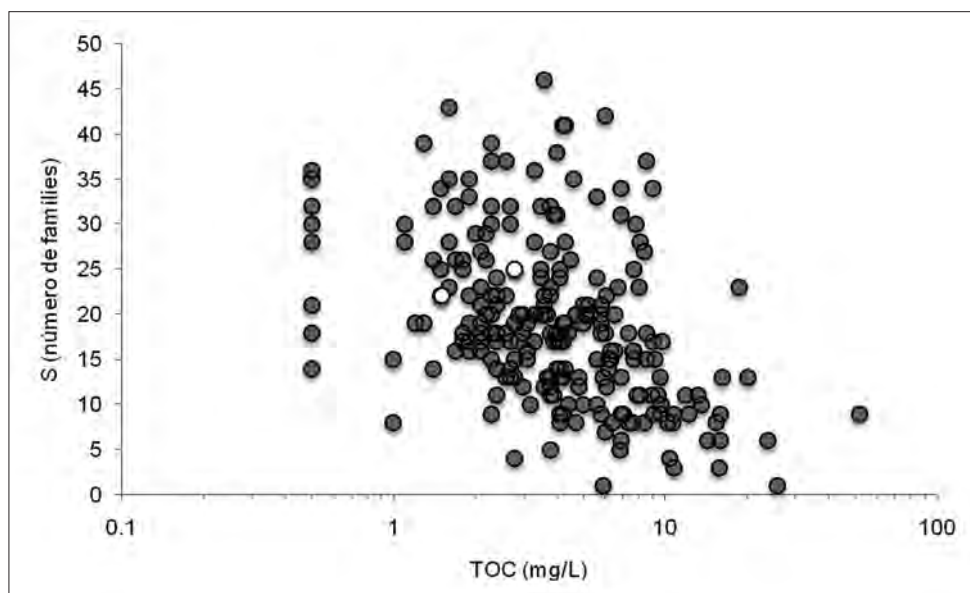
fluvial en l'estructura de l'ecosistema i, per tant, la necessitat de tenir-lo en compte en els projectes de restauració (Figura 8).

La pressió agrícola i, sobretot la urbana, es troben negativament correlacionades amb la biodiversitat de macroinvertebrats ( $R_s = -0.205$ ,  $p = 0.011$  i  $R_s = -0.351$ ,  $p < 0.0005$ ,  $n = 153$ , respectivament; Figura 9). Existeixen molts factors que poden empobrir la biodiversitat de macroinvertebrats en les zones agrícoles com l'enriquiment de nutrients, l'augment de conductivitat i l'abocament de biocides per via difusa, alteracions hidrològiques, degradació de l'hàbitat fluvial i destrucció de la vegetació de ribera. Tot i que la superfície urbanitzada és molt inferior que l'agrícola, els efectes sobre els ecosistemes aquàtics poden esdevenir molt més persistents (JONES & CLARK 1987, MILLER & BOULTON 2005). Entre les alteracions urbanes més comunes es troben les canalitzacions, amb la subseqüent destrucció de l'hàbitat fluvial, i la destrucció de la vegetació de ribera. No és gens estrany que també s'hi aboquin aigües residuals (tractades a estacions depuradores d'aigües residuals i sense tractar a través de sobreexidors) que contenen concentracions elevades de nutrients, sals, medicaments, cosmètics, hidrocarburs i altres productes químics, etc. A més, també cal afegir la construcció de preses i rescloses que poden alterar considerablement la hidrologia i, fins i tot, arribar a assecar trams de riu sencers, com és el cas del Gaià riu avall de la presa del Catllar.

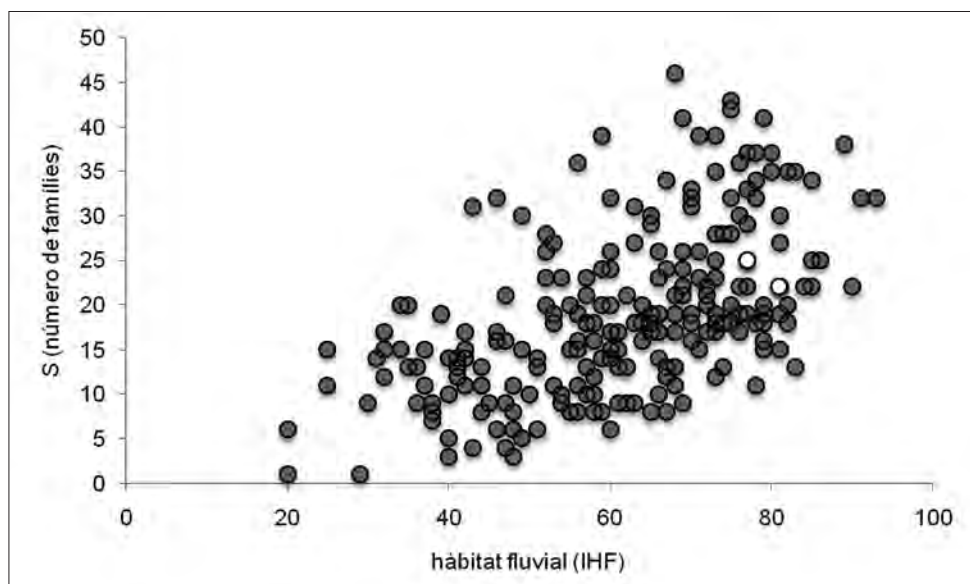
La biodiversitat de les mostres es poden agrupar en funció del nombre de perturbacions significatives a les quals es troben exposades d'acord amb els límits de més de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductivitat, 10 mg/L de carboni orgànic total, 4 mg/L d'amoni, 1.5 mg/L d'ortofosfats i de menys de 40 punts en l'índex IHF (Figura 10). La majoria de les mostres (68%) es tro-



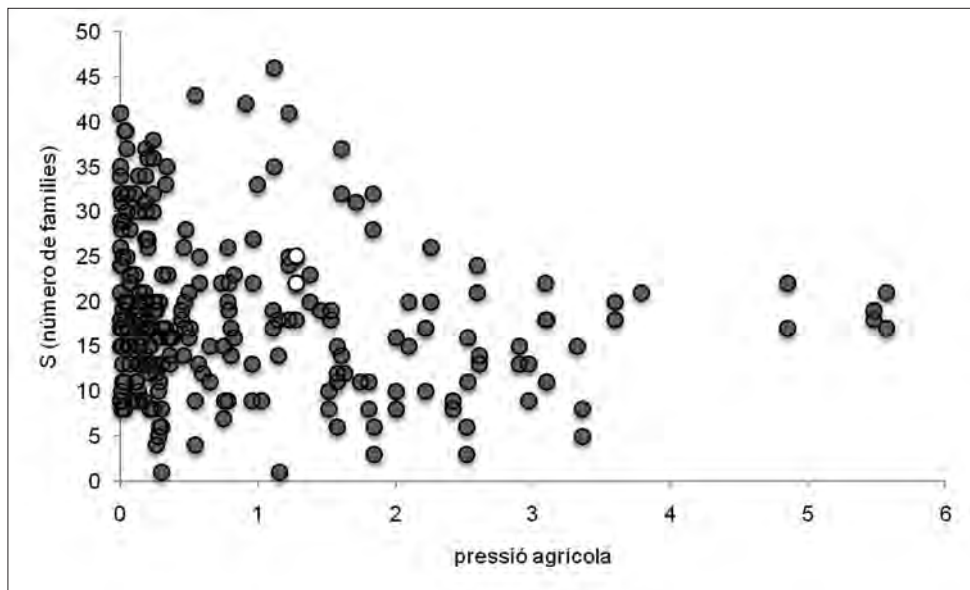
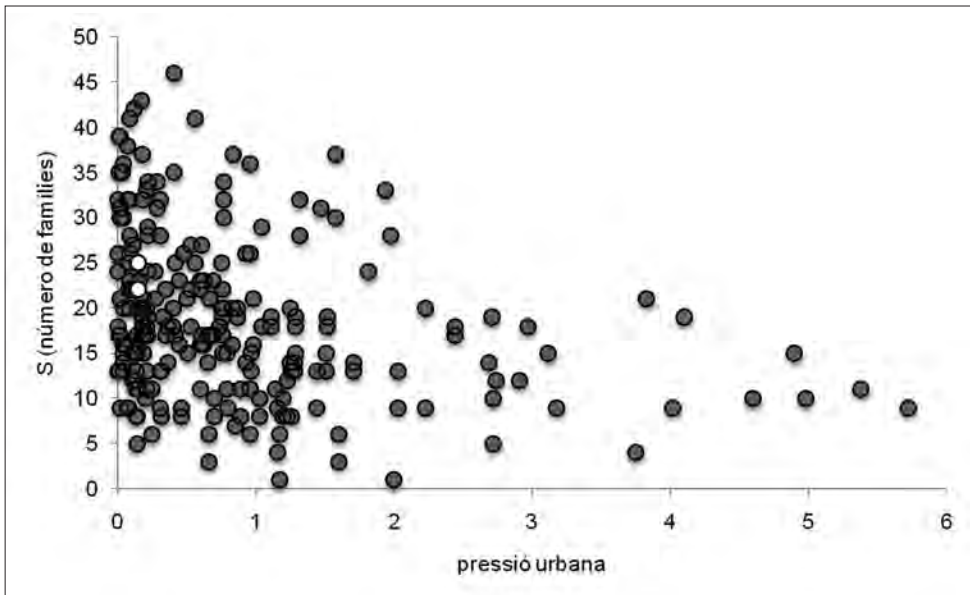




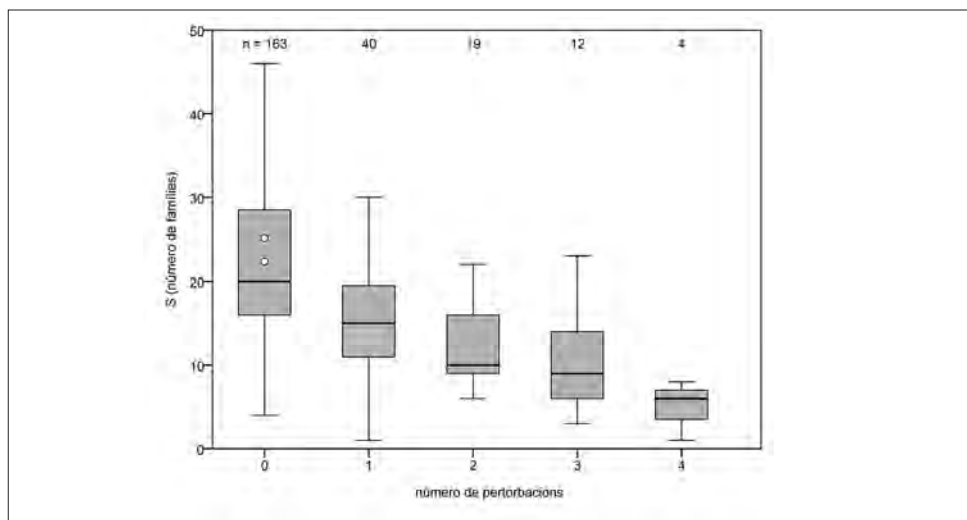
□ Figura 10. Correlació d'Spearman de la diversitat de macroinvertebrats amb la conductivitat, l'amoni (NH<sub>4</sub>), l'ortofosfat (PO<sub>4</sub>) i el carboni orgànic total (TOC). Les dades del Gaià es destaquen en blanc.



□ Figura 11. Correlació d'Spearman de la diversitat de macroinvertebrats amb l'hàbitat fluvial (índex IHF). Les dades del Gaià es destaquen en blanc.



□ Figura 12. Correlació d'Spearman de la diversitat de macroinvertebrats amb la pressió agrícola i urbana. Les dades del Gaïà es destaquen en blanc.



□ Figura 13. Diagrama de caixa de la biodiversitat de macroinvertebrats per les 241 mostres amb dades fisicoquímiques d'acord amb el nombre de variables químiques per sobre de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per la conductivitat, 10 mg/L pel carboni orgànic total, 4 mg/L per l'amoni i 1.5 mg/L per l'ortofosfat, i amb l'índex d'hàbitat fluvial per sota de 40.



□ Figura 14. Riu Gaià al punt de mostreig de Monferri.



□ Figura 15. Riu Gaià al Pont d'Armentera.

ben per sota d'aquests límits i el nombre de mostres i el nombre màxim i mitjà de famílies de macroinvertebrats decreixen progressivament a l'augmentar el nombre de pertorbacions significatives. Això indica que els efectes dels diferents tipus d'alteracions que influeixen sobre la diversitat de macroinvertebrats semblen ser additius, de manera que la solució d'una o poques alteracions podrien tenir millores tangibles i progressives en l'ecosistema.

## 5. CONCLUSIONS

El riu Gaià pateix una pressió agrícola moderada i una pressió urbana baixa però la hidrologia del seu tram final es troba greument alterada per la construcció de la presa del Catllar. Els anys 2007 i 2008, al punt de mostreig definit per l'Agència Catalana de l'Aigua, el Gaià presentava un estat ecològic bo o molt bo i compleix, per tant, amb els requisits de la DMA. A més a més, la diversitat de macroinvertebrats era superior a la mitjana per a tots els rius considerats. Tot i això, en aquest tram hi manquen les famílies de macroinvertebrats més sensibles, fet que denota que es troba en un equilibri molt fràgil, de manera que el nivell de qualitat podria disminuir com a conseqüència dels abocaments puntuals que es produeixen. Els factors més importants per la biodiversitat de macroinvertebrats i que cal tenir molt en compte per al desenvolupament de futurs plans de gestió i restauració són l'hàbitat fluvial, la conductivitat, el carboni orgànic total, l'ortofosfat i l'amoni.



## 6. REFERÈNCIES

- ACA – Catalan Water Agency. (2005). *Characterization of water bodies and analysis of the risk of non-compliance with the objectives of the Water Framework Directive (2000/60/CE) in Catalonia (intra and intercommunitary basins)*. Department of the Environment and Housing, Government of Catalonia.
- 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-ALBARCA, M. R.; VIVAS, S.; ZAMORA-MUÑOZ, C. (2002). «Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)». *Limnetica*, núm. 21, p. 175-185.
- 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*, núm. 4, p. 51-56.
- BRUNS, D. A. (2005). «Macroinvertebrate response to land cover, habitat, and water chemistry in a mining-impacted river ecosystem: A GIS watershed analysis». *Aquatic Sciences*, núm. 67, p. 403-423.
- DELONG, M. D.; BRUNSEN, M. A. (1998). «Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream». *Environmental Management*, núm. 22, p. 445-457.
- EC – EUROPEAN COMMISSION (2000). *Directive 2000/60/CE of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy*.
- EEA. (2003). *Europe's environment: the third assessment*, núm. 10, p. 1-343.
- JONES, R. C.; CLARK, C. C. (1987). «Impact of watershed urbanization on stream insect communities». *Water Resources Bulletin*, núm. 23, p. 1047-1055.
- KAY, W. R.; HALSE, S. A.; SCALON, M. D.; SMITH, M. J. (2001). «Distribution and environmental tolerances of aquatic macroinvertebrate families in the agricultural zone of southwestern Australia». *Journal of the North American Benthological Society*, núm. 20, p. 182-199.
- MILLER, W.; BOULTON, A. J. (2005). «Managing and rehabilitating ecosystem processes in regional urban streams in Australia». *Hydrobiologia*, núm., p. 552, 121-133.
- MUNNÉ, A.; PRAT, N. (2004). «Defining River Types in a Mediterranean Area: A Methodology for the Implementation of the EU Water Framework Directive». *Environmental Management*, núm. 34, p. 711-729.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; PAGÈS, J. (2006). *Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. Barcelona: Agència Catalana de l'Aigua.
- ORTIZ, J. D.; MERSEBURGER, G.; MARTÍ, E.; ORDEIX, M.; SABATER, F. (2008). «Effects of urbanization on aquatic macroinvertebrates in Mediterranean streams». In L. N. WAGNER (Ed.), *Urbanization: 21st century issues and challenges* (p. 91-132). New York: Nova Science Publishers, Inc.

- ORTIZ, J. D.; PUIG, M. A. (2007). «Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrates in a Mediterranean stream». *River Research and Applications*, núm. 23, p. 155-170.
- ORTIZ, J. D.; SOLÀ, C.; MERSEBURGER, G.; MUNNÉ, A. (En premsa). «Effects of human impacts on the biodiversity of aquatic macroinvertebrates in Mediterranean stream ecosystems», a F. COLUMBUS (ed.). *Freshwater Biodiversity: Management Strategies, Geographic Variations and Environmental Challenges*, New York, Nova Science Publishers, Hauppauge.
- 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-ALBARCA, M. R. (2002). «El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat». *Limnetica*, núm. 21, p. 115-133.
- PAUL, M. J.; MEYER, J. L. (2001). «Streams in the urban landscape». *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, núm. 32, p. 333-365.
- ROY, A. H.; ROSEMOND, A. D.; PAUL, M. J.; LEIGH, D. S.; WALLACE, J. B. (2003). «Stream macroinvertebrate response to catchment urbanisation (Georgia, U.S.A.)». *Freshwater Biology*, núm. 48, p. 329-346.
- SHIEH, S. H.; KONDRATIEFF, B. C.; WARD, J. V. (1999). «Longitudinal changes in benthic organic matter and macroinvertebrates in a polluted Colorado plains stream». *Hydrobiologia*, núm. 411, p. 191-209.