

La diagnosi i la millora dels ecosistemes fluvials mitjançant la Directiva marc de l'aigua

Antoni Munné

Àrea de Planificació, Agència Catalana de l'Aigua

Narcís Prat

Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona

Resum

L'estat ecològic dels sistemes aquàtics és una nova eina de mesura de l'afecció humana sobre els sistemes naturals que ens proporciona la nova Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE), i que ja ha estat parcialment recollida a la Llei d'ordenació, gestió i tributació de l'aigua (Llei 6/1999) a Catalunya. L'estat ecològic ens mesura, de manera íntegra, el funcionament i la salut de l'ecosistema i ens proporciona una eina útil per a la seva gestió i recuperació. La mesura de l'estat ecològic és encara una eina incipient i pendent de millora, en la qual s'està treballant seguint les directrius de la Directiva marc de l'aigua i en la qual es preveu la mesura de paràmetres biològics com la comunitat de macroinvertebrats, els peixos i les algues, l'estat del bosc de ribera, la morfometria del llit del riu, la presència d'hàbitats estructurals i la utilització de variables fisicoquímiques que incideixen en la bona qualitat del sistema. Actualment, la mesura de les primeres versions de càlcul de l'estat ecològic als rius catalans ens proporciona una visió molt deprimida en els trams mitjans i baixos, per la baixa qualitat de les seves aigües i la desaparició del bosc de ribera, mentre que el bon estat i l'estat natural el trobem en capçaleres i trams poc humanitzats.

Abstract

The ecological status of aquatic systems constitutes a new tool to define the human impact on natural ecosystems. This concept comes from the Water Framework Directive (2000/60/EC) and it has already been introduced to the Catalanian law (6/1999). The ecological status measures entirely the ecosystem's condition and health and it gives us a useful tool for its management and recovery. The measure of the ecological status level is still at an early stage of the development process and it recognises the use and importance of aquatic biota such as the macroinvertebrate, algae and fish community, the riparian forest quality, bed morphometry, the existence of structural habitats and the use of physico-chemical parameters for its assessment. Nowadays the ecological status in Catalanian

rivers offers us a very depressed view in their medium-low course because of the poor quality status of river ecosystems and the riparian forest degradation, whereas a good and a very good ecological status level is found in head waters and sparsely populated areas.

1. Introducció

L'estudi dels ecosistemes aquàtics (rius, llacs, embassaments, aiguamolls, etc.) ha esdevingut, en les darreres dècades, un element clau per a millorar el coneixement que tenim sobre l'estructura de les comunitats que els habiten, i entendre millor la relació entre elles i l'entorn. L'estructura i la composició de les comunitats presents en un ecosistema aquàtic són fruit, amb major o menor mesura, d'un seguit d'interaccions biòtiques (depredació, competència, etc.), i de l'estructura i la composició dels hàbitats presents, que poden variar al llarg del temps i de l'espai.

En el cas dels rius, l'estructura de les comunitats i les interaccions entre elles varien en funció del context i l'entorn ambiental (Illies i Botosaneanu, 1963), i al llarg dels cursos fluvials (Vannote *et al.*, 1980; Minshall *et al.*, 1985). Alhora, la variabilitat en el règim de cabals condiciona els hàbitats existents, la morfometria fluvial i la interacció o la connectivitat lateral dels sistemes fluvials amb les zones inundables i els ecosistemes riparis (Junk *et al.*, 1989). També la variabilitat temporal i espacial dels processos fluvials condiciona les comunitats existents en cada tram i moment (Ward i Stanford, 1983), lligades als processos hidrològics (Poff *et al.*, 1997) i hidràulics (Statzner i Higl, 1986), i aquests depenen de fenòmens o factors que, a diferent escala, condicionen de manera jerarquitzada aquesta situació (Frissel *et al.*, 1986). De totes maneres, encara no estan ben definides les relacions existents ni el grau d'interacció entre els diversos elements i variables ambientals a diferent escala, i la seva influència sobre l'estructura de les comunitats biològiques que habiten els sistemes fluvials, tot i que cada un dels diversos elements té una importància relativa en la caracterització final de l'estructura i la composició d'aquesta (Allan *et al.*, 1997; Vinson i Hawkind, 1998).

En l'àmbit mediterrani, els sistemes fluvials presenten una singularitat afegida fonamentada per la marcada temporalitat en el règim de cabals. Mentre que la majoria de sistemes fluvials, sobretot els de caràcter centreeuropeu, presenten un règim de cabals més o menys estables al llarg del temps, tot i les fluctuacions naturals, els torrents i rieres mediterrànies es caracteritzen per una accentuada intermitència i temporalitat del flux, que combina fortes i sobtades crescudes amb períodes de sequera, la qual cosa condiciona significativament la morfometria i la morfodinàmica del sistema fluvial (Uys i O'Keeffe, 1997). Aquests sistemes mostren una singularitat en el funcionament i l'estructura de les comunitats biològiques (Boulton, 1986; Sabater *et al.*, 1993; Gasith i Resh, 1999; Vidal-Abarca, 2001) i una accentuada variabilitat i seqüenciació temporal (Prat *et al.*, 2000b). Aquesta situació provoca que els elements d'anàlisi i gestió utilitzats fins ara i desenvolupats en ecosistemes fluvials, bàsica-

ment dissenyats per a sistemes amb règim hidrològic més estable, puguin arribar a ser insuficients o inadequats per a aquests sistemes, i que siguin necessàries la cerca i la implementació de nous protocols d'anàlisi i models de gestió que, fins i tot, tinguin en compte diferents elements de l'estructura física i biològica d'aquests sistemes peculiars (Moreno *et al.*, 1996; Munné *et al.*, 2003).

En general, el millor coneixement que tenim dels sistemes fluvials ens ha de permetre diagnosticar, de manera integral, el grau d'alteració que pateixen aquests sistemes, i proposar els models de gestió i protecció més adequats. Aquest és el principi fonamental en què es basa la Directiva marc de l'aigua quan proposa una política marc en la gestió dels recursos hídrics, així com compatibilitzar l'ús que es fa de l'aigua i de l'espai associat (parts fonamentals dels ecosistemes aquàtics) amb el bon estat de salut d'aquests sistemes, que permeti una bona estructura i un bon funcionament dels ecosistemes de manera sostenible al llarg del temps. Els protocols necessaris per a la diagnosi de l'estat de salut s'han de basar en la combinació d'indicadors biològics, hidromorfològics i fisicoquímics que siguin capaços d'aportar-nos la informació necessària i, alhora, que s'ajustin al context estructural i funcional d'aquests ecosistemes.

2. La Directiva marc de l'aigua

A la fi del 2000 la Comissió i el Parlament europeus van aprovar i van publicar l'anomenada Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) (DOCE, 2000) (en endavant, DMA). Com el seu nom indica, aquesta normativa europea intenta donar un marc d'actuació comuna sobre la gestió de l'aigua a tots els estats membres de la Unió Europea. L'aigua deixa de ser vista exclusivament com a recurs i es té en compte com a element bàsic dels ecosistemes hídrics i com a part fonamental per al sosteniment d'una bona qualitat ambiental. En aquesta normativa, els aspectes biològics, i també els hidromorfològics, prenen rellevància en la diagnosi integrada de la qualitat, i s'hi proposa la regulació de l'ús de l'aigua i els espais associats a partir de la capacitat receptora que aquests tenen sobre els diferents tipus d'impacte que poden suportar. D'aquesta manera, es promou l'explotació i l'ús dels recursos, i els espais hídrics, de manera responsable, racional i sostenible, de tal manera que es pugui garantir, al llarg del temps, el manteniment de la comunitat pròpia del sistema, o la més similar possible, és a dir, el *bon estat ecològic*.

Aquesta normativa comunitària neix, en certa manera, de la insatisfacció generalitzada, a Europa, que han produït l'execució dels diferents plans i programes de sanejament i millora dels sistemes aquàtics, els quals, en molts casos, no han obtingut els resultats esperables o desitjats. Tot i que es limiten els abocaments i les agressions al medi, i que millora la qualitat fisicoquímica, els ecosistemes aquàtics, en molts casos, no han recuperat el seu estat de salut. Aquesta Directiva vol canviar la tendència, utilitzada en directives precedents, de limi-

tar els abocaments (91/271/CEE, 76/464/CEE), o determinar la qualitat del medi en funció dels seus usos (75/440, 76/160, 78/659 i 79/923), i introdueix els següents principis bàsics:

— *Principi de no-deteriorament, manteniment i assoliment del bon estat de les masses d'aigua superficials i subterrànies.* La necessitat de limitar els usos, els abocaments o les activitats que afecten el medi hídric, directament o indirecta, en funció del medi receptor i de la capacitat que té per a suportar els impactes esmentats. Així, els sistemes aquàtics hauran de caracteritzar-se i tipificar-se per a ajustar millor els protocols de diagnosi i el model de gestió sobre el sistema.

— *Principi de l'enfocament combinat de la contaminació i la gestió integrada del recurs.* La Directiva recull els objectius i les finalitats de directives anteriors, i les engloba en una visió integradora dels sistemes que han d'analitzar, en el nostre cas, els sistemes aquàtics, amb un enfocament combinat, i des d'un punt de vista ecosistèmic. La limitació en l'ús de l'aigua, els abocaments o les activitats que impacten en els ecosistemes hídrics es realitza a partir d'una anàlisi integrada del medi on, a més de considerar els elements fisicoquímics adequats per al manteniment d'una bona qualitat, es preveu l'ús dels principals elements naturals que el conformen (les comunitats biològiques), i la qualitat de l'estructura que la suporta (l'hàbitat). La unitat (part del sistema hídric) sobre la qual s'elabora la gestió integrada, el programa de control, i el programa de mesures per a l'assoliment o el manteniment del bon estat ecològic, s'anomena *massa d'aigua*.

— *Principi de plena recuperació de costos dels serveis relacionats amb l'aigua i els espais aquàtics.* La nova Directiva introdueix els conceptes de *plena recuperació* i *internalització dels costos*, també els ambientals, derivats dels serveis relacionats amb l'ús de l'aigua, i del manteniment sostenible del bon estat de salut dels ecosistemes associats. El tribut de l'ús de l'aigua i de l'espai fluvial de manera sostenible ha de repercutir sobre el beneficiari o el titular de l'activitat.

— *Principi de participació pública i transparència en les polítiques de l'aigua.* La gestió dels recursos, i els programes de mesures i de control, que han de ser integrats dins el nou Pla de Gestió (nou Pla Hidrològic) per a assolir el bon estat ecològic dels sistemes fluvials, s'han d'elaborar a través de la participació i el consens social, a partir de mecanismes de participació ciutadana, i sota una total transparència pública.

La principal finalitat de la DMA és l'assoliment i el manteniment del bon estat ecològic i químic per a les aigües superficials, el bon potencial ecològic i químic per a les masses declarades com a fortament modificades, i el bon estat químic i quantitatiu per a les aigües subterrànies, a través d'un seguit de compromisos i treballs que s'han de realitzar abans que s'acabi el 2015 (figura 1). Val a dir que la pròpia Directiva preveu mecanismes d'ajornament d'objectius, i la reducció de les exigències a partir de la declaració de diferents masses d'aigua com a fortament modificades a causa de la seva condició d'irreversibilitat per motius econòmics, socials o ambientals en l'assoliment del bon estat ecològic.

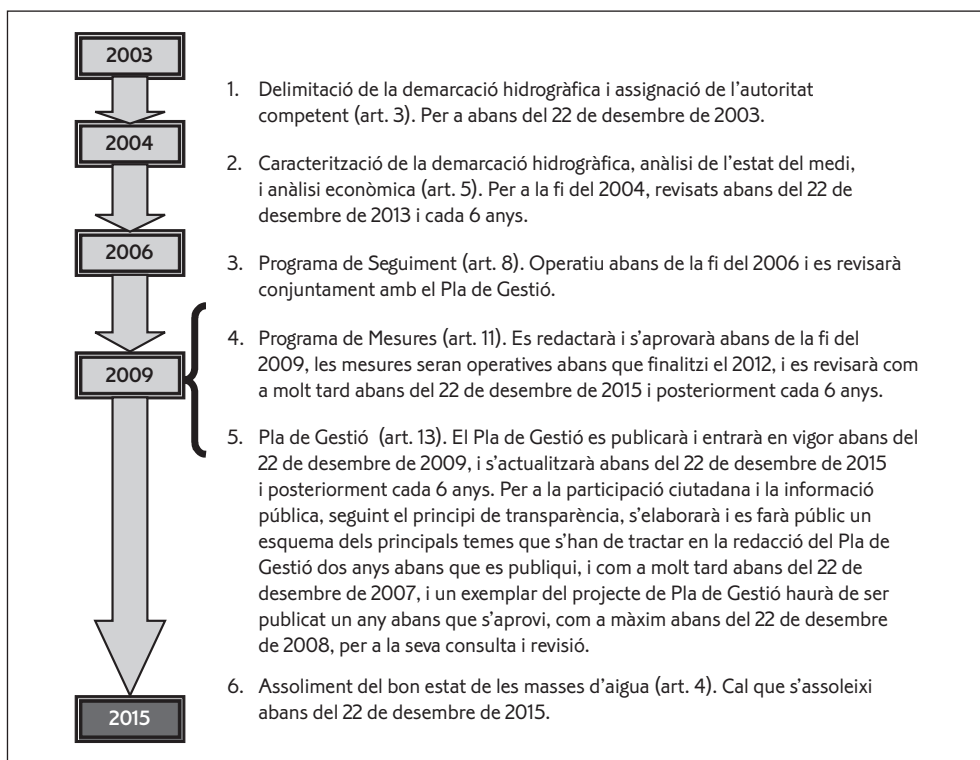


FIGURA 1. Resum esquemàtic del calendari de les principals actuacions que s'han de dur a terme segons la Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE).

3. El concepte de *bioindicador*

El concepte de *bioindicador* ja existia molt abans de l'aparició i la publicació de la DMA (Kolkwitz i Marsson, 1908; Woodiwiss, 1964; Margalef, 1969; Prat, 1979), tot i que la Directiva marc de l'aigua li atorga caràcter normatiu en utilitzar-lo com a valor referent, i com a element de diagnosi i control en la gestió dels recursos hídrics. S'entén com a indicador biològic, o bioindicador, un organisme o grup d'organismes que, per la simple presència al medi analitzat, ens aporta informació de les característiques i l'estat de salut d'aquest. Les variables fisicoquímiques que s'utilitzen per a la qualificació de l'estat dels sistemes aquàtics donen una informació concreta que ens ajuda a interpretar la qualitat de l'aigua per a la vida fluvial però que, d'una banda, poden tenir grans fluctuacions en períodes curts de temps, i d'altra, informen tan sols de les variables mesurades en el període de mostreig concret. Pel que fa als organismes presents al sistema analitzat, tenen cicles biològics més o menys llargs, i la seva presència ens demostra la continuïtat d'unes condicions ambientals determinades que s'haurien mantingut al llarg del temps,

com a mínim el temps del seu cicle biològic. D'altra banda, també, la utilització d'organismes aquàtics per a la determinació de la qualitat de l'aigua integra els efectes de tots els elements contaminants existents al riu i les possibles sinèrgies. Els organismes trobats al medi analitzat, juntament amb el coneixement de les condicions mínimes que cada un d'ells pot suportar, i comparant-ho amb les comunitats existents en estat natural o sense pertorbar, ens aporten informació sobre la qualitat del sistema o el grau d'afecció que suporta l'ecosistema.

En molts dels estudis realitzats, és palesa la degradació dels ecosistemes fluvials per tota mena d'actuacions humanes (Prat *et al.*, 2002*b*), sobretot a partir de la segona meitat del segle xx (Prat *et al.*, 2000*a*). La contaminació i l'eutrofització del medi per diversos abocaments d'origen orgànic urbà, ramader i/o industrial, la manca de cabals mínims circulants per extraccions o derivacions d'aquests, la destrucció de la vegetació de ribera pel pas d'infraestructures i usos poc respectuosos, la modificació de la morfometria de les zones inundables, la desestabilització morfodinàmica en l'equilibri erosió/sedimentació i, en general, els creixents ús i urbanització del sòl i la desestructuració dels ecosistemes forestals terrestres han estat alteracions que han degradat progressivament l'estat de salut dels sistemes aquàtics fins, en alguns casos, a situacions completament irreversibles. Totes aquestes pertorbacions han modificat les condicions ambientals dels ecosistemes, i han reduït la capacitat que tenen per a acollir una comunitat ben estructurada, la qual cosa ha provocat la reducció de la diversitat biològica, ha potenciat la presència d'espècies oportunistes i l'èxit en la supervivència d'espècies invasores que, en molts casos, esdevenen biomasses elevades. L'anàlisi de les comunitats existents, i el coneixement de les comunitats potencials o presents en condicions naturals, és el fonament en què es basen els sistemes de biomonitoratge.

La continuada degradació del medi natural, i l'emergent sensibilització social, han conduït les administracions competents a engegar programes de mesures correctores, de sanejament i restauració, i a establir xarxes de control i seguiment de la qualitat. Per tant, era necessari elaborar i dissenyar sistemes de diagnosi i indicadors de qualitat per tal de poder quantificar l'impacte de les alteracions sobre els sistemes, identificar el seu origen i avaluar l'eficiència de les mesures correctores i de millora que s'anaven implantant. En aquest sentit, els elements per a l'anàlisi de la qualitat i la diagnosi ambiental han anat evolucionant per tal d'augmentar la seva eficiència i significació. A Catalunya, per exemple, en alguns casos des de l'Administració, i en altres des de centres de recerca i entitats locals, s'ha passat de tan sols detectar alguns paràmetres organolèptics, a mesurar paràmetres fisicoquímics més complets, substàncies tòxiques i perilloses, a l'elaboració d'índexs de qualitat basats en variables fisicoquímiques (Queralt, 1982), fins a arribar a l'ús d'indicadors biològics que ens mesuren directament l'estat de salut en què es troba l'ecosistema de manera integrada, ja sigui a partir de la comunitat de macroinvertebrats (Margalef, 1951; Prat *et al.*, 1986; Prat *et al.*, 1999; Benito i Puig, 1999), de peixos (Sostoa *et al.*, 2003), algues (Sabater *et al.*, 1996; Sabater *et al.*, 2003; Cambra *et al.*, 2003), l'estructura del bosc de ribera (Munné *et al.*, 1998*a*; Munné *et al.*, 2003), la qualitat taxonòmica del bosc de ribera (Gutiérrez *et al.*, 2001), l'estat de salut dels sistemes riparis a partir de l'anàlisi

de l'ornitofauna fluvial (Chacón i Carceller, 1996) o l'ús d'amfibis i diversos elements combinats (Prat *et al.*, 2000c; Prat *et al.*, 2000d; Boada *et al.*, 2003).

Actualment, els sistemes de biomonitoratge busquen minimitzar la diferència entre l'esforç i l'eficiència dels resultats per a disminuir el temps d'obtenció i processament de mostres. Per això, les metodologies i els protocols de monitoratge ràpid estan adquirint cada vegada més importància en els programes de control de contaminació aquàtica en diferents països industrialitzats (Barbour *et al.*, 1999). La utilització de diferents grups d'organismes i índexs biològics també permet d'obtenir uns resultats molt més fiables, així com una millor interpretació dels mateixos (Karr, 1999). Per això es recomana l'estudi conjunt dels macroinvertebrats, comunitats fitobentòniques, peixos i d'altres elements fonamentals en el funcionament dels ecosistemes fluvials, com el bosc de ribera o la qualitat estructural de l'hàbitat fluvial.

Són diversos els països d'arreu del món que utilitzen bioindicadors per a l'anàlisi de l'estat de salut dels sistemes hídrics respectius, sobretot en rius, tot i que, en la majoria dels casos, aquestes eines no tenen caràcter normatiu. A Europa, sobretot després de l'aprovació de la DMA, a l'Amèrica del Nord, al sud d'Àfrica i a Austràlia, es treballa intensament en el desenvolupament de sistemes de monitoratge per a la qualificació de l'estat ecològic dels sistemes aquàtics de manera integral (Verdonschot, 2000), i són les administracions de diversos àmbits, tant local, com de conca o governamentals, qui fa anys que desenvolupen i apliquen sistemes de monitoratge basats en bioindicadors (Metcalf, 1989; Diamond *et al.*, 1996). De fet, en els darrers anys, s'han obert diferents fòrums de debat sobre quin seria el millor mètode per a qualificar la salut dels sistemes fluvials, en els quals es destaca, d'una manera més o menys unànime, la necessitat d'establir unes estacions o situacions de referència a partir de les quals, comparant-les amb les dades obtingudes en cada mostreig, es pugui establir la mesura de la qualitat del sistema (Reynoldson *et al.*, 1997; Wallin *et al.*, 2003). De totes maneres, el sistema i el procediment que s'han d'utilitzar per a calcular la qualitat, tant de les estacions de referència com de les que mesurem, és encara un tema obert per al qual cada país utilitza el seu propi sistema. Es destaquen, de manera general, dues escoles: l'angloaustraliana, basada en mètodes de predicció amb estadístiques que necessiten una curosa presa de dades i tractament d'aquestes (Wright *et al.*, 1984; Moss *et al.*, 1999), utilitzada també en alguns rius de la Península (Armitage *et al.*, 1990), i la nord-americana, que es basa en la utilització de diferents mètriques i índexs per a avaluar la qualitat del sistema, tant de l'aigua com de l'hàbitat, el bosc de ribera o la qualitat de la conca de manera integrada (Barbour *et al.*, 1995; Karr, 1999), també usats a la península Ibèrica i a Catalunya (Prat *et al.*, 2000c; Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2002).

4. L'estat ecològic, una mesura de la salut dels ecosistemes aquàtics

El concepte de *estat ecològic* és introduït pel text normatiu de la Directiva marc de l'aigua, i sorgeix com a element clau de mesura per a l'anàlisi de la qualitat dels sistemes aquàtics, on

s'integra una visió del seu estat de salut. Aquest apareix a la legislació catalana (Llei 6/1999, i el text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya, el Decret legislatiu 3/2003 de 4 de novembre), i s'ha transposat a la normativa estatal (Llei 46/1999, el text refós de la Llei d'aigües 1/2001 de 20 de juliol, modificat per la Llei 62/2003 de 30 de desembre, de mesures fiscals, administratives i de l'ordre social). De totes maneres, la mesura de l'estat ecològic és un concepte que està en ple desenvolupament i discussió (Prat *et al.*, 2000a; Prat, 2002; European Commission, 2003), i sobre el qual encara ens queden alguns interrogants per a aclarir, com la mesura de la qualitat hidromorfològica dels sistemes fluvials, o la manera concreta com s'ajustarà i s'interpretarà en funció de cada tipus de sistema que s'ha d'anàlitzar, o la selecció i l'anàlisi dels estats de referència per a cada un dels indicadors biològics i les mètriques d'anàlisi que s'han d'utilitzar, etc. Primer cal fer una tipologia dels sistemes fluvials; s'entén que no es pot mesurar d'igual manera l'estat ecològic, ni exigir els mateixos estats de referència, per exemple, a les aigües dels rius de muntanya que als dels trams fluvials més baixos, i també caldrà decidir quins elements dels sistema s'han d'utilitzar, i de quina manera, per a la mesura concreta de l'estat ecològic. Els elements que s'han de tenir en compte, els indica la Directiva al seu annex V (taula 1), i poc a poc van sortint iniciatives i treballs orientats a combinar tots aquests elements i paràmetres per a l'anàlisi de l'estat ecològic (European Commission, 2003).

TAULA 1

Elements que cal considerar en la definició de l'estat ecològic a les diferents categories de masses d'aigua definides a la Directiva marc europea (annex V)

<i>Paràmetres biològics</i>	Flora aquàtica Invertebrats bentònics Fauna piscícola
<i>Paràmetres hidromorfològics</i>	Règim hidrològic <i>Quantitat i dinàmica del flux</i> <i>Connexió amb les aigües subterrànies</i> Continuïtat del riu Condicions morfològiques <i>Fondària i amplada (ecohidràulica)</i> <i>Substrat</i> <i>Estructura de la ribera</i>
<i>Paràmetres fisicoquímics</i>	Genèrics <i>Temperatura</i> <i>Oxigen dissolt</i> <i>Sals (conductivitat)</i> <i>Acidificació (pH, alcalinitat)</i> <i>Nutrients</i> Específics <i>Substàncies prioritàries (tòxiques i perilloses)</i> <i>Substàncies abocades en quantitats significatives</i>

5. La implantació de la Directiva marc de l'aigua a Catalunya

5.1. La tipificació fluvial

Actualment, l'Agència Catalana de l'Aigua, conjuntament amb el Departament d'Ecologia de la UB, han enllestit els treballs necessaris per a la determinació dels tipus de sistemes fluvials que podem trobar a les conques internes de Catalunya (Munné i Prat, 2002; Munné i Prat, en premsa), d'acord amb els criteris establerts a la DMA. Els tipus fluvials són necessaris per tal d'establir els objectius de qualitat i ajustar el programa de mesures correctores més adequades a cada sistema. Per a la tipificació fluvial no s'han tingut en compte ni l'activitat humana ni aquells descriptors modificats o fruit d'aquesta, ja que el sentit d'aquesta classificació se centra en la classificació de grups de rius amb unes condicions naturals ambientals homogènies i, per tant, amb una estructura i un funcionament de l'ecosistema similar. Això ens permetrà, a partir de l'anàlisi dels referents en cada tipus fluvial, la qualificació de la pertorbació d'origen antropogènic de manera més ajustada (Bailey *et al.*, 1998), i concretar els programes de mesures en la recuperació i/o protecció d'aquests ambients per a assolir, o conservar, el bon estat ecològic.

L'heterogeneïtat ambiental de les conques internes de Catalunya, i la disponibilitat de dades fiables i representatives d'aquesta condició, permeten ajustar el nivell de discriminació mantenint, alhora, una interpretació i una justificació espacial coherents. Així, utilitzant metodologies d'anàlisi multivariant i de classificació i ordenació de diferents trams fluvials, mitjançant l'anàlisi de variables ambientals no alterades per l'activitat humana o restituïdes al seu estat natural (quan i on era possible), variables hidrològiques, morfomètriques, geològiques i climàtiques, podem definir els *tipus fluvials* dins d'un marc contextual europeu, i un segon nivell de discriminació més detallat, que anomenem *subtipus de gestió fluvial*, útil dins l'àmbit de gestió de conca, i operatiu en l'àmbit d'organisme de conca (Agència Catalana de l'Aigua) (taula 2 i figura 2).

TAULA 2
Tipus fluvials (5) i subtipus de gestió fluvial (10) definits a les conques internes de Catalunya (Munné i Prat, 2002; Munné i Prat, en premsa)

<i>Tipus fluvials</i>	<i>Subtipus fluvials</i>
1. Rius de muntanya humida	1a. Rius de muntanya humida silícica 1b. Rius de muntanya humida calcària
2. Rius de muntanya mediterrània	2a. Rius de muntanya mediterrània silícica 2b. Rius de muntanya mediterrània calcària 2c. Rius de muntanya mediterrània d'elevat cabal
3. Rius de zona baixa mediterrània	3a. Rius de zona baixa mediterrània 3b. Rius de zona baixa mediterrània silícica 3c. Rius amb influència càrstica
4. Eixos principals	4a. Eixos principals
5. Torrents litorals	5a. Torrents litorals

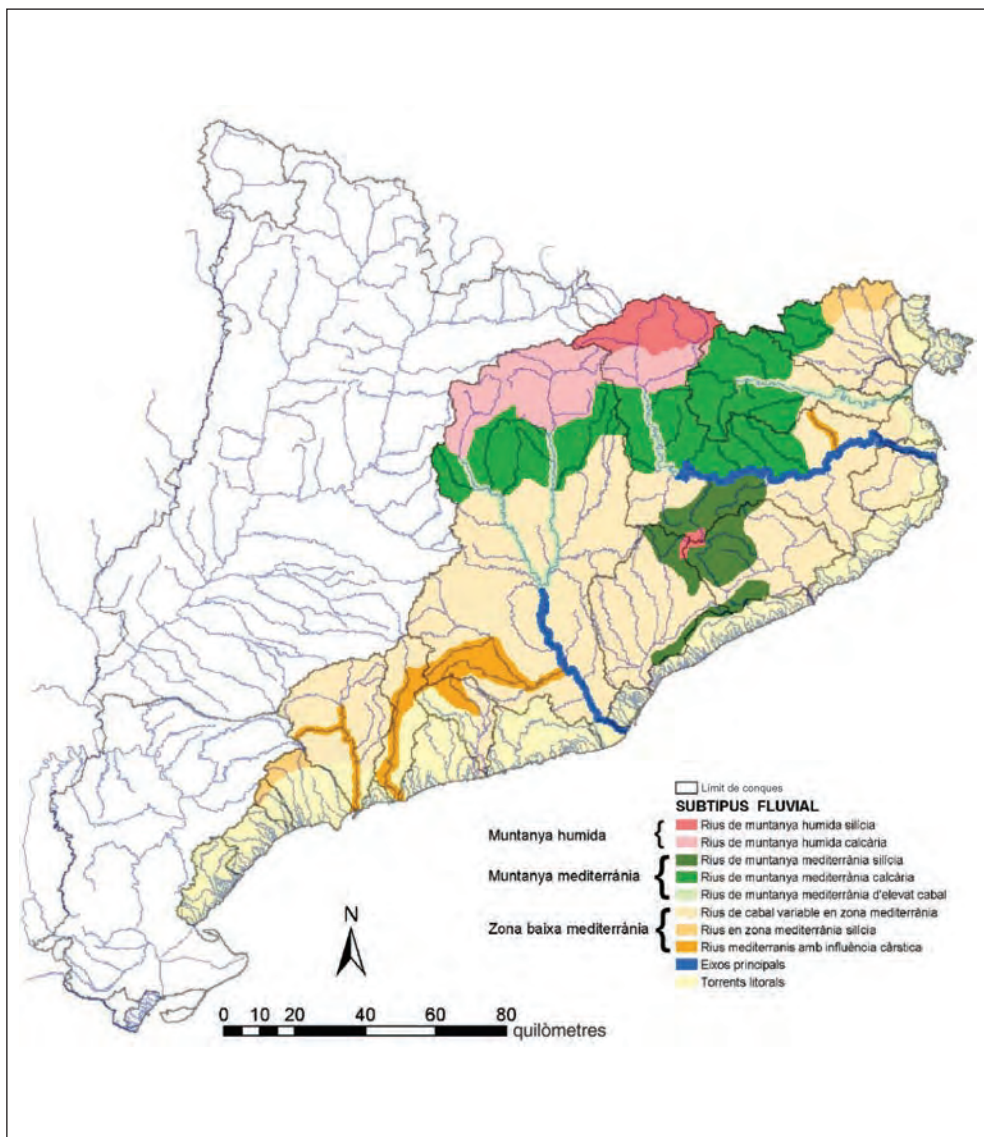


FIGURA 2. Tipus fluvials (5) i subtipus de gestió fluvial (10) definits a les conques internes de Catalunya (Munné i Prat, 2002; Munné i Prat, en premsa).

En cada un dels *subtipus de gestió fluvial* s'hauran d'assignar els estats de referència pel que fa a la qualitat biològica, morfomètrica i fisicoquímica del sistema fluvial. Per a aquesta tasca s'han de cercar els trams de rius que, dins de cada subtipus fluvial, presentin un estat de conservació i naturalitat elevats, i una alteració antropogènica quasibé inexistent (trams fluvials de

referència) (Bonada *et al.*, 2002). Mitjançant l'anàlisi de les condicions naturals dels trams de referència seleccionats, s'assignaran els objectius de qualitat per a cada subtipus fluvial que, en alguns dels casos, i per a algun dels elements analitzats, poden ser el mateix en dos o més subtipus.

La tipificació fluvial, i l'anàlisi dels estats de referència d'aquesta, són la base que ens permetrà ajustar els plans sectorials i els programes d'actuació a les característiques específiques dels espais fluvials de les conques internes de Catalunya.

5.2. L'estat ecològic dels rius catalans

En els darrers anys s'han realitzat diferents estudis en els sistemes fluvials catalans dirigits cap a la diagnosi ambiental mitjançant l'ús d'elements biològics, com ara la comunitat d'algues bentòniques (Cambra *et al.*, 1991; Muñoz i Prat, 1994; Merino *et al.*, 1994; Sabater *et al.*, 1996), els macroinvertebrats (Muñoz *et al.*, 1998; Munné i Prat, 1999; Prat *et al.*, 1999), o la comunitat de peixos (Aparicio *et al.*, 2000). I des de l'administració de conca competent de les conques internes de Catalunya (l'Agència Catalana de l'Aigua) s'han iniciat xarxes de control de qualitat utilitzant índexs basats en macroinvertebrats —el BMWPC (Benito i Puig, 1999), derivat de l'ibèric IBMWP (Alba-Tercedor i Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor *et al.*, 2002)—, i actualment s'està introduint l'ús d'indicadors per a mesurar la qualitat del bosc de ribera —com el QBR (Munné *et al.*, 1998a; Munné *et al.*, 2003) i l'IVF (índex de vegetació fluvial) (Gutiérrez *et al.*, 2001)—, l'anàlisi de la comunitat piscícola —amb l'ús de l'índex IBICAT (Sostoa *et al.*, 2003)—, l'anàlisi de la comunitat fitobentònica —amb l'ús d'algues diatomees (índexs IPS, IBD i CEE) (Sabater *et al.*, 2003; Cambra *et al.*, 2003)—, o l'ús de macroalgues bentòniques (Cambra *et al.*, 2003) i l'anàlisi de l'hàbitat fluvial (índex IHF) (Pardo *et al.*, 2002).

De totes maneres, no es té, fins al moment, ben definit el procediment per a combinar tots aquests indicadors basats en diferents comunitats biològiques, o els diferents elements i mètriques dins de cada indicador, ni tampoc com combinar-ho amb els elements d'anàlisi de la qualitat hidromorfològica i fisicoquímica. S'està treballant en la resposta d'aquests índexs a la tipologia fluvial, concretant els estats de referència per a cada un d'ells per a poder, d'aquesta manera, ajustar el valor de la diagnosi i fer-lo comparable entre trams fluvials. Utilitzant els diferents indicadors de qualitat biològica de l'aigua, i combinant-los d'acord amb els protocols establerts en els grups de treball per a la interpretació de la Directiva marc de l'aigua, i el seu annex V (Wallin *et al.*, 2002; European Commission, 2003), juntament amb l'anàlisi de la qualitat hidromorfològica i fisicoquímica dels sistemes fluvials, es pot dissenyar un procés d'anàlisi de l'estat ecològic que, actualment, està en fase d'ajust i concreció abans de ser adoptat com a protocol d'anàlisi de l'estat ecològic a Catalunya (figura 3).

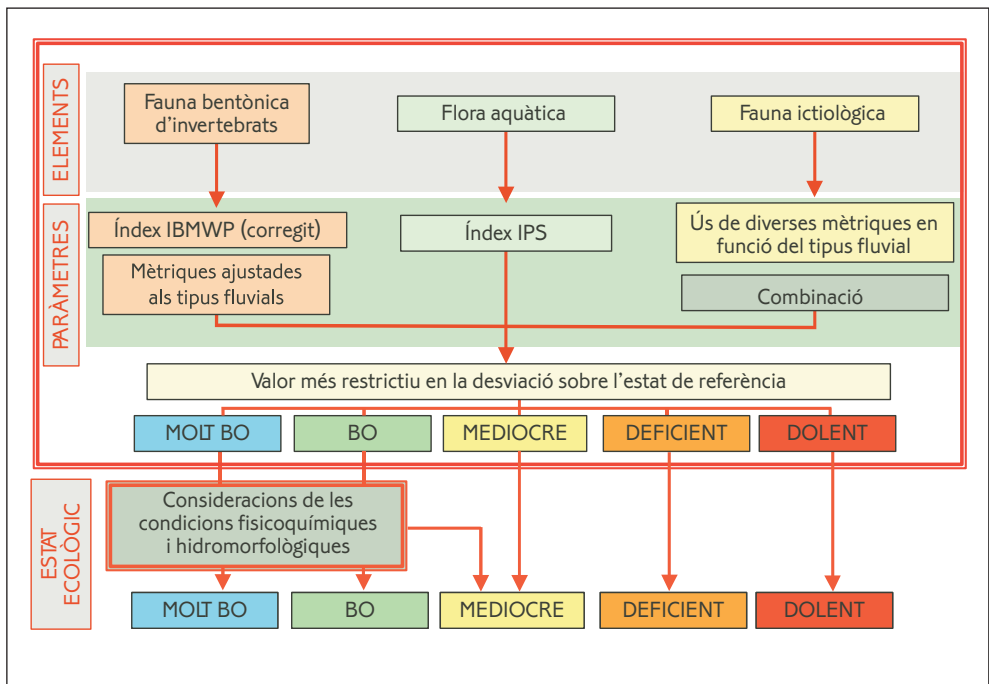


FIGURA 3. Proposta provisional de combinació de mètriques i indicadors de qualitat dels sistemes fluvials per a l'establiment de l'estat ecològic en rius catalans.

Actualment, encara no hi ha dades concretes del resultat final en l'aplicació d'un protocol integrat d'anàlisi de l'estat ecològic als rius catalans utilitzant tots els elements i indicadors proposats per la DMA, tot i que alguns autors han combinat diferents elements per a l'anàlisi integrat de l'estat de salut de certs sistemes fluvials a Catalunya (Prat *et al.*, 2000c), i de l'Estat espanyol (Jáimez-Cuèllar *et al.*, 2002). Així, del que es té informació més acurada i generalitzada és dels resultats en l'aplicació de diferents indicadors i mètriques per separat, que poden donar una idea de la situació en què ens trobem.

L'índex BMWPC s'aplica a Catalunya des de mitjan anys noranta, i els seus resultats i l'evolució al llarg del temps ens mostren una situació que encara ha de millorar (figura 4), tot i l'increment de qualitat en els darrers anys, sobretot des de la posada en marxa del Pla de Sanejament a Catalunya. Actualment existeixen, aproximadament, un 40 % dels trams fluvials analitzats amb un estat per sota de l'acceptable segons la Directiva marc de l'aigua (l'estat bo o molt bo). En aquests trams caldrà aplicar-hi programes de mesures per a millorar l'estat de salut del medi que, en algunes ocasions, no passarà solament per un millor sanejament de l'aigua, sinó per garantir un cabal mínim circulant, millorar la diversitat d'hàbitats o restaurar el bosc de ribera. Les estacions amb una qualitat biològica de l'aigua similar a la d'un estat natural, sense pertorbar

(estat molt bo), se situen en capçaleres i zones poc urbanitzades, mentre que la majoria de trams de rius en estat moderat o deficient, amb aigües eutròfiques, sobretot aquells trams amb abocaments de depuradores i poc cabal natural per a diluir-los, o trams fluvials amb sistemes de sanejament insuficients, se situen als trams baixos, i a prop de les grans concentracions urbanes.

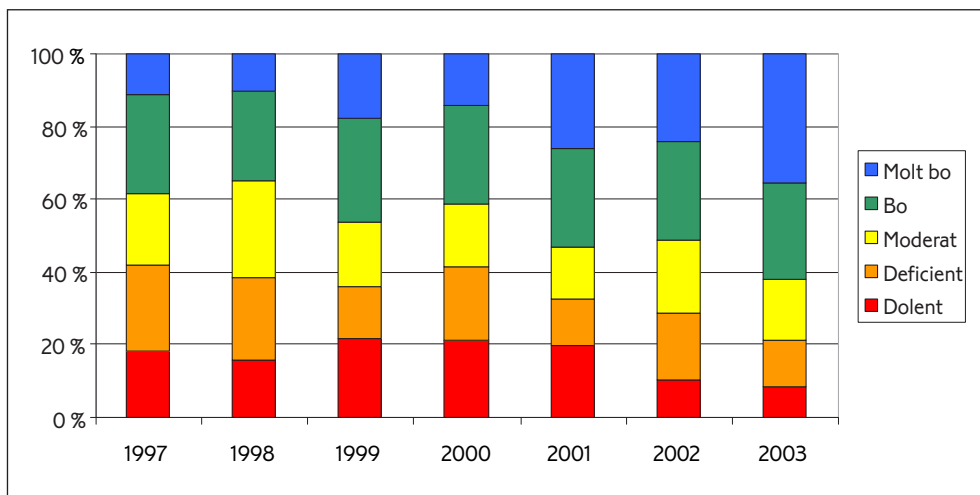


FIGURA 4. Evolució dels índexs biològics (BMWPC) en les estacions en què s'han fet mostratges a les conques internes de Catalunya des de l'any 1997 fins al 2003. Dades de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Pel que fa a la diagnosi de qualitat mitjançant l'anàlisi de les comunitats fitobentòniques (índex IPS basat en l'ús de diatomees), la situació no varia en excés (figura 5). Als trams més baixos dels rius hi trobem els estats qualitius més degradats, sobretot als trams més urbanitzats, el Besòs i el Llobregat als costats de Barcelona, i el tram baix del Francolí i de l'Anoia. En aquests trams caldrà analitzar amb consciència la possibilitat i la viabilitat real de millora fins al bon estat i, en el cas que aquest no sigui possible, caldrà definir i adoptar la millor qualitat possible per a cada indret, el que la DMA anomena *el potencial ecològic*.

La comunitat piscícola també ha sofert un deteriorament progressiu en la qualitat de l'estructura de les poblacions existents. Certes espècies, com la bagra (*Squalius cephalus*), o l'espínol (*Gasterosteus gymnuris*), han sofert una reducció significativa en les seves àrees de distribució i biomassa, sobretot en els darrers cinquanta anys (Sostoa *et al.*, 2003), i han proliferat espècies invasores com la carpa (*Cyprinus carpio*), el peix sol (*Lepomis gibbosus*), o la perca americana (*Micropterus salmoides*), entre d'altres, que han ajudat a la desestructuració de les comunitats i la simplificació de l'ecosistema. Actualment, a Catalunya hi ha una fauna de peixos continentals d'unes 47 espècies, 21 de les quals (un 45 %) es consideren intro-

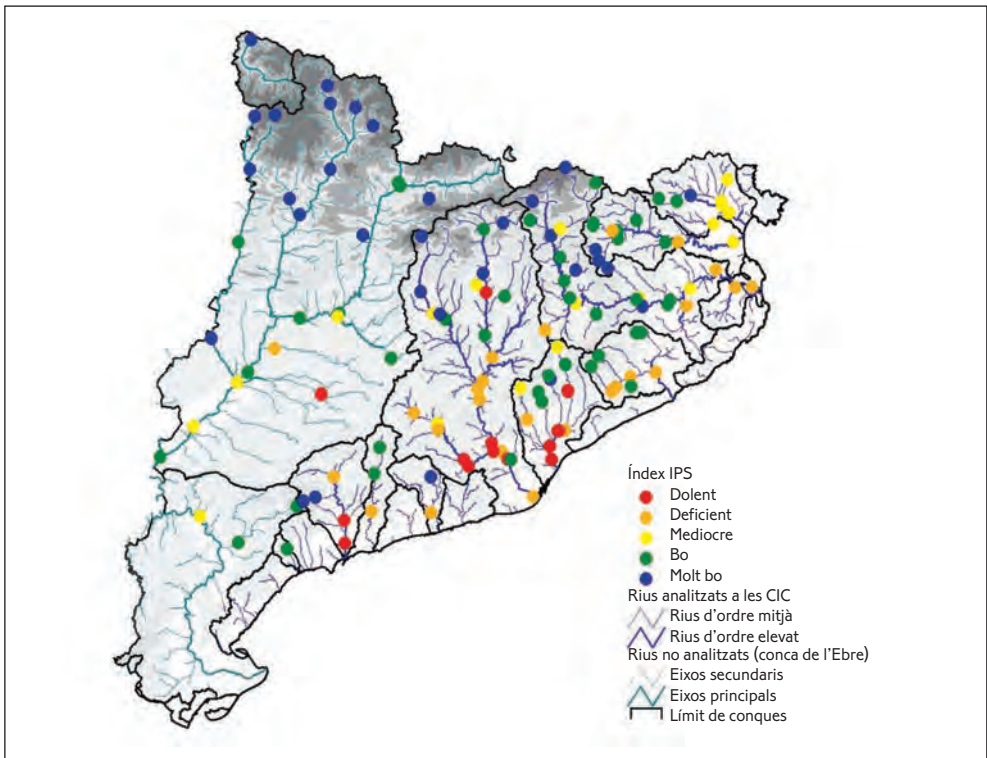


FIGURA 5. Aplicació de l'índex IPS basat en les comunitats de diatomees bentòniques als rius de Catalunya (Sabater *et al.*, 2003; Cambra *et al.*, 2003).

duïdes. Aquesta situació s'esdevé, no tan sols per la manca de qualitat fisicoquímica que han sofert molts trams fluvials i que, en recuperar-se lleugerament, han estat envaïts per espècies introduïdes i de ràpida colonització, sinó també per la constant destrucció dels hàbitats fluvials, la manca de cabals circulants adequats, amb les crescudes periòdiques (Poff *et al.*, 1997), i la manca de qualitat dels boscos de ribera. La densitat de peixos a la majoria de rius catalans es troba, avui dia, per sota dels mil individus per hectàrea, i tan sols algunes capçaleres o trams fluvials ben conservats presenten densitats per sobre els deu mil ind./ha (Sostoa *et al.*, 2003). En una primera aproximació en l'anàlisi de la qualitat fluvial a Catalunya mitjançant un índex de peixos (índex IBICAT), sobre una mostra de 317 estacions analitzades, 193 es consideraven impactades (un 61 %), i la resta, 124 estacions bàsicament situades a les capçaleres del Fluvià, el Ter i la Tordera, i a les conques altes de les Nogueres i el Segre (un 39 %), presentaven un estat de qualitat acceptable, és a dir, amb una bona estructura de la comunitat de peixos que li correspondria.

Pel que fa a la qualitat de les franges riberenques —els boscos de ribera—, també han sofert una severa degradació en els darrers anys (figura 6). Des del Departament d'Ecologia

de la UB, i amb el suport del Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona, s'està duent a terme un seguiment de la qualitat dels boscos de ribera als principals eixos fluvials de la província de Barcelona des de 1998 utilitzant l'índex QBR (Munné *et al.*, 1998*b*; Prat *et al.*, 1999; Prat *et al.*, 2002). S'observa com actualment gairebé un 70 % de les estacions estudiades es troben en un estat inacceptable, i aquesta situació sembla que té una tendència creixent en els darrers anys, segurament ateses les diverses actuacions urbanístiques o engegaments i canalitzacions executades en aquests espais. Tan sols un 10 % de les estacions analitzades es troben en un estat excel·lent o natural (figura 6). Des de l'Agència Catalana de l'Aigua s'ha recollit informació disponible en l'aplicació de l'índex QBR a diversos indrets de la geografia catalana aplicats per diverses organitzacions i entitats locals o supramunicipals (taula 3). L'anàlisi dels resultats indica l'elevat grau de degradació que pateixen moltes riberes a Catalunya, afectades per infraestructures, extraccions d'àrids, canalitzacions, plantacions i explotacions forestals poc respectuoses, i l'elevat esforç que serà necessari dedicar-hi per a millorar aquesta situació i poder assolir el bon estat ecològic si es volen complir les directives europees (DMA).

La combinació de la qualitat biològica de l'aigua, utilitzant índexs basats en macroinvertebrats, amb la qualitat del bosc de ribera, mesurat amb l'índex QBR, permet obtenir una mesura simplificada de l'estat ecològic (Prat *et al.*, 2000*c*; Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2002). Altres organismes administratius, com l'Observatori de la Tordera, també realitzen anàlisis integrades de mesura de l'estat ecològic combinant índexs basats en macroinvertebrats, algues diatomees, la qualitat del bosc de ribera i la fauna vertebrada associada al medi fluvial (Boada *et al.*, 2003).

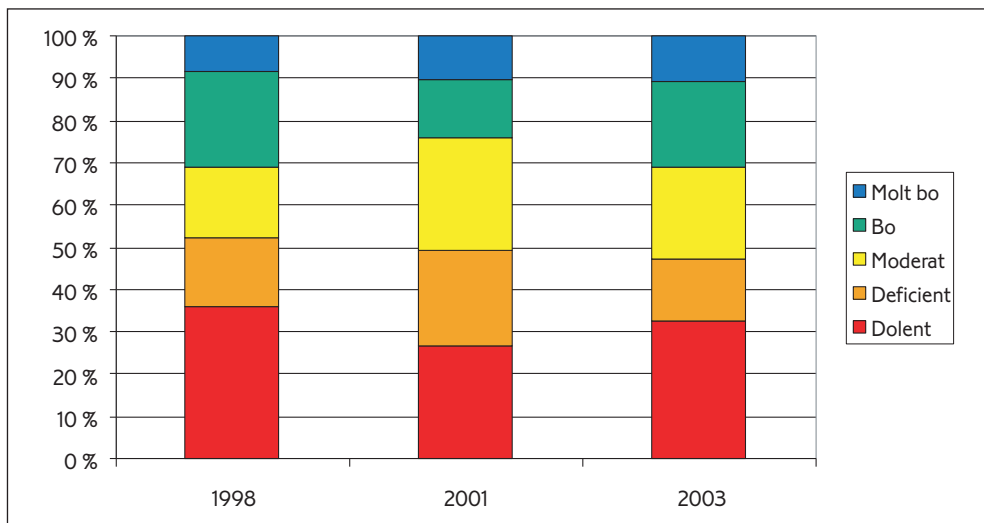


FIGURA 6. Evolució de la qualitat del bosc de ribera (índex QBR) a les estacions en què s'han fet mostratges a les conques del Foix, el Llobregat, el Besòs i la Tordera, els anys 1998 i 2001 (Prat *et al.*, 2000*b*, i dades inèdites).

TAULA 3

*Qualitat del bosc de ribera, mitjançant l'ús de l'índex QBR, a les conques catalanes.
S'indica el nombre d'estacions dins de cada rang de qualitat, així com els percentatges respectius.
Dades recopilades a partir de diverses fonts*

<i>Estat de qualitat</i>	<i>Casos</i>	<i>%</i>
Molt bo	57	11
Bo	99	19
Moderat	125	24
Deficient	127	25
Dolent	104	20
<i>Total</i>	<i>512</i>	<i>100</i>

També l'Agència Catalana de l'Aigua ha iniciat un pla de treball (2002-2006) per a l'anàlisi integrada de conques (Planificació dels Espais Fluvials), on s'utilitzen diferents mètriques per a la diagnosi final de l'estat ecològic.

6. Perspectives de futur

La Directiva marc de l'aigua té la virtut d'integrar en un mateix àmbit de gestió (el districte de conca fluvial o demarcació hidrogràfica) les aigües superficials, les subterrànies, les costaneres i les marines que estan influenciades per les aigües continentals d'aquest districte. En el cas de Catalunya, per a les conques internes, això no és una novetat, ja que, en aquests moments, dins de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), ja es troben integrats tots els elements del cicle de l'aigua, des dels aquífers a les costes, tot i que queden pendents el tema de les aigües portuàries i el de l'espai marítim i terrestre, que encara depenen d'una altra conselleria i de l'Administració estatal respectivament, i l'excepció de la normativa d'aigües de les aigües mineromedicinals, un tema que caldrà debatre en el futur. També, en l'àmbit funcional, caldrà canviar les velles tendències excessivament hidraulicistes i introduir el concepte de millora i manteniment del bon estat ecològic dels ecosistemes fluvials en la gestió i les preses de decisions diàries, en els criteris d'intervenció dels espais fluvials i en la planificació de l'aigua.

La correcta implementació dels conceptes i les disposicions establerts per la Directiva marc de l'aigua esdevé un complex organigrama d'actuacions per tal d'aconseguir les eines necessàries i els criteris adients per a la nova gestió de l'aigua, basada en conceptes de sostenibilitat tant des del punt de vista ambiental, com econòmic, el manteniment dels recursos hídrics, i la plena transparència i la participació ciutadana en els plans i programes de gestió.

7. Agraïments

Pel que fa a l'administració de l'aigua a Catalunya (l'Agència Catalana de l'Aigua), les dades utilitzades han estat generades pels estudis de Gervasi Benito i Òscar Abad. Els estudis de l'estat ecològic i la qualitat biològica de l'aigua, dels quals s'han extret les dades, es duen a terme pels membres del grup de treball ECOBILL, amb Maria Rieradevall, Núria Bonada, Mireia Vila, Rosa Casanovas, Marc Plans, Tura Puntí i Cesc Múrrria, del Departament d'Ecologia de la Facultat de Biologia (UB), amb el suport de l'Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona i la supervisió d'Isidre Gonzalvo. L'anàlisi de la qualitat del bosc de ribera s'ha aconseguit a partir de diversos programes de seguiment i control d'arreu de Catalunya (SIGMA, SITXELL, GUALMED).

8. Referències bibliogràfiques

- 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 los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)». *Limnetica*, núm. 21 (3-4), 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.
- ALLAN, J. D.; ERICKSON, D. L.; FAY, J. (1997). «The influence of catchement land use on stream integrity across multiple spatial scales». *Freshwater Biology*, núm. 37, p. 149-161.
- APARICIO, E.; VARGAS, M. J.; OLMO, J. M.; SOSTOA, A. (2000). «Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed on the Iberian Peninsula: a quantitative assessment». *Environm. Biology of Fishes*, núm. 59, p. 11-19.
- ARMITAGE, P. D.; PARDO, I.; FURSE, M. T.; WRIGHT, F. J. (1990). «Assessment and prediction of biological quality. A demonstration of a british macroinvertebrate-based method in two spanish rivers». *Limnetica*, núm. 6, p. 147-156.
- BAILEY, R. C.; KENNEDY, M. G.; DERVISH, M. Z.; TAYLOR, R. M. (1998). «Biological assessment of freshwater ecosystems using a reference condition approach: Comparing predicted and actual benthic invertebrate communities in Yukon streams». *Freshwater Biology*, núm. 39 (4), p. 765-774.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA841-B-99-002*. Washington, D. de C.: U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water.

- BARBOUR, M. T.; STRIBLING, J. B.; KARR, J. R. (1995). «Multimetric approach for establishing bio-criteria and measuring biological condition». A: DAVIS, W. S.; SIMON, T. P. *Biological assessment and criteria. Tools for water resource planning and decision making*. Boca Raton; Londres; Tòquio: Lewis Publishers, p. 63-77.
- BENITO, 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*, núm. 191, p. 43-56.
- BOADA, M.; CAPDEVILA, L.; MIRALLES, M.; GOMÀ, J.; JUBANY, J.; VARGAS, M. J.; APARICIO, E.; CARRERA, D.; SÁNCHEZ, S.; BADOSA, E.; COLOMER, T.; MAS, J.; VENTURA, M.; VIADER, J. (2003). *L'Observatori: estació de seguiment de la biodiversitat de la conca de la Tordera. Memòria 2001-2003*. 417 p.
- BONADA, N.; PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; ALBA-TERCEDOR, J.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; MELLADO, A.; MOYA, G.; PARDO, I.; ROBLES, S.; RAMÓN, G.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ALBARCA, M. R.; VIVAS, D.; ZAMORA-MUÑOZ, C. (2002). «Criterios para la selección de condiciones de referencia en los ríos mediterráneos. Resultados del proyecto GUADALMED». *Limnetica*, núm. 21 (3-4), p. 99-114.
- BOULTON, A. J.; SUTER, P. J. (1986). «Ecology of Temporary Streams an Australian Perspective». A: DE DECKKER, P. W.; MELBOURNE, W. D. *Limnology in Australia*, p. 313-327.
- CAMBRA, J.; GOMÀ, J.; ORTIZ, R. (2003). «Anàlisi de viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per als cursos fluvials de Catalunya (Tordera, Besòs, Llobregat, Foix, Gaià, Francolí i Riudecanyes)». A: *Documents tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua*. 113 p.
- CAMBRA, J.; SABATER, S.; TOMÀS, X. (1991). «Diatom check-list from catalonian countries (eastern Spain)». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, núm. 59, p. 41-55.
- CHACÓN, G.; CARCELLER, F. (1996). «L'índex QFO per a la valoració ecològica dels medis fluvials». *Siboc*, núm. 12.
- DIAMOND, J. M.; BARBOUR, M. T.; STRIBLING, J. M. (1996). «Characterizing and comparing bioassessment methods and their results. A perspective». *J. N. Am. Benthol. Soc.*, núm. 15 (4), p. 713-727.
- «Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y el 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». *Diario Oficial de la Comunidad Europea*, L 327 (22 diciembre 2000). 72 p.
- EUROPEAN COMMISSION (2003). «Overall approach to the Classification of the Ecological Status and Ecological Potential». A: *Water Framework Directive. Common Implementation Strategy. Working Group 2A. Ecological Status (ECOSTAT)*, (27 novembre 2003). 47 p.
- FRISSEL, G. A.; LISS, W. J.; WARREN, C. E.; HURLEY, M. D. (1986). «A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context». *Environmental Management*, núm. 10, p. 199-214.
- GASITH, A.; RESH, V. H. (1999). «Streams in Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events». *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, núm. 30, p. 51-81.

- GUTIÉRREZ, C.; SALVAT, A.; SABATER, F. (2001). «IVF Índex per a l'avaluació de la qualitat del medi fluvial a partir de la vegetació de ribera». A: *Documents tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua*. 49 p.
- ILLIES, J.; BOTOSANEANU, L. (1963). «Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologiques des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique». *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, núm. 19, p. 1-15.
- 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-ALBARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; ALBA-TERCEDOR, J. (2002). «Protocolo GUADALMED (PRECE)». *Limnetica*, núm. 21 (3-4), p. 187-204.
- JUNK, J. W. BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. (1989). «The flood pulse concept in river-floodplain systems». *Can. J. Fish. Aquat. Sci. Spec. Publ.*, núm. 106, p. 110-127.
- KARR, J. R. (1999). «Defining and measuring river health». *Freshwater Biology*, núm. 41 (2), p. 221-234.
- KOLKOWITZ, R.; MARSSON, M. (1908). «Ökologie de pflanzlichen Saprobien». *Ber. Dtshen. Bot. Ges.*, núm. 26, p. 505-519.
- MARGALEF, R. (1951). «Diversidad de especies en las comunidades naturales». *P. Ins. Biol. Apl.*, núm. 9, p. 15-27.
- (1969). «El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos». *Agua*, núm. 7, p. 105-133. [Suplement]
- MERINO, V.; GARCÍA, J.; HERNÁNDEZ-MARINÉ, M. (1994). «Use of diatoms for pollution monitoring in the Valira Basin (Andorra)». A: *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium*, p. 107-119.
- METCALFE, J. L. (1989). «Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe». *Environmental Pollution*, núm. 60, p. 101-139.
- MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; PETERSEN, R. C.; CUSHING, C. E.; BRUNS, D. A.; SEDELL, J. R.; VANNOTE, R. L. (1985). «Developments in stream ecosystem theory». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, núm. 42, p. 1045-1055.
- MORENO, J. L.; SUÁREZ, M. L.; VIDAL-ABARCA, M. R. (1996). «Valor ecológico de las ramblas como ecosistemas acuáticos singulares». *RSEHN*, vol. extraordinari 125è aniversari, p. 411-415.
- MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T.; CLARKE, R. T. (1999). «A comparison of alternative techniques for prediction of the fauna of running-water sites in Great Britain». *Freshwater Biology*, núm. 41 (1), p. 167-181.
- MUNNÉ, A. (2003). «Les rieres litorals i la Directiva marc de l'aigua». *Atzavara*, núm. 11, p. 27-36.
- MUNNÉ, A.; PRAT, N. (1999). *Cabals i qualitat biològica del riu Anoia. Diagnosi de l'estat del riu i dels trams finals dels afluents principals*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 76 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 5)

- MUNNÉ, A.; PRAT, N. (2002). «Regionalització del sistema fluvial a les conques internes de Catalunya. Aplicació de la Directiva marc en política d'aigües de la Unió Europea». A: *Documents tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua*. 92 p.
- (En premsa). «Defining river types in a Mediterranean area. A methodology for the implementation of the EU Water Framework Directive». *Environmental Management*.
- 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». *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, núm. 13, p. 147-163.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; PRAT, N. (1998a). «QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera». *Tecnología del Agua*, núm. 175, p. 20-37.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (1998b). *Índex QBR. Mètode per a l'avaluació de la qualitat dels ecosistemes de ribera*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 28 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 4)
- MUÑOZ, I.; PICÓN, A.; SABATER, S.; ARMENGOL, J. (1998). «La calidad del agua del río Ter a partir del uso de índices biológicos». *Tecnología del agua*, núm. 175, p. 60-67.
- MUÑOZ, I.; PRAT, N. (1994). «A comparación between different biological water quality indexes in the Llobregat Basin (NE Spain)». *Ver. Internat. Verein. Limnol.*, núm. 25, p. 1945-1949.
- 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 (3-4), p. 115-133.
- POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPEARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. (1997). «The natural flow regime, A paradigm for river conservation and restoration». *BioScience*, núm. 47 (11), p. 769-784.
- PRAT, N. (1979). «Gestió de les aigües continentals catalanes. Perspectives de futur». *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, núm. 4, p. 109-111.
- (2002). «El proyecto GUADALMED». *Limnetica*, núm. 21 (3-4), p. 1-3.
- PRAT, N.; GONZÁLEZ, G.; MILLET, X. (1986). «Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA y BILL». *Tecnología del Agua*, núm. 31, p. 33-49.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; BONADA, N.; SOLÀ, C.; PLANS, M.; RIERADEVALL, M.; CASANOVAS, R.; VILA, M. (2001). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera. Informe 1999*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 171 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 9)
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; BONADA, N. (2000a). «La determinación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en España». A: FABRA, A.; BARREIRA, A. [ed.]. *La aplicación de la Directiva Marco del Agua en España. Retos y oportunidades*. Madrid: IIDMA, p. 48-81.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; CARCELLER, F.; FONTS, J.; CHACÓN, G.; IBÁÑEZ, J.; FONT, X.; CARMONA, J. M.; ROMO, A. (2000b). «Biodiversity of a Mediterranean stream drainage network». *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, núm. 27, p. 135-139.

- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; SOLÀ, C.; BONADA, N. (1999). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera. Informe 1997*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 154 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 7)
- (2000c). *ECOSTRIMED. Protocol per a determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 94 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 8)
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; CASANOVAS, R.; VILA, M.; BONADA, N.; JUBANY, J.; MIRALLES, M.; PLANS, M.; RIERADEVALL, M. (2002). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix i la Tordera. Informe 2000*. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 163 p. (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 10)
- PRAT, N.; ORDEIX, M.; VILALTA, E. (2000d). «Pla Estratègic per a la Gestió Integral de la Conca del Ter. Diagnosi sobre medi natural». *Consorti Alba-Ter*. 179 p.
- QUERALT, R. (1982). «La calidad de las aguas de los ríos». *Tecnología del Agua*, núm. 4, p. 49-57.
- REYNOLDS, T. B.; NORRIS, R. H.; RESH, V. H.; DAY, K. E.; ROSENBERG, D. M. (1997). «The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates». *J. N. Am. Benthol. Soc.*, núm. 16 (4), p. 833-852.
- SABATER, S.; GUASCH, H.; PICON, A.; ROMANÍ, A.; MUÑOZ, I. (1996). «Using diatom communities to monitor water quality in a river after the implementation of a sanitation plan (river Ter, Spain)». A: WHITON, B. A.; ROTT, E. [ed.]. *Use of algae for monitoring rivers II*, p. 97-103.
- SABATER, S.; SABATER, F.; ARMENGOL, J. (1993). «Ecología de los ríos mediterráneos». *Investigación y Ciencia* (agost), p. 72-79.
- SABATER, S.; TORNÉS, E.; LEIRA, M.; TROBAJO, R. (2003). «Anàlisi de viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per als cursos fluvials de Catalunya (Muga, Fluvià, Ter i Daró)». A: *Documents tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua*. 113 p.
- SOSTOA, A.; CASALS, F.; CAIOLA, N. M.; VINYOLÉS, D.; SÁNCHEZ, S.; FRANCH, C. (2003). «Desenvolupament d'un índex d'integritat biòtica (IBICAT) basat en l'ús dels peixos com a indicadors de la qualitat ambiental dels rius a Catalunya». A: *Documents tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua*. 203 p.
- STATZNER, B.; HIGLER, B. (1986). «Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns». *Freshwater Biology*, núm. 16, p. 127-139.
- UYS, M. C.; O'KEEFE, J. H. (1997). «Simple words and fuzzy zones: early directions for temporary river research in South Africa». *Environmental Management*, núm. 12 (4), p. 517-531.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. (1980). «The river continuum concept». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, núm. 37, p. 130-137.
- VERDONSCHOT, P. F. M. (2000). «Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management». *Hydrobiologia*, núm. 422-423, p. 389-412.

- VIDAL-ABARCA, M. R. (2001). «Los ríos mediterráneos. Características y funciones: una perspectiva ecológica». *Life Guadajoz*. P. 6-7.
- VINSON, M. R.; HAWKIND, C. P. (1998). «Biodiversity of stream insects: Variation at local, basin, and regional scales». *Annu. Rev. Entomol.*, núm. 43, p. 271-293.
- WALLIN, M.; WIEDERHOLM, T.; JOHNSON, R. (2003). *Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters*. Water Framework Directive (WFD). REFCOND Working Group 2.3. 93 p. [Report final]
- WARD, J. V.; STANFORD, J. A. (1983). «The serial discontinuity concept of lotic ecosystems». A: FONTAINE, T. D.; BARTELL, S. M. *Dynamics of Lotic Ecosystems*. Ann Arbor Science, p. 29-42.
- WOODIWISS, F. S. (1964). «The biological system of stream classifications used by the Trand River Board». *Chemy. Indust.*, núm. 11, p. 443-447.
- WRIGHT, J. F.; MOSS, D.; ARMITAGE, P. D.; FURSE, M. T. (1984). «A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data». *Freshwater Biology*, núm. 14, p. 221-256.