

Els espais fluvials

Manual de diagnosi ambiental



El mes de març del 2005, l'Obra Social de La Caixa i la Diputació de Barcelona van signar un conveni de col·laboració per al desenvolupament del Pla de gestió integral per a la conservació dels sistemes naturals de la Xarxa de Parcs Naturals, que gestiona la Diputació conjuntament amb els municipis. El conveni s'emmarca en l'objectiu estratègic de la Xarxa de Parcs Naturals de garantir la preservació dels valors naturals i paisatgístics, el desenvolupament socioeconòmic sostenible i l'ús públic ordenat d'aquests espais.

Entre les línies de desenvolupament del conveni s'inclou la redacció d'una sèrie de manuals de gestió d'hàbitats, per tal de recollir i difondre bones pràctiques de gestió dels sistemes naturals. L'objectiu és elaborar una sèrie de documents tècnics rigorosos i a la vegada comprensibles per a un públic ampli, en els quals se sintetitzin els coneixements actuals sobre l'estat dels hàbitats i es formulin propostes per millorar-ne la gestió.

El llibre ***Els espais fluvials. Manual de diagnosi ambiental*** vol ser una guia per als gestors i usuaris que han d'avaluar l'estat dels nostres rius. L'objectiu és doble: d'una banda, presentar el conjunt de conceptes bàsics, imprescindibles, per entendre el funcionament dels ecosistemes fluvials, i de l'altra, recollir tot un ventall de tècniques i metodologies per analitzar l'estat dels rius i poder interpretar adequadament els resultats obtinguts. La finalitat darrera no pot ser altra que contribuir a preservar i millorar uns sistemes naturals tan valuosos per a la vida com són els espais fluvials.

Diputació de Barcelona
Àrea d'Espais Naturals
Comte d'Urgell, 187. Edifici del Rel·lotge
08036 Barcelona
Tel. 934 022 896 • Fax 934 020 603
ot.territorial@diba.cat
parcs.diba.cat

Els espais fluvials

Manual de diagnosi ambiental

Autors

Narcís Prat i Fornells. *Catedràtic d'ecologia, Grup de Recerca FEM (Freshwater Ecology and Management), Universitat de Barcelona*

Laura Puértolas i Domènech. *Investigadora, Grup de Recerca FEM, Universitat de Barcelona*

Maria Rieradevall i Sant. *Professora titular d'ecologia, Grup de Recerca FEM, Universitat de Barcelona*

Col·laboradors d'aquest volum

Antoni Munné i Torras. *Agència Catalana de l'Aigua, Grup de Recerca FEM*

Marc Ordeix i Rigo. *Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis, Grup de Recerca FEM*

Agraïments

A Humbert Salvadó (Departament de Biologia Animal, Universitat de Barcelona), pels seus comentaris de l'apartat de microorganismes. A tots els membres del Grup de recerca FEM (Freshwater Ecology and Management), per la seva tasca continuada d'estudi de l'estat ecològic dels rius. A les nostres famílies respectives, pel seu suport i paciència durant la gestació d'aquest *manual*.

Primera edició: juny del 2008

Edició e-llibre: maig de 2017

© del text: autors

© de les il·lustracions: Aleix Pons, Maria Rieradevall

© de l'edició: Diputació de Barcelona

Disseny i producció: eggeassociats

Edició: Direcció de comunicació

ISBN versió paper: 978-84-9803-289-5

e-ISBN: 978-84-9803-798-2

Índex

Presentació	5
Introducció i objectius	7
Ús del <i>Manual</i>	8
1. L'espai fluvial	11
1.1 Definició	12
1.2 Delimitació i zonació de l'espai fluvial	13
1.3 L'aigua que porten els rius	16
1.4 Les comunitats biològiques del riu i la seva organització funcional	19
1.5 Les riberes: una comunitat clau per al funcionament del riu	21
1.6 Variació del riu al llarg del seu curs	24
1.7 Els rius mediterranis	26
1.8 L'activitat humana i l'espai fluvial	28
1.9 Marc legal per a la gestió dels espais fluvials	32
2. Diagnosi ambiental.....	35
2.1 Indicadors de qualitat biològica	38
2.1.1 Microorganismes	42
2.1.1.1 Índex de saprobis (S)	44
2.1.2 Fitobentos	46
2.1.2.1 Índex de Polluosensibilité (IPS)	48
2.1.2.2 Índex Biologique des Diatomées (IBD)	50
2.1.3 Macròfits	52
2.1.3.1 Índex de macròfits (IM)	54
2.1.3.2 Índex de vegetació aquàtica macroscòpica (IVAM)	56
2.1.4 Macroinvertebrats	58
2.1.4.1 Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP)	60
2.1.4.2 Índex de famílies de macroinvertebrats del Besòs i el Llobregat (FBILL)	62
2.1.4.3 Índexs multimètrics per als rius mediterranis, IMMi-L i IMMi-T	64
2.1.4.4 MEDiterranean Prediction And Classification System (MEDPACS)	66
2.1.5 Peixos	67
2.1.5.1 Índex d'integritat biològica per a Catalunya (IBICAT)	69
2.2 Indicadors de qualitat hidromorfològica	70
2.2.1 Règim hidrològic	73
2.2.1.1 Cabal instantani	74
2.2.1.2 Cabal en règim natural	76
2.2.1.3 Cabal de manteniment	77
2.2.1.4 Indicadors d'alteració hidrològica (IHA)	79

2.2.2	Connectivitat fluvial	81
2.2.2.1	Índex de connectivitat fluvial (ICF)	82
2.2.3.	Condicions morfològiques de ribera	84
2.2.3.1	Grau d'endegament de la llera	85
2.2.3.2	Índex d'hàbitat fluvial (IHF).....	86
2.2.3.3	Índex de qualitat del bosc de ribera (QBR)	87
2.2.3.4	Índex de vegetació fluvial (IVF).....	89
2.3	Indicadors de qualitat fisicoquímica.....	90
2.3.1	Condicions de contorn	91
2.3.2	Matèria orgànica.....	93
2.3.3	Nutrients	95
2.3.4	Tòxics	98
2.3.4.1	Índex simplificat de la qualitat de l'aigua (ISQA)	99
2.3.4.2	Índex de qualitat general (ICG).....	101
2.4	Espècies invasores	102
3.	Annexos	107
	Glossari	108
	Bibliografia	112

PRESENTACIÓ

La sostenibilitat mediambiental i la inclusió social són dos valors ineludibles i complementaris per dissenyar polítiques de servei públic que siguin útils per a les persones i que garanteixin el futur d'una societat viable i equitativa. Amb aquest esperit, el març de 2005, la Fundació “la Caixa” i la Diputació de Barcelona van signar un conveni de col·laboració per desenvolupar el Pla de gestió integral per a la conservació dels sistemes naturals de la Xarxa de Parcs Naturals. Aquest acord –un bon exemple de com el sector públic i el privat poden aplegar recursos per millorar conjuntament– era, d'una banda, útil i valuós per als dotze espais naturals protegits que la Diputació de Barcelona cogestiona amb un centenar d'ajuntaments de les comarques barcelonines i, de l'altra, s'emmarcava en els programes ambientals i socials que l'Obra Social de “la Caixa” estableix amb administracions públiques.

L'abast de la col·laboració es fa evident en copsar les dimensions de la Xarxa de Parcs Naturals: més de 100.000 hectàrees de gran valor paisatgístic, ecològic i cultural que formen part d'uns municipis que representen el 22% del territori de Catalunya i el 70% de la seva població. Es tracta, en definitiva, d'un important patrimoni natural del país al qual el desenvolupament del conveni durant més d'una dècada ha aportat accions i mitjans eficaços per garantir l'estabilitat i la maduresa dels seus valuosos ecosistemes, tot millorant-ne l'estat de conservació i reduint-ne la fragilitat davant de possibles pertorbacions.

Una de les línies de desenvolupament del conveni consistia en la redacció d'una sèrie de manuals de gestió d'hàbitats que recollissin i difonguessin bones pràctiques en la cura dels sistemes naturals. Després de publicar els onze documents d'aquesta sèrie, que es caracteritzen per la voluntat de combinar el rigor tècnic amb un llenguatge comprensible per a tothom, els responsables de la Diputació de Barcelona i de la Fundació “la Caixa” han volgut ampliar-ne la difusió posant-los a la disposició dels lectors també en format digital, per tal de fer més accessibles els coneixements i les propostes de millora de la gestió d'espais naturals que han convertit aquests manuals en eines de referència. Esperem, doncs, que aquesta nova vida digital faci arribar a moltes més persones la tasca conjunta de “la Caixa” i la Diputació de Barcelona a favor del medi natural i de la integració social.

Isidre Fainé Casas

President de la Fundació “la Caixa”

Mercè Conesa i Pagès

Presidenta de la Diputació de Barcelona



INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Aquest primer *Manual* sobre els espais fluvials vol ser l'inici d'una sèrie de manuals que recullin la informació existent i serveixin de guia per a la gestió dels ecosistemes fluvials. Està concebut per facilitar als gestors i a altres usuaris de l'aigua les eines que els permetin entendre i valorar la manera de fer la diagnosi, el control i la rehabilitació dels espais fluvials. Els seus continguts abasten les nocions bàsiques dels diversos aspectes a considerar en la gestió d'aquests espais, des de l'àmbit de la diagnosi fins a la rehabilitació dels rius alterats. Aquest primer volum, dels tres dedicats als espais fluvials, se centra en la diagnosi ambiental.

La necessitat que els gestors tinguin un coneixement bàsic sobre aquestes qüestions s'ha fet imprescindible amb la implementació de la Directiva marc de l'aigua (DMA, 2000/60/CE) de la Unió Europea. En aquest sentit, el present *Manual* vol ser una eina que faciliti la presa de decisions i la implicació de diversos col·lectius en el camí cap a l'assoliment del bon estat ecològic dels rius l'any 2015, tal com proposa la DMA.

El *Manual* parteix de l'explicació de les característiques i el funcionament dels ecosistemes fluvials per entrar, a mesura que s'avança en la lectura, en els aspectes més tècnics o procedimentals de cadascun dels apartats. La informació es presenta de forma dual. D'una banda, amb la compilació de totes les eines que es consideren útils en la diagnosi ambiental dels espais fluvials, presentades de manera homogènia, senzilla, comentada i ordenada en blocs conceptuals. D'altra banda, es presenten nombroses referències bibliogràfiques i enllaços a diverses pàgines web per completar i aprofundir-ne els continguts, i que s'han ordenat de manera temàtica al final del llibre.

Està adreçat al col·lectiu de professionals, tècnics, personal de l'administració pública i, naturalment, a tots els ciutadans/es que vulguin familiaritzar-se amb les qüestions relatives al funcionament dels sistemes fluvials, amb un mínim de coneixement previ, però sense necessitat de formació específica en aquest camp. El *Manual* pot ser útil també a tots els qui estiguin interessats en els processos de participació que s'estan realitzant per implementar la DMA. Atesa la complexitat metodològica d'aquesta llei, esperem que el *Manual* els pugui ajudar en la interpretació dels resultats de les anàlisis de l'estat de les aigües.

ÚS DEL MANUAL

La informació del *Manual* està estructurada en tres nivells: capítols, subcapítols i fitxes.

- Els capítols contenen una primera aproximació general, en la qual se situa el marc conceptual. El *Manual* conté dos grans capítols que tracten de la introducció a l'espai fluvial i de la diagnosi ambiental d'aquests espais.
- Els subcapítols fan una introducció específica de les característiques generals per a cadascun dels grups de mètriques, tècniques, eines o aspectes considerats dels espais fluvials.
- Les fitxes són l'element clau d'aquesta guia. Les mesures concretes de gestió es desenvolupen mitjançant fitxes, en les quals la informació es presenta esquematitzada i de manera molt gràfica (a continuació es mostra el disseny i el contingut d'una fitxa tipus). Per regla general, tenen una o dues pàgines d'extensió, a través de les quals es descriuen els passos a seguir per aplicar cadascuna de les mètriques. Aquestes fitxes inclouen la definició i l'objectiu de cada mètrica, el seu procediment, contingut i forma d'expressió, els coneixements necessaris previs, i el tipus de treball de camp i laboratori, amb indicació de la inversió de temps necessari en cada cas. Se'n fa una valoració dels avantatges i inconvenients i s'indica on es pot trobar el protocol per aplicar l'eina.

Per ampliar la informació que es dona aquí, es remet el lector a documents auxiliars. Aquests inclouen les referències a altres obres i autors per obtenir detalls més concrets de cadascun dels temes. També, al llarg del text i a les fitxes sovint es troben enllaços que permeten accedir, a través d'Internet, a protocols o casos concrets de diagnosi en documents on aquests estan molt detallats. Per facilitar la comprensió dels temes tractats s'ha elaborat un petit glossari on s'han definit els termes específics més rellevants. Aquestes definicions s'han extret, sempre que ha estat possible, del TERMCAT i del diccionari de l'IEC. El lector, per tant, amb la guia escrita es pot informar de manera suficient per entendre com cal fer la gestió dels espais fluvials, i amb la documentació a què té accés en cadascun dels apartats del llibre pot arribar a dissenyar un protocol de mostreig. En un volum posterior, la informació possibilitarà al gestor planificar mesures encaminades a rehabilitar l'espai fluvial.

Codi de la fitxa seguint la numeració de l'apartat: bloc 2 (diagnosi). 2 (element de qualitat hidromorfològica). 3 (condicions morfològiques de la ribera). 4 (estructura de la zona de ribera)

2.2.3.4

IVF

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de vegetació fluvial

Abreviatura de la mètrica

2.2.3 CONDICIONS MORFOLÒGIQUES

1

OBJECTIU

Avaluar les formacions vegetals de ribera.

MÈTODE

Valoració d'un seguit d'aspectes de la comunitat vegetal de ribera, relatius al recobriment de diferents formacions, la permanència de l'aigua, la proporció de substrats, l'inventari d'hidròfits, etc. Paral·lelament es valoren els factors de correcció.

NIVELL FORMATIU

És necessari que la persona que empleni el full de camp tingui una elevada formació en la identificació de les espècies d'helòfits, arbusts i arbres de ribera.

MATERIAL

Full de camp, llapis, guia d'identificació de plantes (opcional).

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 45-60 min

Delimitació d'un tram de 100 metres representatiu de l'estat general del riu a estudiar i emplenament del full de camp amb els resultats de les observacions.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 45-60 min

No és necessari, tot i que, si no es reconeix alguna espècie vegetal hom pot endur-se'n una mostra per fer-ne la identificació posterior.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Cursos d'aigua permanent-semipermanent	Cursos d'aigua torrencial i/o efimer	Color representatiu
Molt bo	≥ 8	≥ 7	Blau
Bo	6,00-7,99	5,00-6,99	Verd
Mediocre	4,00-5,99	3,50-4,99	Groc
Deficient	2,00-3,99	2,00-3,49	Taronja
Dolent	< 2	< 2	Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats poden presentar-se de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

És un índex exhaustiu que ofereix informació precisa sobre la composició de la comunitat vegetal de ribera.

INCONVENIENTS

No és un mètode tan ràpid com d'altres (p. e., QBR). Alhora, tampoc no aporta informació addicional de caràcter morfològic.

COMENTARIS

L'aplicació d'aquest índex té una perspectiva florística.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

Què es vol avaluar

Procediment d'avaluació

Coneixements necessaris, materials i tasques per fer al camp i al laboratori per aplicar la mètrica

Valoració del temps necessari aproximat per a les tasques d'aplicació de la mètrica

Rang de valors de la mètrica i forma d'expressió

Valoració dels avantatges i dels inconvenients i altres comentaris orientatius

Localització del protocol per aplicar la mètrica

Símbol indicatiu del tipus d'element

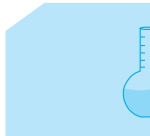
Qualitat biològica



Qualitat hidromorfològica



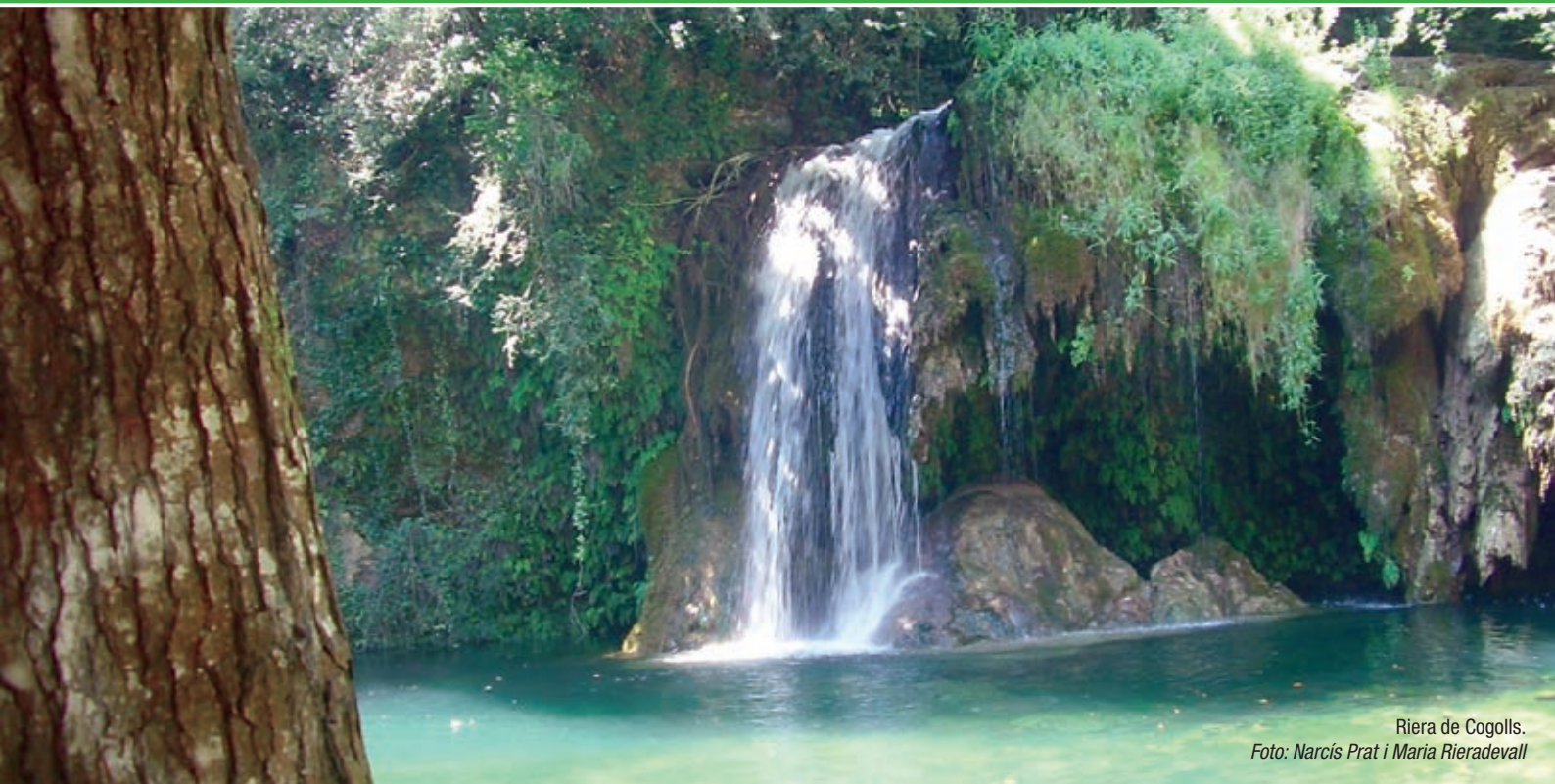
Qualitat fisicoquímica



ABREVIATURES

ACA:	Agència Catalana de l'Aigua
AENOR:	Associació Espanyola de Normalització i Certificació
APHA:	American Public Health Association (Agència de Salut Pública Americana)
BEE:	bon estat ecològic
CEN:	European Committee for Standardization (Comitè Europeu per a l'Estandardització)
CHE:	Confederació Hidrogràfica de l'Ebre
CIC:	conques internes de Catalunya
DBO:	demanda bioquímica d'oxigen
DQO:	demanda química d'oxigen
DMA:	Directiva marc de l'aigua
DPH:	domini públic hidràulic
EC:	European Commission (Comissió Europea)
EQR:	Ecological Quality Ratio (Quocient de Qualitat Ecològica Relativa)
EUA:	Estats Units d'Amèrica
IEC:	Institut d'Estudis Catalans
MCO:	màximes crescudes ordinàries
PEF:	planificació de l'espai fluvial
PSCM:	Pla sectorial de cabals de manteniment
PSiC:	Programa de seguiment i control
RDPH:	Reglament del domini públic hidràulic
SH:	Sistema hídric
TERMCAT:	Centre de Terminologia de Catalunya
ZF:	zona fluvial
ZI:	zona inundable
ZP:	zona de policia
ZS:	zona de servitud

1. L'ESPAI FLUVIAL



1.1

DEFINICIÓ

L'ESPAI FLUVIAL ES DEFINEIX COM LA ZONA ON TENEN LLOC TOTS ELS PROCESSOS RELACIONATS AMB EL FUNCIONAMENT DEL RIU A TOTES LES ESCALES ESPACIALS (DE MIL·LÍMETRES FINS A QUILÒMETRES) I TEMPORALS (DE SEGONS FINS A MILERS D'ANYS). L'ESPAI FLUVIAL INCLOU LA VALL FLUVIAL PER ON EL RIU CORRE, LES TERASSES FLUVIALS QUE REFLECTEIXEN L'ACTIVITAT GEOMORFOLÒGICA DEL RIU, ELS BOSCOS DE RIBERA ADJACENTS I DEPENDENTS DEL RIU, FINS A L'AQUÍFER CONNECTAT AL RIU.

Aquest *Manual* se centra en la zona més propera al riu, davant la impossibilitat d'abastar en aquesta obra un marc de coneixement més ampli, com seria la conca hidrogràfica. Es dóna molta importància a la vegetació de ribera, ja que és un element clau en el funcionament dels rius com a ecosistemes. Entre d'altres, la vegetació de ribera contribueix a l'entrada de matèria orgànica, reté molts dels nutrients que entren per fonts difuses i controla la temperatura de l'aigua interceptant la llum incident al riu. (fig. 1.1).



Fig. 1.1. Imatge del Llobregat en el seu curs mitjà. Foto: eggeassociats.

1.2

DELIMITACIÓ I ZONACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL

La delimitació de l'espai fluvial es fa aplicant diversos criteris ecològics, hidràulics i/o administratius. S'hi poden reconèixer zones que es refereixen a parts de l'espai fluvial i que reben noms diferents depenent de si ens atenem a la funcionalitat ecosistèmica i l'estructura física i biològica del sistema de ribera, o bé a la normativa de protecció civil o a la normativa hidràulica vigent (fig. 1.2). Resumint, podríem dir que hi ha tres zonacions: l'ambiental, l'administrativa i la urbanística.

Zonació ambiental:

- **Llera:** espai susceptible de ser ocupat per les aigües en el règim habitual de cabals i en crescudes ordinàries, amb períodes de retorn de baixa freqüència d'entre un i set anys segons el tipus de riu. Inclou el llit fluvial (o llera d'aigües baixes) i part de la riba.
- **Riba:** franja lateral dels cursos fluvials situada entre la superfície mullada habitual, amb els cabals que hi passen uns tres-cents dies a l'any, i les planes o terrasses laterals on hi ha les riberes. És d'amplada variable depenent de la temporalitat i l'estacionalitat en el règim de cabals del sistema fluvial. La vegetació que conté és hidròfila (de requeriments hídrics elevats), normalment de naturalesa arbustiva i amb una gran importància per a l'estabilització dels talussos laterals del riu. Les espècies vegetals que hi viuen són sensibles a situacions d'estrès per manca de cabals de manteniment.
- **Ribera:** franja lateral als cursos fluvials, més enllà de la llera, que potencialment pot sustentar una vegetació higròfita de port arbori que depèn del nivell freàtic generat pel curs fluvial. Té una relació directa amb la qualitat de l'aigua en els casos de cursos continus, atès que aquesta vegetació té una gran capacitat de retenir sediments, nutrients, matèria orgànica, plaguicides i altres contaminants que de manera difusa anirien a parar a les aigües, en especial en zones d'intensa activitat agrícola o ramadera.

La zonació ambiental es pot apreciar molt bé en les diferents formacions vegetals que s'observen des del centre del riu cap a les vores. D'aquesta manera, les espècies vegetals es disposen en bandes paral·leles a la llera en funció de la proximitat i accés (de les arrels) a l'aigua, l'exposició a les pertorbacions hidràuliques (crescudes del cabal i capacitat de suportar increments de velocitat de l'aigua i força de tracció d'aquesta) i la geomorfologia i potencialitat del terreny a ser colonitzat per la vegetació (fig. 1.2).

A banda d'aquestes, es consideren d'especial importància les **zones de connexió** entre els cursos d'aigua i possibles zones humides properes o altres espais d'interès natural, aspecte que és molt més rellevant en rius cabalosos (grans planes al·luvials).

Zonació administrativa:

Des d'un punt de vista administratiu, les unitats en què es divideixen els espais fluvials es defineixen de la manera següent, segons el Reglament del domini públic hidràulic (RDPH) (fig. 1.2).

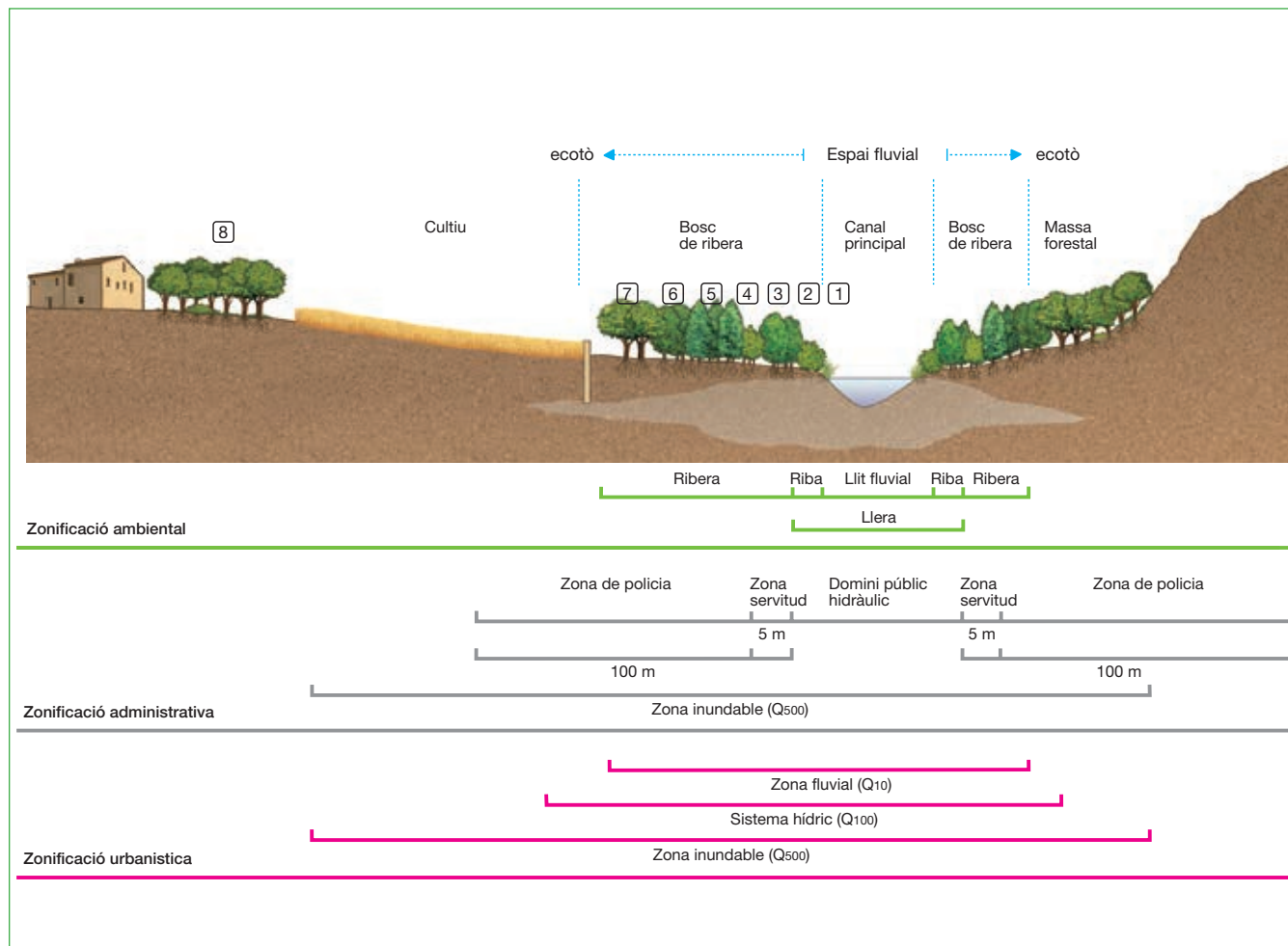


Fig. 1.2. Esquema dels elements que formen l'espai fluvial (blau cel) per al tram mitjà d'un riu típic i de les divisions (zones) que se'n fan amb criteri ambiental (verd) i administratiu (gris) i urbanístic (rosa). Els números indiquen el tipus de vegetació present a l'espai fluvial: 1, helòfits; 2, salzes arbustius; 3, verns; 4, avellaners; 5, pollancre; 6, freixes; 7, oms, tipus que es disposen en bandes paral·leles a la llera en funció de la proximitat i l'accés de les arrels a l'aigua. Il·lustració: Aleix Pons, a partir d'un disseny original dels autors.

- **Domini públic hidràulic (DPH):** terreny que queda cobert per les aigües en les màximes crescudes ordinàries (MCO). La identificació d'aquest terreny constitueix la base de partida tècnica per a la delimitació administrativa del domini públic hidràulic.
- **Zona de servitud (ZS):** terrenys de cada marge, d'ús públic, de 5 m d'amplada des de la llera.
- **Zona de policia (ZP):** terrenys de cada marge, de 100 m d'amplada des de la llera. L'ús d'aquesta zona està condicionat a autorització específica de l'administració hidràulica.
- **Zona inundable (ZI):** zona que ocupen les inundacions de caràcter molt esporàdic catastròfic. Està determinada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de cinc-cents anys (Q_{500}) de període de retorn.

Zonificació urbanística:

Recentment, el Reglament de la Llei d'urbanisme (Decret 305/2006) ha incorporat els criteris de delimitació de l'espai fluvial atenint-se a criteris d'inundabilitat (article 6 del capítol 2), segons els treballs de planificació de l'espai fluvial (PEF) elaborats per l'ACA. En aquests criteris, es defineix la delimitació de les zones següents:

- **Zona fluvial (ZF):** és la zona de l'espai fluvial necessària per preservar el riu, entès en la seva concepció ambiental. És constituïda per la llera (amb presència continuada d'aigua o no) i per les ribes i riberes més pròximes i directament implicades en l'ecologia fluvial. La ZF està definida per una franja delimitada a partir de la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn de deu anys; amb aquesta definició es vol superar l'ambigüitat de la definició legal del domini públic hidràulic per la via d'englobar tant la llera "legal" com la seva zona d'influència immediata.
- **Sistema hídric (SH):** és la zona de l'espai fluvial necessària per preservar el règim de corrents en cas d'avinguda. És una zona imprescindible per al riu en tant que vehiculadora del flux d'aigua en avinguda i, alhora, de relació mediambiental amb la resta d'elements naturals. El SH té com a referència la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn de cent anys. La delimitació del sistema hídric s'ha de complementar amb consideracions de caràcter històric, geomorfològic i biològic.
- **Zona inundable (ZI):** està definida per la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de període de retorn de cinc-cents anys.



El riu Llobregat en el seu curs mitjà, a Balsareny.
Foto: Marc Vilarnau / ICHN.

1.3

L'AIGUA QUE PORTEN ELS RIUS

L'element clau per al funcionament dels rius és l'aigua que circula per la seva llera, tant en quantitat com en qualitat, i la seva distribució en el temps.

De tota l'aigua que cau en el vessant d'una conca, només una part fa cap al riu, i la resta és utilitzada per la vegetació o s'infiltra en el sòl, o bé s'escola per les escletxes de les roques que formen el substrat i origina els aqüífers. El cabal del riu és, doncs, la resultant entre l'escolament superficial, l'escolament subsuperficial i el flux d'aigua subterrània.

De manera general, podem descriure el cicle de l'aigua en un vessant d'una conca comparant dues situacions: una en què la conca està coberta de vegetació, i una altra en què no ho està, sigui per causes naturals (clima extrem), o per la desforestació provocada per l'home (fig. 1.3).

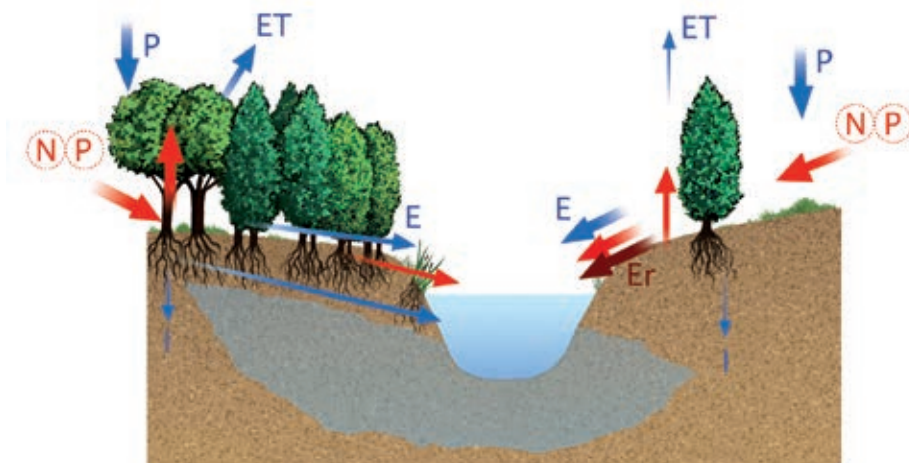


Fig. 1.3. Fluxos d'aigua (blau), transport de sediments (marró) i cicle de nutrients (vermell) en dues riberes, l'una amb un bosc de ribera ben estructurat (esquerra), i l'altra amb escassa vegetació (dreta). Amb color blau es representen els fluxos de l'aigua: P, precipitació; ET, evapotranspiració; E, escolament; I, infiltració; amb vermell, els de nutrients: N, nitrogen; P, fòsfor, i amb marró, el transport de sediments: Er, erosió. En el primer cas, s'observa que bona part de l'aigua que hi arriba és evapotranspirada i infiltrada, de manera que recarrega l'aquífer. L'escolament superficial (E) és molt menor que en el segon cas. A la ribera esquerra, els nutrients que entren són retinuts per part de la vegetació i la fauna, i s'hi donen també processos de reciclatge, de manera que les sortides al riu són menors que les que hi ha a la riba desforestada. Il·lustració: Aleix Pons, a partir d'un disseny original dels autors.

En el primer cas, la pluja cau sobre la vegetació, i per aquesta raó perd bona part del seu poder erosionador i es pot infiltrar en l'abundós sòl del bosc. Poca pluja s'escaparà per escolament superficial, excepte en casos en què la pluja hagi estat tan intensa o persistent que el sòl estigui completament amarat d'aigua. La major part de l'aigua s'infiltra per les arrels, i una bona part és conduïda per les mateixes branques cap al tronc, i d'aquí, cap a les arrels. L'aigua queda al sòl a disposició de la planta, que, quan faci bon temps, l'aprofitarà per transportar, mitjançant el procés de transpiració, les sals nutritives del sòl a les fulles, on aquestes s'utilitzaran. Aquest procés funciona com una bomba de buit que xucla l'aigua i l'evapora. En els boscos ben constituïts, una gran part de l'aigua es transpira i ben poca s'escola superficialment o subsuperficialment, depenent sempre de la pluviometria total (com més alta, més escolament).

En canvi, en una zona nua l'aigua cau sobre el terreny de manera més violenta, ja que no és aturada pel brancatge i, per tant, comença de seguida a escolar-se per la superfície i no s'infiltra tant dins del terreny. Com a conseqüència, hi ha un arrossegament de materials molt important (les aigües d'aquestes conques són molt tèrboles, comparades amb les aigües cristal·lines que surten de les conques amb vegetació), i la major part de l'aigua no es queda retinguda a la conca. Això no afavorirà el creixement de la vegetació, i per tant el procés d'erosió de la zona es pot incrementar.

La relació entre l'aigua caiguda en una conca durant un període determinat i l'aigua que arriba al punt d'evacuació d'aquesta conca és el coeficient d'escolament, i el seu valor ens informa del tipus de conca que tenim. Als llocs plujosos i freds, una part important de l'aigua s'escola pel riu (coeficients d'escolament alts, 0,6). Als llocs secs i càlids, la major part de l'aigua és usada per la vegetació (transpiració) o evaporada (de la suma dels dos termes se'n diu evapotranspiració, que depèn sobretot de la temperatura), amb valors de coeficient d'escolament baixos (0,2).

L'home intenta retenir el màxim volum possible de l'aigua que s'escola, per utilitzar-la en les seves activitats. Això es fa sobretot amb la construcció de pantans, que permeten emmagatzemar l'aigua que, altrament, circularia cap al mar. L'aigua, finalment, pot retornar al mar si s'utilitza en activitats no consumptives (o sigui, que s'utilitza per a usos domèstics com ara neteja, cuina, etc., i després es retorna al riu o s'usa per refrigerar una central tèrmica). Els usos industrials o els domèstics es consideren en general usos no consumptius. En altres casos, l'aigua s'emptra en activitats consumptives (com ara l'agricul-



Capçalera del riu Freser. Foto: Narcís Prat i Maria Rieradevall.

tura), i això significa que desapareix definitivament del flux del riu, ja que s'ha evapotranspirat, fet que pot comportar la minva del cabal del curs fluvial, podent arribar a assecar-lo, com passa en molts rius mediterranis.

Un altre factor important que influeix en el cicle de l'aigua és la permeabilitat dels terrenys. Com més permeable sigui un terreny (com ara el format per roques calcàries), o bé si s'hi presenten canvis estructurals que fan desaparèixer les aigües del curs del riu (falles o avencs, per exemple), més difícil serà la presència continuada d'aigua en els cursos superficials. L'aigua subterrània així originada és molt important com a recurs, i també com a element generador de paisatge i biodiversitat. Aquests rius regulats per aqüífers subterranis poden tenir un cabal mitjà poc variable en el temps, cosa que es reflecteix en el seu hidrograma típic (fig. 1.4).

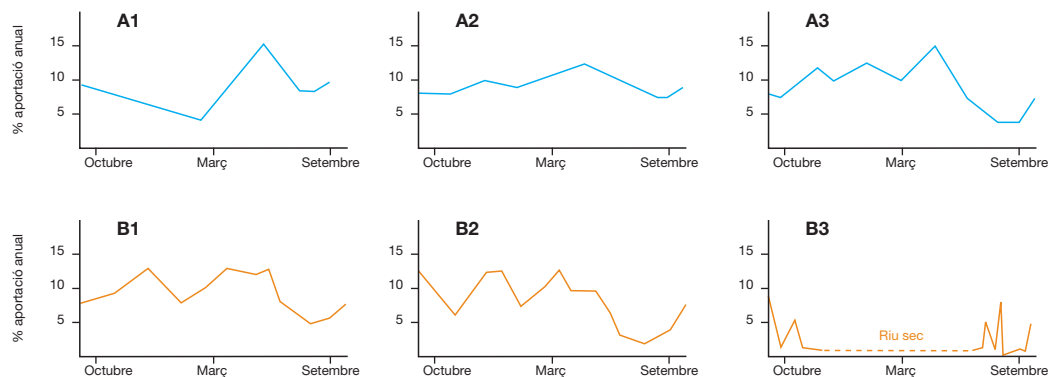


Fig. 1.4. Hidrogrames simplificats dels tipus de règims naturals de cabals que trobem als rius de Catalunya (Font: Elaboració pròpia a partir de PSCM).

Si analitzem els hidrogrames dels rius en règim natural, podem observar cinc subtipus de règims que permeten establir una tipologia, tal com estableix el Pla sectorial de cabals de manteniment (PSCM) (fig. 1.4). Els del tipus A corresponen a rius propis de climes humits o amb força pluviositat a la capçalera, que generalment tenen màxims de cabal a la primavera. Dins d'aquesta categoria, els subtipus responen a rius amb règim nival destacat (A1), rius amb una conca extensa i aportacions més contínues (A2), i rius que poden presentar estiatge (A3). El tipus B està associat a rius de climes més secs, que sovint s'assequen a l'estiu (rius estacionals) o bona part de l'any (rius intermitents). Inclou rius amb règims alimentats per aigües subterrànies, que fan el cabal més estable (B1), els rius mediterranis típics amb marcada estacionalitat i mínims estivals (B2), i les rieres i torrents que duen només aigua de pluja i acostumen a romandre secs, per bé que poden registrar importants crescudes puntuals (B3).

1.4

LES COMUNITATS BIOLÒGIQUES DEL RIU I LA SEVA ORGANITZACIÓ FUNCIONAL

Els rius són ecosistemes de gran biodiversitat. S'hi poden trobar una munió de plantes i d'animals de molts grups taxonòmics, des de formes microscòpiques, passant per invertebrats, fins a peixos o mamífers de grandària considerable. La presència de més o menys espècies en un riu depèn de molts factors. Alguns són característics de l'aigua, com ara la temperatura, la quantitat d'oxigen o els nutrients que hi ha a disposició de les plantes; i d'altres els determinen les característiques morfològiques i hidrodinàmiques del riu, com ara la fondària, la velocitat del corrent o la presència de pedres, sorres o graves. També hi influeix la disponibilitat d'aliment o la presència d'altres espècies (que poden ser depredadores o competidores per l'espai i els recursos).

De manera simplificada, en la fig. 1.5 podem veure quins són els principals organismes que viuen en un riu i quins són els seus principals papers funcionals.

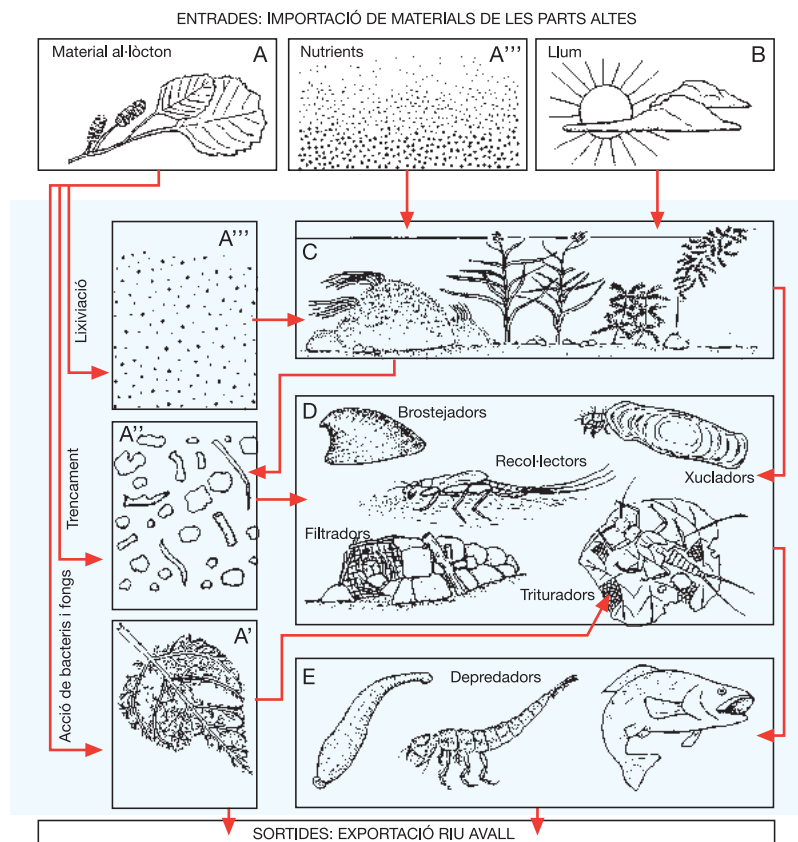


Fig. 1.5. Esquema de la xarxa tròfica fluvial extret de la HNPPCC.

Tota la xarxa tròfica del riu depèn de dues entrades principals d'energia. D'una banda, la llum solar, que és l'origen del creixement dels vegetals (productors primaris) com ara les algues que creixen a les pedres (biofilm o perifiton), les molles o les plantes arrelades (macròfits). El creixement més o menys gran d'aquesta massa vegetal depèn sobretot dels nutrients que hi hagi dissolts a l'aigua, i aquests, als rius, provenen sobretot de l'aigua que ve de més amunt. Gràcies al creixement vegetal, hi ha molts animals als rius; alguns graten les algues de les pedres i plantes (brostejadors), d'altres mengen les plantes directament trencant-les (tritradors) o xuclant-ne els líquids interns (xucladors). Tots aquests animals poden ser menjats per altres animals (depredadors).

D'altra banda, al riu hi ha una entrada molt important d'aliment per als animals, que de vegades és la més abundosa (pensem, per exemple, en un riu de muntanya totalment recobert de verns): les fulles que cauen dels arbres. Les fulles caigudes a l'aigua, en humitejar-se, deixen anar molts materials dissolts (lixiviació) que poden servir de nutrients per a bacteris, fongs i algues (matèria orgànica dissolta, MOD). També són trencades a trossos pel corrent (fragmentació), i aquests petits bocins (coneguts com a matèria orgànica particulada fina, MOPF), quan són arrossegats aigua avall, poden ser recollits per diferents organismes (filtradors) que paren les seves xarxes a les zones de corrent. En caure al riu, les fulles poden dipositar-se en llocs sense corrent o acumular-se quan una branca queda travessada al mig del corrent. En aquesta situació, són colonitzades per fongs i bacteris, i d'aquesta manera queden "condicionades" (se'n diu material particulat groller, MOPG) i resulten molt nutritives per a molts animals que se les mengen trencant-les a bocins (tritradors). Les fulles, per l'acció del corrent o la dels animals, de mica en mica es van fragmentant i, senceres o fetes bocins, queden dipositades en llocs de poc corrent on altres animals les aprofiten recollint aquest material del qual s'alimenten (recol·lectors). Tota aquesta xarxa tròfica originada des de les fulles, és també aliment dels depredadors.

En cada punt del riu, a més de les entrades locals de fulles o altres materials, tenim les entrades de tot el que ve d'aigua amunt, i les sortides del que se'n va aigua avall. L'arrossegament aigua avall és una característica clau dels rius que explica les adaptacions de molts organismes per agafar-se al substrat (ungles, ventoses, urpes, espines, estotjos de pedres, etc.), per nedar contracorrent (peixos), o per amagar-se als forats o enterrar-se al mig de la grava quan el riu creix i arrossega en una avinguda tots aquests materials cap avall. Passada la crescuda, torna a començar l'organització de la xarxa tròfica al riu, i al cap de pocs dies tota la complexitat que hem descrit la retrobem de nou. Els rius estan adaptats a crescudes i sequeres, i les algues, els invertebrats (insectes aquàtics, mol·luscs, cucs, etc.) i els peixos tenen els mecanismes necessaris per poder mantenir aquesta organització que hem descrit al llarg del temps.

Evidentment, els humans podem pertorbar de manera molt important tota aquesta xarxa, tal com es descriu més avall.

1.5

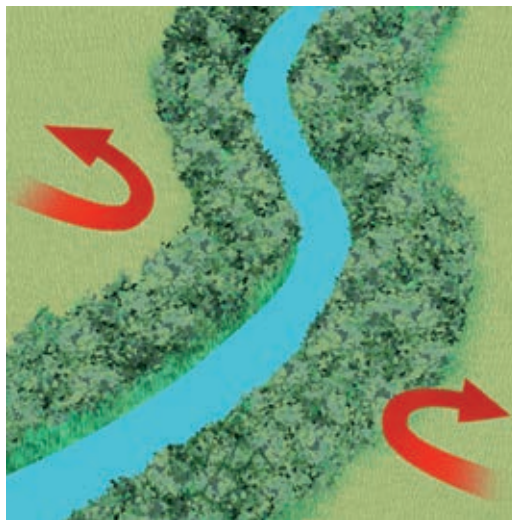
LES RIBERES: UNA COMUNITAT CLAU PER AL FUNCIONAMENT DEL RIU

La ribera constitueix una zona d'interfície entre l'ambient terrestre i el fluvial, i té importants funcions ecosistèmiques (fig. 1.6). En primer lloc, en la mesura que es tracta d'un hàbitat diferent, actua com a refugi i permet el desenvolupament d'espècies animals i vegetals. En aquest sentit, les riberes exerceixen la funció de corredor biològic, de manera que donen continuïtat espacial al paisatge.



Riu Aigua de Valls a Sisquer, al Solsonès. Foto: Jordi Badia / ICHN.

FUNCIÓ BARRERA



FUNCIÓ FONT

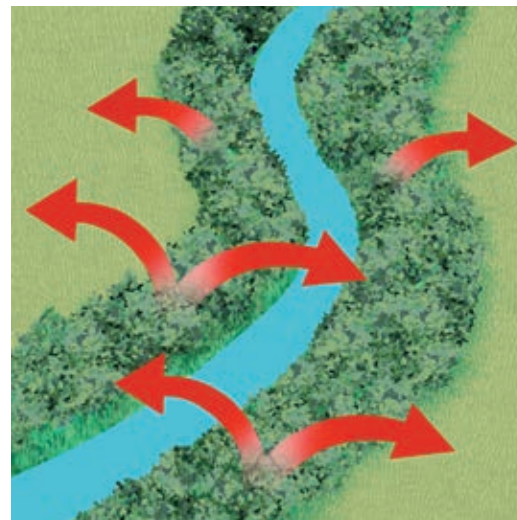
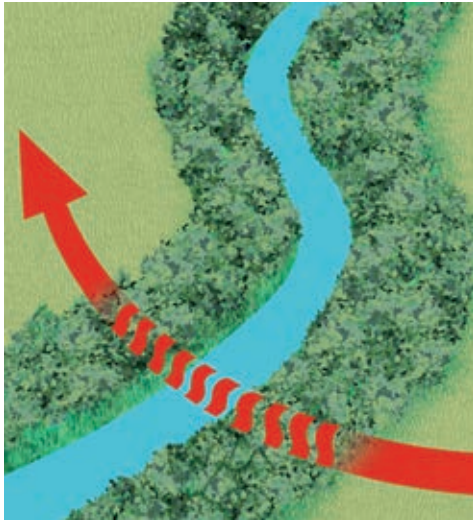


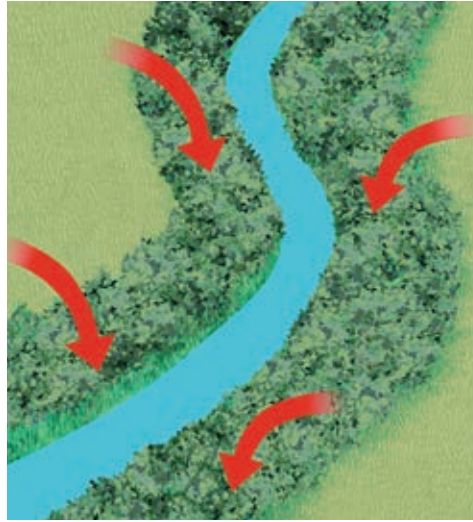
Fig. 1.6. Esquema de les funcions ecosistèmiques bàsiques de les riberes.
Il·lustració: Aleix Pons, elaborat a partir de fonts diverses.

En funció del balanç d'entrades i sortides, la ribera pot actuar com a font o embornal de materials. Actua com a barrera frenant l'arribada de nutrients o permetent-ne el pas selectiu en la mesura que actua com a filtre longitudinal. Aquest cas és especialment important per delimitar l'entrada de matèria al·lòctona al riu i per disminuir la càrrega de contaminants que puguin arribar de la conca, de tal manera que minimitza l'entrada d'aquests al freàtic. Alhora, les plantes del bosc de ribera controlen el grau d'insolació del riu i, per tant, influeixen en la temperatura i la humitat fins al punt de crear un microclima profitós per a nombroses espècies d'animals i plantes. Tenen també un important paper estabilitzador dels marges, gràcies a la penetració de les arrels al sòl, que minimitza l'erosió. Alhora, regulen l'escolament i afavoreixen la infiltració i la recàrrega dels aqüífers al·luvials. A més, per l'elevada taxa de creixement dels arbres de ribera, aquests poden actuar com a embornals de carboni. Les funcions de la ribera es resumeixen en el quadre de la pàgina següent.

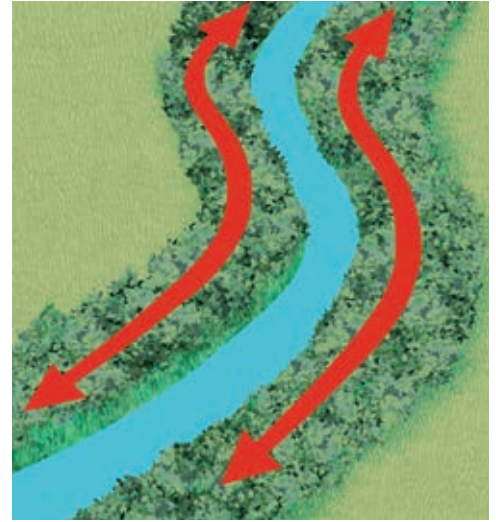
FUNCIO FILTRE



FUNCIO EMBORNAL



FUNCIO CORREDOR

**Funcions físiques i hidrològiques**

Microclima

Influència en el cabal (evapotranspiració)

Estabilitat de marges

Retenció de sediments (disminució de velocitat)

Retard de crescudes

Alteració del canal hidràulic (mosaic)

Millora de la recàrrega dels aqüífers

Funcions ecològiques

Creació d'hàbitats i zones refugi (per a peixos, invertebrats, etc.)

Font d'aliment (materials particulats i dissolts)

Filtre o retenció de nutrients i contaminants difusos

Funcions paisatgístiques

Donen continuïtat espacial. Corredors biològics

Proporcionen connectivitat de materials i organismes entre ecosistemes veïns

Mantenen diversitat elevada (increment l'heterogeneïtat)

Qualitat visual

1.6

VARIACIÓ DEL RIU AL LLARG DEL SEU CURS

Els processos definits anteriorment tenen unes característiques diferents segons el tram de riu on ens trobem (fig. 1.7). Els rius de capçalera amb fort pendent i aigües ràpides actuen principalment com a processadors i transportadors de materials del medi terrestre, i són els responsables de la retenció eficient i de l'oxidació de matèria orgànica. Les seves comunitats estan formades per animals que trituren les fulles (tritadors) o que recullen partícules que l'aigua porta (recol·lectors). Al tram mitjà, hi trobem un pendent menys pronunciat, de manera que l'aigua hi circula a menys velocitat i, consegüentment, té menys capacitat d'erosió i transport de materials. El riu és més ample, i per tant la llum arriba més fàcilment a l'aigua, i això fa que, juntament amb els nutrients que el riu arrossega, sobre les pedres hi puguin créixer abundoses algues. Per això en aquest tram dominen els animals brostejadors i els recol·lectors. Quan arribem a la part final del riu, la velocitat de l'aigua experimenta una reducció considerable, en gran part a causa del poc desnivell que té el terreny. La gran quantitat de nutrients (procedents, sobretot, del tram mitjà) fa que aquestes zones constitueixin un medi favorable per al creixement d'algues en suspensió o fixades a les roques, i també de macròfits arrelats. L'existència d'aquesta vegetació possibilita la proliferació de comunitats de filtradors i brostejadors, i també la comunitat de peixos hi és més abundant i variada.

Aquesta manera de veure el riu segons la qual a cada tram hi correspon una determinada comunitat, és útil per establir un marc conceptual que permeti entendre els canvis que tenen lloc durant el recorregut aigua avall, i és molt important per interpretar les dades en el moment de la gestió de l'espai fluvial.

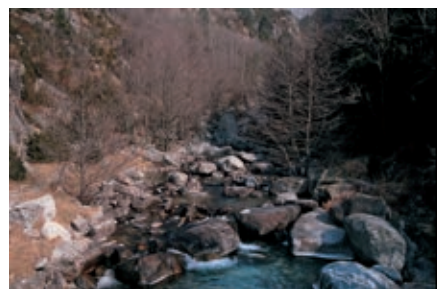
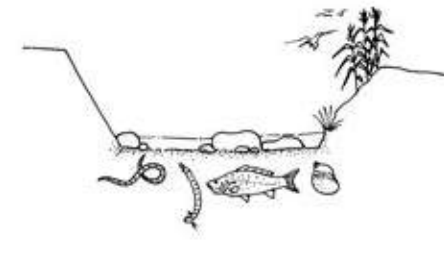
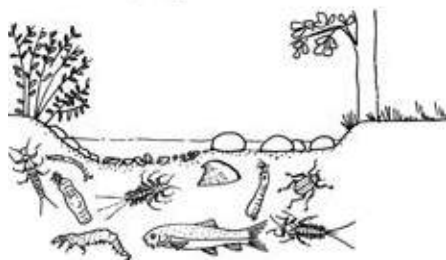
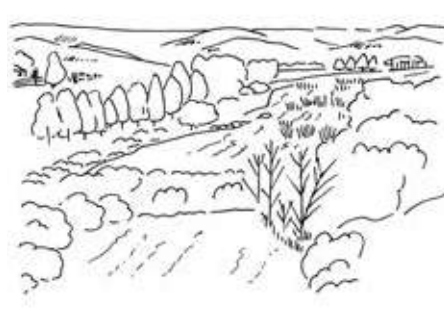


Fig. 1.7. Variació de les comunitats d'un riu al llarg del seus trams, en el que suposa un gradient des de la capçalera fins a la desembocadura. A la dreta, curs alterat. *Il·lustració: disseny original dels autors. Dibuix de la part superior: Aleix Pons. Esquemes de paisatge i perfils del riu i organismes: Maria Rieradevall. Fotografies: Narcís Prat, Maria Rieradevall i Grup de Recerca FEM.*



1.7

ELS RIUS MEDITERRANIS

Les comunitats d'organismes associats als sistemes fluvials estan sotmeses en molts casos a les característiques derivades del clima. A la zona mediterrània, aquest es caracteritza per tenir períodes equinoccials amb pluges abundants, sovint concentrades en episodis torrencials, i amb estius secs amb poc o gens de cabal circulant. En aquestes condicions, els cursos fluvials poden quedar reduïts a basses, més o menys connectades, i on augmenta la conductivitat i la temperatura durant l'època estival. Igualment, al llarg de l'any el desenvolupament de la comunitat fluvial s'acostuma a veure alterat per l'efecte de pluges torrencials. Tot això fa que hi trobem comunitats d'organismes amb adaptacions especials (a l'assecamment, al corrent, etc.) i que aprofitin les condicions favorables amb cicles de creixement més ràpid (fig. 1.8).

Aquesta marcada variabilitat climàtica intranual és un dels factors més rellevants que cal considerar a efectes de la gestió dels sistemes fluvials mediterranis. Per exemple, la reducció del cabal circulant en un riu d'una conca amb extraccions d'aigua per al consum pot alterar la comunitat del riu si no es respecta l'anomenat cabal de manteniment. Això comprometrà els organismes dels diferents trams del riu i al capdavant pot afavorir, a la desembocadura, la penetració terra endins d'una falca salina. Alhora, amb la davallada del cabal es produiran canvis fisicoquímics en l'aigua que tindran una incidència especial tant en la vida de les comunitats d'organismes del riu com en els usos humans d'aquesta aigua.



Basses connectades



Comunitats de basses i de ràpids

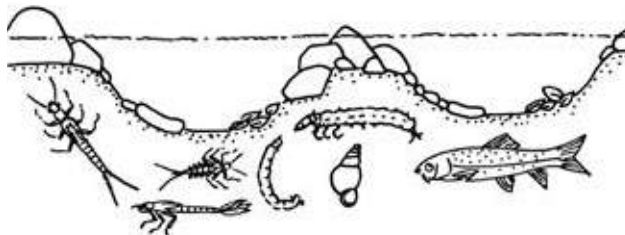


Fig. 1.8. Canvis hidromorfològics i de les comunitats d'organismes als rius temporals. Il·lustració: disseny original dels autors. Dibuix de la part superior: Aleix Pons. Perfils del riu i organismes: Maria Rieradevall. Fotografies: Maria Rieradevall.



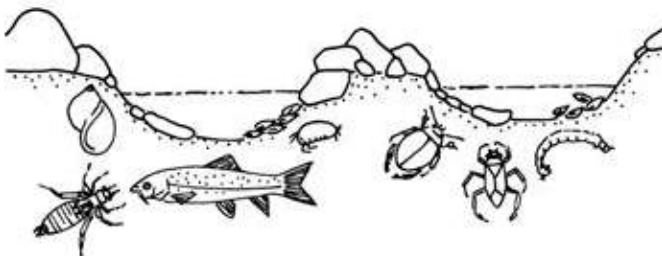
Basses desconnectades



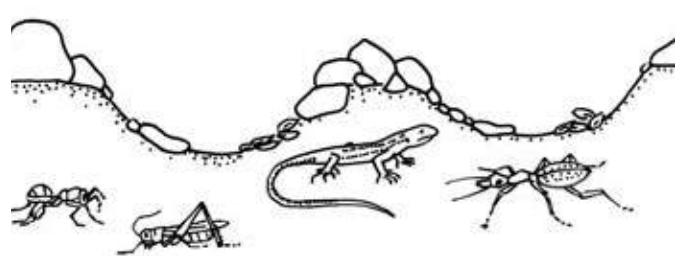
Riu sec



Comunitats de basses



Formes de resistència i organismes terrestres



1.8

L'ACTIVITAT HUMANA I L'ESPai FLUVIAL

La major part dels rius han estat molt influïts per les activitats humanes, que sovint els han transformat de manera dràstica. Algunes de les principals alteracions que pateixen els sistemes fluvials per efecte de l'activitat humana (fig. 1.7 i 1.9) es resumeixen en la taula 1.1.

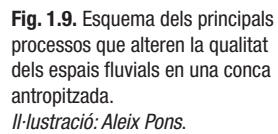
Una de les principals alteracions és la modificació del règim hidrològic dels cursos fluvials, tant a través de la reducció del seu cabal per efecte del consum, com de la construcció de pantans i la canalització en un intent de dominar-ne les crescudes. La composició química de l'aigua, l'estructura i composició de la llera i les riberes, i les comunitats d'organismes que constitueixen els diversos nivells de la xarxa tròfica fluvial, es veuen alterats amb diferent intensitat segons l'ús que es fa dels recursos. Per exemple, l'aprofitament agrícola dels terrenys adjacents, de les fèrtils planes al·luvials, comporta un deteriorament dels ambients naturals de ribera que, a més, facilita l'entrada d'espècies al·lòctones com ara la canya (*Arundo donax*). El tipus concret de vegetació és per si mateix un indicador de l'estat de l'ecosistema i és, a més, un suport adequat de determinades espècies de fauna associada a aquests medis i que també ens poden donar informació valuosa sobre el grau d'alteració de la funcionalitat ambiental.



Depuradora de Guardiola de Berguedà. Foto: Narcís Prat i Maria Rieradevall.

TIPUS DE PRESSIÓ	NIVELL	PRESSIONS	EFECTE SOBRE EL SISTEMA		
ALTERACIONS MORFOLÒGIQUES	T	Preses i rescloses	Alteració de la geomorfologia fluvial, canvis en les espècies autòctones, facilitació de l'establiment d'espècies al·lòctones i minva de la connectivitat		
	T	Endegament de lleres	Impermeabilització de la llera, canvis en el règim de cabals, deteriorament de la comunitat i del processament de nutrients		
ALTERACIÓ DEL RÈGIM DE CABALS	C/T	Captacions d'aigua per a usos diversos (urbà, agrícola, industrial, lúdic, etc.)	Reducció del cabal, canvis en les espècies autòctones i facilitació de l'establiment d'espècies al·lòctones		
	T	Derivació cap a minicentrals hidroelèctriques			
	T	Regulació hidrològica per a embassaments	Modificació del cabal circulant i reducció i/o desfasament de les crescudes		
FONTS DE CONTAMINACIÓ	Puntuals	T	Abocaments biodegradables amb sistema de sanejament	Alteració de la qualitat de l'aigua que pot afectar en més o menys alt grau les comunitats aquàtiques, afavorir l'eutrofització i facilitar l'establiment d'espècies al·lòctones	
		T	Abocaments biodegradables industrials		
		T	Abocaments biodegradables no sanejats		
		T	Abocaments de descàrregues de sistemes unitaris (DSUs)		
		T	Abocaments industrials no biodegradables	Alteració de la qualitat de l'aigua i deteriorament de la comunitat fluvial	
		T	Contaminació tèrmica	Deteriorament de la comunitat fluvial, proliferació de paràsits i afavoriment de l'eutrofització	
	Difuses	T/C	Abocadors de residus sòlids urbans	Alteració de la qualitat de l'aigua i deteriorament de la comunitat fluvial	
		T/C	Abocadors de residus sòlids mixtos (industrials i urbans)		
		C	Usos del sòl agrícoles		
		C	Usos del sòl urbans		
		T/C	Sòls contaminats o potencialment contaminats		
		T/C	Vies de comunicació	Alteració de la geomorfologia fluvial	
		T/C	Abocaments de fangs de les EDARs	Alteració de la qualitat de l'aigua i deteriorament de la comunitat fluvial	
		T/C	Zones mineres	Alteració de la geomorfologia fluvial	
		T/C	Runams salins	Alteració de la qualitat de l'aigua per contaminació salina i deteriorament de la comunitat fluvial	
		T/C	Dejeccions ramaderes	Deteriorament de la comunitat fluvial i afavoriment de l'eutrofització	
		T/C	Excedents de nitrogen de l'agricultura i ramaderia		
		ESPÈCIES INVASORES	T/C	Espècies invasores	Alteració de la composició i/o la funció de les comunitats fluvials i modificacions en la biodiversitat.
		CANVIS EN LES PRESSIONS ANALITZADES			
DETERIORAMENTS TEMPORALS	T/C	Sequeres	Alteració de la composició i/o la funció de les comunitats fluvials.		
		Riuades			
		Incendis forestals			
TENDÈNCIES TEMPORALS	C	Canvi climàtic			
		Usos del sòl			

Taula 1.1. Taula de síntesi de les pressions i impactes a les masses d'aigua fluvials i breu descripció dels seus efectes sobre el sistema fluvial, on T vol dir tram; C, conca; i C/T o T/C indica que afecta dos nivells, però amb més pes en el primer. (Font: Elaboració pròpia a partir de fonts diverses).



IMPACTES DE L'ACTIVITAT HUMANA

Els impactes humans sobre els rius han degradat tant la seva estructura física (canalització, desaparició de riberes, etc.) com el seu funcionament (increment de nutrients, desaparició d'espècies, etc.). La situació és general a tot el món, i sobretot a Europa, i per això cal cercar mesures de gestió que ens permetin la conservació i la regeneració dels espais fluvials. El que ens convé és que l'espai fluvial tingui un bon estat ecològic perquè, d'aquesta manera, a més de conservar el patrimoni natural, també tindrem aigües de bona qualitat per als usos humans.

Estacions d'esquí

Tala rasa: Erosió. Sòlids

Petits nuclis urbans: Assequen el riu.
Contaminació

Indústries: Prenen aigua al riu
Augmenten la contaminació

Ciutats: Residus sòlids urbans
Pol·lució als rius
Eutrofització

Grans ciutats: L'aigua ve de més lluny

Emissaris submarins

El riu Valira a Andorra.
Foto: Narcís Prat.



1.9

MARC LEGAL PER A LA GESTIÓ DELS ESPAIS FLUVIALS

La DMA neix com una llei fonamental per assegurar la conservació de l'estructura i funcionament dels ecosistemes aquàtics, ja que fins ara les lleis es dirigien sobretot a la protecció de l'aigua com a recurs per l'home. L'objectiu principal d'aquesta normativa és establir un marc de protecció per a les aigües que previngui qualsevol deteriorament addicional, i alhora protegir i millorar l'estat dels sistemes aquàtics continentals (estat ecològic i químic), essent el 2015 l'any en què s'ha d'assolir el bon estat de les aigües. La DMA ha canviat el concepte de gestió dels ecosistemes aquàtics i dels espais fluvials: ara, l'objecte central de la gestió és la conservació i rehabilitació de l'estat ecològic, i no només la qualitat de l'aigua. D'un concepte purament hidràulic i ambiental, hem passat a una definició ecosistèmica de la gestió.

L'estat ecològic és un concepte unificador de tots els aspectes relatius a l'expressió de l'estructura i del funcionament dels ecosistemes aquàtics (anàlisi integrada), que es mesura segons els elements fixats en l'annex V de la DMA, i que és aplicable a les masses d'aigua superficials (tret de les molt modificades i artificials). El present *Manual* només farà referència a la determinació de l'estat de les aigües superficials, per bé que la DMA també inclou la valoració de la qualitat de les aigües subterrànies.

La DMA pretén conservar o recuperar els rius en el seu estat natural o gairebé natural. En determinats rius, però, això serà impossible. Pensem, per exemple, en els rius canalitzats en zones urbanes, d'on s'hauria de desplaçar la població per recuperar l'espai fluvial. Per això, s'introdueix el concepte de massa d'aigua molt modificada, que és aquella que, a causa dels costos socials i econòmics, és impossible retornar al seu estat natural. Per a les masses d'aigua molt modificades, s'introdueix el concepte de potencial ecològic per identificar l'objectiu a assolir.

L'estat ecològic d'una massa d'aigua pot tenir cinc nivells de qualitat, i el potencial ecològic, quatre (taula 1.2).

Estat ecològic		Potencial ecològic	
Color representatiu	Nivell de qualitat	Color representatiu	Nivell de qualitat
 Blau	Molt bo	-	-
 Verd	Bo	 Verd	Bo
 Groc	Moderat	 Groc	Moderat
 Taronja	Deficient	 Taronja	Deficient
 Vermell	Dolent	 Vermell	Dolent

Taula 1.2. Nivells de qualitat de l'estat ecològic i del potencial ecològic de les aigües superficials fixats per la DMA.

En la DMA, la gestió dels rius té tres fases: la diagnosi, la rehabilitació i el seguiment, que es descriuen de manera resumida tot seguit.

A. La diagnosi

Amb l'objectiu d'aconseguir una visió global de l'estat ecològic i químic de la conca, en l'annex V de la DMA s'especifiquen les característiques de les xarxes de control de les aigües superficials segons els requeriments que s'estableixen en l'article 8.

- Control de vigilància (*surveillance monitoring*): permet complementar i validar el procediment de valoració d'impacte, dissenyar futurs programes de control, i valorar els canvis a llarg termini de les condicions naturals, i també els canvis a llarg termini fruit de l'activitat humana. Cal fer-lo al llarg d'un any i en cada període d'elaboració del Pla de gestió del corresponent districte hidrològic.
- Control operatiu (*operational monitoring*): té l'objectiu de determinar l'estat i l'evolució de les masses d'aigua amb risc de no complir els objectius ambientals que preveu la DMA i valorar qualsevol canvi en el seu estat fruit de l'aplicació d'un programa de mesures.
- Control d'investigació (*investigative monitoring*): s'implementarà en localitats específiques on se superin els límits establerts pels objectius ambientals fixats i se'n desconeguin les causes, per determinar la magnitud i els impactes en casos de contaminació accidental, en cas que el control de vigilància mostri indicis de no-compliment dels objectius ambientals, o bé en cas que no s'hagi establert encara el control operatiu per manca d'informació.

En aquest *Manual*, descriurem de manera general la diagnosi que serveix per al control de vigilància.

B. La rehabilitació: programa de mesures

El Pla de gestió del districte hidrològic, derivat de l'aplicació de la Directiva marc, ha de portar com a element indispensable un programa de mesures destinat a mantenir o restaurar el bon estat (ecològic i químic) de totes les masses d'aigua. S'aplica als llocs en què, mitjançant el control de vigilància, s'ha detectat que el 2015 no podran complir els objectius d'assolir el bon estat ecològic.

És un programa que es pot modificar en funció de com evolucioni l'estat del medi com a resultat de l'aplicació de les mesures.

C. El Programa de seguiment i control

El Programa de seguiment i control (PSiC) dels sistemes hídrics serà el document guia per dur a terme el seguiment de l'estat ecològic dels espais fluvials. A partir dels resultats d'aquest programa, es valorarà l'efectivitat del programa de mesures aplicat per aconseguir els objectius mediambientals. El PSiC s'ha d'anar avaluant cada sis anys per anar-lo millorant.

2. DIAGNOSI AMBIENTAL



Foto: Grup FEM

2

DIAGNOSI AMBIENTAL

QUAN S'UTILITZA L'AIGUA, AQUESTA PATEIX UN SEQUIT DE TRANSFORMACIONS TANT EN LA SEVA COMPOSICIÓ QUÍMICA COM EN LES SEVES PROPIETATS FINS QUE TORNA AL MEDI FLUVIAL. D'ENÇÀ QUE L'HOME VA COMENÇAR A FER-NE UN ÚS INTENSIU, L'AIGUA ÉS RETORNADA AL MEDI RECEPTOR AMB UN CONTINGUT D'ENERGIA I DE MATERIALS MOLT DIFERENT DE L'INICIAL. AQUEST CANVI PROVOCA MODIFICACIONS MOLT IMPORTANTS EN EL MEDI RECEPTOR, ALLÒ QUE CONEIXEM COM A CONTAMINACIÓ. LES ALTERACIONS PRODUÏDES PER LA CONTAMINACIÓ PODEN SER MOLT GRANS O BÉ IMPERCEPTIBLES, I PODEN TENIR LLOC DE MANERA EPISÒDICA, O BÉ CONTINUADA. LA PERCEPCIÓ DE LA CONTAMINACIÓ I LA DETERMINACIÓ DEL SEU NIVELL POT VARIAR EN FUNCIÓ DE L'OBJECTIU DE LA DIAGNOSI; PER EXEMPLE, NO SERÀ LA MATEIXA SI VOLEM L'AIGUA PER ABASTAR UNA POBLACIÓ, PER REGAR O PER CARACTERITZAR L'ESTAT ECOLÒGIC DEL MEDI.

La visió que el present *Manual* proposa és la del medi receptor, la diagnosi que cal fer per avaluar l'estat ecològic dins l'espai fluvial que hem descrit en la introducció. Una bona diagnosi de l'estat del sistema constitueix una eina bàsica per saber com assolir els nostres objectius de gestió. La diagnosi ambiental ha de permetre identificar els principals problemes i alteracions que hauran de ser abordats per tal d'assolir el bon estat ecològic i químic. Amb aquesta finalitat, posteriorment es definiran i s'aplicaran les mesures correctores adients i es dissenyarà un programa de seguiment de les condicions ambientals en el riu.

¿Quins seran els indicadors més representatius per definir la bona qualitat del sistema fluvial? La diagnosi de l'estat ecològic en el sentit de la DMA es fa utilitzant principalment els indicadors biològics del sistema i la hidromorfologia. Les característiques fisicoquímiques de l'aigua ens n'indiquen l'estat químic. Del pitjor dels estats (ecològic o químic), en surt l'estat del medi. Així, la diagnosi seguint la DMA es fa tal com es mostra en la fig. 2.1.

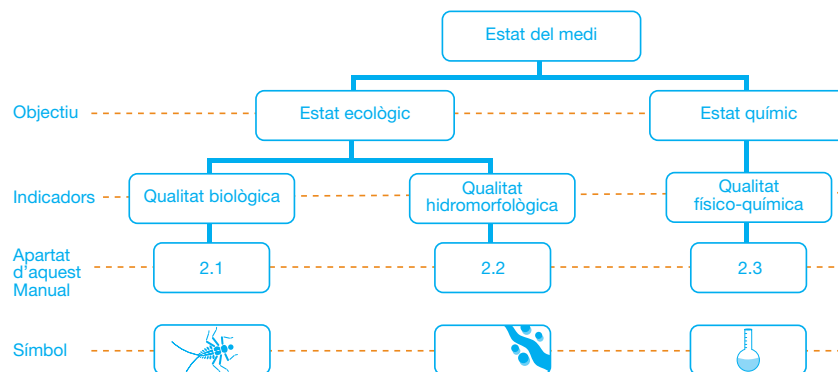


Fig. 2.1. Esquema de la Diagnosi Ambiental de l'estat de les aigües superficials.

Per a cadascun dels indicadors, s'han definit en el present *Manual* un seguit d'elements d'anàlisi. Com a mesura d'avaluació de la qualitat, per a cada element d'anàlisi s'han definit un conjunt de mètriques, que poden ser en forma d'índexs, els valors observats dels quals, en ser comparats amb uns valors de referència, permeten fer la diagnosi de l'estat dels sistemes fluvials (taula 2.1).

	Exemple	Part del <i>Manual</i>
Indicador	Biològic	2.1
Element d'anàlisi	Peixos	2.1.5
Mètrica	Nombre d'espècies	fitxes

Taula 2.1. Exemples d'indicador, d'element d'anàlisi i de mètrica.

Les mètriques poden ser de diferent naturalesa o usar diferents metodologies d'avaluació de la qualitat de l'aigua.

- Mètodes unimètrics: índexs desenvolupats basant-se en la resposta dels organismes a la contaminació. Poden ser qualitatius o quantitius. De vegades consideren el nombre de tàxons i l'abundància proporcional d'espècies.
- Mètodes multimètrics: són una combinació de diverses mètriques calculades individualment. L'objectiu de valorar-les conjuntament és dotar l'índex de més robustesa i obtenir un índex que valori més globalment l'ecosistema. Aquests poden ser qualitatius o quantitius segons la naturalesa de les mètriques de les quals deriven.
- Mètodes multivariants: models predictius de la comunitat a partir de l'anàlisi de dades diverses. Per exemple, poden predir la comunitat de macroinvertebrats basant-se en l'anàlisi de les dades fisicoquímiques.

El present volum del *Manual* recull els indicadors a valorar per a la diagnosi de l'estat ecològic i químic dels sistemes fluvials, els elements d'anàlisi a usar i les mètriques que s'empren més habitualment. L'objectiu final ha de ser establir el nivell de l'estat del nostre espai fluvial en un dels cinc graus de qualitat d'acord amb els nivells establerts per la DMA (taula 2.2).

Color representatiu	Nivell	Descripció
 Blau	Molt bon estat	No hi ha alteracions, o bé són d'escassa importància, dels indicadors fisicoquímics, hidromorfològics i biològics. Les comunitats són les que corresponen al tipus de referència.
 Verd	Bon estat	Valors baixos de distorsió; els indicadors biològics es desvien lleugerament associats a les condicions inalterades.
 Groc	Moderat	Els indicadors biològics es desvien moderadament dels valors normals de les masses d'aigua tipus. Es troben significativament perturbats respecte a les condicions del bon estat.
 Taronja	Deficient	Alteracions importants. Comunitats desviades considerablement respecte a les de referència.
 Vermell	Dolent	Alteracions greus dels indicadors biològics. Hi manquen àmplies proporcions de les comunitats originals.

Taula 2.2. Nivells d'estat del medi que estableix la DMA.

2.1

INDICADORS DE QUALITAT BIOLÒGICA

L'interès que tenen els indicadors biològics (o bioindicadors) per avaluar la qualitat de l'aigua es basa en la seva capacitat de detectar alteracions en la funcionalitat o en la composició de les comunitats d'organismes vius que habiten als sistemes fluvials (fig. 2.1.1). L'objectiu dels diversos mètodes existents consisteix generalment a observar canvis en algun aspecte susceptible de variació a causa de la modificació de la qualitat o quantitat de l'aigua; per exemple, presència o absència d'espècies, grups funcionals d'organismes, augments en la mortalitat dels organismes, reducció de la diversitat, aparició d'asimetries o malformacions. En aquest sentit, hi tenen un paper important la sensibilitat i la representativitat dels organismes indicadors, i hi ha un seguit d'espècies que per les seves característiques són preferentment utilitzades. Les espècies més exigents presentaran una resposta a la pertorbació més fàcilment identificable. Inicialment s'utilitzava l'estudi d'espècies clau, i a mesura que s'ha avançat en el coneixement de la complexitat dels ecosistemes fluvials, s'ha passat a estudiar-ne les comunitats. Mentre les espècies clau es consideren essencials per al correcte funcionament de l'ecosistema, les espècies indicadores tenen un paper en el control que fa l'home de la qualitat de les condicions del medi ambient. Una de les causes principals dels canvis en la composició de les comunitats és la presència d'espècies invasores, que per camins diversos aconseguixen fer-se un lloc als ecosistemes desplaçant les espècies autòctones, i actuen com a espècies clau en els ecosistemes ([vegeu l'apartat 2.4](#)). Aquesta alteració es detecta a través de canvis, tant de composició com d'abundància, de les espècies indicadores.

Un dels fets que expliquen el creixent interès d'aquests indicadors és que tenen la capacitat d'integrar els canvis que ha patit el sistema al llarg de la vida de l'organisme (fig. 2.1.2), de manera que es pot inferir la situació precedent en més gran mesura o menys segons el seu cicle vital. De manera orientativa, aquest període pot anar de dies o setmanes per als protozous, algues o bacteris, fins a mesos o anys per a les larves d'insectes, cucs, mol·luscs o peixos.

Aquest fet contrasta amb els indicadors de qualitat fisicoquímics (que es tracten en l'[apartat 2.3](#)), ja que la informació que aporten aquests només és representativa de les condicions momentànies de la massa d'aigua.

L'efecte dels contaminants pot ser molt variat en funció de la concentració en el medi o del temps d'exposició (fig. 2.1.2). Concentracions petites i temps d'exposició petits no provoquen canvis importants en el medi i l'organisme els pot compensar; concentracions grans o temps d'exposició grans poden arribar a matar els organismes. Quan aquests es moren, l'estructura de la comunitat canvia (desapareixen espècies intolerants i s'incrementa el nombre d'espècies tolerants). Això es mesura molt bé amb les mètriques que són capaces de reflectir aquest canvi estructural (nombre d'espècies, diversitat, índexs de qualitat biològica, etc.). Amb temps d'exposició o concentracions de contaminant mitjans, pot ser que els organismes no es morin però sí que es produeixin canvis bioquímics, genètics o fisiològics importants, que poden ser permanents si el canvi és prolongat, o poden desaparèixer si l'animal s'hi adapta o la contaminació remet. En aquests casos, la diagnosi de la contaminació és millor fer-la amb biomarcadors. Els biomarcadors (fig. 2.1.1) són mesures funcionals d'exposició a l'estrès ambiental que normalment s'expressen a nivells d'organització biològica per sota de l'organisme. Atesa la seva complexitat i el fet que la DMA opta per mesures de diagnosi estructural, els biomarcadors no seran objecte d'estudi del present *Manual*.

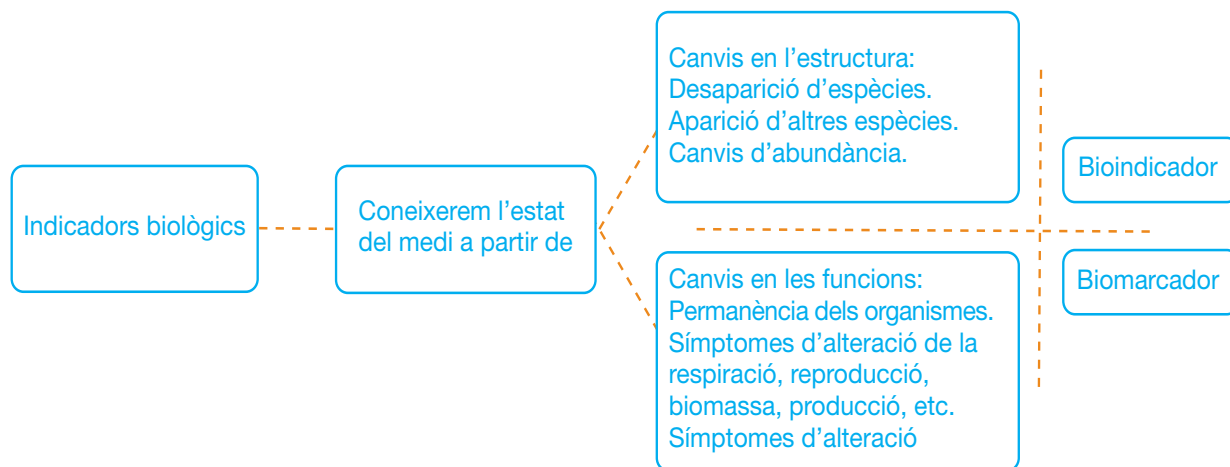


Fig. 2.1.1. Esquema dels tipus d'indicadors biològics segons la resposta.

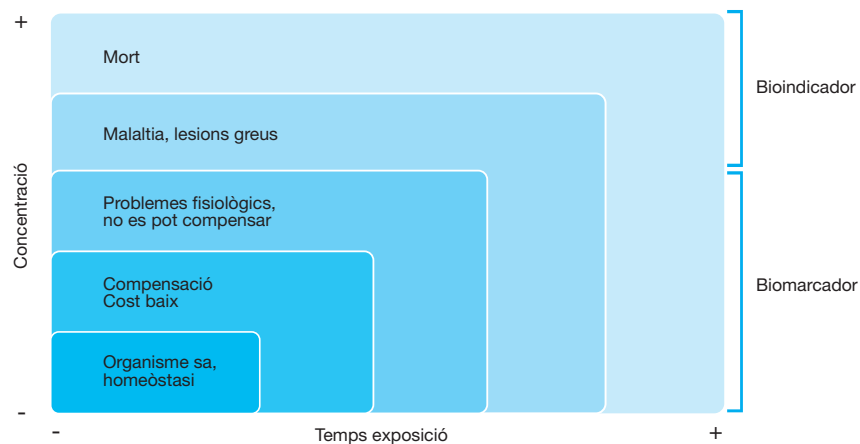


Fig. 2.1.2. Principals respostes dels indicadors biològics als contaminants. L'eix d'abscisses representa el rang de concentracions del contaminant, i el d'ordenades, el temps que l'organisme hi està sotmès.

Quan s'apliquen els indicadors biològics, cal tenir en compte els aspectes següents:

- Cal comparar els resultats amb un model, és a dir, amb unes condicions no alterades, les que se'n diuen condicions de referència.
- Les metodologies a emprar presenten una certa complexitat, tot i la possibilitat d'efectuar mesures simplificades.
- Molts indicadors tenen una distribució regional i local, i per tant tots els mètodes poden requerir una adequació específica al lloc on els apliquem.
- Amb els resultats dels indicadors, poques vegades podem establir amb seguretat quin o quins contaminants específics són els causants de la degradació del medi.

Els grups d'organismes indicadors pels quals es desenvoluparan les principals mètriques són els que es recullen en la taula 2.1.1. Cadascun d'aquests bioindicadors presenta avantatges i inconvenients tant pel que fa a la seva facilitat de mesurament, com a la seva sensibilitat. Per aquest motiu, en funció de les característiques específiques i del que es pretengui detectar, serà més eficient utilitzar-ne uns o altres (taula 2.1.2.).

Grups d'organismes indicadors	Paràmetres generals a mesurar	Subcapítol
Microorganismes	Composició taxonòmica Abundància mitjana	2.1.1
Fitobentos	Composició taxonòmica Abundància mitjana	2.1.2
Macròfits	Composició taxonòmica Abundància mitjana	2.1.3
Macroinvertebrats	Composició taxonòmica Abundància mitjana Quocient entre taxa sensibles/tolerants Diversitat	2.1.4
Peixos	Composició taxonòmica Abundància Espècies sensibles Estructura d'edats de la població	2.1.5

Taula 2.1.1. Principals grups d'organismes bioindicadors de l'estat ecològic dels sistemes fluvials, i paràmetres a mesurar segons la DMA.

Grups d'organismes		Avantatges	Inconvenients
Microorganismes	Bacteris	Creixement ràpid Cultiu fàcil	Temps de vida curt Incertesa en la viabilitat del cultiu
	Protozous	Fàcils de mostrejar Sensibles a la presència de matèria orgànica	Taxonomia complexa
Fitobentos	Algues	Mostreig quantitatiu Sensibles a l'eutrofització	Taxonomia complexa Temps de vida curt
Macròfits		Mostreig fàcil Mida gran	Variabilitat natural de la biomassa Poques espècies
Macroinvertebrats		Mostreig molt estandarditzat Temps de vida mitjà o llarg	Mostreig quantitatiu complex Grups heterogenis
Peixos		Molta informació autoecològica Element superior de la xarxa tròfica	Difícils de mostrejar Mobilitat elevada

Taula 2.1.2. Principals avantatges i inconvenients dels grups de bioindicadors.

Capítol a part mereixen el nombre creixent d'espècies invasores que poblen els nostres espais fluvials. Aquestes, com hem dit més amunt, actuen com a espècies clau i poden canviar de manera dràstica l'estructura i la funcionalitat dels rius. Podem trobar espècies invasores de tots els grups d'organismes (des de microorganismes fins a peixos) i en totes les parts de l'espai fluvial (des de les pedres del riu fins al bosc de ribera). Atès el seu interès, hem elaborat un subcapítol propi per a aquestes espècies ([2.4](#)).

2.1.1

MICROORGANISMES

Què són

Anomenem microorganisme tot ésser viu microscòpic, sigui unicel·lular o pluricel·lular. El terme agrupa un conjunt d'organismes eucariotes que són funcionalment complets i molt adaptables a una gran diversitat d'ambients, tot i que també inclou organismes simples com els virus.

Quins són

Ens interessen, sobretot, els bacteris i els protozous, que són indicadors de diverses característiques de l'aigua. Els microorganismes més analitzats són els grups rellevants per a la salut pública, com ara els coliforms fecals (per exemple, *Escherichia coli*), els estreptococs i els vibrions. Des del punt de vista de la qualitat de l'aigua, els més utilitzats són els protozous, tant els ciliats i els flagel·lats com els ameboides.

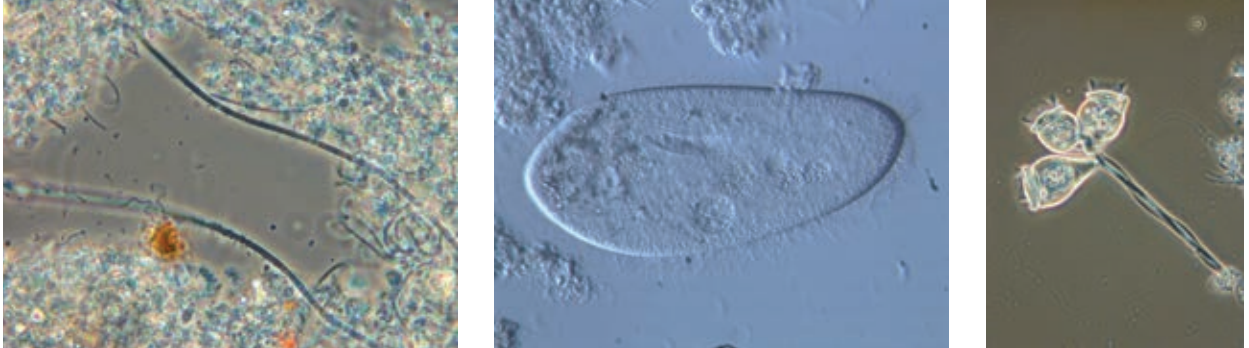


Fig. 2.1.1. Microorganismes d'aigua dolça. D'esquerra a dreta. 1: Vista d'un floc de microorganismes d'una depuradora consistent en diversos tipus de bacteris floculants, filaments i espiroquetes. 2: Un protozou ciliat: *Paramecium aurelia*. 3: El ciliat colonial *Epicarchesium granulatum*. Foto: Humbert Salvadó.

Què indiquen

Els microorganismes s'utilitzen com a indicadors de la qualitat de l'aigua des del punt de vista de la salut pública per a l'estudi de la contaminació fecal, però cal dir que poden ser indicadors d'un gran nombre de característiques del medi. Per exemple, els microorganismes aerobis necessiten oxigen, mentre que els anaerobis viuen només en llocs sense oxigen. D'altra banda, les aigües amb molta matèria orgànica solen estar desproveïdes d'oxigen, i viceversa, i és per això que els microorganismes són bons indicadors de la presència de matèria orgànica. El mateix s'aplica als protozous. Tot i que poden ser indicadors de moltes característiques del medi, des del punt de vista de la qualitat ecològica se'ls ha emprat com a indicadors de la qualitat global del sistema mitjançant l'índex de saprobis.

Què mesurem

Des del punt de vista de la salut pública, mesurem l'abundància dels organismes indicatius de contaminació fecal, expressada com a unitats formadores de colònia (UFC) referides a una unitat de volum (UFC/vol). En certs casos, només se'n destaca la presència o l'absència. En el cas dels protozous, es comptabilitzen per grups d'espècies, o bé se'n calcula un índex.

Posició tròfica

Des d'un punt de vista tròfic, els microorganismes poden ser autòtrofs, heteròtrofs o sapròfits.

Ús a la DMA

La relativa dificultat amb què s'identifiquen els microorganismes (de vegades és necessari el microscopi electrònic), entre altres factors, fa que no es facin servir com a indicadors en la DMA de la Unió Europea. Tot i això, atesa la seva sensibilitat als canvis de les condicions ambientals i de composició de l'aigua, són útils com a indicadors especials en el cas de sistemes amb alteracions extremes (p. e., metalls pesants, acidificació, etc.). S'han emprat històricament com a element de gestió de la qualitat de l'aigua en determinats països del centre d'Europa. L'índex més conegut que s'ha utilitzat per mesurar la qualitat de l'aigua amb microorganismes i protozous és l'índex de saprobis, tot i que en aquest índex també s'hi inclouen altres organismes (com ara algues).



2.1.1.1

S

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de saprobis

OBJECTIU

Valorar la qualitat global de l'ecosistema fluvial segons l'estudi dels canvis que la contaminació per matèria orgànica provoca en la comunitat de microorganismes.

MÈTODE

Consisteix en un mètode per classificar rius en funció del seu grau de saprobiosi (vegeu Pantle i Buck, 1955; Liebmann, 1962; i l'adaptació feta per Margalef, 1967). Cataloga els organismes en funció de l'aliment (matèria orgànica, altres organismes), l'oxigen (aerobis o anaerobis) i les toxines (sovint poden aparèixer en cas de putrefacció intensa, tot i que de vegades les substàncies alliberades poden ser aprofitables). El sistema està basat en quatre zones d'autodepuració gradual, caracteritzades per espècies indicadores, per certes condicions químiques i per la naturalesa general de la massa d'aigua, tal com es resumeix en la taula següent:

Zona	Característiques	On
IV Polisaprobia	Altes concentracions de compostos orgànics biodegradables. Aigua poc oxigenada, sovint amb elevades quantitats d'amoni i sulfur d'hidrogen que provoquen mala olor. Elevada DBO (vegeu l'apartat 2.3.2). Comunitat poc diversa formada, sobretot, per proliferacions de bacteris i fongs.	Aigües residuals no depurades, rius amb poc cabal que reben afluents d'aigües residuals no depurades, etc.
III α mesosaprobia	L'aigua té menys matèria orgànica. La concentració d'amoni s'ha reduït i apareixen els nitrats. La DBO5 s'ha reduït lleugerament. L'aigua és normalment de color grisós i amb mala olor, causada, sobretot, pel sulfur d'hidrogen. Presència habitual de masses de microorganismes dominades pel bacteri <i>Sphaerotilus natans</i> , amb la formació de llargs filaments grisos.	Aigües encara contaminades.
II β mesosaprobia	La qualitat de l'aigua és millor. La concentració d'oxigen va tornant a nivells més alts, i la mineralització de la matèria orgànica és gairebé completa. L'aigua és poc tèrbola i inodora. Poca abundància de bacteris i presència de plantes i animals més diversos.	És l'objectiu mínim en el tractament dels efluents d'aigües residuals.
I Oligosaprobia	Aigua amb concentracions normals d'oxigen. La matèria orgànica ha estat mineralitzada. Els recursos tròfics són escassos, sovint amb presència de substàncies húmiques. La comunitat està formada per espècies sensibles a la contaminació orgànica.	Aigües netes.

L'índex dels saprobis (S) dóna un valor d'entre I i IV, com a resultat de la mitjana ponderada dels índexs individuals de saprobiosi de cadascuna de les espècies presents a la localitat de mostreig considerant-ne les abundàncies.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}, \text{ on:}$$

S_i valor numèric de preferència a una zona sapròbia per a l'espècie i
 a_i abundància de l'espècie i

Els valors de l'abundància (a) són els següents:

$a=1$ presència aleatòria
 $a=3$ presència freqüent
 $a=5$ desenvolupament massiu

En revisions posteriors de l'índex, s'hi ha inclòs un nou factor a la fórmula: (g), que pondera la sensibilitat de cada espècie (Friedrich, 1990). Aquest índex és utilitzat a Alemanya en el seu sistema integrat de classificació de la qualitat de l'aigua.

NIVELL FORMATIU

Cal un coneixement precís de la taxonomia dels saprobis i de les associacions característiques.

MATERIAL

Per a l'anàlisi dels microorganismes, cal recollir una mostra d'aigua a partir de la qual fer els cultius. Per al cas dels protozous, es pot filtrar un volum conegut d'aigua o introduir al riu un substrat concentrador (com ara una esponja) on quedin recollits.

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 5 min

Recollida d'aigua.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: FINS A 5 DIES

Realització del cultiu dels microorganismes.
 Preparació per a l'examen al microscopi (tincions).

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Les zones sapròbies estan indicades pels valors següents de l'índex:

Zona	Valor de l'índex (S)
IV Polisapròbia	$1,0 < 1,5$
III α mesosapròbia	$1,5 < 2,5$
II β mesosapròbia	$2,5 < 3,5$
I Oligosapròbia	$3,5 - 4,0$

AVANTATGES

Aquest grup té una ràpida resposta als canvis ambientals i, a més, és fàcil de mostrejar.

INCONVENIENTS

Els microorganismes es recuperen ràpidament de contaminacions puntuals, de manera que no són indicadors a mitjà o llarg termini.

Cal un elevat grau de coneixement de la taxonomia del grup, a més de disposar d'un laboratori equipat.

D'altra banda, cal que s'hagin estudiat prèviament els organismes habituals als rius de l'àrea geogràfica on es vulgui aplicar la mètrica.

COMENTARIS

En l'índex dels saprobis també s'hi poden incloure alguns organismes de mida gran com ara bivalbes, larves d'insectes, sangoneres i plantes superiors.

PROTOCOL

DIN 38410-1 (2004) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Biological-ecological analysis of water (group M) - Part 1: Determination of the saprobic index in running waters (M 1). Deutsches Institut für Normung.

2.1.2

FITOBENTOS (BIOFILM)

Què és

El fitobentos està format pels vegetals que viuen associats a qualsevol substrat sòlid dels ecosistemes fluvials (fig. 2.1.2.1). Formen part important del biofilm, que recobreix les pedres, plantes i altres objectes submergits. Es tracta d'una comunitat complexa formada per microalgues, fongs, bacteris i protozous immersos en una matriu mucilaginosa que han segregat els mateixos organismes. Habitualment només les algues s'utilitzen com a bioindicadors.

Quins són

Entre els organismes fotosintètics que viuen associats als substrats submergits, podem distingir dos grans grups: microalgues i macroalgues. Les microalgues són les plantes inferiors no visibles sense el microscopi, a diferència de les macroalgues, que són visibles a ull nu. D'altra banda, el terme perifiton descriu la comunitat microbiòtica que viu sobre substrats submergits de diversa naturalesa com són fulles, pedres, altra vegetació aquàtica, etc. L'epíliton, epífiton i epípelon són els noms que reben les comunitats de biofilm segons el substrat que colonitzen: pedres, vegetació aquàtica i sediment, respectivament.

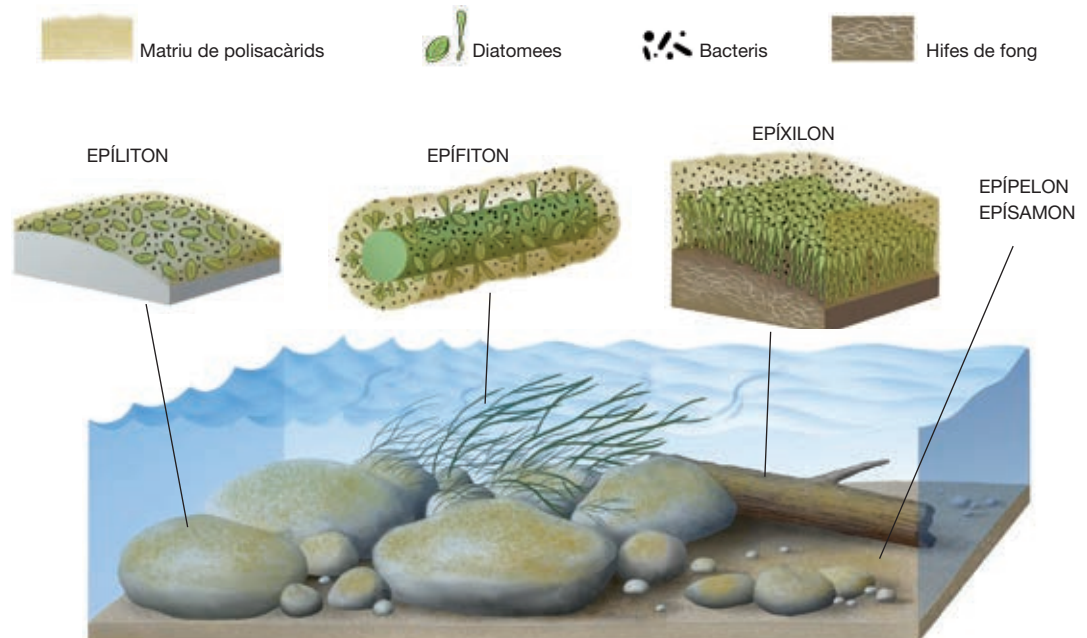


Figura 2.1.2.1. Secció transversal d'un tram de riu en el què es mostren diferents tipus de substrat i el biofilm que s'hi desenvolupa al damunt. EPÍLITON (pedres); EPÍFITON (macròfits); EPÍXILON (fusta); EPÍPELON (fang) i EPÍSAMON (sorra). Pels als tres primers es mostra un esquema de l'estructura i els elements que conformen la comunitat del biofilm. Observi's el diferent gruix del biofilm en funció del corrent de l'aigua (més gruixut a velocitats baixes). Disseny original dels autors inspirat en fonts diverses. Il·lustració: Aleix Pons.

En molts països europeus, s'utilitzen les microalgues bentòniques com a indicadors de la qualitat de l'aigua, especialment el grup de les diatomees. Són organismes cosmopolites amb un esquelet o frústul de sílice format per dues valves, i poden suposar més del 90% de la comunitat del perifíton. Les macroalgues s'utilitzen en menor mesura.

Posició tròfica

Són organismes autòtrofs (productors primaris).

Què indiquen

La resposta d'aquestes algues es deu principalment als canvis en la concentració dels nutrients disponibles, atesa la seva condició de productors primaris. Aquests fenòmens es manifesten de manera més ostensible per al N, el P i el Si (aquest darrer element, en el cas de les diatomees). Però també són bones indicadores d'altres tipus de pol·lució, com ara de la de determinats metalls pesants, o de variacions en indicadors com ara el pH.

Què mesurem

L'increment excessiu de nutrients generalment va associat a una simplificació de la comunitat de microalgues i a l'augment de la biomassa d'algunes espècies en particular, i es forma una pàtina que ho recobreix tot durant els pics de creixement o *blooms* (proliferacions). Tenen una baixa sensibilitat a la modificació de les condicions hidromorfològiques del riu, raó per la qual són poc adequades com a indicadores d'aquestes alteracions.

Ús a la DMA

Les microalgues en general es consideren útils en la DMA per detectar i seguir l'evolució d'episodis d'eutrofització, augments en la matèria orgànica de l'aigua o en la salinitat, i en casos d'acidificació. Hi ha nombroses mètriques estandarditzades que tenen les diatomees com a element central. La majoria d'aquestes es basen en relacions entre l'abundància relativa i el grau de tolerància d'un grup d'espècies. El nivell de resolució taxonòmica comunament emprat és el d'espècie.

Abans d'aplicar un determinat índex a un sistema fluvial en concret, és necessari:

- Conèixer l'autoecologia de les espècies presents.
- Que l'índex triat inclogui els tàxons dominants al riu estudiat.
- Caracteritzar físicocòmicament l'aigua.

Pel que fa al nivell formatiu, és necessària l'especialització en el reconeixement taxonòmic de les diatomees al nivell d'espècie.

Segons l'apartat 1.3.4 de l'annex V de la DMA, en el qual s'indica la periodicitat de mostreig dels indicadors de qualitat en rius, s'estableix com a mínim un control cada tres anys per a la categoria d'altra flora aquàtica.

Principals mètriques

Les mètriques més usades són índexs de diatomees, entre els quals l'IPS i l'IBD s'usen de manera habitual en diversos països europeus, i es presenten en les fitxes següents. A més d'aquests, hi ha altres índexs que no utilitzen diatomees com a indicadors. Per exemple, tot un seguit de mètriques basades en el recompte de la biomassa a través de la mesura de les concentracions de clorofil·la a per unitat d'àrea, a partir del qual es pot determinar el nivell d'eutrofització del sistema.



2.1.2.1

IPS

NOM DE LA MÈTRICA

Índice de Polluosensi- bilité

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de diatomees bentòniques.

MÈTODE

L'observador recollirà, seguint el protocol, una mostra de diatomees presents als substrats seleccionats d'un tram fluvial d'almenys 10 m de llargada. Una vegada transportades i processades al laboratori, seran identificades al microscopi òptic quatre-centes diatomees de la mostra, fins al nivell d'espècie. Cada espècie té assignat un valor de sensibilitat i un valor indicador segons la seva ecologia i la tolerància a la contaminació. A partir del càlcul de les abundàncies relatives de cada espècie, s'aplica la fórmula següent, que permet calcular el valor de l'índex:

$$IPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot S_j \cdot v_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot S_i} \quad , \text{ on:}$$

a_j és l'abundància relativa de l'espècie j

S_j és el valor de sensibilitat de l'espècie j enfront del grau de pertorbació

v_j és el valor indicador de l'espècie j

NIVELL FORMATIU

Cal ser expert en taxonomia de diatomees.

MATERIAL

Mostreig: Raspall de dents dur; pots de mostreig amb tap hermètic; retolador permanent i material d'etiquetatge; nevera per guardar-hi i transportar-hi mostres; reactius fixadors: lugol, solució taponada de formaldehid (HCHO) al 4% v/v, etanol (C₂H₅O₄); full de camp; llapis; càmera fotogràfica (opcional), i GPS (opcional).

Preparació de mostres per al microscopi: Reactius per netejar diatomees, campana extractora, placa calefactora o bloc tèrmic, bany de sorra o bany d'aigua, gots de precipitats o tubs d'ebullició (un per mostra), mitjans per mesurar volums de 20 ml d'agents oxidants, pipetes Pasteur de vidre, centrífuga (opcional), i tubs de centrífuga (opcional).

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 10 min

Després de seleccionar l'emplaçament idoni, es raspa la superfície superior dels substrats escollits, s'introdueix el raspall dins el pot de mostreig amb aigua, i s'etiqueta la mostra. Aquesta es conservarà amb els reactius pertinents i es guardarà en un lloc fosc i fresc fins a arribar al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 4-8 h

Una vegada al laboratori, s'ha de procedir al pretractament de la mostra, concentrant-la, netejant-la i elaborant les preparacions amb els reactius necessaris. Una vegada al microscopi, cal identificar i recomptar les diatomees presents, i registrar les dades obtingudes.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor IPS	Color representatiu
Bo	13-16	 Verd
Mediocre	9-12	 Groc
Deficient	5-8	 Taronja
Dolent	< 5	 Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

Ofereix resultats molt representatius de l'estat de la comunitat algal fluvial, ja que la importància relativa de les diatomees com a grup és elevada. Són organismes cosmopolites i diversos, fàcils de recol·lectar i preservar, i el seu esquelet de sílici permet identificar-ne l'espècie amb força exactitud.

INCONVENIENTS

Cal un elevat grau de coneixement de la taxonomia del grup, que és complexa, i a més disposar d'un laboratori equipat. La baixa sensibilitat a la modificació de les condicions hidromorfològiques del riu les fa desaconsellables com a indicadors en aquest sentit.

COMENTARIS

Abans d'aplicar un índex per primera vegada en una massa d'aigua, és necessari considerar l'autoecologia dels tàxons amb els quals es treballa (els tàxons dominants presents a la massa d'aigua han d'estar també representats a l'índex) i les condicions fisicoquímiques del lloc concret.

El paquet informàtic OMNIDIA (Leiconte *et al.*, 1993) permet calcular ràpidament aquest índex i d'altres de diatomees a partir de la llista taxonòmica i de les seves abundàncies.

PROTOCOL

gencat.cat/aca



2.1.2.2

IBD

NOM DE LA MÈTRICA

Indice Biologique des Diatomées

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de diatomees bentòniques.

MÈTODE

L'observador recollirà, seguint el protocol, una mostra de diatomees presents als substrats seleccionats d'un tram fluvial. Una vegada transportades i processades al laboratori, seran identificades al microscopi òptic quatre-centes diatomees de la mostra, fins al nivell d'espècie. Cada espècie té assignat un valor de sensibilitat i un valor indicador segons la seva ecologia i la tolerància a la contaminació. La llista final consisteix en el recompte dels individus pertanyents a les 209 espècies que figuren a l'índex i, d'altra banda, en el recompte dels organismes no identificats. El càlcul de l'IBD es basa en la superposició dels perfils ecològics dels tàxons identificats, considerant la seva abundància i la seva distribució en les classes de qualitat d'aigua.

NIVELL FORMATIU

Cal ser expert en taxonomia de diatomees.

MATERIAL

Mostreig: Raspall de dents dur; pots de mostreig amb tap hermètic; retolador permanent i material d'etiquetatge; nevera per guardar-hi i transportar-hi mostres; reactius fixadors: lugol, solució tampònada de formaldehid (HCHO) al 4% v/v, etanol ($C_2H_5O_4$); full de camp; llapis; càmera fotogràfica (opcional), i GPS (opcional).

Preparació de mostres per al microscopi: Reactius per netejar diatomees, campana extractora, placa calefactora o bloc tèrmic, bany de sorra o bany d'aigua, gots de precipitats o tubs d'ebullició (un per mostra), mitjans per mesurar volums de 20 ml d'agents oxidants, pipetes Pasteur de vidre, centrífuga (opcional), i tubs de centrífuga (opcional).

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 10 min

Després de seleccionar l'emplaçament idoni, es raspa la superfície superior dels substrats escollits, s'introdueix el raspall dins el pot de mostreig amb aigua, i s'etiqueta la mostra. Aquesta es conservarà amb els reactius pertinents i es guardarà en un lloc fosc i fresc fins a arribar al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 4-8 h

Una vegada al laboratori, s'ha de procedir al pretractament de la mostra, concentrant-la, netejant-la i elaborant les preparacions amb els reactius necessaris. Una vegada al microscopi, cal identificar i recomptar les diatomees presents, i registrar les dades obtingudes.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor IBD	Color representatiu
Molt bo	> 16	 Blau
Bo	13-16	 Verd
Mediocre	9-12	 Groc
Deficient	5-8	 Taronja
Dolent	< 5	 Vermell

El valor nul es dona quan la densitat de diatomees és massa baixa per permetre el càlcul de l'índex. Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

Ofereix resultats molt representatius de l'estat de la comunitat algal fluvial, ja que la importància relativa de les diatomees com a grup és elevada. Són organismes cosmopolites i diversos, fàcils de recol·lectar i preservar, i el seu esquelet de silici permet identificar-ne l'espècie amb força exactitud.

INCONVENIENTS

Cal un elevat grau de coneixement de la taxonomia del grup, que és complexa, i a més disposar d'un laboratori equipat. D'altra banda, com que només considera un nombre limitat d'espècies, la seva sensibilitat és menor que l'IPS als rius que tenen una composició de diatomees que no inclogui part de les espècies de l'índex.

COMENTARIS

Abans d'aplicar un índex per primera vegada en una massa d'aigua, és necessari considerar l'autecologia dels tàxons amb els quals es treballa (els tàxons dominants presents a la massa d'aigua han d'estar també representats a l'índex) i les condicions fisicoquímiques del lloc concret.

El paquet informàtic OMNIDIA (Leiconte *et al.*, 1993) permet calcular ràpidament aquest índex i d'altres de diatomees a partir de la llista taxonòmica i de les seves abundàncies.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.1.3

MACRÒFITS

Què són

El terme macròfit inclou diversos grups de plantes aquàtiques que es poden reconèixer a simple vista. La seva mida va de pocs centímetres a uns quants metres; completen el seu cicle vital en l'aigua, amb totes les seves parts submergides, o bé surant.

Quins són

Es consideren com a macròfits les fanerògames, plantes totalment submergides amb la flor que pot ser emergida (per exemple, *Potamogeton pectinatus*); els briòfits (molses i hepàtiques), que en aquest cas viuen sobre substrats durs i en aigües més aviat netes; les macroalgues, algunes de dimensions considerables i que poden formar llargues cabelleres als rius, com ara *Cladophora* o les *Spirogyra* (*Zignematal filamentosa*) en llocs amb poc corrent. Alguns cianobacteris també poden considerar-se com a macroalgues quan formen un recobriment ampli sobre la llera del riu o sobre les pedres.



Fig. 2.1.3.1. 1 i 2: macròfits dels gèneres *Cladophora*, 3: *Potamogeton*, 4: *Chara* i 5: *Nasturtium*. Fotos: L. Puértolas (1 i 5), Grup de Recerca FEM (2, 3 i 4).

Posició tròfica

Són organismes autòtrofs (productors primaris).

Què indiquen

La modificació, tant de la composició específica com de la biomassa, d'una comunitat de macròfits es considera especialment indicativa de la variació de la concentració de nutrients en l'aigua, de la terbolesa i de la contaminació orgànica en general. D'altra banda, la modificació del règim de cabals habituals del riu i l'aparició d'un règim poc variable pot

conduir a la proliferació de macròfits en superfície, els quals, per tant, poden ser utilitzats com a indicadors hidromorfològics.

Què mesurem

Mesures funcionals: La mesura de la biomassa té un cert error associat, que és degut a l'elevada variabilitat estacional i interanual que s'observa de manera natural en aquestes plantes.

Estructura: Per poder utilitzar els macròfits com a indicadors, es considera essencial arribar al nivell de determinació taxonòmica d'espècie, però hi ha índexs que utilitzen nivells taxonòmics superiors, com ara ordre o família, o grans grups morfològics. La riquesa i la diversitat són els paràmetres estructurals que cal mesurar.

De manera general, es considera els macròfits com a indicadors a mitjà i llarg termini, amb períodes de mesos i/o anys. Són fàcils de detectar i tenen una taxonomia relativament senzilla en comparació de la d'altres grups, com ara les diatomees. Són bons indicadors de sòlids en suspensió i de l'enriquiment de nutrients del sistema. D'altra banda, les seves respostes a la contaminació encara no estan del tot documentades, però s'ha observat que poden ser tolerants a contaminacions intermitents (Chapman, 1996). La majoria dels macròfits proliferen estacionalment.

Ús a la DMA

Dins l'aplicació de la DMA, aquestes plantes es poden utilitzar per detectar i fer el seguiment dels episodis de contaminació que modifiquin les propietats fisicoquímiques de l'aigua, com ara la reducció de la transparència, l'eutrofització i els canvis en el quimisme. També es consideren organismes sensibles a les modificacions de les condicions hidromorfològiques, com ara canvis de cabal, continuïtat fluvial i/o en la morfologia de la llera.

Segons l'apartat 1.3.4 de l'annex V de la DMA, on s'indica la periodicitat de mostreig dels indicadors de qualitat en rius, s'estableix com a mínim un control cada tres anys per a la categoria d'altra flora aquàtica.

Principals mètriques

A Catalunya, s'han aplicat diverses mètriques basades en l'ús de macroalgues i macròfits, com ara l'IM i l'IVAM.



2.1.3.1

IM

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de
macròfits

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de macròfits.

MÈTODE

Es tracta d'un índex additiu basat en el valor indicador de cada tàxon de macròfits i de la seva diversitat funcional i morfològica. S'identificaran els tàxons, fins a un nivell variat segons el grup, considerant el grau de cobertura sobre la llera de cada tàxon (< 5%, 5-50% i > 50%). Els diferents tàxons són puntuats en funció del seu valor indicador i de la seva abundància. Les puntuacions de tots se sumen per obtenir el valor final de l'índex:

$$IM = \sum_i \text{punt}_i \quad , \text{ on:}$$

punt_i és la puntuació de cada tàxon en funció de la seva cobertura.

NIVELL FORMATIU

Cal estar familiaritzat amb la taxonomia dels macròfits.

MATERIAL

Mostreig: Botes de pescar, navalla, xarxa, bastó o corda amb ganxos a l'extrem, pots hermètics per recollir-hi les mostres, material per etiquetar, formol al 4%, full de camp, llapis, càmera fotogràfica (opcional) i GPS (opcional).

Laboratori: Àcid acètic o clorhídric per eliminar els carbonats de les algues incrustades.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: 30-45 min

Després de seleccionar l'emplaçament idoni, l'observador recollirà, seguint el protocol, una mostra del pècton de damunt de les pedres de zones reòfiles, i una de plòcon. S'etiqueten les mostres, i els macròfits que no hagin pogut identificar-se al camp es fixen amb alcohol o formol per fer-ne la identificació al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

🕒 DURADA: 1-3 h

Si és necessari, s'utilitza el microscopi per fer una identificació precisa, utilitzant diversos reactius per reconèixer les estructures vegetals.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor IM	Color representatiu
Molt bo	> 30	■ Blau
Bo	21-30	■ Verd
Mediocre	13-20	■ Groc
Deficient	5-12	■ Taronja
Dolent	< 5	■ Vermell

Aquests valors són una proposta d'adaptació dels rangs als rius catalans (ACA, 2006a). Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

Els macròfits responen més lentament a canvis en la qualitat de l'aigua i integren la qualitat d'un període més llarg que altres grups.

INCONVENIENTS

L'índex IM no està específicament adaptat als rius catalans, de manera que de moment cal interpretar amb precaució els rangs de qualitat obtinguts.

COMENTARIS

Abans d'aplicar un índex per primera vegada en una massa d'aigua, cal considerar l'autoecologia dels tàxons amb els quals treballa (els tàxons dominants presents a la massa d'aigua han d'estar també representats a l'índex) i les condicions fisicoquímiques del lloc concret.

En alguns tipus de rius, l'absència de macròfits s'hi pot donar perquè les condicions naturals no els permeten establir-s'hi.

PROTOCOL

gencat.cat/aca



2.1.3.2

IVAM

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de
vegetació
aquàtica
macroscò-
pica

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de macròfits.

MÈTODE

Es tracta d'un índex basat en la tolerància dels diferents tàxons a les pertorbacions del medi, en el seu valor indicador i en la seva abundància. Aquests valors s'han calculat sobre la base de la resposta de cada tàxon a diferents concentracions d'amoni i de fosfats. El valor final de l'índex s'obté en aplicar la fórmula següent:

$$IVAM = \frac{\sum v i_i \cdot c_i \cdot v t_i}{v i_i \cdot c_i}, \text{ on:}$$

$v i_i$ = és el valor indicador del tàxon

c_i = és el valor de cobertura del tàxon

1. cobertura inferior al 5%

2. cobertura entre el 5 i el 10%

3. cobertura superior al 50%

$v t_i$ = és el valor de la tolerància del tàxon

NIVELL FORMATIU

Cal estar familiaritzat amb la taxonomia fins al nivell de gènere dels macròfits.

MATERIAL

Mostreig: Botes de pescar, navalla, xarxa, bastó o corda amb ganxos a l'extrem, pots hermètics per recollir-hi les mostres, material per etiquetar, formol al 4%, full de camp, llapis, càmera fotogràfica (opcional) i GPS (opcional).

Laboratori: Àcid acètic o clorhídric per eliminar els carbonats de les algues incrustades.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: 30-45 min

Després de seleccionar l'emplaçament idoni, l'observador recollirà, seguint el protocol, una mostra del pècton de damunt de les pedres de zones reòfiles, i una de plòcon. S'etiqueten les mostres, i els macròfits que no hagin pogut identificar-se al camp es fixen amb alcohol o formol per identificar-se al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

🕒 DURADA: 2-6 h

Si és necessari, s'utilitza el microscopi per fer una identificació precisa, utilitzant diversos reactius per reconèixer les estructures vegetals.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor IM	Color representatiu
Molt bo	> 5,7	 Blau
Bo	4,5-5,7	 Verd
Mediocre	3,2-4,4	 Groc
Deficient	2,0-3,1	 Taronja
Dolent	< 2,0	 Vermell

Aquests valors són una proposta d'adaptació dels rangs als rius catalans (ACA, 2006a). Si es mostra més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

Els macròfits responen més lentament a canvis en la qualitat de l'aigua i integren la qualitat d'un període més llarg que altres grups.

INCONVENIENTS

S'ha d'aplicar un principi de precaució en l'aplicació de l'índex IVAM a les conques per a les quals no ha estat validat.

COMENTARIS

Abans d'aplicar un índex per primera vegada en una massa d'aigua, cal considerar l'autoecologia dels tàxons amb els quals es treballa (els tàxons dominants presents a la massa d'aigua han d'estar també representats a l'índex) i les condicions fisicoquímiques del lloc concret.

En alguns tipus de rius, l'absència de macròfits s'hi pot donar perquè les condicions naturals no els permeten establir-s'hi.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.1.4

MACROINVERTEBRATS

Què són

Grup d'organismes de mida superior a 0,5 mil·límetres, visibles normalment a ull nu. Està format principalment per artròpodes, entre els quals predominen les larves d'insecte.

Quins són

Inclou diverses famílies de cucs, mol·luscs, aràcnids, crustacis i insectes, i aquests darrers són els més importants en nombre d'espècies. Els ordres d'insectes més comuns són els dípters, efemeròpters, plecòpters, odonats, tricòpters, coleòpters i heteròpters.

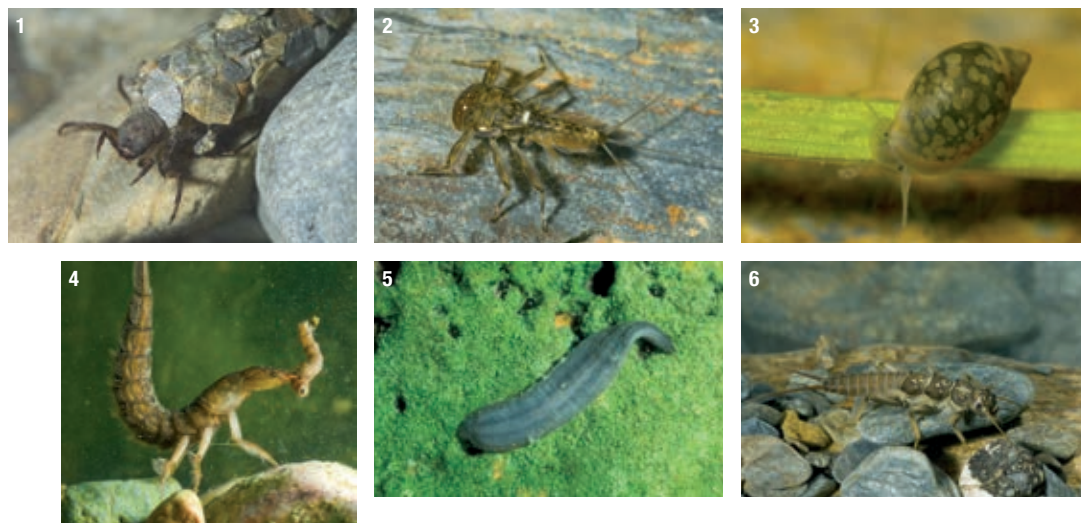


Fig. 2.1.4.1. 1: Tricòpter de la família Limnephilidae, 2: Efemeròpter de la família Heptageniidae (*Ecdyonurus*), 3: Gasteròpode de la família Physidae (*Physella acuta*), 4: Larva d'un coleòpter de la família Dytiscidae captura un quironòm (dípter), 5: Sangonera de la família Erpobdellidae (*Dina lineata*), 6: Plecòpter de la família Perlidae. Fotos: Ferran Aguilar.

Posició tròfica

Són organismes heteròtrofs amb diversos papers tròfics segons el grup taxonòmic al qual pertanyen ([vegeu la fig. 1.5](#)).

Què indiquen

Són considerats sensibles tant a pressions fisicoquímiques (contaminació tèrmica, canvis en el quimisme de l'aigua, contaminació orgànica, eutrofització, metalls, etc.) com hidro-morfològiques (canvis en el règim de cabal i en la morfologia de la llera).

La seva relativament fàcil identificació *in situ* i el fet que el seu comportament davant la contaminació hagi estat força estudiat, els converteix en un dels grups més utilitzats com a bioindicadors. Alhora, els macroinvertebrats bentònics tenen diverses característiques que els fan especialment adequats per a aquesta finalitat:

- Diversitat elevada.
- Generalment, en un punt de mostreig hi conviuen diversos tàxons amb requeriments ecològics diferents segons el règim de velocitat de l'aigua i el tipus de substrat.
- Cicles de vida que els fan indicadors a mitjà i a llarg termini (dies-mesos).

Què mesurem

Per a determinades mètriques només és necessari arribar al nivell taxonòmic de família, per bé que per obtenir més informació és convenient avançar fins a gènere o espècie quan sigui possible, si aquest fet està d'acord amb els objectius inicials que es plantegin.

Hi ha una gran diversitat de formes de macroinvertebrats, atès l'ampli ventall d'hàbitats que colonitzen. La seva taxonomia està àmpliament documentada, tot i que alguns grups són complexos. El seu mostreig és relativament senzill, per bé que cal considerar la complexitat d'un mostreig quan és quantitativament suficient, així com la importància dels tipus de substrats, i també la deriva d'organismes aigua avall per efecte del corrent.

Ús a la DMA

La DMA requereix quatre elements fonamentals que cal mesurar i a partir dels quals els estats membres han de desenvolupar les seves metodologies, i que són la riquesa, la proporció d'organismes intolerants i tolerants a la contaminació, l'abundància, i la diversitat.

Segons l'apartat 1.3.4 de l'annex V de la DMA, on s'indica la periodicitat de mostreig dels indicadors de qualitat en rius, s'estableix com a mínim un control cada tres anys per a la categoria de macroinvertebrats.

Principals mètriques

A continuació es presenten els índexs IBMWP i FBILL, els índexs multimètrics IMMi-T i IMMi-L, i l'índex multivariant MEDPACS.



2.1.4.1 IBMWP

NOM DE LA MÈTRICA

Iberian
Biological
Monitoring
Working
Party

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de macroinvertebrats.

MÈTODE

L'observador recollirà una mostra de macroinvertebrats bentònics al llarg d'un tram de riu integrant tots els hàbitats presents (mostra multihàbitat). Després de la identificació de les famílies presents, es calcula el valor final de l'índex sumant la puntuació assignada a cadascuna, segons la seva tolerància a la contaminació.

NIVELL FORMATIU

Cal estar familiaritzat amb la taxonomia dels macroinvertebrats.

MATERIAL

Mostreig: Botes de pescar, safata, pinces, xarxa de malla amb mida de porus de 300 µm, pots hermètics per recollir-hi les mostres, material per etiquetar, formol al 10%, full de camp, llapis, càmera fotogràfica (opcional) i GPS (opcional).

Laboratori: Sedàs de 300 µm de mida de porus, safata, càpsules de Petri, cullera, pinces, lupa binocular o microscopi òptic si escau.

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 15-30 min

Després de seleccionar l'emplaçament en un tram d'uns 100 m de llargada amb diversitat d'hàbitats, seguint el protocol, s'identificaran els individus esquius. Tot seguit es procedirà al mostreig començant aigua avall del tram i remonent amb la xarxa els diferents substrats. La mostra es neteja parcialment al camp, es fixa amb formol i s'etiqueta per fer-ne la identificació al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 2-6 h

Una vegada al laboratori, s'ha de netejar la mostra en un sedàs amb aigua abundant, i estendre-la de manera homogènia en una safata. Se'n col·loquen petites porcions en càpsules de Petri i s'identifiquen a la lupa binocular amb l'ajut d'una guia taxonòmica si és necessari. Una vegada identificats i recomptats els individus, s'enregistren les dades i es calcula l'índex.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor IBMWP	Color representatiu
Molt bo	> 101	Blau
Bo	61-100	Verd
Moderat	36-60	Groc
Deficient	16-35	Taronja
Dolent	< 15	Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

El mètode de mostreig busca la màxima biodiversitat, de manera que s'obté una visió exhaustiva de les famílies presents al tram fluvial.

El nivell taxonòmic requerit és relativament fàcil d'assolir amb un cert entrenament, de manera que és ràpid en comparació d'altres grups d'organismes (p. e., les diatomees).

Permet fer recomptes que considerin l'abundància relativa de les famílies a la mostra, de manera que s'adapta a les disposicions de la DMA quant a utilitzar l'abundància com a descriptor de la qualitat.

INCONVENIENTS

En no obtenir-se dades quantitatives absolutes, hi ha alguns paràmetres que no podran ser calculats a posteriori.

El nivell taxonòmic requerit és inadequat per efectuar segons quins estudis per als quals és convenient identificar l'espècie.

COMENTARIS

Si es vol obtenir dades d'abundàncies relatives, cal quantificar el nombre d'individus en rangs segons la taula adjunta, o bé determinar un nombre mínim d'individus totals a comptar, i a partir d'aquí calcular el percentatge de cada família.

Rang	1	2	3	4
Nre. ind.	≤ 2	3-10	11-100	> 100

L'IBMWP (Alba-Tercedor *et al.*, 2002) té com a àmbit d'aplicació —i s'hi ha provat l'eficiència— tots els rius de la península Ibèrica. Hi ha una versió d'ús exclusiu per als rius de Catalunya (BMWPC, de Benito i Puig, 1999) en la qual les puntuacions de cada família i els valors de tall de les categories de qualitat són una mica diferents.



Activitat de mostreig de macroinvertebrats. Foto: Grup FEM.

2.1.4.2

FBILL

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de
famílies de
macroinvertebrats del
Besòs i el
Llobregat

**OBJECTIU**

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de macroinvertebrats.

MÈTODE

L'observador recollirà una mostra qualitativa o semiquantitativa de macroinvertebrats bentònics a les zones reòfiles d'un tram de riu. Després de la identificació de les famílies presents, es calcula el valor final de l'índex considerant el valor indicador d'algunes famílies i la riquesa taxonòmica de la comunitat a la mostra.

NIVELL FORMATIU

Cal estar familiaritzat amb la taxonomia dels macroinvertebrats.

MATERIAL**Mostreig:**

Botes de pescar, safata, pinces, xarxa de malla amb mida de porus de 250 µm, pots hermètics per recollir-hi les mostres, material per etiquetar, formol al 10%, full de camp, llapis, càmera fotogràfica (opcional) i GPS (opcional).

Laboratori:

Sedàs de 250 µm de mida de porus, safata, càpsules de Petri, cullera, pinces, lupa binocular o microscopi òptic si escau.

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 10 min

Després de seleccionar l'emplaçament en un tram amb una llargada de 20 vegades l'amplada del riu, i amb un mínim de 20 m i un màxim de 200 m (aprox.). L'índex està orientat per al mostreig en zones lòtiques. Seguint el protocol, s'identificaran els individus esquius. Tot seguit es procedirà al mostreig començant aigües avall del tram, remonent amb la xarxa els diferents substrats. La mostra es neteja parcialment al camp. Si es té molta experiència pot identificar-se allí mateix, dipositant-la a la safata i procedint a la determinació de les famílies presents. En cas contrari, es fixa amb formol i s'etiqueta per fer-ne la identificació al laboratori.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 2-4 h

Una vegada al laboratori, s'ha de netejar la mostra en un sedàs amb aigua abundant i estendre-la de manera homogènia en una safata. Es col·loquen petites porcions en càpsules de Petri i s'identifiquen a la lupa binocular amb l'ajut d'una guia taxonòmica si és necessari. Una vegada identificats i recomptats els individus, s'enregistren les dades i es calcula l'índex.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Per entrar a la taula en què s'assigna la puntuació, en funció de la riquesa taxonòmica total de la mostra (al nivell de família), se selecciona una de les sis columnes "Riquesa taxonòmica" per acabar determinant el valor FBILL, entrecruant la fila del grup d'entrada amb la columna "Riquesa taxonòmica".

Nivell de qualitat	Valor FBILL	Color representatiu
Aigües molt netes	8-10	 Blau
Eutrofització, aigües amb contaminació moderada	6-7	 Verd
Aigües contaminades	4-5	 Groc
Aigües molt contaminades	2-3	 Taronja
Aigües extremament contaminades	0-1	 Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats poden presentar-se de manera més visual a través d'un mapa on es representi el color de cada tram fluvial.

AVANTATGES

El nivell taxonòmic requerit és relativament fàcil d'assolir amb un cert entrenament, de manera que és ràpid en comparació altres grups d'organismes (p. e., les diatomees), i també per als mateixos macroinvertebrats.

Permet fer recomptes que considerin l'abundància relativa de les famílies a la mostra, de manera que s'adapta a les disposicions de la DMA quant a utilitzar l'abundància com a descriptor de la qualitat.

INCONVENIENTS

Atès que només es mostregen les zones reòfiles, s'obté la composició de la comunitat de macroinvertebrats d'un sol hàbitat del riu.

En no obtenir-se dades quantitatives absolutes, hi ha alguns paràmetres que no es podran calcular a posteriori.

El nivell taxonòmic requerit és baix per efectuar segons quins estudis per als quals és convenient identificar l'espècie.

COMENTARIS

Si es volen obtenir dades d'abundàncies relatives, cal quantificar el nombre d'individus en rangs segons la taula adjunta, o bé determinar un nombre mínim d'individus totals a comptar, i a partir d'aquí calcular el percentatge de cada família.

Rang	1	2	3	4
Nre. ind.	≤ 2	3-10	11-100	> 100

PROTOCOL

gencat.cat/aca



2.1.4.3

IMMi-L

i IMMi-T

NOM DE LA MÈTRICA

Índexs multimètrics per als rius mediterranis, IMMi-L (dades qualitatives) i IMMi-T (dades quantitatives)

OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de macroinvertebrats dels rius temporals no efimers mitjançant dues aproximacions multimètriques que puguin intercalibrar-se amb altres mètriques europees.

MÈTODE

Tots dos índexs consisteixen en la combinació de les mètriques que responen més bé a la degradació general de la comunitat per a aquests tipus de rius.

IMMi-L: Utilitza mètriques qualitatives mitjançant la fórmula:

$$IMMi-L = \sum ((IASPT-2) \cdot (0,4)) + ((EPT) \cdot (0,2)) + ((N^o \text{ taxa}) \cdot (0,2)) + (\% \text{ sel EPTCD}) \quad , \text{ on:}$$

- IASPT-2 és la puntuació ibèrica mitjana per tàxons, que utilitza els valors proposats per Alba-Tecedor *et al.* (2002) menys 2.
- EPT és el nombre de famílies d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters.
- Taxa és el nombre total de famílies.
- % sel EPTCD és el percentatge de la selecció de determinades famílies sensibles d'efemeròpters, plecòpters, tricòpters, coleòpters i dípters.

IMMi-T: Utilitza mètriques quantitatives ponderades que caracteritzen la comunitat, combinades de la manera següent:

$$IMMi-T = \sum \left(\frac{((IASPT-2) \cdot (0,4)) + (Log_{10} EPTCD + 1) \cdot (0,2)}{((EPT) \cdot (0,2)) + ((N^o \text{ taxa}) \cdot (0,2))} \right) \quad , \text{ on:}$$

- Log Sel EPTCD+1 és el logaritme en base 10 de la suma de les abundàncies de determinades famílies sensibles d'efemeròpters, plecòpters, tricòpters, coleòpters i dípters.

NIVELL FORMATIU

No calen coneixements específics, però és important conèixer la naturalesa de les dades amb què es treballa.

MATERIAL

Dades de la comunitat de macroinvertebrats obtingudes seguint els protocols adequats per a cada mètode (vegeu ACA, 2006a).

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 20-60 min

Recollida de les mostres de macroinvertebrats. Per a l'IMMi-L cal seguir un protocol que permeti tenir una estimació de la densitat absoluta. I per a l'IMMi-T el protocol de mostreig necessari és el que proporciona dades qualitatives.

TREBALL DE LABORATORI

⌚ DURADA: 1-3 h

Recompte i identificació dels individus capturats. Una vegada calculades les mètriques, es calcula l'índex.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Valor del quocient de qualitat ecològica relativa (EQR), és a dir, el valor calculat de les mètriques s'ha de comparar amb un valor de referència del tipus fluvial corresponent. Per als rius temporals no efímers, els valors de tall de les classes són els següents:

Nivell de qualitat	Valor
Molt bon estat	< 0,9
Bon estat	0,6-0,9
No acceptable	> 0,6

Un cop combinades les mètriques, els llindars de qualitat poden variar lleugerament segons el tipus fluvial.

AVANTATGES

És una aproximació a la valoració de la comunitat de macroinvertebrats amb un índex multimètric. El fet de fer servir diverses mètriques li atorga una millor robustesa. En ser un índex utilitzat en diferents països europeus permet una millor comparació de l'estat ecològic entre rius de diversos països. Aquestes mètriques mantenen una bona correlació ($r^2 = 0,75$) amb l'IBMWP ([vegeu la fitxa 2.1.4.1](#)), que és la mètrica més utilitzada per a les conques espanyoles.

INCONVENIENTS

Els valors de referència per al càlcul dels EQR són encara provisionals.

L'obtenció de les dades quantitatives requereix més temps, i per tant el processament de les mostres és més costós.

PROTOCOL

Per al mostreig es requereix un protocol de presa de mostres quantitatiu per al IMMi-T, i qualitatiu per al IMMi-L (vegeu ACA, 2006a).

2.1.4.4

MEDPACS

NOM DE LA MÈTRICA

MEDiterranean
Prediction
And
Classification
System**OBJECTIU**

Predir la comunitat de macroinvertebrats que hi hauria en condicions prístines utilitzant la informació de les variables ambientals, per comparar-la amb la comunitat que s'observa en el mostreig rutinari.

MÈTODE

Es tracta d'aplicar el model de predicció a les dades recollides per obtenir les proporcions de qualitat ecològica (EQR = observat/predit) pel nombre de famílies i pels índexs IBMWP i IASPT ([vegeu la fitxa 2.1.4.3](#)), com a indicadors de l'estat ecològic. El model predictiu s'ha d'haver construït a partir d'una base de dades amb les comunitats de macroinvertebrats en condicions de referència i d'un seguit de variables ambientals descriptores de l'ecosistema fluvial.

La primera versió del MEDPACS (Poquet *et al.*, en premsa) s'ha fet usant les dades del projecte GUADALMED (BONADA *et al.*, 2002), essent, per tant, aplicable als rius mediterranis. Aquesta primera versió s'ha desenvolupat combinant les dades de presència/absència de famílies de macroinvertebrats a la primavera, a l'estiu i a la tardor, incloent-hi 115 estacions de referència i sis variables ambientals (altitud, absència d'aigua corrent, coordenada X en UTM, temperatura mitjana de l'aire, i cabal mitjà i pendent específics de la conca).

NIVELL FORMATIU

Molt elevat per a l'elaboració dels models, i força elevat per a l'aplicació del model a la base de dades.

MATERIAL

Dades de la comunitat de macroinvertebrats obtingudes aplicant els protocols corresponents.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: 15-30 min

Recollida de les mostres de macroinvertebrats seguint un protocol quantitatiu o qualitatiu.

TREBALL DE LABORATORI

🕒 DURADA: 2-6 h

Recompte i identificació dels individus capturats. Una vegada es té la llista d'organismes, s'ha de comparar amb la comunitat de referència.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

S'han de comparar els valors observats en la mostra (O) amb els esperats (E) del model construït amb les dades de referència. Es pot calcular aquest valor per un índex determinat (p. e., l'IBMWP), o per la llista d'abundàncies relatives dels diferents tàxons o altres mètriques.

AVANTATGES

Suposa disposar d'una eina de valoració de la comunitat comparant els punts amb l'estat de referència, i en dividir el valor observat i l'esperat, ens dona directament un quocient de qualitat ecològica relativa (EQR).

INCONVENIENTS

Cal que el model estigui validat per a la zona d'aplicació.

COMENTARIS

Actualment aquest índex encara està en fase de desenvolupament i validació.

PROTOCOL

Encara no disponible.

2.1.5

PEIXOS

Què són

Els peixos són vertebrats aquàtics que respiren mitjançant brànquies, neden amb l'ajut d'uns apèndixs anomenats aletes, i tenen una pell coberta per escates generalment d'origen dèrmic. Hi ha peixos sense mandíbules (mixines i lamprees) i peixos mandibulats (i aquests se subdivideixen en cartilaginosis i ossis).

Quins són

A Catalunya, hi ha un total de trenta-cinc espècies i subespècies de peixos pròpiament d'aigua dolça, entre autòctones i al·lòctones. A més d'aquestes, altres espècies d'origen marí poden arribar als trams baixos dels rius.

Al llarg d'una mateixa conca, els peixos es distribueixen segons les variables ambientals com ara la temperatura, la velocitat del corrent, el tipus de substrat, etc., de manera que es dona una zonació longitudinal formada per regions amb diferents espècies dominants. D'una banda, a les zones de muntanya amb aigües fredes, oligotròfiques i ràpides, hi predominen la truita (*Salmo trutta*), el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) i el barb cua-roig (*B. haasi*). Als cursos mitjà i baix dels rius, hi dominen els ciprínids, amb diverses espècies de barbs.

Alhora, s'observa una més gran complexitat de la comunitat íctica des de les parts més altes fins a la desembocadura, amb el clímax al curs mitjà, on hi ha més diversitat d'hàbitats i menys oscil·lació de les condicions del medi. Per contra, les zones de desembocadura, tot i poder tenir una més gran riquesa d'espècies, acostumen a estar més afectades per impactes ambientals.



Fig. 2.1.5.1. A l'esquerra, imatge de *Salmo trutta*, i a la dreta, de *Barbus meridionalis*. Fotos: Marc Ordeix.

Posició tròfica

Les comunitats de peixos estan formades per espècies amb diversos papers tròfics:

- Piscívors: són depredadors d'altres peixos.
- Planctívors: s'alimenten de petits organismes que formen el plàncton, tant dels productors primaris (fitoplàncton) com dels secundaris (zooplàncton).
- Insectívors: mengen insectes i larves.
- Omnívors: tenen una dieta generalista, que inclou tant plantes aquàtiques com animals.

Què indiquen

Pel fet de trobar-se a la part alta de la cadena tròfica, tenen una considerable component integradora dels processos que s'esdevenen al riu. Així, els peixos ofereixen una idea de la qualitat global del sistema, fet que alhora impedeix detectar petites modificacions que potser estaran més manifestes en els nivells inferiors. D'altra banda, l'elevada mobilitat que tenen els permet allunyar-se dels episodis de contaminació, llevat que aquests siguin molt greus o que es trobin amb barreres físiques. Aquest darrer cas l'exemplifiquen els episodis d'anòxia, amb una elevada mortaldat de peixos com a senyal d'alarma més evident.

Els peixos manifesten força ràpidament els efectes de l'alteració del medi, alhora que poden indicar alteracions en la cadena alimentària. Per contra, el fet que les espècies puguin migrar per evitar la contaminació constitueix un desavantatge en l'ús d'aquest grup com a bioindicador.

Què mesurem

De les comunitats de peixos, se n'estudia: l'estructura, sobre la base de l'inventari i la classificació de les espècies segons certs aspectes biològics, com ara l'hàbitat, el paper tròfic, el nivell de tolerància, etc.; l'abundància, fent recomptes de pesques absoluts o relatius, de manera que es coneixen les captures per unitat d'esforç (CPU) i per tipus d'espècie, i la biomassa total i per espècies. Altres elements a valorar en el cas dels peixos són els trets biomètrics (distribució de mides, edats, pes, etc.) i l'estat sanitari, enfocat sobretot a la detecció de malalties, deformitats i paràsits.

Ús a la DMA

Segons l'apartat 1.3.4 de l'annex V de la DMA, on s'indica la periodicitat de mostreig dels indicadors de qualitat en rius, s'estableix com a mínim un control cada tres anys per a la categoria de peixos.

Principals mètriques

Pel que fa als índexs que es desenvolupen a partir d'algunes de les mètriques anteriors, destaquen pel seu ús al nostre país els anomenats d'integritat biològica (Karr *et al.*, 1986). D'aquests, en el present *Manual* es presenta l'índex multimètric IBICAT en la seva primera versió.

2.1.5.1 IBICAT

NOM DE LA MÈTRICA

Índex
d'integritat
biològica
per a
Catalunya



OBJECTIU

Avaluar l'estat ecològic del riu a partir de l'estudi de la comunitat de peixos.

MÈTODE

Consisteix a avaluar la integritat biològica del sistema, és a dir, la capacitat d'aquest per suportar i mantenir una comunitat d'organismes i una organització funcional comparables amb les de l'hàbitat natural. Una manera d'estudiar aquest paràmetre és a través dels peixos (Karr *et al.*, 1986). Una adaptació regional d'aquest mètode és l'IBICAT (Sostoa *et al.*, 2004), amb el qual es pot estudiar si l'activitat humana ha alterat aquesta integritat biològica de l'ecosistema fluvial.

NIVELL FORMATIU

Cal conèixer la taxonomia dels peixos i les tècniques biomètriques i de condició física.

MATERIAL

Equipament resistent a l'aigua i a l'electricitat: Botes de pescador fins a mitja cuixa i guants de neoprè o làtex, aparells de pesca elèctrica (font d'energia, elèctrodes i caixa de control), xarxes de mà amb mida de porus de 5 mm, xarxes de bloqueig, cordes, boies, recipients per transportar-hi els peixos fora del riu amb una capacitat aproximada de 10 l, tanc per emmagatzemar-hi els peixos, anestèsia per a peixos, cinta mètrica, ictiòmetre, balança portàtil, bosses de plàstic, pots hermètics, material d'etiquetatge, formol (per congelar-hi mostres), gel (si cal congelar exemplars), nevera portàtil, full de camp i llapis.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: 2-5 h

El mostreig dels peixos es durà a terme mitjançant pesca elèctrica, amb la zona de mostreig tancada amb xarxes de bloqueig i rastrejant tots els hàbitats de l'àrea delimitada. Els peixos capturats es pesaran, es mesuraran i se n'observarà la condició física, per tal d'obtenir dades complementàries a les estrictament necessàries per calcular l'IBICAT que puguin utilitzar-se en el futur.

TREBALL DE LABORATORI

🕒 DURADA: 1-3 h

Identificació i mesurament dels individus que no hagin pogut identificar-se al camp.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

L'IBICAT dona una classificació de l'estat de les

comunitats de peixos en tres rangs de qualitat, en funció de les característiques generals del riu, expressats en una taula amb l'estructura següent:

Característiques del riu	Mètrica	Nivell de qualitat i valor de la mètrica		
		Molt bo i bo	Mediocre	Deficient i dolent
		5	3	1

AVANTATGES

Valor integrador dels processos funcionals del riu. En tractar-se d'un índex multimètric, utilitza els paràmetres rellevants segons les pressions del medi.

INCONVENIENTS

L'aplicació directa de l'IBI no és possible en qualsevol tipus de riu, ja que són necessaris estudis previs exhaustius per seleccionar les mètriques adequades a cada tipus. Requereix una metodologia de presa de mostres complicada i amb material molt específic.

COMENTARIS

Aquest índex és provisional i s'està ajustant a les tipologies de rius de Catalunya, alhora que s'estan testant noves mètriques.

PROTOCOL
gencat.cat/aca

2.2

INDICADORS DE QUALITAT HIDROMORFOLÒGICA

La qualitat hidromorfològica dels rius s'estableix sobre la base de l'estudi de l'estructura física (morfometria fluvial i estructura del bosc de ribera) i del règim de cabals associat als ecosistemes fluvials. Els rius són sistemes dinàmics que es caracteritzen pel flux d'aigua en tres dimensions: longitudinalment cap a la desembocadura, transversalment connectant amb la ribera, i verticalment amb la zona hiporreica i les aigües subterrànies. La hidromorfologia modela les comunitats i els processos biològics que hi tenen lloc. Tots aquests factors són importants per a la conservació de l'estat ecològic dels rius.

La DMA inclou, en el seu annex V, una llista amb els grups d'indicadors hidromorfològics, anomenats elements de qualitat, que s'han de valorar per classificar l'estat ecològic de les masses d'aigua superficials (fig. 2.2.1). Concretament, estableix que han de servir per diferenciar entre el molt bon estat ecològic i el bon estat ecològic de les masses d'aigua en què els elements de qualitat biològica i fisicoquímica assoleixen les condicions de referència o similars (el molt bon estat ecològic).

Elements de qualitat hidromorfològica	Paràmetres indicatius	Subcapítol
Règim hidrològic	Quantificació i dinàmica del cabal	2.2.1
	Connexió amb masses d'aigua subterrànies	
Continuïtat fluvial	Connectivitat fluvial	2.2.2
Condicions morfològiques	Variació de l'amplada i de la fondària del canal	2.2.3
	Estructura i substrat de la llera	
	Estructura de la zona de ribera	

Taula 2.2.1. Elements de qualitat hidromorfològica i paràmetres proposats per caracteritzar-los, segons la DMA.

En la determinació de l'estat de les aigües cal considerar les condicions de referència, de manera que pugui valorar-se en funció de la desviació respecte a aquestes. La informació discriminada de les diferents mètriques i els paràmetres descriptors dels elements de qualitat hidromorfològica és imprescindible per identificar els aspectes de l'ecosistema sobre els quals cal actuar. De totes maneres, la DMA exigeix una valoració global de cada massa d'aigua que resulti de la combinació de les diferents mètriques avaluades per tal de donar un nivell de qualitat final. Els resultats de la valoració de la qualitat hidromorfològica es poden expressar en els cinc nivells de qualitat que proposa la DMA (taula 2.2.2), i que són útils per fer una prioritització de les actuacions i per al posterior seguiment dels plans de mesures. D'altra banda, les guies elaborades per la Comissió Europea per a la correcta implantació de la DMA (EC, 2003a) preveuen només la utilització de dos nivells de qualitat hidromorfològica en funció de si els elements de qualitat corresponen o no a condicions del tot inalterades o gairebé del tot.

Color representatiu	Nivell de qualitat	Equivalència per al càlcul de l'estat ecològic
 Blau	Molt bo	Condicions del tot o gairebé del tot inalterades
 Verd	Bo	Condicions alterades, que poden ser acceptables
 Groc	Mediocre	Condicions alterades, que no són acceptables (de menys a més grau)
 Taronja	Deficient	
 Vermell	Dolent	

Taula 2.2.2. Nivells de qualitat hidromorfològica.

En la diagnosi de l'estat del sistema, s'han de valorar diversos elements de qualitat hidro-morfològica, que fonamentalment s'utilitzaran en les xarxes de control de vigilància i control operatiu; però aquest darrer, només amb l'objectiu de validar l'operativitat del programa de mesures. Els elements i paràmetres considerats en el control d'investigació depenen de cada cas i es determinaran a través de l'anàlisi de les causes que fan recomanable aquest tipus de control.

Elements	Paràmetres	Mètriques i índexs Control de vigilància	Control operatiu
Règim hidrològic	Compliment dels cabals de manteniment	Relació entre cabals mesurats cabals de manteniment (mesures puntuals)	Relació entre cabals mesurats i cabals de manteniment (mesures en continu)
	Alteració del règim hidrològic. Desviació respecte al cabal en règim natural.	Indicadors d'alteració hidrològica (IHA) segons l'aproximació del rang de variabilitat (RVA), en estacions d'aforament automatitzades	Indicadors d'alteració hidrològica (IHA) segons l'aproximació del rang de variabilitat (RVA)
Continuïtat fluvial	Connectivitat en el canal fluvial	Nombre i valoració de les barreres índex de connectivitat fluvial (ICF)	Mesura de les comunitats ictíques a banda i banda de les barreres
Condicions morfològiques	Estructura i substrat de la llera	Grau d'endegament de la llera Índex d'hàbitat fluvial (IHF)	Índex d'hàbitat fluvial (IHF) Índexs de qualitat del bosc de ribera (QBR) i de la vegetació fluvial (IVF)
	Estructura de la zona de ribera	Naturalitat de la ribera segons els usos del sòl Índex de qualitat del bosc de ribera (QBR)	

Taula 2.2.3. Elements, mètriques i paràmetres usats en el control de vigilància i el control operatiu per part de l'ACA.

Per establir els tres elements de mesura de la qualitat mediambiental que es consideren en la DMA (taula 2.2.3), aquests s'han dividit en paràmetres (cinc), cadascun dels quals es mesura en diferents mètriques, que són variables per a cada país. Les mètriques que es mesuren a Catalunya s'indiquen en la taula 2.2.3 i són les que es descriuen a continuació. Cal dir que, a més de la metodologia suggerida per la DMA, hi ha moltes altres maneres de mesurar la qualitat hidromorfològica, que poden ser específiques de països o regions. Algunes d'aquestes s'inclouen a la bibliografia.

2.2.1

RÈGIM HIDROLÒGIC

Què és

Es tracta del model predominant de flux de les aigües en un període determinat.

Com és

No es pot expressar només com un cabal constant per a un període (instantani [p. e., m³/s], dia, mes, any), o com el cabal acumulat en un període (p. e., hm³/any), sinó que cal donar una especificació de la seva distribució en el temps tant anual com interanual.

El règim hidrològic és natural quan les fluctuacions del cabal d'aigua circulant són degudes a les entrades i sortides d'aigua del sistema amb origen natural (degudes a la meteorologia, la hidrogeologia, etc.). Les activitats humanes alteren el règim natural de maneres diverses, sovint per mitjà de detraccions, embassaments, abocament d'efluents depurats, etc., de manera que aleshores en diem règim alterat.

Què indica

El règim hidrològic indica el rang complet de variació intraanual i interanual del cabal del riu, així com la magnitud i les característiques associades de la temporalitat, per exemple el temps en què un determinat cabal es manté al riu, la freqüència dels cabals per sobre i per sota d'una certa magnitud, i les taxes de canvi dels cabals. Aquestes magnituds i altres són crítiques en el manteniment de la biodiversitat i de la integritat dels ecosistemes aquàtics (Poff, 1996).

Què mesurem

Hi ha una multitud de variables que defineixen diversos aspectes del règim hidrològic. La més important és la comparació del règim de cabals actuals d'un punt amb una referència. En el cas de Catalunya, això es fa veient la diferència que hi ha entre el cabal actual i el que es defineix al Pla sectorial de cabals de manteniment (PSCM) (ACA, 2005b). Aquest Pla defineix el règim de cabals mínim que ha de tenir cada riu de Catalunya.

Ús a la DMA

En el cas de Catalunya, es fa en relació amb el compliment del PSCM i s'avalua de manera diferent segons si es fa un control de vigilància o un control operatiu. En el cas del control de vigilància, s'avalua a través del compliment dels cabals de manteniment calculats en cada tram fluvial. I en el cas del control operatiu, a través del compliment dels cabals de manteniment i de l'alteració del règim hidrològic (índex IHA), mètriques que es presenten en les fitxes següents.

A escala de conca, el compliment dels cabals de manteniment s'ha de valorar com a mínim cada sis anys.

2.2.1.1 CABAL REAL

NOM DE LA MÈTRICA

Cabal instantani

OBJECTIU

Aconseguir una xifra del volum d'aigua que circula pel riu en un moment i un lloc determinats.

MÈTODE

Mesures puntuals de cabal instantani: Per calcular el cabal real que passa per un punt determinat allà on no hi hagi cap estació d'aforament, cal:

- Determinar la secció representativa del tram, on passi tot el cabal del riu i, si pot ser, sense turbulències.
- La profunditat mínima és de 0,10 m, i, si pot ser, l'espai ha d'estar lliure de plantes i obstacles.
- S'ha de mesurar la velocitat de l'aigua i l'àrea de la secció. La secció escollida es dividirà en subseccions i en cadascuna es mesurarà la velocitat de l'aigua.

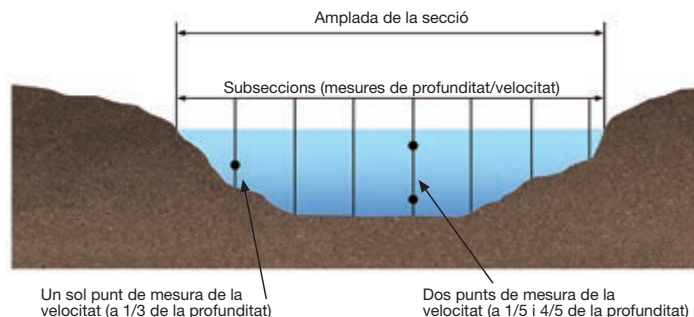


Fig. 2.2.1.1.1. Esquema de la secció d'un riu amb les subseccions on es mesurarà la velocitat i la profunditat. *Il·lustració: Aleix Pons.*

- Per calcular el cabal d'aigua que passa per la secció, se sumaran els cabals en cada subsecció.

Cabal en una subsecció: $Q_i = V_i \cdot A_i$

Cabal total:
on: $Q_T = \sum Q_i$

V_i : és la velocitat de l'aigua a la subsecció

A_i : és l'àrea de la subsecció

Mesures en continu de cabal real: S'utilitza un aparell anomenat limnígraf, que registra a cada instant l'alçada o el nivell d'aigua del riu mesurada sobre una cinta mètrica o un regle. El resultat és el que es coneix com a limnigrama. Aquests gràfics no permeten deduir el cabal de manera directa, sinó que és necessari aplicar una taula de conversions que relacioni els cabals i l'altura. D'aquesta manera, s'obté la corba del cabal respecte al temps, coneguda com a hidrograma.

Per fer unes mesures més precises, de vegades es modifica artificialment la secció. En aquest cas, parlem d'una estació d'aforament (fig. 2.2.1.1.2).

Les mesures de nivell poden fer-se de moltes maneres, per exemple amb un mesurador d'ultrasons, que simplifica la mesura. Actualment la majoria de registres es prenen de manera automatitzada i són accessibles per telecontrol.

NIVELL FORMATIU

Per a la determinació del cabal real puntual no calen coneixements específics més enllà de la trigonometria bàsica.

MATERIAL

Per a la mesura puntual calen: botes de pescar, vara graduada o regla, cinta mètrica i velocímetre.

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 10-30 min

Seleccionar una secció del riu en la qual es vulgui mesurar el cabal, amb aigua circulant. Mesurar amb una cinta mètrica l'amplada total. Decidir quantes divisions s'hi faran per mesurar la velocitat de la secció de riu (cada quan es mesurarà la velocitat, per exemple cada 20 cm d'amplada). Com més ample sigui el riu, més gran pot ser la distància entre dues mesures consecutives. Procedir a les mesures amb el velocímetre situat a una profunditat mitjana i mesurar amb la vara la profunditat total del punt de mesura. Anotar les dades i procedir al càlcul.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

En unitats de volum respecte a temps (per exemple, l/s o m³/s).

AVANTATGES

Es tracta d'una dada fiable, però cal considerar que el cabal fluctua significativament tant al llarg de l'any com entre anys, i que, per tant, és recomanable treballar amb sèries temporals llargues per fer estimacions precises.

INCONVENIENTS

Una sola mesura no és representativa del cabal mitjà anual, i la mesura amb un objecte surant té un cert error.

COMENTARIS

Si no es disposa d'un aparell com el velocímetre, la velocitat de l'aigua pot estimar-se calculant el temps que necessita un objecte surant per recórrer una distància coneguda. Així, per exemple, es pot deixar anar una taronja riu avall i mesurar el temps que tarda a recórrer un tram de riu la llargada del qual s'hagi mesurat prèviament.

PROTOCOL

gencat.cat/aca



Fig. 2.2.1.1.2. Imatge d'una estació d'aforament a la capçalera del riu Llobregat. Foto: Grup FEM.

2.2.1.2 CABAL EN RÈGIM NATURAL

NOM DE LA MÈTRICA

Cabal en
règim
natural

OBJECTIU

Volum d'aigua que circula en règim natural per un sistema fluvial.

MÈTODE

Càlcul de sèries hidrològiques dels cabals que circularien en una conca en condicions inalterades, en funció de la precipitació, dels materials geològics i de l'escolament segons la cobertura del sòl. El període de temps de les sèries varia segons la metodologia; una de les més usades és el mètode Sacramento.

NIVELL FORMATIU

Alt. Són necessaris coneixements d'hidrologia i modelització.

MATERIAL

Informació de cabals diaris o, com a mínim, mensuals dels darrers trenta anys.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: ANYS

Per al càlcul no fa falta treball de camp, però és necessari disposar de les dades recollides en estacions d'aforament per poder validar el règim.

TREBALL DE GABINET

🕒 DURADA: DIES/MESOS

Aplicació de mètodes matemàtics de reconstrucció de sèries naturals mitjançant dades pluviomètriques, hidrològiques i d'ús del territori.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Cabals diaris mitjans o mensuals per a un any, i la seva variabilitat anual i interanual.

AVANTATGES

Permet una precisió important a l'hora de fixar el cabal de manteniment i conèixer millor el règim de cabals naturals.

INCONVENIENTS

És un treball llarg i costós. No sempre es disposa de dades.

COMENTARIS

És una tasca pròpia de l'administració hidràulica que cal dur a terme de manera constant.

PROTOCOL

Vegeu el document ACA (2004).

2.2.1.3

CABAL
DE
MANTENI-
MENT

NOM DE LA MÈTRICA

Cabal de
manteniment

OBJECTIU

El cabal de manteniment s'ha fixat amb l'objectiu de regular l'explotació i l'extracció d'aigua del medi fluvial, per tal de garantir un bon funcionament de l'ecosistema. Es tracta d'obtenir un valor de cabal mínim que permeti el manteniment de la vida piscícola i el funcionament dels ecosistemes fluvials.

MÈTODE

Cabals de manteniment: Els mètodes per al càlcul dels cabals de manteniment es poden agrupar en quatre categories (Palau, 1994; ACA, 2006):

- Mètodes hidrològics (MH): Es basen en l'ús de dades històriques en forma de sèries mensuals o diàries a partir de les quals es defineix, sigui un percentatge fix de cabal mitjà anual (p. e., 10%), o bé un valor derivat d'algun índex, i que serveix per obtenir el cabal mínim teòricament capaç de mantenir unes característiques acceptables de l'ecosistema fluvial. Per exemple, el mètode del cabal bàsic (QBM) (Palau, 1994) o el mètode del cabal de percentatges variables (QPV), que és una adaptació del mètode de Tennant (1976).
- Mètodes de simulació hidràulica (MSH): Es basen en mesures de seccions transversals representatives per tal d'estudiar-hi els canvis que es produeixen en variables hidràuliques simples, com ara el perímetre mullat o la profunditat màxima. Per a aquestes s'estableixen valors limitants per a la fauna aquàtica, de manera que hi calen estudis de reconeixement de la relació "hàbitat-cabal" i la definició en funció del corresponent valor limitant. Per exemple, el mètode del perímetre mullat (Gordon *et al.*, 1992).
- Mètodes de simulació de l'hàbitat fluvial (MSHF): En primer lloc s'obtenen dades exhaustives sobre un estat inicial de referència en el qual s'estudia el comportament d'una espècie o grup d'interès (sovint peixos). Les variables seleccionades es quantifiquen en forma de corbes d'idoneïtat o de "preferència" per a les espècies estudiades, sobre les quals és possible mesurar quins seran els efectes de la variació d'algun dels paràmetres seleccionats. Posteriorment s'analitza la variació de les variables que interessen amb el cabal, de manera que es pot predir l'òptim de descàrregues en diferents estadis com el cabal mitjà de manteniment. Exemple: El mètode hidrobiològic "Instream Flow Incremental Methodology" (IFIM) (Bovee, 1992). Amb diverses aplicacions informatitzades "Physical Habitat Simulation Methodology" (PHABISM) i "River Hydraulics and Habitat Symulation System" (RHYHABSIM) (Jowett, 1989).
- Mètodes multicriteri (holístics) (MMC): Es tracta d'una aproximació a una visió global del riu, en la qual els cabals són el suport bàsic per a tots els components de l'ecosistema. Es basa en la teoria de les pertorbacions, en la qual s'assumeix que alguns dels cabals bàsics i algunes de les avingudes són més essencials que d'altres per mantenir l'ecosistema fluvial. Inclouen variables de la conca, a més de criteris ecològics. Per exemple, el Building Block Methodology (BBM) (King i Tharme, 1994; King i Louw, 1998) i el Holistic Approach (Arthington, 1998).

NIVELL FORMATIU

Cal tenir una àmplia informació de la zona i amplis coneixements en diverses disciplines, com ara la hidrologia, l'ecologia i la biologia.

MATERIAL

Calen dades diverses segons el mètode que vulgui aplicar-se.

MH: Cal disposar de sèries de dades hidrològiques tan llargues com sigui possible.

MSH: Calen mesures de camp d'amplada, pendent i cabal.

MSHF: Calen dades sobre l'estat inicial del medi per a les espècies d'interès i les variables amb què es treballarà.

MMC: Cal un volum més gran d'informació diversa segons l'aproximació escollida.

TREBALL DE GABINET

🕒 DURADA: HORES-DIES

Consisteix en la realització dels càlculs pertinents fins a aconseguir el valor del cabal de manteniment.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

En unitats de volum respecte a temps (per exemple, l/s o m³/s), si bé el cabal de manteniment també pot expressar-se com el percentatge del cabal que circula en règim natural.

AVANTATGES

Els mètodes MH i MSH es basen més en dades hidrològiques i/o d'hàbitat, de manera que són més fàcils d'obtenir i de calcular i força aproximats. Els MSHF i MMC són els que valoren una més gran diversitat d'elements a l'hora de fer el càlcul, de manera que es poden considerar més integradors.

INCONVENIENTS

L'MSHF i l'MMC són d'una gran complexitat, alhora que calen estudis molt llargs i costosos fins a obtenir el valor final. Per contra, els dos primers mètodes no treballen amb tota la informació, de manera que alguns aspectes importants poden ser passats per alt.

COMENTARIS

La relació entre el cabal real (QR) i el cabal de manteniment (QM) és una mètrica utilitzada per valorar el grau de compliment dels darrers. Es fa una comparació de les mesures de cabals reals amb els cabals ambientals o de manteniment que s'han predefinit per a cada tram de riu. La mesura del compliment dels cabals de manteniment s'aplicarà a totes les masses d'aigua, tot i que la metodologia seguida variarà lleugerament segons les pressions a les quals estan sotmesos els trams o masses d'aigua fluvial, com ara pressions relacionades amb la regulació, les extraccions d'aigua o derivacions cap a minicentrals hidroelèctriques (ACA, 2005 i 2006).

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.2.1.4

IHA

NOM DE LA MÈTRICA

Indicadors
d'alteració
hidrològica
(IHA) segons
l'aproximació
del rang de
variabilitat
(RVA)

OBJECTIU

Aquest índex permet determinar uns objectius de naturalitat del règim hidrològic, així com un rang de valors per a cada objectiu, que permeten diagnosticar si el règim hidrològic d'un sistema fluvial es troba en un estat alterat, o bé en un estat proper al natural.

MÈTODE

Es basa en els treballs de Richter (1996, 1997) i el seu principi és la caracterització dels atributs de règim de cabal amb significat ecològic i la seva transposició a un seguit d'objectius de gestió. En concret, el mètode IHA segueix els principis de l'aproximació segons el rang de variabilitat (RVA) de Richter *et al.* (1997).

NIVELL FORMATIU

Es requereixen coneixements específics en hidrologia, biologia i ecologia.

MATERIAL

Sèries de dades i paràmetres hidrològics a estudiar, a més dels programes informàtics adequats.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: ANYS (per obtenir la sèrie de dades)-HORES (per a fer els càlculs)

És necessària l'existència d'una xarxa d'estacions d'aforament, i cal que es tingui un bon coneixement del medi a gestionar.

TREBALL DE LABORATORI

🕒 DURADA: HORES-DIES

Aplicar l'IHA requereix fer sis passos bàsics:

- Caracteritzar el rang natural de variabilitat del règim hidrològic utilitzant un conjunt de trenta-tres paràmetres hidrològics de rellevància ecològica. En el cas de les conques internes de Catalunya, es pot utilitzar l'estudi d'actualització de l'avaluació dels recursos hídrics de les conques internes de Catalunya (ACA, 2002).
- Es determinen els objectius per a cadascun dels trenta-tres indicadors usats; vegeu els indicadors d'alteració de la hidrologia (IHA) proposats per Richter *et al.* (1997) i que recull l'HIDRI (ACA, 2006).
- Sobre la base d'aquests objectius, els gestors han d'elaborar un conjunt de plans de mesures que permetin assolir els objectius de gestió en gairebé tots els anys.
- Simultàniament a l'aplicació dels plans de mesures per recuperar la naturalitat del règim hidrològic, s'ha de dur a terme un estudi per valorar els efectes d'aquests plans sobre l'ecosistema fluvial.
- Al final de cada any, es calculen els trenta-tres indicadors hidrològics i es comparen amb els objectius de gestió determinats amb l'RVA per comprovar si els plans de mesures són efectius o no.
- Es repeteixen el segon i el cinquè passos incorporant les dades dels anys precedents per revisar els plans de mesures.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat segons el compliment dels IHA

Nivell de qualitat	Compliment dels IHA	Color representatiu
Molt bo	> 80%	 Blau
Bo	80-60%	 Verd
Mediocre	60-40%	 Groc
Deficient	40-20%	 Taronja
Dolent	< 20%	 Vermell

AVANTATGES

Els objectius de gestió que se'n desprenen poden ser utilitzats com a guia per dissenyar plans de mesures específiques per a la restauració de la naturalitat del règim hidrològic, tal com exigeix la Directiva marc.

INCONVENIENTS

Mètode de càlcul complex que requereix una bona sèrie de dades plurianuals que només estan a l'abast de certes administracions o equips de recerca.

COMENTARIS

L'índex IHA també pot ser aplicat en estacions d'aforament automatitzades dins del control de vigilància. Aquest valor es complementarà, a les masses d'aigua on es pugui calcular, al valor del complement dels cabals ambientals o de manteniment assignats a cada massa d'aigua. El mètode RVA s'utilitza actualment als Estats Units d'Amèrica, el Canadà i Sud-àfrica com a eina de diagnòstic habitual (Tharme, 2003).

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.2.2

CONNECTIVITAT FLUVIAL

Què és

És tracta d'una propietat dels sistemes naturals que fa referència a la possibilitat que es produeixi el transport i/o la circulació de diversos elements (substàncies químiques, éssers vius, partícules, etc.) entre diverses parts del mateix sistema o cap a sistemes veïns. D'aquesta manera, la connectivitat fluvial estableix que certes propietats de l'espai fluvial es mantindran en l'espai i en el temps.

Què indica

La connectivitat indica la dificultat d'arribar al bon estat ecològic per manca de connexió entre diferents parts del riu.

El manteniment de la connectivitat fluvial és essencial per a la conservació de les poblacions d'organismes presents a la conca hidrogràfica. Les barreres transversals al canal fluvial provoquen pèrdua i alteració de l'hàbitat, a causa de l'alteració del transport de sediments i de la modificació del perfil natural del riu. I alhora impedeixen la migració i la circulació de moltes espècies.

Què mesurem

Aquest paràmetre s'analitza sovint des de la perspectiva de la connectivitat per a la fauna. I més concretament de les poblacions de peixos, de manera que moltes tècniques aniran adreçades a valorar-ne la dispersió i la recolonització. Amb aquesta finalitat, s'analitzen les barreres presents al riu i l'impacte que generen.

Ús a la DMA

El restabliment de la connectivitat per als peixos és un objectiu de la DMA. A escala de conca, s'ha de valorar la connectivitat fluvial com a mínim cada sis anys.

En el cas de Catalunya, la mètrica que s'utilitza és l'índex de connectivitat fluvial (ICF), una mesura d'elaboració pròpia de l'ACA.



2.2.2.1

ICF

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de connectivitat fluvial

OBJECTIU

Avaluar la connectivitat fluvial per a la ictiofauna.

MÈTODE

En primer lloc, es duu a terme una caracterització de la ictiofauna local. Els peixos es classifiquen en quatre grups segons la seva mobilitat, la seva capacitat de superar obstacles i la seva presència als rius de la xarxa fluvial. Posteriorment, es valora l'efecte barrera dels obstacles presents al riu per a les espècies observades. Finalment, també es valora l'efectivitat de les infraestructures (com ara passos de peixos) que han d'ajudar a superar els possibles obstacles existents.

NIVELL FORMATIU

És necessari tenir coneixements de la biologia i ecologia dels peixos, i també estar familiaritzat amb els càlculs necessaris per valorar l'impacte de les infraestructures.

MATERIAL

Protocol, llapis, GPS (opcional) i càmera fotogràfica (opcional).

TREBALL DE CAMP

⌚ DURADA: 15-30 min

Localització de les barreres artificials a la zona d'estudi, i catalogar-les i anotar-ne la posició. Es tipifiquen les infraestructures i se n'avalua la funcionalitat i l'estat de conservació. Es prenen un seguit de mides de l'obstacle. Es determina a quin grup pertanyen les espècies piscícoles que es troben potencialment al tram. S'acaben de valorar els aspectes que proposa el protocol.

TREBALL DE GABINET

⌚ DURADA: HORES-DIES

Processament de la informació i càlcul. El temps per fer-ho és variable en funció del tipus de riu i de la informació preexistent.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

La valoració es duu a terme en dues etapes: una primera en què a través de la taula de valoració es combinen els passos per peixos, i la valoració dels obstacles.

Valoració del pas de peixos				
Valoració de l'obstacle	Eficient	Eficient per alguns grups	Ineficient	Sense
Sense				■ Molt bo
Franquejable	■ Bo	■ Bo	■ Bo	■ Bo
Infranquejable per a alguns grups	■ Bo	■ Mediocre	■ Deficient	■ Deficient
Infranquejable per a tots els grups	■ Mediocre	■ Deficient	■ Dolent	■ Dolent

Finalment, es pondera la taula anterior amb els moduladors finals.

Resultat taula	Resultat final
 Molt bo	 Bo
 Bo	 Mediocre
 Mediocre	 Deficient
 Deficient	 Dolent
 Dolent	 Dolent

Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

Mètode relativament senzill que utilitza indicadors molt sensibles a la connectivitat fluvial.

INCONVENIENTS

Només valora la connectivitat per a la ictiofauna i deixa de considerar altres aspectes, com ara el transport de sediments.

COMENTARIS

Si es treballa en equip, és convenient que els membres de l'equip estiguin familiaritzats amb el protocol per evitar errors derivats de la percepció personal.
D'altra banda, cal considerar que aquest protocol és recent i que se n'està provant l'aplicabilitat.

PROTOCOL

gencat.cat/aca



Escala de peixos a la riera de la Vall d'Horta, Sant Llorenç del Munt.
Foto: Narcís Prat.

2.2.3

CONDICIONS MORFOLÒGIQUES

Què és

La morfologia fluvial, en un sentit ampli, estudia la mecànica dels processos fluvials (com ara les interaccions entre el canal, la plana al·luvial, la xarxa de drenatge i la conca) i l'evolució de les formes del riu.

És important definir l'escala espacial de treball:

- Microhàbitat: part molt petita i especialitzada de l'hàbitat (p. e., l'espai entre dos còdols submergits).
- Macrohàbitat: unitats específiques que es poden anar repetint al llarg del riu (p. e., zones de corrent, ràpids i basses).
- Tram: porció més gran del sistema que pot reunir diversos macrohàbitats i que té unes característiques generals similars (p. e., meandre).
- Vall: espai per on corre el riu considerant-ne la subconca més propera.
- Conca: conjunt de subconques limitada per la divisòria d'aigües.

Què indica

La conservació de la morfologia fluvial respecte a la referència. La presència dels mateixos hàbitats que en l'estat de referència estarà en consonància amb el bon estat ecològic. Alhora, és important no oblidar que el riu és un sistema dinàmic en el qual els canvis de la morfologia fluvial són intrínsecs al sistema (p. e., els canvis produïts en un meandre al llarg dels anys en relació amb les crescudes).

Què mesurem

El nivell de qualitat de les condicions morfològiques es valora sobre la base de l'estructura de la llera i l'estructura de la zona de ribera. Alhora, en funció de l'escala que s'estudiï, es mesuraran paràmetres diferents:

- Microhàbitat: granulometria, porositat, etc.
- Macrohàbitat: velocitat, substrat, etc.
- Tram: cabal, pendent, amplada, profunditat, cobertura vegetal, etc.
- Vall: cobertura vegetal, rugositat, etc.
- Conca: règim de cabals, climatologia, usos del sòl, etc.

Ús a la DMA

Molts dels paràmetres proposats tant a la DMA com en les normes CEN (EC, 2002a) per valorar la morfologia dels rius, no s'utilitzen per determinar un nivell de qualitat morfològica del riu, tot i que és recomanable incloure'ls en les mesures de les xarxes de control.

D'entre tots els sistemes possibles, presentem a continuació els escollits per l'ACA: el grau d'endegament de la llera, l'IHF, el QBR i l'IVF.

2.2.3.1

NOM DE LA MÈTRICA

Grau
d'endega-
ment
de la llera

OBJECTIU

Avaluar la connectivitat fluvial per a la ictiofauna.

MÈTODE

S'avalua a partir de la determinació de la proporció de tram afectat per endegaments (obres o intervencions de condicionament hidràulic del riu), respecte a la longitud total del tram avaluat, considerant les característiques dels endegaments existents.

Es determinarà un valor quantitatiu del nivell d'endegament sobre la base de la longitud total del tram d'estudi i de la longitud dels diversos trams endegats, ponderada pel tipus d'endegament segons la fórmula:

$$END = \frac{\sum (longitud_endegament \cdot coeficient)}{longitud_massa_aigua}$$

NIVELL FORMATIU

No és necessari que la persona que empleni el full de camp tingui una formació elevada, més enllà d'estar familiaritzada amb les característiques dels endegaments fluvials.

MATERIAL

Full de camp, llapis i guia d'identificació de plantes (opcional).

TREBALL DE CAMP ⌚ DURADA: 20 min

Delimitació de l'inici, la fi i la longitud total del tram fluvial a estudiar. Posteriorment, es localitzen els trams dins de la zona d'estudi on s'han dut a terme endegaments, i se'n determina la llargada i el tipus d'infraestructura de protecció.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor	Color representatiu
Molt bo	< 0,1	Blau
Bo	0,1-0,2	Verd
Mediocre	0,2-0,3	Groc
Deficient	0,3-0,4	Taronja
Dolent	> 0,4	Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual a través d'un mapa on es representi el color de cada tram fluvial.

AVANTATGES

És un mètode senzill, fàcil i ràpid d'aplicar que permet fer una valoració a gran escala de la morfologia fluvial.

INCONVENIENTS

Són necessàries observacions més exhaustives per avaluar l'efecte real dels endegaments.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.2.3.2

IHF

NOM DE LA MÈTRICA

Índex
d'hàbitat
fluvial

OBJECTIU

Avaluar la diversitat d'hàbitats fluvials.

MÈTODE

La valoració es duu a terme sobre la base de l'estudi de set característiques diferents que fan referència a l'estat de l'hàbitat fluvial:

- Inclusió de ràpids - sedimentació de basses.
- Freqüència de ràpids.
- Composició del substrat i mida de les partícules.
- Règims de velocitat/profunditat.
- Percentatge d'ombra a la llera.
- Elements d'heterogeneïtat.
- Cobertura i diversitat de la vegetació aquàtica.

Cadascun d'aquests blocs es puntua de manera independent. La suma dels subapartats dóna un valor total de l'índex d'entre 0 i 100 punts.

NIVELL FORMATIU

No és necessari que la persona que empleni el full de camp tingui una formació elevada, més enllà del coneixement bàsic de la morfologia dels rius.

MATERIAL

Full de camp, llapis i càmera de fotos (opcional).

TREBALL DE CAMP DURADA: 15 min

Delimitació d'un tram de 100 metres representatiu de l'estat general del riu a estudiar, i emplenar el full de camp amb els resultats de les observacions i que coincideixi amb la zona on s'aplicaran els altres índexs.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Valor IHF	Nivell de qualitat
> 60	Hàbitat adequat
40-60	Hàbitat amb algunes limitacions
< 40	Hàbitat que pot limitar la presència de certes espècies

AVANTATGES

És un mètode senzill i ràpid d'aplicar que permet fer una valoració de la potencialitat de l'hàbitat per acollir organismes aquàtics.

INCONVENIENTS

Són necessàries observacions més exhaustives per obtenir una informació més completa. No és útil per a restauracions.

COMENTARIS

Els seus resultats no expressen estrictament un nivell de qualitat, de manera que no seran utilitzats per caracteritzar la qualitat hidromorfològica de la llera, tot i que sí que ho seran en la caracterització dels paràmetres físics.

En tot cas, la seva determinació és important per valorar si el resultat del mostreig biològic és representatiu (especialment macroinvertebrats i peixos) pot ser alterat de manera significativa per la morfologia fluvial (si l'IHF < 40).

PROTOCOL

gencat.cat/aca



2.2.3.3

QBR

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de qualitat del bosc de ribera (QBR)

OBJECTIU

Avaluar l'estat de conservació de la vegetació de ribera.

MÈTODE

L'observador identificarà les principals espècies vegetals i les condicions de la ribera i la riba d'un tram d'aproximadament 100 metres de llargada seguint els passos del protocol. És recomanable fer una fotografia del lloc i situar-lo geogràficament amb coordenades UTM. L'índex està subdividit en quatre apartats descriptius del nivell de conservació del tram fluvial:

- Grau de cobertura vegetal de la zona de ribera
- Estructura de la coberta
- Naturalitat i complexitat de la coberta
- Grau d'alteració del canal fluvial.

Cadascun dels apartats puntua de 0 a 25. La suma dels quatre apartats dóna un valor total de l'índex d'entre 0 i 100 punts.

NIVELL FORMATIU

No és necessari que la persona que empleni el full de camp tingui una elevada formació més enllà del coneixement bàsic de les espècies d'helòfits, arbustos i arbres de ribera, ni un cert grau d'entrenament previ en l'ús del protocol.

MATERIAL

Full de camp, llapis i guia d'identificació de plantes (opcional).

TREBALL DE CAMP ⌚ DURADA: 15- 20 min

Delimitació d'un tram de 100 metres representatiu de l'estat general del riu a estudiar, i emplenar el full de camp amb els resultats de les observacions.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari, tot i que, si no es reconeix alguna espècie vegetal, un pot endur-se'n una mostra per fer-ne posteriorment la identificació.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor QBR	Color representatiu
Bosc de ribera sense alteracions, qualitat molt bona	≥ 95	 Blau
Bosc lleugerament pertorbat, qualitat bona	75-90	 Verd
Inici d'alteració important, qualitat intermèdia	55-70	 Groc
Alteració forta, mala qualitat	30-50	 Taronja
Degradació extrema, qualitat pèssima	≤ 25	 Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats poden presentar-se de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

És un mètode senzill, fàcil i ràpid d'aplicar que permet fer una valoració de l'estat ecològic de la ribera. En un estudi exhaustiu, es pot utilitzar com a base d'un programa de restauració.

INCONVENIENTS

Són necessàries observacions més exhaustives per obtenir una informació més completa. En tot cas, és un mètode que complementa l'estudi dels indicadors biològics.

COMENTARIS

És convenient que qui apliqui el protocol estigui familiaritzat amb aquest, per així evitar errors derivats de la percepció personal.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

Bosc de riera en molt bon estat a l'alt Llobregat. Foto: Narcís Prat i Maria Rieradevall.





2.2.3.4

IVF

NOM DE LA MÈTRICA

Índex de vegetació fluvial

OBJECTIU

Avaluar les formacions vegetals de ribera.

MÈTODE

Valoració d'un seguit d'aspectes de la comunitat vegetal de ribera, relatius al recobriment de diferents formacions, la permanència de l'aigua, la proporció de substrats, l'inventari d'hidròfits, etc. Paral·lelament es valoren els factors de correcció.

NIVELL FORMATIU

És necessari que la persona que empleni el full de camp tingui una elevada formació en la identificació de les espècies d'helòfits, arbustos i arbres de ribera.

MATERIAL

Full de camp, llapis i guia d'identificació de plantes (opcional).

TREBALL DE CAMP DURADA: 45-60 min

Delimitació d'un tram de 100 metres representatiu de l'estat general del riu a estudiar, i emplenar el full de camp amb els resultats de les observacions.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari, tot i que, si no es reconeix alguna espècie vegetal, un pot endur-se'n una mostra per fer-ne posteriorment la identificació.

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Cursos d'aigua permanent-semipermanent	Cursos d'aigua torrencial i/o efímer	Color representatiu
Molt bo	≥ 8	≥ 7	 Blau
Bo	6,00-7,99	5,00-6,99	 Verd
Mediocre	4,00-5,99	3,50-4,99	 Groc
Deficient	2,00-3,99	2,00-3,49	 Taronja
Dolent	< 2	< 2	 Vermell

Si es mostreja més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

És un índex exhaustiu que ofereix informació precisa sobre la composició de la comunitat vegetal de ribera.

INCONVENIENTS

No és un mètode tan ràpid com d'altres (p. e., el QBR). Alhora, tampoc no aporta informació addicional de caràcter morfològic.

COMENTARIS

L'aplicació d'aquest índex té una perspectiva florística.

PROTOCOL

gencat.cat/aca

2.3

INDICADORS DE QUALITAT FISICOQUÍMICA

La qualitat fisicoquímica de les aigües es defineix segons un seguit de paràmetres que caracteritzen l'aigua sobre la base de diversos paràmetres analítics relatius a la seva composició i propietats. Els primers estudis sobre la qualitat de l'aigua es basaven, fonamentalment, en la mesura d'alguns d'aquests paràmetres. Actualment, la DMA recull a l'annex V els indicadors químics i fisicoquímics que afecten els indicadors biològics, amb una visió més integradora de l'ecosistema i les relacions entre els seus components.

Des d'aquest punt de vista, els indicadors fisicoquímics se subdivideixen en dos blocs (taula 2.3.1).

Indicadors fisicoquímics	Paràmetres
Generals	Condicions tèrmiques
	Condicions d'oxigenació
	Salinitat
	Estat d'acidificació
	Nutrients
Contaminants específics	Contaminació produïda per totes les substàncies prioritàries que es té constància que s'han abocat a la massa d'aigua
	Contaminació produïda per altres substàncies que es creu que s'han abocat a la massa d'aigua en quantitats significatives

Taula 2.3.1 Indicadors fisicoquímics que afecten els indicadors biològics segons l'annex V de la DMA.

La DMA fixa també la periodicitat de les anàlisis de cadascun dels paràmetres segons es tracti de control de vigilància o de programa de mesures. Pel que fa a les substàncies prioritàries, actualment s'està desenvolupant l'annex X de la DMA, on es recullen més d'una trentena de compostos amb els seus estàndards de qualitat ambiental. Per conèixer els límits legals específics per a cada contaminant, cal adreçar-se a les directives i normatives específiques.

S'entén que no és l'objectiu del present *Manual* fer un recull exhaustiu dels compostos químics que es poden trobar a les aigües superficials, atesa la seva gran extensió i varietat. Per unificar conceptes, en els subcapítols següents es presenten els indicadors fisicoquímics agrupats en quatre blocs: “Paràmetres bàsics”, “Matèria orgànica”, “Nutrients” i “Tòxics”, amb una breu descripció de les seves característiques. Finalment, en les fitxes d'aquest apartat s'han descrit dues de les mètriques que més s'han utilitzat per caracteritzar globalment la qualitat fisicoquímica de les aigües: l'índex simplificat de qualitat de l'aigua (ISQA) i l'índex de qualitat general (ICG), tot i que no s'usen en el control de vigilància de la DMA.

2.3.1

PARÀMETRES BÀSICS

Què són

Són paràmetres que no poden superar un valor, o bé s’han de moure en un interval determinat perquè hi puguin viure els organismes. Si superen aquell valor o són inferiors o superiors als valors òptims, el funcionament de l’ecosistema se’n ressent independentment de qualsevol altre paràmetre.

Quins són

La temperatura és un paràmetre termodinàmic que caracteritza la calor emmagatzemada en un sistema o la transferència d’aquesta. La temperatura es pot expressar en diverses escales de mesura, la més habitual de les quals és la centígrada (°C).

El pH és una mesura del grau d’acidesa o de basicitat de l’aigua, en tant que caracteritza la concentració de protons. Els valors de pH varien de 0 (àcida màxima) a 14 (basicitat màxima), considerant-se neutre el pH de 7.

Els sòlids en suspensió són una mesura directa de la quantitat de partícules sòlides presents a l’aigua. S’expressen en unitats de massa respecte a un volum de líquid (p. e., mg/l).

La conductivitat és la capacitat d’un líquid per conduir l’electricitat en funció de la concentració d’ions; és a dir, com més sals dissoltes, més alta és la conductivitat. S’expressa en unitats de massa respecte a volum de líquid en tant per mil (‰); també s’expressa en microsiemens per centímetre (µS/cm), que són les unitats de la inversa de la resistivitat. A l’aigua dolça els valors solen ser inferiors a 1.000 µS/cm.

Per a tots aquests paràmetres, els organismes aquàtics presenten diferents sensibilitats i toleràncies, i es poden establir nivells màxims i mínims òptims per a cada espècie. Quan varien les condicions, unes espècies són afavorides respecte a d’altres, i canvia la composició de les comunitats fins que s’arriba a un nou estat. Els valors d’aquests paràmetres compatibles en general amb la vida en condicions òptimes als ecosistemes aquàtics, els seus efectes, la seva procedència i influència sobre la depuració de les aigües, es recullen a la taula 2.3.1.1.

Paràmetre	Valors òptims per a la vida	Efectes als ecosistemes aquàtics	Fonts
Temperatura	< 30 °C	- Increment de taxa metabòlica - Potenciació de tòxics	- Desforestació - Refrigeració / embassaments
pH	6 - 8	- Acidificació	- Pluja àcida / mines - Indústria
Sòlids en suspensió	< 50 mg/l	- Poca penetració llum - Mecànics - Rebliment	- Desforestació - Mines - Obres públiques / graveres - Agricultura industrial
Sals	< 1 ‰	- Pressió osmòtica interna - Descalcificadors	- Mines de sal

Taula 2.3.1.1. Quadre amb algunes consideracions sobre els paràmetres descriptors de la condició general de les aigües dolces.

Quins efectes produeixen

Els augments de temperatura poden potenciar els efectes d'altres contaminants, ja que augmenten la cinètica de les reaccions. Alhora, això també afecta la solubilitat dels gasos, ja que a més temperatura, menys solubilitat d'aquests, fet especialment rellevant per al cas de l'oxigen. A causa de la combinació d'aquests dos factors, es pot donar el cas que un augment de temperatura provoqui un esgotament més gran de l'oxigen, en augmentar-ne la velocitat de consum i disminuir la taxa d'entrada a l'aigua.

Al medi ambient, un pH massa baix (per sota de 6) o massa alt (per damunt de 9) és un factor que per ell mateix fa difícil la vida dels organismes aquàtics. El valor del pH pot ser clau a l'hora de condicionar la forma en què es troben els minerals, determinant que un contaminant es presenti o no a l'aigua. Per exemple, uns valors de pH baixos afavoreixen la presència de metalls pesants en solució en l'aigua, mentre que amb valors alts de pH la majoria dels metalls pesants (excepte el mercuri i el crom) tendeixen a precipitar.

Els sòlids en suspensió fan que l'aigua perdi transparència i que els espais sota i entre les pedres s'omplin de fang, de manera que fan desaparèixer refugis per als organismes. Tot i que molts organismes poden tolerar episodis de sòlids en suspensió alts (en cas d'una inundació, per exemple), no són gaires els que s'hi han adaptat d'una manera habitual (pensem, però, en els peixos gat de llargs bigotis, adaptats a viure en ambients d'aquest tipus als rius permanentment tèrbols).

Les sals no són un problema per als organismes marins sempre que la salinitat no variï gaire al voltant del 35%, però a les aigües dolces representen un problema molt important per a organismes adaptats a viure amb poques sals al medi (< 1‰). Tot i que hi ha moltes adaptacions i que hi ha organismes capaços de tolerar grans extrems o grans variacions de la salinitat (la vida s'ha adaptat a gairebé tot), la majoria de les espècies d'aigua dolça toleren malament la sal.

Com es mesuren

La temperatura es pot mesurar al camp o al laboratori mitjançant l'ús d'un termòmetre.

El pH es pot determinar al camp o al laboratori amb un mesurador de pH, calibrat convenientment.

Els sòlids en suspensió s'acostumen a mesurar al laboratori amb procediments gravimètrics, per filtració o amb altres tècniques si es vol determinar la fracció dels sòlids corresponent a matèria orgànica o inorgànica. Al camp es pot mesurar directament la terbolesa, tot i que no sempre està ben correlacionada amb els sòlids en suspensió.

La conductivitat es mesura habitualment al camp amb un conductímetre.

Avui dia es disposa d'una gran oferta de mesuradors de camp que incorporen aquestes mesures i d'altres. Per això, són molt fàcilment mesurables.

2.3.2

MATÈRIA ORGÀNICA

Què és

Aquest apartat se centrarà en la matèria orgànica produïda pels éssers vius (biomolècules), tot i que aquesta també pot ser sintetitzada artificialment. La matèria orgànica és un dels contaminants més importants en els ecosistemes aquàtics.

Quins són

El paràmetre de mesura més directe és la concentració d’oxigen dissolt a l’aigua (O₂), tot i que no reflecteix únicament la presència de matèria orgànica. De manera més precisa, la quantitat de matèria orgànica present a l’aigua s’acostuma a avaluar a través de la mesura de dos paràmetres: la demanda bioquímica d’oxigen (DBO) i la demanda química d’oxigen (DQO).

La DBO és una mesura destinada a conèixer quin consum d’oxigen es farà per part dels productes químics i, sobretot, dels bacteris ([vegeu l’apartat 2.1.1](#)).

La DQO s’obté en oxidar tota la matèria orgànica present a la mostra mitjançant un oxidant químic fort. Així doncs, no es tindrà idea només de la que és assimilable pels organismes, sinó que també reflectirà, per exemple, la presència de compostos químics inorgànics o orgànics refractaris.

Tots els paràmetres s’expressen en unitats de massa respecte a volum (p. e., mg/l).

Paràmetre	Valors òptims per a la vida	Efectes als ecosistemes aquàtics	Fonts
O ₂	> 5 mg/l	- Hipòxia o anòxia	- Fulles d’arbres
DBO	< 5 mg/l	- Increment de la DBO	- Urbanes
		- Tensoactius	- Industrials (alimentació)
DQO	< 30 mg/l	- Potenciació de tòxics	- Purins
		- Eutrofització	

Taula 2.3.2.1. Consideracions sobre els paràmetres descriptors de la matèria orgànica de les aigües dolces.

Quins efectes produeixen

La contaminació per matèria orgànica a l’aigua produeix un increment de l’activitat bacteriana que consumeix l’oxigen de l’aigua i que té com a resultat la mort per asfíxia dels animals que hi viuen. Tot i que en l’aire hi ha molt oxigen, aquest es difon amb dificultat en l’aigua i es consumeix amb més rapidesa que no pas és reposat. Valors d’oxigen inferiors a 5 mg/l ja suposen la desaparició de moltes espècies, excepte les adaptades a viure en aigües que continguin poc oxigen.

En un aigua neta, sense matèria orgànica, la DBO no supera els 5 mg/l. Aquest és el valor de referència si no volem afectar un riu. La DBO d'un abocament urbà sense depurar pot ser de 300 mg/l, i la de l'abocament d'un celler pot arribar als 4.000 mg/l. Evidentment, és molt important el cabal del riu per calcular els efectes d'un abocament.

La DQO és normalment superior a la DBO (dues o tres vegades, com a mínim). Els valors elevats de DQO (centenars o milers de mg/l) són característics dels abocaments industrials, els quals solen presentar una relació DQO/DBO molt alta (valors superiors a 10 o més). Això fa difícil la depuració biològica.

Com es mesura

La concentració d'oxigen dissolt en l'aigua es mesura habitualment amb sensors de camp. Per mesurar la DBO, s'incuba la mostra d'aigua en un recipient tancat a 20 °C, en condicions de foscor i durant cinc dies. Durant aquest temps, els microorganismes presents a l'aigua oxidaran la matèria orgànica consumint oxigen. Es mesura l'oxigen abans i després de la incubació. La diferència és el consum d'oxigen.

La DQO es mesura mitjançant una reacció química que oxida tot allò que és oxidable en l'aigua problema. Poden utilitzar-se substàncies químiques oxidants, com ara el dicromat o el permanganat potàssic. En afegir l'oxidant, la mostra es fa bullir durant dues hores, i després es mesura la quantitat de reactiu. Aquesta quantitat indica quanta matèria orgànica s'ha consumit en la reacció i, per tant, quant d'oxigen.



El riu Besòs a la seva part baixa amb contaminació aparent. Foto: Grup FEM.

2.3.3

NUTRIENTS

Què són

Els nutrients són elements essencials necessaris per al desenvolupament de les funcions vitals dels organismes. Es poden classificar en macronutrients i micronutrients segons si els organismes els necessiten en quantitats més o menys elevades. A més de la quantitat absoluta d'un nutrient disponible al medi ambient, és important considerar les proporcions en què es troben els diferents components per entendre'n l'assimilació per part dels éssers vius. Els nutrients són elements que limiten la producció.

Dels productors primaris, el fòsfor i el nitrogen en són els més importants. Aquests estan presents en poca quantitat en els organismes, però encara menys en el medi; o bé estan de forma no utilitzable pels organismes (el N₂ atmosfèric és molt abundant). La seva manca és en molts casos l'origen de la falta de creixement de les plantes, que es tradueix en la manca d'aliment per als altres organismes.

Quins són

El nitrogen (N) es troba fonamentalment dissolt a les aigües continentals, on, en funció de la quantitat d'oxigen present al medi, pot prendre formes oxidades: fonamentalment nitrat (NO₃⁻) i nitrit (NO₂⁻), o reduïdes com l'amoníac (NH₃), el qual en l'aigua, als pH que habitualment aquesta té, s'hi troba en forma d'ió amoni (NH₄⁺). Les concentracions de les diferents formes de nitrogen són determinats per al medi aquàtic. Per exemple, si hi ha molta abundància de formes oxidades utilitzables pels organismes, la producció primària pot ser molt gran ([vegeu l'apartat “Quins efectes produeix”](#)). D'altra banda, en condicions de baixa concentració d'oxigen (hipòxia o anòxia) predominen les formes reduïdes, que en altes concentracions esdevenen tòxiques.

El fòsfor (P) es troba en quantitats importants a les zones sedimentàries, en forma de diferents minerals, i gairebé sempre associat al calci. L'erosió d'aquestes roques provoca la solubilització del fòsfor com a ió fosfat (PO₄³⁻) en l'aigua, d'on pot ser transportat cap als rius. De l'aigua, els éssers vius el capten per emprar-lo en el seu funcionament, per incorporar-lo a les seves biomolècules. S'allibera altra vegada al medi per l'excreció o la mort dels organismes vius, d'on pot ser novament captat en el procés de reciclatge intern. El fòsfor és el principal element limitant de la producció primària a les aigües dolces.

Els dos paràmetres s'expressen amb unitats de massa respecte a volum (per exemple, mg/l).

Paràmetre / Valors òptims per a la vida	Efectes en els ecosistemes aquàtics	Fonts
P - fòsfor / < 0,02 mg/l	- Eutrofització	- Urbanes
N - nitrogen / < 10 mg/l	- Creixement excessiu d'algues	- Industrials
		- Detergents
		- Purins
		- Difuses

Taula 2.3.3.1. Consideracions sobre els paràmetres descriptors dels nutrients de les aigües dolces.

Quins efectes produeixen

Els nutrients són utilitzats pels organismes que els agafen del medi. Amb la mort de l'organisme o per excreció, poden retornar al medi, d'on són utilitzats altra vegada. L'home, en una multitud d'activitats, aporta nutrients al medi, de manera que afavoreix la producció primària i, per tant, el creixement de les plantes.

Aquest fet pot desembocar en una situació d'eutrofització quan, en el cas de l'aigua, una disponibilitat molt alta de N i P provoqui una proliferació exagerada d'algues i plantes aquàtiques. Això pot portar associats altres problemes, com ara el consum excessiu d'oxigen per oxidar l'excés de matèria orgànica vegetal, la mort de peixos i altres animals, i la dificultat de potabilitzar l'aigua pel creixement excessiu d'algues productores de toxines.

Com es mesura

La mesura tant del fòsfor com del nitrogen es realitza sobre la base de determinar-ne la concentració en l'aigua amb procediments analítics específics, que poden realitzar-se al camp, tot i que amb una menor precisió que al laboratori (per a més informació, consulteu la bibliografia sobre mètodes d'anàlisi).

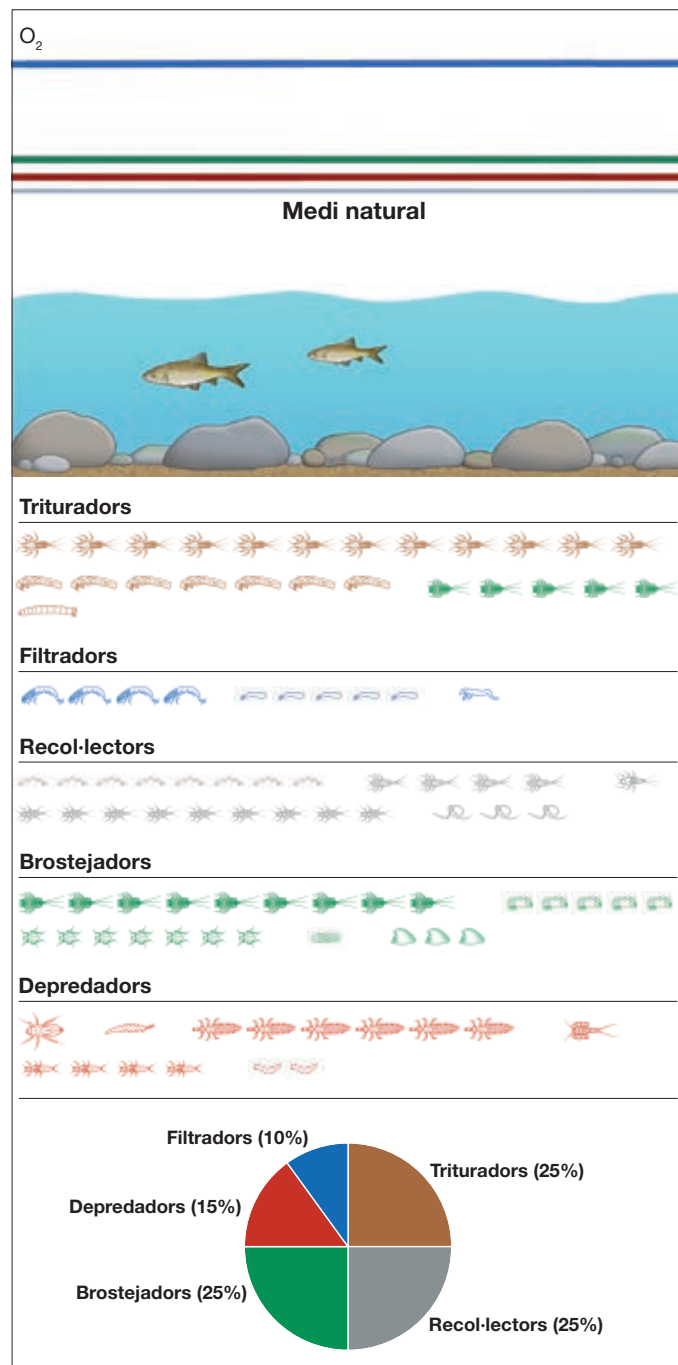
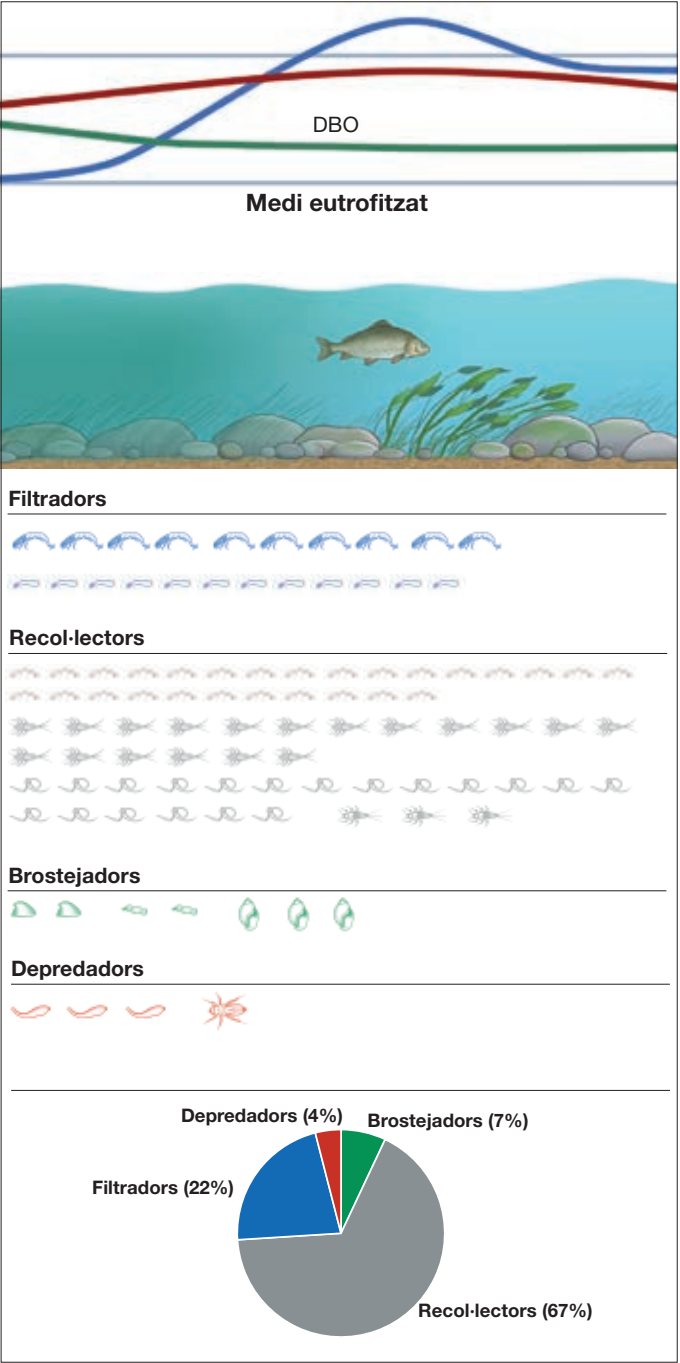
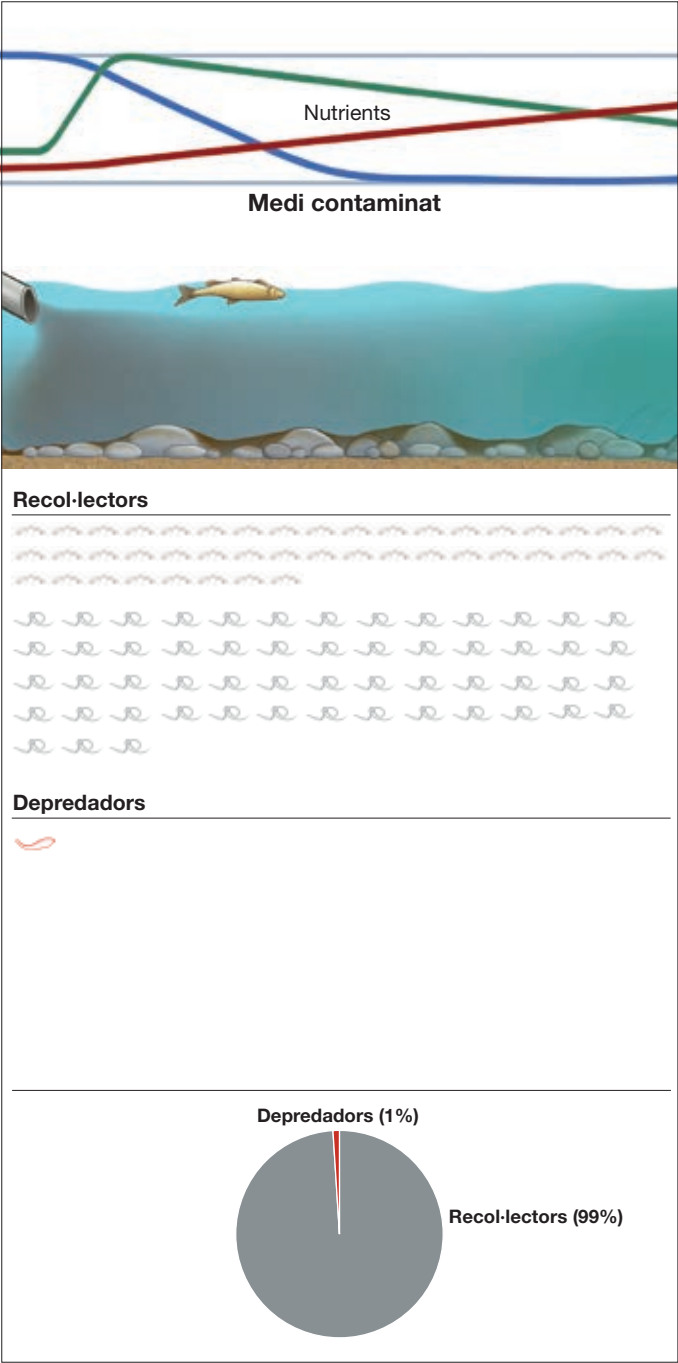


Fig. 2.3.3.1. Autodepuració del riu després d'un episodi de contaminació.
 Il·lustració: disseny original dels autors. Dibuix de la part superior: Aleix Pons. Dibuix organismes: Maria Rieradevall.



2.3.4

TÒXICS

Què són

Qualsevol substància que en quantitats relativament petites produeix uns efectes importants sobre els organismes, que la majoria de les vegades són la mort, és un tòxic.

Quins són

Els metalls pesants en concentracions elevades poden ser tòxics per als organismes, ja que poden acumular-se dins seu (bioacumulació). Els metalls que més habitualment poden trobar-se com a tòxics en les aigües són l'arsènic (As), el cadmi (Cd), el coure (Cu), el crom (Cr), el plom (Pb), el mercuri (Hg), el níquel (Ni) i el zinc (Zn).

Els pesticides són productes químics de protecció enfront de plagues. Poden ser herbicides, fungicides, insecticides, etc. Els que contenen compostos de clor, els organoclorats (com el DDT) van ser substituïts pels organofosforats, com ara el paratí, menys persistents però més tòxics.

Paràmetre	Valors òptims per a la vida	Efectes en ecosistemes aquàtics	Fonts
Metalls	Valors variables però en general en el rang de µg/l	- Letals	- Industrials
Pesticides		- Subletals	- Passives (recobriments)
Microcontaminants orgànics		- Bioacumulació	- Control de plagues
Dissolvents		- Eliminació de competència - Eliminació de depredadors - Herbicides	- Difuses

Taula 2.3.4.1. Consideracions sobre els paràmetres descriptors dels principals tòxics de les aigües dolces.

Els valors dels tòxics s'expressen en unitats de massa respecte a volum, i solen ser molt baixos: normalment es troben a la ratlla dels micrograms (mil·lèsima de mil·ligram) per litre (µ/l) i nanograms (mil·lèsima de microgram) per litre (ng/l).

Què indica

La presència de substàncies tòxiques en l'aigua està associada a l'existència de fonts de contaminació, puntual o difusa, de diversa naturalesa i amb origen en les activitats humanes.

Quins efectes produeix

La toxicitat pot ser aguda, quan el tòxic produeix la mort dels organismes als quals afecta, o crònica, quan no causa la mort immediata de l'organisme afectat però pot afectar funcions vitals d'aquest organisme (per exemple, la seva capacitat de reproducció). La toxicitat pot ser tant deguda a una exposició a una gran concentració d'un tòxic en un temps reduït (hores, dies, etc.), com resultat que l'organisme hagi estat en contacte amb una quantitat petita de tòxic però durant molt de temps ([vegeu la fig. 2.1.2](#)).

Com es mesura

Per a cada tòxic es pot mesurar quines són les concentracions letals que eliminen el 50% de la població en un experiment a cinc dies (LC50), o la concentració efectiva que redueix l'activitat o causa algun efecte a la població d'una espècie sense matar-la (EC50).

2.3.4.1

ISQA

NOM DE LA MÈTRICA

Índex
simplificat
de la
qualitat de
l'aigua

OBJECTIU

Avaluar la qualitat química de l'aigua sobre la base de l'estudi d'alguns paràmetres químics.

MÈTODE

Es combinen els valors de cinc paràmetres químics descriptors de les condicions generals i la matèria orgànica: temperatura, oxidabilitat, matèries en suspensió, oxigen dissolt i conductivitat.

$ISQA = T (A + B + C + D)$,

on:

T: és la temperatura de l'aigua del riu, mesurada en °C, i pot prendre valors d'1 a 0,8.

- Si $T \leq 20$ °C aleshores $T = 1$
- Si $T > 20$ °C aleshores $T = 1 - (t - 20) \cdot 0,0125$

A: és l'oxidabilitat al permanganat de potassi expressada en mgO_2/l , de manera que es tracta d'una mesura equivalent a la DQO. Pot prendre valors de 0 a 30.

- Si $A \leq 10$, aleshores $A = 30 - a$
- Si $60 > A > 10$, aleshores $A = 21 - (0,35 \cdot a)$
- Si $A > 60$, aleshores $A = 0$

B: és la matèria en suspensió (MES) en mg/l , i pot prendre valors de 0 a 25.

- Si $MES \leq 100$, aleshores $B = 25 - (0,15 \cdot MES)$
- Si $250 > MES > 100$, aleshores $B = 17 - (0,07 \cdot MES)$
- Si $MES > 250$, aleshores $B = 0$

C: és l'oxigen dissolt en l'aigua, en mgO_2/l , i pot prendre valors de 0 a 25.

- $C = 2,5 \cdot \text{O}_2 \text{ dis}$
- Si $\text{O}_2 \text{ dis} \geq 10$, aleshores $C = 25$

D: és la conductivitat a 18 °C en $\mu\text{S/cm}$, i pot prendre valors de 0 a 20.

- Si conductivitat ≤ 4000 , aleshores $D = (3,6 - \log c) \cdot 15,4$
- Si és > 4000 , aleshores $D = 0$

Nota: Si la conductivitat s'ha mesurat a 25 °C, per convertir-la a 18 °C s'ha de multiplicar per 0,86.

NIVELL FORMATIU

El nivell formatiu requerit dependrà de si la persona que faci el càlcul també ha de fer les anàlisis químiques.

MATERIAL

Agafar les mostres de manera adequada segons el protocol, tenint cura de les seves condicions de transport i conservació.

TREBALL DE CAMP

🕒 DURADA: 5 min

Agafar les mostres de manera adequada segons el protocol, tenint cura de les seves condicions de transport i conservació.

TREBALL DE LABORATORI

DURADA: HORES

No és necessari, a menys que s’hagin de fer les anàlisis químiques (en aquest cas, consulteu la bibliografia recomanada).

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Nivell de qualitat	Valor ISQA	Color representatiu
Tots els usos	85-100	 Blau
Aigua potable; bany; tots els usos	60-85	 Verd
Reg; indústria; potable amb tractaments especials	45-60	 Taronja
Navegació; refrigeració	30-45	 Vermell
No pot usar-se	0-30	 Negre

Si es mostreja més d’una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

S’obté una valoració de manera ràpida a partir de la combinació de dades que l’administració pot obtenir amb estacions automàtiques.

INCONVENIENTS

És un mètode fisicoquímic basat en alguns paràmetres combinats de manera relativament senzilla, i que dona un valor puntual i momentani de la qualitat fisicoquímica general de l’aigua. S’ha constatat que aquest índex és optimista en molts casos en avaluar la qualitat si es compara amb índexs biològics, com ara l’FBILL.

COMENTARIS

Cal recordar també que els índexs fisicoquímics no tenen la característica representativitat de la qualitat durant períodes relativament llargs de temps, com passa amb els biològics, sinó que responen a la qualitat instantània.

És interessant analitzar-ne l’evolució al llarg del temps.

PROTOCOL

gencat.cat/aca



2.3.4.2

ICG

NOM DE LA MÈTRICA

Índice de Calidad General

OBJECTIU

Avaluar la qualitat química de l'aigua sobre la base a l'estudi de diversos paràmetres químics.

MÈTODE

Mitjançant la combinació de vint-i-tres paràmetres bàsics descriptors de la qualitat de les aigües i processats mitjançant equacions lineals.

NIVELL FORMATIU

El nivell formatiu requerit dependrà de si la persona que faci el càlcul també ha de fer les anàlisis químiques.

MATERIAL

Dades d'anàlisis químiques de l'aigua del riu i protocol.

TREBALL DE CAMP ⌚ DURADA: 5 min

Agafar les mostres de manera adequada segons el protocol, tenint cura de les seves condicions de transport i conservació.

TREBALL DE LABORATORI

No és necessari, a menys que s'hagin de fer les anàlisis químiques (en aquest cas, consulteu la bibliografia recomanada).

EXPRESSIÓ DELS RESULTATS

Els resultats són adimensionals i s'expressen entre 0 i 100 segons els rangs:

Nivell de qualitat	Valor ICG	Color representatiu
Excel·lent	100-90	 Blau
Bona	90-80	 Verd
Intermèdia	80-70	 Groc
Admisible	70-60	 Taronja
Inadmisible	≤ 60	 Vermell

Si es mostra més d'una estació, els resultats es poden presentar de manera més visual en un mapa on es representi el color de cada tram fluvial diagnosticat.

AVANTATGES

S'obté una valoració de manera ràpida a partir de la combinació de dades que l'administració pot obtenir amb estacions automàtiques.

INCONVENIENTS

És un mètode fisicoquímic basat en diversos paràmetres combinats de manera relativament senzilla que no té per què ajustar-se als resultats que s'obtindrien amb índexs biològics, tot i emprar més paràmetres que l'ISQA.

COMENTARIS

Com tots els índexs fisicoquímics, no té la representativitat de la qualitat durant períodes relativament llargs de temps, com passa amb els biològics.
És interessant analitzar-ne l'evolució al llarg del temps.

2.4

ESPÈCIES INVASORES

Les espècies invasores són aquelles que, no essent pròpies d'un ecosistema, el colonitzen, s'hi dispersen i hi persisteixen. Tot i que, generalment, moltes de les invasions tenen un impacte lleu en l'ecosistema, ocasionalment poden alterar-lo profundament. Quan es parla d'invasions biològiques, es fa referència a espècies exòtiques o al·lòctones, sovint adaptades a unes condicions diferents de les que tenia inicialment l'ecosistema receptor.

La degradació dels ecosistemes facilita l'entrada de les invasores. En el cas que, tot i formar poblacions estables, no tinguin més capacitat per propagar-se que les espècies autòctones, parlarem d'espècies exòtiques naturalitzades. Les invasions amb efectes severos són causades per espècies amb certes capacitats, com són un creixement ràpid, gran capacitat de dispersió, millor competència pels recursos que les espècies natives, depredació i control de la xarxa tròfica, etc. Juntament amb l'absència de depredadors específics, aniran modificant l'ambient, fent-lo més favorable per al seu propi creixement, en detriment de la comunitat autòctona. Per tant, el seu èxit dependrà no només de les seves pròpies característiques, sinó també de la interacció amb els factors biòtics i abiòtics del nou hàbitat.

Una vegada instal·lades, les espècies invasores alteren el funcionament normal dels ecosistemes, i arriben fins i tot a modificar les xarxes tròfiques. Sovint desplacen les espècies autòctones, a les quals poden transferir patògens, com és el cas del cranc vermell (*Procambarus clarkii*), que transmet l'afanomicosi als crancs europeus. Les vies d'arribada d'aquestes espècies són diverses, podent-se tractar d'entrades involuntàries, quan es produeix de manera accidental, o bé d'introduccions, quan de manera premeditada s'alliberen els organismes forans al medi receptor, sovint amb una finalitat concreta de caràcter econòmic, ornamental, recreatiu, de control biològic, etc.

Les espècies invasores suposen la segona gran amenaça biològica per a la biodiversitat, després de la pèrdua d'hàbitat (EC, 2004). A Espanya s'ha observat un increment continuat d'espècies exòtiques de tots els grups taxonòmics, tant de plantes com d'animals (Vilà *et al.*, 2001). Dins dels vertebrats, les introduccions de peixos han estat entre les més nombroses, havent-se registrat la presència d'almenys vint-i-cinc espècies exòtiques establertes als ecosistemes d'aigua dolça ibèrics (Elvira *et al.*, 2001). En la taula 2.4.1, s'hi ha fet un recull dels principals grups d'espècies invasores que amenacen la integritat dels espais fluvials, destacant, dins de cada grup, una de les més rellevants o per grups tròfics (depredadors).

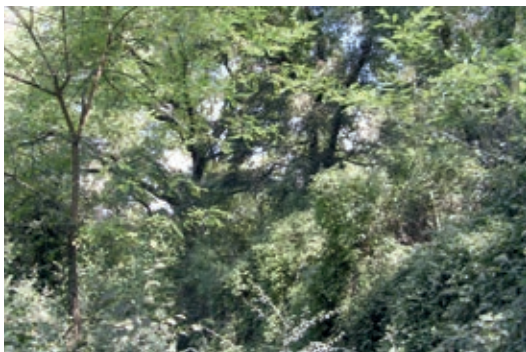
La Unió Europea no té una legislació específica per a les espècies invasores, però sí que algunes directives inclouen recomanacions per fer-hi front directament o indirectament, entre les quals destaquen la Directiva d'ocells, la d'hàbitats i la de regulació del comerç d'espècies exòtiques. També s'ha abordat el problema de les espècies invasores en alguns dels indrets inclosos en la Xarxa Natura 2000, amb iniciatives de conservació finançades pel Programa LIFE de la UE.

En el context del present *Manual*, cal considerar la importància de les espècies invasores en la diagnosi de l'estat ecològic dels ecosistemes fluvials. La DMA tracta les invasions en la diagnosi del risc d'incompliment d'objectius per a l'assoliment de la gestió sostenible de l'aigua, que es pot consultar en el document IMPRESS (ACA 2005a).

La seva presència és un element valorat explícitament en diversos índexs que figuren en aquest *Manual*, tot i que d'altres la tracten de manera indirecta. L'índex IBICAT ([vegeu la fitxa 2.1.5.1](#)) valora la presència d'espècies invasores de peixos; igualment, l'índex QBR ([vegeu la fitxa 2.2.3.3](#)) considera la vegetació exòtica de ribera en el càlcul de l'índex.



Fig .2.4.1. Imatges d'espècies invasores de l'espai fluvial. De dalt a baix i de dreta a esquerra: peix sol (*Lepomis gibbosus*), lluci (*Esox lucius*), cranc vermell (*Procambarus clarkii*), robínia (*Robinia pseudoacacia*) i canya americana (*Arundo donax*). Fotos: Marc Ordeix i Laura Puértolas.



Grup	Organisme	Origen	Entrada
Macroinvertebrats	Musclo zebra (<i>Dreissena polymorpha</i>)	Conques dels mars Caspi i Negre	Associada a les aigües de llast i als bucs de les embarcacions
	Cranc vermell o americà (<i>Procambarus clarkii</i>)	Nord-est de Mèxic i sud dels Estats Units	Introducció amb finalitats comercials
Peixos	Alburn, albornell o ablet (<i>Alburnus alburnus</i>)	Europa excepte els països septentrio- nals i meridionals	Introduïda amb finalitats esportives
	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	Àsia central	Introduïda amb finalitats alimentàries
	Gambúsia (<i>Gambusia holbrooki</i>)	Vessant atlàntic de l'Amèrica del Nord	Introduïda amb finalitats ornamen- tals i per controlar les poblacions de mosquits
	Silur (<i>Silurus glanis</i>)	Est i centre d'Europa, Àsia Central i Àsia Menor	Introduïda amb finalitats comercials i esportives
Vegetació de ribera	Ailant (<i>Ailanthus altissima</i>)	Est d'Àsia i Austràlia	Introduïda amb finalitats ornamentals
	Canya (<i>Arundo donax</i>)	Àsia	Introduïda amb l'agricultura
	Robínia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Sud-est dels Estats Units	Introduïda amb finalitats ornamentals
	Arbre del paradís (<i>Elaeagnus angustifolia</i>)	Àsia i sud d'Europa	Introduïda amb finalitats ornamentals

Taula 2.4.1. Principals organismes invasors que afecten els espais fluvials al nostre país.

Efectes sobre l'espai fluvial

Altera l'abundància del fitoplàncton, augmentant la transparència (fet que no implica necessàriament una més bona qualitat de l'aigua). Desplaça les espècies de bivalves autòctons. En el cas de la conca del riu Ebre, té una importància especial el seu efecte sobre la capacitat reproductiva de la nàiada *Margaritifera auricularia*, un mol·lusc en perill d'extinció. L'alta densitat d'individus pot ocasionar obturacions d'infraestructures (com ara conductes d'aigua potable, de centrals hidroelèctriques, etc.) perquè recobreixen tota classe d'estructures. És molt resistent a canvis en la temperatura i en la salinitat del medi. Altres mol·luscs invasors a les aigües dolces són *Corbicula s.p.* (sobretot a l'Ebre) i *Potamopyrgus antipodarum*; aquest darrer, molt comú arreu, va arribar gairebé fa un segle i té uns efectes molt menys destacables que els anteriors.

Altera la xarxa tròfica i desplaça les espècies autòctones, afectant també les poblacions d'amfibis. Alhora, és el vector de l'afanomicosi, una malaltia provocada pel fong *Aphanomices astaci*, que infecta de manera crònica el cranc americà i és mortal per a les espècies europees. El cranc vermell també malmet els arrossars a causa del seu impacte sobre els marges dels cultius. Tot i que es pesca, la seva taxa de creixement elevada i la seva facilitat de dispersió en fan difícil el control. Un altre cranc introduït és el cranc senyal (*Pastifascratus lenticulus*), propi d'aigües més fredes.

Provoca canvis importants en la cadena tròfica planctònica actuant com a espècie clau i revertint la reducció de l'eutrofització, podent provocar proliferacions d'algues clorofícies o cianofícies en estanys i pantans. Competeix amb les espècies autòctones i en desplaça algunes com ara la madrilla (*Chydrostoma miegii*). S'han introduït altres espècies amb efectes similars, com la madrilla vera (*Rutilus rutilus*) o el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*).

Elevat creixement, efecte negatiu sobre la vegetació aquàtica i sobre les poblacions d'altres vertebrats o d'invertebrats. El seu paper tròfic fa que remogui el fons fangós i provoqui una alliberació de sediments i nutrients que pot desembocar en eutrofització.

Elevat creixement i gran impacte sobre les poblacions de peixos com ara el fartet (*Aphanius iberus*), al qual desplaça del seu hàbitat natural, i altra fauna autòctona. Molt resistent a la contaminació i a les temperatures altes.

Espècie depredadora de grans dimensions, amb una alimentació generalista, que menja espècies autòctones de peixos i també amfibis, rosegadors i ocells. Altres depredadors introduïts són el luci (*Esox lucius*), la perca (*Perca fluviatilis*), la perca americana (*Micropterus salmoides*), la luciperca o sandra (*Sander lucioperca*) i el peix sol (*Lepomis gibbosus*), que afecta les postes d'altres peixos.

Gran capacitat de creixement fins i tot en sòls pobres, de manera que desplaça les espècies autòctones per l'ocupació que fa de l'espai i perquè impedeix l'entrada de llum, alhora que produeix una toxina que s'acumula al sòl i inhibeix el creixement d'altres plantes. Les arrels poden danyar les infraestructures properes. Té una gran producció de llavors, fet que en dificulta el control.

A causa del seu creixement ràpid, ocupa amb rapidesa l'espai i desplaça les espècies autòctones de ribera, fins a arribar a formar masses denses i extenses, que afecten la fauna. La seva gran capacitat d'adaptació i la facilitat amb què rebrota a partir de petits fragments de rizoma, la fan molt difícil d'eliminar.

Creix de pressa i ocupa l'espai impedit l'entrada de llum. Es reproduïx de manera vigorosa i forma conjunts d'arbres interconnectats per les arrels. La reproducció vegetativa és vigorosa i en dificulta el control. Competeix amb les espècies de ribera autòctones.

Davant la manca de nutrients al sòl, és capaç de fixar nitrogen i tolera l'ombra, les altes temperatures, la salinitat i la sequedat, de manera que desplaça les espècies autòctones. Les seves arrels poden danyar les infraestructures. La seva capacitat de dispersió és gran, ja que a més de reproducció vegetativa produeix fruits que són dispersats per la fauna o bé riu avall.

3. ANNEXOS



El Llobregat abans de la
Colònia Rosal (Berguedà).
Foto: Grup FEM.

GLOSSARI

abiòtic -a: Relatiu o pertanyent a l'abiosi, que fa referència a entitats desproveïdes de vida.

activitat geomorfològica: Processos que modelen les formes de la superfície de la Terra.

aqüífer: Formació geològica porosa i permeable en la qual s'emmagatzema i circula l'aigua subterrània que pot aflorar naturalment a la superfície de la Terra o ser captada mitjançant l'excavació de pous.

autodepuració: Procés biològic, químic o físic que permet a un medi contaminat per substàncies orgàniques tornar al seu estat natural sense la intervenció humana.

bioacumulació: Acumulació, en els teixits dels éssers vivents, d'elements generalment tòxics.

biofilm: Pel·lícula de microorganismes, generalment encastats en una matriu de polímers extracel·lulars, que es forma sobre els sòlids que estan en contacte amb aigua o amb altres fluids.

biòtic -a: Relatiu o pertanyent a la vida o als éssers vius.

cabal de manteniment: Volum d'aigua circulant per un riu fixat amb l'objectiu de regular l'exploració i extracció d'aigua del medi fluvial per garantir un bon funcionament de l'ecosistema.

coeficient d'escolament: La relació que hi ha entre l'aigua caiguda en una conca i l'aigua que flueix pel riu fora d'aquesta.

conca hidrogràfica: Zona de la superfície terrestre, limitada per la divisòria d'aigües, on l'aigua caiguda per precipitació drena a través de la xarxa de drenatge i tendeix a concentrar-se en un mateix punt de sortida. Si els materials geològics de la conca no són impermeables, la conca superficial va associada també a una conca subterrània. Una conca pot ser endorreica o exorreica, segons si el punt de sortida és situat dins dels límits de la conca (generalment un estany o un llac), o si es troba al límit de la conca (tractant-se d'una altra conca o del mar), respectivament.

condicions de referència: Aquelles en les quals l'alteració humana és inexistent o mínima, de manera que l'ecosistema conserva els seus valors inalterats. D'altra banda, hom pot entendre com a condicions de referència qualsevol ecosistema en un cert estat d'alteració que es prendrà com a objectiu al qual acostar-se, tot i que aquest no estigui en condicions totalment inalterades.

consumptiu -iva: Relatiu als recursos que desapareixen, és a dir, canvien de fase o de forma, com a conseqüència d'un ús determinat (p. e., l'aigua usada per al reg, que no torna al riu, sinó que passa a l'atmosfera després de ser transpirada per les plantes).

contaminació: Introducció —generalment deguda a l'acció directa o indirecta de l'home— de pertorbacions, materials o radiacions en un medi, que n'alteren les propietats i modifiquen l'estructura i la funció dels ecosistemes afectats.

crescudes extraordinàries: Episodis de gran augment del cabal circulant en un riu que tenen lloc amb menys freqüència que les crescudes ordinàries.

crescudes ordinàries: Episodis d'augment del cabal circulant en un riu que tenen lloc amb certa freqüència (entre un i set anys, segons el tipus de riu).

divisòria d'aigües: Línia imaginària formada pels punts de més alt nivell topogràfic i que assenyalen els límits de la conca hidrogràfica.

estació d'aforament: Infraestructura instal·lada en un tram d'un curs fluvial que permet mesurar el cabal real a partir de la mesura de l'altura d'aigua circulant en una secció coneguda.

estat ecològic: Concepte unificador de tots els aspectes relatius a l'expressió de l'estructura i del funcionament dels ecosistemes aquàtics (anàlisi integrada), que es mesura segons els elements fixats en l'annex V de la Directiva marc de l'aigua (DMA) i que és aplicable a les masses d'aigua superficials (tret de les molt modificades i artificials). Es mesura en cinc nivells de qualitat (de molt bo a dolent) i s'acostuma a representar en una escala de colors que va del blau, en el primer cas, fins al vermell, en el darrer.

eutrofització: Enriquiment nutritiu natural o artificial d'un ecosistema aquàtic que comporta un creixement massiu dels productors primaris, és a dir, les algues, el qual fa disminuir l'entrada de llum al sistema, i això provoca anòxia, que va associada a la gran quantitat de matèria orgànica que hi ha en descomposició.

falca salina: Llengua d'aigua salada que penetra dins la part final d'un riu quan aquest no té prou cabal. En aquest cas, l'aigua dolça no pot omplir tot el canal del riu i, si la desembocadura és situada per sota del nivell del mar, l'aigua salada, a causa de la seva densitat més alta, penetra per sota de l'aigua dolça i avança uns quants metres o quilòmetres riu amunt, en un fenomen conegut com a intrusió marina.

fitoplàncton: Fracció vegetal del conjunt d'organismes que viuen suspesos en el si de les aigües marines o dolces i que no presenten capacitat natatòria suficient per ser independents de l'acció dels corrents.

GPS: Acrònim del terme anglès *Global Positioning System*, sistema de localització que, per mitjà de satèl·lits, permet determinar les coordenades terrestres i l'altitud sobre el nivell del mar del lloc on és situat un receptor.

habitants equivalents: Es refereix a la contaminació en grams de demanda bioquímica d'oxigen (DBO) que una persona produeix cada dia (1 hab-equivalent = 65 gDBO/dia).

hidràulica: Part de la mecànica que estudia l'equilibri i el moviment de l'aigua i d'altres fluids.

hidrogeologia: branca de la hidrologia que estudia les aigües subterrànies.

hidrograma: Gràfica que expressa la variació del cabal d'un riu amb el temps i que permet analitzar les avingudes i les sequeres.

hidrologia: Ciència que estudia el comportament, el moviment, la distribució i les propietats de les aigües superficials i subterrànies.

ictiofauna: Fauna piscícola, els peixos.

lenític: Relatiu a les aigües estancades o que circulen a baixa velocitat.

limnígraf: Aparell per enregistrar l'evolució del nivell d'una superfície líquida, com ara la de la làmina d'aigua circulant d'un riu.

limnigrama: Gràfic que representa en el temps l'evolució del nivell d'una superfície líquida, com ara la de la làmina d'aigua circulant d'un riu.

lòtic: Relatiu a les aigües corrents o que circulen a velocitat considerable.

massa d'aigua molt modificada: Segons la DMA, és aquella que, a causa dels elevats costos socials i econòmics que representaria depurar-la, és impossible retornar el riu al seu estat hidromorfològic natural. Per a aquestes, s'introdueix el concepte de potencial ecològic.

mineralització: Procés biogeoquímic que consisteix en la transformació de matèries orgàniques en substàncies minerals o inorgàniques, essencialment sals minerals, a través de diversos processos de degradació.

mucilaginós -osa: Que conté mucíl·lag, substància gelatinosa que contenen certes plantes, certs fongs, etc., de composició química semblant a la de les gomes.

nivell freàtic: Part superior d'un aquífer lliure on la pressió de l'aigua s'iguali a la de l'atmosfera.

no consumptiu -iva: Relatiu als recursos que no desapareixen, és a dir, que no canvien de fase o de forma, com a conseqüència d'un determinat ús (p. e., l'aigua d'ús domèstic).

oligotròfic -a: Referit a les aigües amb un contingut de nutrients relativament baix. Aquest fet pot donar-se per la manca de nutrients inorgànics necessaris per al creixement de les plantes verdes, o bé perquè algun nutrient essencial es trobi en proporció baixa. Aquestes condicions limiten el creixement dels organismes aquàtics.

ortofotomapes: Fotomapa, obtingut per la unió d'ortofotografies, al qual s'han afegit corbes de nivell, toponímia i altres informacions topogràfiques.

perífiton: Comunitat biòtica aquàtica formada per organismes vegetals fixos adherits per la seva base.

període de retorn: Interval de temps mitjà que es calcula que pot haver-hi entre un fenomen natural determinat i un altre de les mateixes característiques però de magnitud semblant o superior. S'aplica especialment a fenòmens excepcionals i de risc per a la presència i activitats humanes, com ara temperatures extremes, inundacions o terratrèmols.

pontonera: Peça d'indumentària amb dos camals tancats per l'extrem inferior i proveïda de tirants, que cobreix el tronc, les cames i els peus, impermeable, que s'utilitza en espeleologia per a progressar per aigües subterrànies.

potencial ecològic: Concepte unificador relatiu a l'estat d'un ecosistema fluvial alterat fins al punt que no és possible retornar-lo a l'estat natural. Es mesura en quatre nivells de qualitat (de bo a dolent) i s'acostuma a representar en una escala de colors que va del verd, en el primer cas, fins al vermell, en el darrer.

pristí -ina: Pertanyent al principi. Es diu de les condicions originàries o no alterades d'un ecosistema.

punt de mostreig: Zona d'aplicació concreta d'una o més tècniques amb la finalitat d'estudiar algun dels aspectes de l'ecosistema. Per tal d'escollir un punt de mostreig dins d'una massa d'aigua (unitat homogènia de gestió definida per la DMA), cal considerar la variació espacial que presenti. Així doncs, les dimensions del punt de mostreig canvien segons les condicions i les característiques del sistema fluvial, i també en funció de com es distribueixi en l'espai l'element que es vol estudiar. L'objectiu és que el tram sigui representatiu de la massa d'aigua a la qual pertany.

radicular: Relatiu a les arrels o radícules dels vegetals.

refractari: Aplicat a un compost químic que, a causa de l'abundant proporció d'àtoms de carboni respecte als de nitrogen i fòsfor, no és fàcilment oxidable per part dels organismes vius i, per tant, no els serveix d'aliment (p. e., les substàncies húmiques).

règim habitual de cabals: Conjunt de variacions de la circulació de cabals d'un riu al llarg de l'any que tenen lloc amb certa freqüència.

reòfil -a: Dit dels organismes aquàtics que tenen com a hàbitat preferent zones amb velocitat de l'aigua de moderada a forta o de l'hàbitat d'aquestes característiques.

rizoma: Tija subterrània que presenten alguns vegetals.

sistemes d'informació geogràfica (SIG): Conjunt de programes informatitzats que permeten d'emmagatzemar, modificar i relacionar informació estadística espacial.

substància prioritària: Element o compost químic que necessita investigació de manera preferent per determinar-ne la toxicitat. Aquestes estan incloses dins la DMA en una llista que n'agrupa les més rellevants i n'indica els límits permesos.

terrasses fluvials: Terrassa obrada sobre una antiga plana d'inundació abandonada i tallada per talussos més o menys simètrics a banda i banda d'un riu.

tipologia de rius: Classificació en grups dels rius basada en similituds morfològiques i funcionals.

vector: Animal, generalment invertebrat, que adquireix un agent patògen d'un hoste i el transmet a un altre hoste.

vegetació hidròfila: Forma biològica de les plantes aquàtiques que viuen dins o vora l'aigua.

vegetació hidròfita: Forma biològica de les plantes aquàtiques amb fulles flotants o submergides que tenen els òrgans de supervivència sota l'aigua durant l'època desfavorable. Hi ha tres tipus d'hidròfits: hidròfits flotants (p. e., la lletia d'aigua), hidròfits que arrelen al fons amb fulles flotant sobre l'aigua (p. e., el nenúfar) i hidròfits que arrelen al fons i estan totalment submergits (p. e., l'espiga d'aigua).

zonació: Disposició de la vegetació o dels sòls en zones geogràfiques o bandes locals més o menys paral·leles les unes amb les altres.

BIBLIOGRAFIA

General

- AA.DD. (1990). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 11. Enciclopèdia Catalana.
- ACA (2002). *Estudi d'actualització de l'avaluació de recursos hídrics de les conques internes de Catalunya*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2005a). *IMPRESS: Caracterització de masses d'aigua i anàlisi del risc d'incompliment dels objectius de la Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) a Catalunya (Conques internes i intercomunitàries)*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2005b). *Pla sectorial de cabals de manteniment de les conques internes de Catalunya*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2006a). *BIORI: Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2006b). *HIDRI: Protocol d'avaluació de la qualitat hidromorfològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2007). *Objectius de qualitat en aigües superficials*. Documents d'implantació de la Directiva marc de l'aigua a Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.
- Aparicio, F.J. (1997). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Mèxic: Limusa.
- APHA (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (1a ed.). Ed. Díaz de Santos, SA.
- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring*. Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP.
- Chow, V.T. (1995). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana.
- Comissió de Protecció Civil de Catalunya (1997). Pla especial d'emergències per inundacions a Catalunya (INUNCAT).
- EC (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000, per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües (DO L 327 de 22.12.2000, p. 1).
- EC (2003a). Monitoring under the Water Framework Directive. Guidance document number 7. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE).
- EC (2003b). Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE).
- Generalitat de Catalunya. Decret 305/2006, de 18 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament de la Llei d'Urbanisme. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, 24 de juliol de 2006, núm. 4682, p. 33090.
- Hickman, C.; Roberts, L.; Larson, A. (2002). *Zoología. Principios integrales* (11a ed.) McGraw-Hill.
- Poff, H.L. (1996). "A hydrogeography of unregulated streams in the United States and an examination of scale-dependence in some hydrological descriptors". *Freshwater Biology*, 36: 71-91.

Pàgines web

- Pàgina web de l'Agència Catalana de l'Aigua: gencat.cat/aca
- Pàgina web del TERMCAT: www.termcat.cat
- Pàgina web del Diccionari de l'IEC: <http://dlc.iec.cat/>

Microorganismes

- Curds, C. (1992). *Protozoa and the water industry*. Cambridge University Press.
- DIN 38410-1 (2004). German standard methods for the examination of water, waste water and sludge- Biological-ecological analysis of water (group M) - Part 1: Determination of the saprobic index in running waters (M 1). Deutsches Institut für Normung.

- Friedrich, G. (1990). "Eine Revision des Saprobiensystems". *Zeitschrift für Wasser und Abwasserforschung*, 23: 1141-152.
- Liebmman, H. (1962). *Handbuch der Frischwasser – und Abwasser biologie*. Munic: Verlag Oldenbourg.
- Madigan, M.; Martinko, J. I.; Parker, J. (2003). *Brock biología de los microorganismos*. (10a edició) Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1967). "El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos". *Agua*, supl. 7: 105-133.
- Pantle, R.; Buck, H. (1955). "Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. (Biological monitoring of water bodies and the presentation results)". *Gas und Wasserfach*, 96: 604.
- Sládeček, V. (1973). "System of water quality from the biological point of view". *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 7 (I-IV), 1-218.
- Streble, H. ; Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce*. Barcelona: Omega.

Fitobentos

- ACA (2003a). *Anàlisi de viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per als cursos fluvials de Catalunya*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- AENOR (2004). Norma española UNE-EN 13946:2004 Calidad del agua. Guía para el muestreo en rutina y el pretratamiento de diatomeas bentónicas de ríos.
- AENOR (2005). Norma española UNE-EN 13946:2004 Calidad del agua. Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatomeas bentónicas de ríos.
- CEMAGREF (1982). *Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux*. Rapport Q.E. Lyon. Lió: Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse-Cemagref.
- CEN (2003). CEN / TC 230 EN 13946:2003. Water Quality. Guidance standard for routine sampling and pre-treatment of benthic diatoms from rivers.
- CHE (2005). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos*. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Gomà, J.; Rimet, F.; Cambra, J.; Hoffmann, L. ; Ector, L. (2005). "Diatom communities and water quality assessment in Mountain Rivers of the upper Segre basin (La Cerdanya, Oriental Pyrenees)". *Hydrobiologia*. 551: 209–225.
- Leconte, C.; Coste, M.; Prygel, J. (1993). "«OMNIDIA»: Software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management". *Hydrobiologia*, 269/270: 509-513.
- Leira, M.; Sabater, S. (2005). *Diatom assemblages distribution in catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors*. *Water Research* 39:73–82.
- Prygiel, J., Carpentier, P. ; Almeida, S. ; Coste, M. ; Druart, J.C.; Ector, L. ; Guillard, D.; Honore, M.A ; Iserentant, R.; Ledeganck, P.; Lalanne-Cassou, C.; Lesniak, C.; Mercier, I.; Moncaut, P.; Nazart, M.; Nouchet, N.; Peres, F.; Peeters, V.; Rimet, F.; Rumeau, A.; Sabater, S.; Straub, F.; Torrisi, M.; Tudesque, L.; Van de Vijver, B.; Vidal, H.; Vizinet and N. Zydek. J.; (2002). "Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90-354): Results of an intercomparison exercise". *Journal of Applied Phycology*, 14 (1): 27-39.

Macrófits

- CHE (2005) *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva marco del agua. Macrófitos*. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro.

- Moreno, J.L.; Navarro, C.; De las Heras, J. (2005). "Índice genérico de vegetación acuática (IVAM): Propuesta de evaluación rápida del estado ecológico de los ríos ibéricos en aplicación de la Directiva marco del agua. *Tecnología del Agua*, 261: 48-53.
- Moreno, J.L.; De las Heras, J.; Prat, N.; Rieradevall, M. (2007). "Evaluación del estado trófico de tres cuencas interiores de Cataluña (Foix, Besòs y Llobregat) mediante la vegetación acuática: Aplicación de un índice trófico de resolución genérica (IVAM)". (en premsa).
- Suárez, M.L.; Mellado, A.; Sánchez-Montoya, M.M.; Vidal-Abarca, M.R. (2005). "Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura". *Limnetica*, 24 (3-4): 305-318.

Macroinvertebrats

- Alba-Tercedor, J.; Jáimez-Cuellar, P.; Álvarez, M.; Avilés, J.; Bonada, N.; Casas, J.; Mellado, A.M.; 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 los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)". *Limnetica*. 21 (3-4) 175-185.
- 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*, 39 (4): 765-774.
- Benito de Santos, G.; Puig Garcia, 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.
- Buffagni, A.; Erba, S.; Cazzola, M.; Murray-Bligh, J.; Soszka, H.; Genani, P. (2006). "The STAR common metrics applied to the WFD intercalibration process: Full application for small, lowland rivers in the European countries". *Hydrobiologia*, 566: 379-399.
- CHE (2005). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Furse, M.T., Hering, D., Brabec, K., Buffagni, A., Sandin, L.; Verdonshot, P.F.M. (eds.) (2006). The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods. *Hydrobiologia*, 566: 311-324.
- Moss, D.; Furse, M.T.; et al. (1987). "The prediction of macro-invertebrate fauna of unpolluted running-water sites in Great Britain using environmental data". *Freshwater biology*, 17: 41-52.
- Poquet, J.M.; Alba-Tercedor, J.; Puntí, T.; Montoya-Sánchez, M.M.; Robles, S.; Álvarez, M.; Zamora-Muñoz, C.; Sainz-Cantero, C.E.; Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L.; Toro, M.; Pujante, A.M.; Rieradevall, M.; Prat, N. (en premsa). "MEDPACS, a Mediterranean Prediction And Classification System for benthic macroinvertebrate communities and its use to assess the ecological status according to the European Water Framework Directive".
- Prat, N.; Puig, M.A.; González, G. (1983). *Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat. II: El poblament faunístic i la seva relació amb la qualitat de les aigües*. Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient (Monografies, 9).
- Prat, N.; Munné, A.; Solà, C.; Rieradevall, M.; Bonada, N.; Chacón, G. (2000). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs i el Foix. Informe 1998*. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. 162 p. (Estudis de la qualitat ecològica dels rius, 7)
- Prat, N.; Ríos, B.; Fortuño, P.; Cid, N.; Jubany, J.; Miralles, M.; Ordeix, M.; Ortiz, J.; Acosta, R.; Barata, C.; Bretxa, E.; Cañedo, M.; Crosas, X.; Múria, C.; Puntí, T.; Roura, M.; Vila-Escalé, M.; Rieradevall, M.; Vegas, T. (2007). *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs i el Foix. Informe 2005*. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. (Estudis de la qualitat ecològica dels rius, 15).

- Simpson, J.C.; Norris, R.H. (2000). "Biological assessment of river quality: development of AUSRI-VAS models and outputs". A: J.F. Wright, D.W. Sutcliffe i M.T. Furse (eds) *Assessing the biological quality of fresh waters. RIVPACS and other techniques*. (p.125-142). Ambleside. Cumbria: Freshwater Biological Association and Environmental Agency.
- Tachet, H. Richoux, P.; Usseglio-Polatera, P. (2000). *Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie*. CNRS Éditions. 588 p.
- Wright, J.F.; Furse, M.T. I.; Armitage, P.D. (1993). "RIVPACS - a technique for evaluating the biological quality of rivers in the U.K." *European water pollution control*, *3* (4): 15-25.

Peixos

- ACA (2003b). *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*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- CEN (2003). *Water Quality – Sampling of fish with electricity*. CEN EN 14011:2003.
- CHE (2005). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva marco del agua. Protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna*. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Doadrio, I. (ed.) (2002). *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. CSIC i Ministerio de Medio Ambiente.
- Karr, J.R.; Fausch, K.D.; Angermeier, P.L.; Yant, P.R.; Schlosser, I.J. (1986). "Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale". *Special publication 5*. Champaign, Illinois Natural History Survey.
- 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*, 34 (5): 711-729.
- Sostoa, A. de; Caiola, N.; Casals, F. (2004). "An new IBI (IBICAT) for the local application of the water framework directive. International Aquatic Modelling Group (IAMG) and Eco-Hydraulic section of the International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR)". *V International Symposium on Ecohydraulics*. Madrid, 12-17 September 2004.
- Sostoa, A. de; Casals, F.; Caiola, N.; Vinyoles, D.; Franch, C.; Sánchez, S. (2003). "Desenvolupament d'un índex d'integritat biòtica (IBICAT) basat en l'ús dels peixos com a indicadors de la qualitat ambiental dels rius de Catalunya".

Règim hidrològic

- ACA (2002). *Estudi d'actualització de l'avaluació de recursos hídrics de les conques internes de Catalunya*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- ACA (2004). *Els recursos hídrics en règim natural a les conques internes de Catalunya (1940-2000)*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. (Documents tècnics, 2).
- Arthington, A.H. (1998). "Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies". *Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper*, 26/98. Canberra.
- Bovee, K.D. (1982). "La dynamique fluviale à l'épreuve des changements environnementaux: Quels enseignements applicables à l'aménagement des rivières". *La Houille Blanche*, 718: 515-521.
- Custodio, E.; Llamas, M.J. (1983). *Hidrología subterránea*. (2a ed., corr.) Ed. Omega, Barcelona.
- Gordon, N.D.; McMahon, T.A.; Finlayson, B.L. (1992). *Stream hydrology. An introduction for ecologists*. Regne Unit: John Wiley Sons. 526 p.
- Jowett, I.G. (1989). "River Hydraulic and Habitat Simulation, RHYHABSIM computer manual". *N.Z. Fish. Misc. Rep.*, 49.

- King, J.M.; Louw, M.D. (1998). "Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology". *Aquatic Ecosystem Health. Management*, 1: 109-124.
- King, J.M.; Tharme, R.E. (1994). "Assessment of the instream flow incremental methodology and initial development of alternative instream flow methodologies for South Africa". *Water Ressearch Comission Report, 295/1/94*. Pretoria: Water Research Comission. 590 p.
- Martínez, C.; Fernandez-Yuste, J.A (2006). "El régimen natural de caudales: Una diversidad imprescindible, una diversidad predecible". *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.*, Fora de sèrie, 153-165.
- Martínez, C.; Fernandez-Yuste, J.A. (2006). *Indicadores de alteración hidrológica en ecosistemas fluviales*. CEDEX. 178 p.
- Ollero, A.; Ballarín, D.; Díaz, E.; Mora, D.; Sánchez, M.; Acín, V.; Echeverría, M.T.; Granado, D.; Ibi-sate, A.; Sánchez, L. & Sánchez, N. (2008) IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. */Limnetica/*, 27(1):171-188.
- Palau, A. (1994). "Los mal llamados «caudales ecológicos». Bases para una propuesta de cálculo". *OP (Obras Públicas)*, 28: (2):84-95.
- Richter, B.D.; Baumgartner, J.V.; Powel, J.; Braun D.P. (1996). "A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems". *Conservation Biology*, 10: 1163-1174.
- Richter, B.D.; Baumgartner, J.V.; Wigington, R.; Braun, D.P. (1997). "How much water does a river need?" *Freshwater Biology*, 37: 231-249.
- Tennant, D.L. (1976). "Instream Flow Regimes for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources". *Fisheries*, 1 (4): 6-10.
- Tharme, R.E. (2003). "A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow metodologies for rivers". *River Research and Applications*, 19: 397-441.

Connectivitat fluvial

- EC (2002a). CEN TC 230/WG 2/ TG 5: N32. *A guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*.

Condicions morfològiques

- ACA (2001). *Índex per a l'avaluació de la qualitat del medi fluvial a partir de la vegetació de ribera (IVF)*. Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- Kondolf, M.; Piégay, H. (eds.) (2003). *Tools in fluvial geomorphology*. Regne Unit: John Wiley Sons Ltd. 688 p.
- 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 asses-sing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic conservati-on: Marine and freshwater ecosystems*, 13: 147-163.
- 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. (2004). "El hàbitat de los ríos mediterráneos, Diseño de un índice de diversidad de hàbitat". *Limnetica*, 21 (3-4) (2002): 115-133.
- Rosgen, D. (1996). *Applied River Morphology*. Colorado Wildlands Hydrology.

Paràmetres bàsics, matèria orgànica, nutrients i tòxics

- Baird, C. (2001). *Química ambiental* (2a ed.) Barcelona: Ed. Reverté.
- Queral, R. (1982). "La calidad de las aguas de los ríos". *Tecnología del Agua*, 4: 49-57.

- Queralt, R.; Godé, L.I.; Serena, C.; Matia, L.I.; Ariño, R. (1995). "Índice automático de calidad de aguas". *Tecnología del Agua*, 143.
- Poch, M. (1999). *Les qualitats de l'aigua*. Ed. Rubes. Barcelona.
- Prat, N. González, G. Millet, X. (1986). "Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA i BILL". *Tecnología del Agua*, 31:33-49.
- Schlesinger, W.H. (2000). *Biogeoquímica: Un análisis del cambio global*. Ed. Ariel.

Espècies invasores

- Bruno, S.; Maugeri, S. (1995). *Peces de agua dulce de Europa*. Barcelona: Ed. Omega.
- Claudi, R.; Mackie, G.L. (1993). *Practical Manual for Zebra Mussel Monitoring and Control*. Boca Raton (Florida): Lewis Publishers.
- Diéguez-Urbeondo J. (1998). "El cangrejo de río: Distribución, patología, inmunología y ecología. *AquaTIC*, 3. (Disponible a: <http://www.revistaaquatic.com>).
- Doadrio, I. (ed.) (2002). *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. CSIC i Ministerio de Medio Ambiente.
- EC (2003). *Thematic report on alien invasive species*. Second Report of the European Community to the Conference of the Parties of the Convention on Biological Diversity.
- EC (2004) *Alien species and nature conservation in the European Union: The role of the LIFE program*. LIFE III Focus.
- Elvira, B.; Almodóvar, A. (2001). "Freshwater fish introductions in Spain: Facts and figures at the beginning of the 21st century". *Journal of Fish Biology*, 59: 323-331.
- García-Berthou, E.; Boix, D.; Clavero, M. (2007). "Non-indigenous animal species naturalized in Iberian inland waters". A: F. Gherardi (ed.) *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Invading Nature: Springer Series in Invasion Ecology* (p. 123-140). Dordrecht: Springer (en premsa).
- Gil-Sánchez, J.M.; Alba-Tercedor, J. (2001). "Ecology of the native and introduced crayfishes *Austropotamobius pallipes* and *Procambarus clarkii* in southern Spain and implications for conservation of the native species". *Biological Conservation*, 105: 75-80.
- <http://herbarivirtual.uib.es/>
- <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp>
- Luken, J.O.; Thieret, J.W. (eds.) (1997). *Assessment and management of plant invasions*. Nova York: Springer. 324 p.
- Vilà, M.; García-Berthou, E.; Sol D.; Pino, J. (2001). Survey of the naturalized plants and vertebrates in peninsular Spain". *Ecologia Mediterranea*, 27: 55-67.

Títols publicats

Els espais fluvials. Diagnosi ambiental

Els alzinars

Les pinedes de pi blanc

Les pinedes de pinassa

Les pinedes de pi roig

Els espais fluvials. Avaluació del planejament urbanístic

Les pinedes de pi negre

Els espais urbans. Gestió d'hàbitats per a la fauna vertebrada

Les fagedes

Les pinedes de pi pinyer

El castanyer a Catalunya