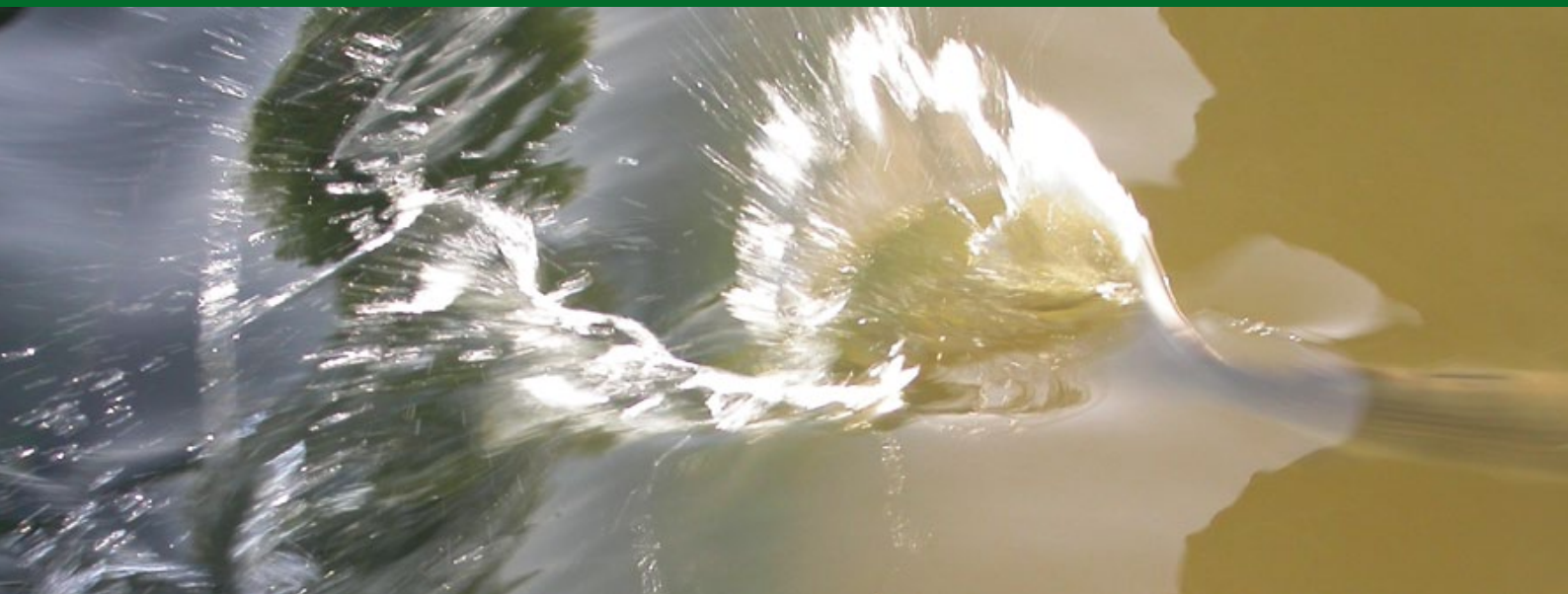


Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya

Qualitat biològica i connectivitat fluvial

M. Ordeix, C. Solà, M. Bardina, A. Casamitjana i A. Munné (editors)



Agència Catalana de l'Aigua
Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya
Centre d'Estudis dels rius Mediterranis-Museu del Ter
Patrocini: Fundació Catalunya - La Pedrera

Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya

Qualitat biològica i connectivitat fluvial

M. Ordeix, C. Solà, M. Bardina, A. Casamitjana i A. Munné (editors)

Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya

Qualitat biològica i connectivitat fluvial

© Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu del Ter
Passeig del Ter, 2. E-08560 Manlleu (Osona).
Tel: +34 93 851 51 76. Fax: +34 93 851 27 35.
www.museudelter.cat - cerm@museudelter.cat

Autors: Marc Ordeix⁵, Adolf de Sostoa¹, Alberto Maceda¹, Emili García-Berthou², Lluís Benejam²,
Frederic Casals³, Nuno Caiola⁴, Carles Ibàñez⁴, Núria Sellarès⁵, Quim Pou-Rovira⁵, Beatriu Rodríguez-Labajos⁶, Carolina Solà⁷,
Mònica Bardina⁷, Anna Casamitjana⁷ i Antoni Munné⁷.

¹Universitat de Barcelona, ²Universitat de Girona, ³Universitat de Lleida, ⁴Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries,
⁵Centre d'Estudi dels Rius Mediterranis – Museu del Ter, ⁶Universitat Autònoma de Barcelona, ⁷Agència Catalana de l'Aigua

Primera edició en paper: maig de 2014

© il·lustracions peixos: Toni Llobet

© esquemes: Acíclic

Imatge de la portada: *llissa calua*, *Liza ramada*, remuntant la base del pont del riu Ter a Torroella de Montgrí (el Baix Empordà).

Foto: Marc Ordeix-CERM

© fotografies: Marc Ordeix, Laia Jiménez, Núria Sellarès, Quim Pou-Rovira, Peter Paul Schollema, Claudi Gallardo i Mariano Cebolla

Disseny gràfic, maquetació i edició: Eumo editorial i Agència Catalana de l'Aigua

Dipòsit legal: B.23053-2012

Aquest treball pot ser citat per autors o per editors, segons convingui.

- Ordeix, M; Solà, C; Bardina, M; Casamitjana, A i Munné, A (editors) 2014. *Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya. Qualitat biològica i connectivitat fluvial*. Agència Catalana de l'Aigua – Museu del Ter – Eumo editorial. Vic. 172 pàg.
- Ordeix, M; Sostoa, A; Maceda, A; García-Berthou, E; Benejam, L; Casals, F; Caiola, N; Ibàñez, C; Sellarès, N; Pou-Rovira, G; Rodríguez-Labajos, B; Solà, C; Bardina, M; Casamitjana, A i Munné, A. 2014. *Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya. Qualitat biològica i connectivitat fluvial*. Agència Catalana de l'Aigua – Museu del Ter – Eumo editorial. Vic. 172 pàg.

Reservats tots els drets.

Es prohibeix la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol mitjà o procediment sense l'autorització per escrit dels titulars dels copyrights.

ÍNDEX

Pròleg	/	7
Presentació	/	9
Introducció	/	11
I. Peixos de riu, estany i aiguamoll	/	13
1. Els peixos continentals de Catalunya	/	19
2. Espècies autòctones	/	21
3. Espècies introduïdes, al·lòctones i invasores	/	49
4. Les migracions dels peixos	/	65
II. Peixos i qualitat biològica de les aigües continentals	/	69
1. Els peixos com a indicadors biològics	/	71
2. Mètodes d'estudi dels peixos	/	73
3. Metodologies d'avaluació de la qualitat biològica de les aigües continentals mitjançant els peixos	/	79
4. Qualitat biològica dels rius de Catalunya obtinguda mitjançant l'estudi dels peixos	/	83
III. Peixos i connectivitat fluvial	/	89
1. Definició de connectivitat fluvial	/	91
2. Obstacles a les migracions dels peixos	/	95

3. Solucions per facilitar les migracions dels peixos	/ 99
4. Metodologies d'avaluació de la connectivitat fluvial per als peixos	/ 113
5. Connectivitat fluvial i dispositius de pas per a peixos existents a Catalunya	/ 123
IV. Agraïments	/ 137
V. Bibliografia	/ 141
VI. Annexos	/ 153
1. Aplicació de l'índex IBICAT ₂₀₁₀	/ 155
2. Aplicació de l'índex de connectivitat fluvial (ICF)	/ 163

/ Pròleg

La publicació de la Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) l'any 2000 ha modificat substancialment el concepte de control i gestió dels sistemes aquàtics. L'aigua deixa de ser vista únicament com un recurs al servei dels usos, i s'entén com a part fonamental del medi natural, medi que cal preservar per garantir, alhora, una bona qualitat de l'aigua i l'adequada disponibilitat del recurs. Es passa del concepte de la qualitat de l'aigua vinculada principalment a les necessitats de determinats usos, al concepte d'estat de les masses d'aigua, vinculada a una visió integral de l'estructura i el funcionament de l'ecosistema, i es busca poder compatibilitzar l'equilibri i integritat dels ecosistemes aquàtics amb la garantia i requeriments dels usos existents; tot planificat sota una òptica de racionalitat econòmica i sostenibilitat ambiental. Aquests nous conceptes requereixen de nous indicadors ambientals per al seguiment de l'estat de les masses d'aigua, indicadors que, d'acord amb la Directiva marc de l'aigua, incorporen els elements biològics com a sensors imprescindibles de la integritat ambiental al llarg del temps, i mantenen els indicadors hidromorfològics i els paràmetres fisicoquímics com a elements de mesura complementària.

L'estat en què queda classificada una massa d'aigua és clau per a la seva gestió, ja que coneixent-lo sabrem si està en bon estat o com de lluny està de poder aconseguir-ho el 2015. Caldrà identificar les mesures de gestió i posar-les en marxa per aconseguir el bon estat en el període que fixa la directiva: fins el 2015. Per classificar les masses, i per fer-ne una valoració creïble i adequada, cal utilitzar indicadors biològics, fisicoquímics i hidromorfològics. Són els indicadors biològics els que han representat una faceta important i innovadora a l'equació que ens definirà l'estat de la massa. És necessari saber quins són els nostres valors de referència per saber, mitjançant la valoració dels indicadors, com de prop o lluny està una massa del que seria el bon estat per ella. A fi de poder garantir que els diferents estats membres de la Unió Europea apliquin uns barems de qualitat biològica equivalents, és a dir, que les condicions de referència que s'apliquen en diferents països i situacions siguin equivalents, la directiva preveu que es portin a terme determinats exercicis. Per aquesta raó, la Comissió, conjuntament amb els estats membres, va posar en marxa un procés d'intercalibració dels indicadors biològics que usa cada estat. En aquests exercicis, s'agru-

pen països amb ecosistemes aquàtics similars (per exemple, amb rius mediterranis o amb estanys alpins) i es treballen conjuntament els indicadors biològics que usa cadascun d'ells buscant una comparativa entre les metodologies utilitzades pels diferents països, de manera que responguin d'igual manera al nivell de pressió antròpica i d'alteració del medi. L'índex IBICAT, desenvolupat pel Districte de conca fluvial de Catalunya, que s'inclou en aquest manual ha estat recentment treballat en aquests exercicis d'intercalibració, amb uns resultats plenament satisfactoris. Aquest índex de qualitat basat en els peixos s'aplica a la categoria dels rius del Districte Fluvial dins de la tipologia de rius mediterranis.

Conèixer adequadament l'estat de les masses d'aigua dels nostres rius permetrà poder definir adequadament els esforços que cal fer per aconseguir el seu bon estat, bon estat que ha de ser compatible amb l'ús de l'aigua. Això és l'objectiu d'aquesta política d'aigües europea. La coordinació europea de la gestió de l'aigua hauria d'acabar revertint en l'assoliment a nivell europeu d'un bon estat de tots els seus ecosistemes aquàtics.

MARTA MORÉN
DG Environment, Comissió Europea

/ Presentació

El manual que teniu a les mans pretén ser una eina de coneixement i sensibilització entorn del món de l'aigua en general i dels peixos continentals en particular. I ho vol fer destil·lant els resultats d'alguns dels treballs impulsats els darrers anys per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), efectuats en part per diversos grups de recerca universitaris i d'altres centres de recerca. Aquests estudis estan encaminats a ajudar a la implementació de la Directiva marc de l'aigua, principalment per conèixer l'estat dels peixos de riu, estany i aiguamoll i el seu paper com a indicadors de qualitat biològica i hidromorfològica (de connectivitat ecològica).

Al mateix temps, aquesta informació es considera essencial per a la conservació de les espècies de peixos d'aigües continentals incloses en els diversos annexos de la Directiva hàbitats i de la Llei estatal de conservació de la biodiversitat – el traspàs de la qual a la legislació de Catalunya és a hores d'ara en tràmit. Així mateix, aquests estudis també permeten actuar amb més propietat d'acord amb el Pla europeu de recuperació de l'anguila i la Llei d'ordenació sostenible de la pesca en aigües continentals.

La situació del nostre país, en una zona biogeogràfica que és confluència de continents, ja pressuposa, a priori, pensar en una riquesa taxonòmica superior a la de les zones properes. A aquest fet però s'ha d'afegir l'impacte humà d'aquesta àrea, especialment intens. L'especial configuració del nostre territori que ha patit

diverses vicissituds al llarg del temps, degué ser la responsable de la seva elevada biodiversitat. Les colonitzacions que s'han donat són de múltiples orígens i alguns dels organismes presents han evolucionat de manera aïllada com a resposta als fenòmens ambientals i geològics que han envoltat la seva història biològica. Serralades, rius i valls són barreres biogeogràfiques que potencien l'aïllament i, per tant, l'endemicitat.

Respecte d'altres grups taxonòmics, els peixos tenen avantatges com a indicadors ecològics. Un dels avantatges principals és que, pel fet de ser organismes que viuen en una escala temporal i espacial relativament gran, integren molt les pertorbacions i per tant poden ser especialment sensibles (encara que menys específics) als canvis ambientals experimentats. L'altre avantatge principal és que són molt visibles per a la societat i, per tant, són una eina excel·lent perquè aquesta entengui la problemàtica ambiental i la necessitat de mitigar-ne els seus impactes.

Tradicionalment s'ha considerat la nostra fauna de peixos d'aigua dolça poc diversa si es compara amb la d'altres regions europees. No obstant això, l'ús de noves tècniques per al seu estudi, com per exemple les tècniques moleculars, ha posat de manifest que aquesta diversitat és molt major de la que inicialment es creia. Com s'esmenta al text, la nostra fauna de peixos continentals autòctona és constituïda per unes 32 espècies autòctones. Aquesta xifra és semblant o lleugerament més alta

que la que trobem en altres països europeus. Encara que, ja dins del segle XXI podria semblar que aquests vertebrats haurien de ser ben coneguts i descrits, no ve de més aportar els estudis que per iniciativa de l'ACA aprofundeixen en el coneixement de la ictiofauna a Catalunya.

Com succeeix amb altres grups taxonòmics, l'elevada proporció d'endemismes de la nostra ictiofauna s'ha considerat com una resposta a fenòmens ambientals i històrics. En primer lloc s'ha de pensar que l'origen actual de la ictiofauna continental de la Península Ibèrica és ben antic i s'ha d'atribuir a l'Oligocè superior, fa almenys 26 milions d'anys. Una vegada aixecada definitivament la serralada dels Pirineus la Península Ibèrica quedà completament aïllada de la resta del continent. Quan es va produir la dessecació de la Mediterrània, la Península va poder ésser colonitzada per fauna africana. No obstant això, des de l'obertura de l'estret de Gibraltar, fa 5,5 milions d'anys, la Península Ibèrica ha quedat pràcticament aïllada de la influència d'altres faunes de peixos. Just al llarg d'aquest darrer segle, pel que fa a la diversitat, s'han incorporat noves espècies invasores que han influenciat i influencien la fauna autòctona.

Així mateix l'hàbitat dels peixos continentals ha estat sotmès a intensos processos de degradació. En general, la dessecació, manca de continuïtat en els cabals, la contaminació aquàtica d'origen industrial, agrícola o urbana, la construcció d'embassaments, la sobreexplotació, la introducció d'espècies competidores o depredadores, la sobrepesca, la salinització i, darrerament, els canvis ambientals associats al canvi climàtic han estat algunes de les causes del declivi de les poblacions.

L'augment de la preocupació i sensibilitat de la societat catalana pels problemes relatius a la conservació dels ecosistemes aquàtics i de la biodiversitat va més enllà del marc normatiu esmentat abans. L'esgotament progressiu dels recursos naturals, la disminució de di-

verses poblacions de fauna i flora silvestres i la degradació dels espais naturals han preocupat seriosament els ciutadans que reivindiquem el dret a gaudir d'un medi ambient saludable i de qualitat que ens asseguri el benestar en el present i que preservi la riquesa del país per les generacions futures.

Però també hi ha una altra dimensió que aconsella progressar en el coneixement dels nostres sistemes aquàtics com és la seva dimensió socioeconòmica i esportiva. La pesca en aigües continentals ja fa temps que ha deixat d'ésser una font de recursos per a la supervivència humana i s'ha convertit, principalment, en una activitat esportiva i recreativa que ajuda com una eina magnífica de sensibilització i educació ambiental. Avui, gràcies al coneixement sobre els peixos que poblen les aigües continentals del nostre país es practiquen noves tècniques de pesca i hi ha noves arts i nous esquers que permeten desenvolupar una pesca de mínim impacte, compatible amb la protecció de les poblacions aquícoles i del medi natural.

En aquest manual es descriu el poblament i les espècies de peixos continentals presents a Catalunya (capítol I) —sintèticament, la biologia i l'ecologia de totes les autòctones i una bona representació de les introduïdes—, s'hi exposen versions actualitzades d'índexs de qualitat basats en els peixos, com l'IBICAT₂₀₁₀ i índexs de biopol·lució (capítol II), s'hi tracta la importància de les migracions i la connectivitat fluvial per als peixos i s'hi descriu un índex per avaluar-la, l'ICF (capítol III). Aquesta publicació, adreçada a un públic general, vol ser útil especialment als gestors ambientals però també a tots els amants de la natura, a estudiants i a pescadors. Per a tots ells els desitjo una lectura agradable i útil.

JOSEP ENRIC LLEBOT

Secretari de Medi Ambient i Sostenibilitat

/ Introducció

El llibre que aquí es presenta fa especial èmfasi en l'ús dels indicadors biològics basats en les poblacions de peixos als rius i zones humides de Catalunya, alhora que fa un recull de les espècies de peixos trobades fruit de les anàlisis i diagnòsis realitzades al llarg dels darrers anys. També introdueix algunes de les mesures de qualitat hidromorfològica, com pot ser la connectivitat fluvial i els passos de peixos, com a elements de correcció i millora.

L'Agència Catalana de l'Aigua ha estat treballant en el desenvolupament d'aquests indicadors, com a requeriment específic de la Directiva marc de l'aigua i la normativa en matèria d'aigua vigent, des de pràcticament els inicis del 2002. Ha anat adquirint informació del medi per ajustar els protocols de mostreig i per a desenvolupar un sistema mètric d'indicadors suficientment sensible a les alteracions de l'estat de les masses d'aigua. Els indicadors exposats són doncs el fruit d'una trajectòria de més de 10 anys impulsant el treball d'equips de recerca de les universitats de Barcelona, Girona i Lleida, i de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. Els últims anys s'hi afegeix també la col·laboració de l'Institut de Ciència i Tecnologia de la Universitat Autònoma de Barcelona per treballar indicadors de biopol·lució.

Els indicadors biològics en base a les poblacions de peixos, i els indicadors de biopol·lució, són elements fonamentals en la gestió dels recursos hídrics, que permeten poder ajustar les mesures necessàries per assolir la gestió sostenible de l'aigua. Tal i com s'explica al llarg de la present publicació, les poblacions de peixos, a l'ocupar els estrats més elevats de la cadena tròfica i tenir requeriments físics importants, són uns excel·lents indicadors de la integritat i la salut dels rius i les zones humides del nostre país, la qual cosa els converteix en unes útils eines de diagnòsi.

Paral·lelament, els treballs realitzats en col·laboració amb el Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis del Museu del Ter han permès identificar i avaluar els principals impactes hidromorfològics que afecten directament a les poblacions de peixos i, de retruc, al bon estat ecològic de les masses d'aigua. S'identifiquen els punts dels nostres rius amb greus afectacions de la connectivitat fluvial, i s'estudien i detallen mesures de millora, com són els passos per a peixos instal·lats en rescloses i altres barreres.

L'Agència Catalana de l'Aigua ha implantat els indicadors de peixos com a eina de diagnòsi a través del Programa de seguiment i control de les masses d'aigua d'acord amb la normativa vigent, i impulsa les mesures

de millora de la connectivitat fluvial a través del Programa de mesures i el Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya. Tot plegat, per complir amb la principal directriu de la Directiva marc de l'aigua d'aconseguir una gestió sostenible dels ecosistemes aquàtics.

ANTONI MUNNÉ

*Cap del Departament de Control i Millora
dels Ecosistemes Aquàtics
Agència Catalana de l'aigua*

CAROLINA SOLÀ

*Tècnica del Departament de Control i Millora
dels Ecosistemes Aquàtics
Agència Catalana de l'aigua*

/ I. Peixos de riu, estany i aiguamoll

La distribució actual dels peixos és el resultat de la seva capacitat adaptativa per mantenir-se o instal·lar-se en uns ecosistemes canviants al llarg de la història de la Terra, sobretot per causa de variacions geològiques i climàtiques. La riquesa de la fauna autòctona de peixos continentals de Catalunya, 32 espècies, contrasta molt en comparació de la del conjunt del nostre planeta, que n'acull entorn de 10.000 (Tuxill i Bright, 1998). També es veu relativament pobra amb relació a les més de 700 espècies de peix conegudes a l'Amèrica del nord (Page i Purr, 1991) i a les 546 —i unes 33 d'introduïdes— del conjunt d'Europa (Kottelat i Freyhof, 2007).

La riquesa ictícola del conjunt de la península ibèrica —60 espècies de peix natives, 36 de les quals considerades endemismes ibèrics (Doadrio, 2001)— és modesta i equivalent a les de la península italiana, la península grega i els territoris extrems del nord del continent europeu (Kottelat i Freyhof, 2007). El cas ibèric sembla degut, concretament, a la manca relativa de rius cabalosos i a la presència d'obstacles geogràfics, com el Pirineu, i ecològics, com l'aigua salada de la Mediterrània, que han impedit el pas de bona part la fauna ictícola centreeuropea cap a aquest territori d'ençà de les darreres glaciacions del plistocè (Sostoa, 1990). Per raons de l'aïllament sofert, com a la resta de penínsules del sud d'Europa, moltes de les espècies de peix hi han anat evolucionant cap a formes pròpies, diferenciades de les centreeuropees, fins a esdevenir endèmiques. Per això, molts peixos autòctons de Catalunya tenen una distribució geogràfica restringida i la majoria només es distribueixen en algunes conques fluvials (figura 1); d'aquí que es considerin endemismes ibèrics o mediterranis, de gran interès científic. Aquest aïllament, alhora, resguarda la seva diversitat genètica, essencial per a l'evolució futura de les espècies (Allan i Flecker, 1993). Dissortadament, com a tota l'àrea Mediterrània, és on

hi ha més proporció d'espècies en perill d'extinció (Freyhof i Brooks, 2011).

A més del medi geològic i el clima, a Catalunya i a bona part del món, l'activitat humana ha modificat els rius, estanys i aiguamolls i la seva biodiversitat associada, sobretot d'ençà del descobriment de l'agricultura en el període Neolític, durant la revolució industrial del segle XIX encara més, amb l'acceleració econòmica de la segona meitat del segle XX i, molt probablement arran l'escalfament climàtic. Bons indicadors de l'estat del medi aquàtic, els peixos han patit impactes ambientals diversos i en graus diferents, que es tradueixen en un estat de conservació, en general, dolent. Un terç —el 34% del conjunt d'espècies de peixos d'aigües continentals del planeta tendeix a l'extinció (Baillie i Groombridge, 1996). Ara mateix, la conservació de la diversitat dels peixos és un dels temes més crítics pel que fa a la conservació de la biodiversitat a tot Europa (Zitek i altres, 2008).

A Catalunya hi ha comptabilitzades unes 32 espècies de peix pròpies, autòctones, que viuen una part de l'any o de la seva vida com a mínim en aigua dolça o salobre. A més, altres espècies d'origen marí —un mínim de 18— s'estan als trams baixos de rius, llacunes costaneres i aiguamolls litorals en períodes curts, dies o setmanes, i per això són considerades estacionals (5 espècies) o accidentals (com a mínim 13 espècies).

D'altra banda, almenys 24 espècies invasores —foranes o al·lòctones— de peix ja viuen en aquestes aigües continentals. També hi ha almenys 6 espècies autòctones de peix que han estat translocades d'unes conques fluvials catalanes a unes altres d'igualment catalanes però d'on aquestes espècies no són pròpies, i s'hi han establert; en aquestes localitats o conques, aquestes espècies es consideren al·lòctones i invasores (vegeu l'apartat I.3).

Com a mínim el 4% de les espècies de peixos continentals d'Europa es consideren properes a l'extinció i el 37% amenaçades, una xifra molt superior a la proporció d'amfibis (23%), rèptils (19%), mamífers i odonats (15%), ocells (13%), papallones (9%) i plantes aquàtiques (7%) amenaçades a Europa (Freyhof i Brooks, 2011). La majoria d'espècies amenaçades estan confinades en algunes àrees del sud d'Europa, a la part mediterrània, on justament hi ha la riquesa més gran d'espècies de plantes, animals terrestres i també de peixos d'aigua dolça d'Europa.

Gran part dels peixos continentals autòctons de Catalunya, doncs, estan en un estat de conservació dolent o com a mínim delicat; en general, en regressió o en risc d'extinció. Tots s'han vist o es veuen afectats, en un grau

o altre, com en altres països (Allan i Flecker, 1993), per una combinació de problemàtiques: sobreexplotació de l'aigua —contaminació directa o difusa, captacions excessives, etc—, insuficient connectivitat ecològica —sobretot per causa d'infraestructures hidràuliques, especialment preses, rescloses, passallisos, bases de pont, etc— i competència amb un nombre creixent d'espècies invasores. Dissortadament, el fet d'haver ignorat durant anys la diversitat dels peixos de Catalunya, i els valors intrínsecs que duen associats, pot haver comportat l'extinció d'espècies —per introducció o translocació i hibridació amb altres—, d'algunes de les quals no se'n coneixia ni l'existència, com ja ha succeït al conjunt d'Europa (Kottelat i Freyhof, 2007).



Figura 1. Exemple de les espècies que conformen el poblament de peixos d'un curs fluvial concret de Catalunya, la riera de Merllès (conca del riu Llobregat a Puig-reig, el Berguedà): tres espècies autòctones (a, b, c) i quatre espècies al·lòctones (d, e, f, g), presents la tardor de l'any 2010. Fotos: Marc Ordeix-CERM (anguila, barb-cua-roig, peix sol i truita irisada) i Laia Jiménez-CERM (bagra catalana, gobi i veró).

1. ELS PEIXOS CONTINENTALS DE CATALUNYA

La llista sistemàtica i els trets distintius de totes les espècies de peixos continentals de Catalunya i dels dos morfotipus principals de truita comuna es basen en la determinació taxonòmica més recent (Doadrio, 2001; Aparicio i altres, 2005; Kottelat i Freyhof, 2007; Leunda i altres, 2009) i en un recull extens d'informació obtingut

de Sostoa (1990), Sostoa i altres (2010) i altra bibliografia que es referencia en el conjunt d'aquest capítol I. A continuació relacionem el conjunt dels peixos continentals de Catalunya i distingim d'una banda les espècies autòctones i, d'una altra, les espècies introduïdes, al·lòctones o invasores:

Espècies autòctones

- **F. Acipenseridae (acipensèrids)**
Acipenser sturio (esturió europeu)
- **F. Anguillidae (anguílids)**
Anguilla anguilla (anguila europea)
- **F. Atherinidae (aterínids)**
Atherina boyeri (joell, moixonet o peix de vidre)
- **F. Blenniidae (blènids)**
Salaria fluviatilis (bavosa o rabosa de riu)
- **F. Cyprinodontidae (ciprinodòntids)**
Aphanius iberus (fartet)
- **F. Clupeidae (clupeïds)**
Alosa alosa (guerxa)
Alosa fallax (saboga o maleta)
- **F. Cobitidae (cobítids)**
Cobitis calderoni (llopet ibèric)
Cobitis paludica (llopet comú o raboseta)
- **F. Cottidae (còtids)**
Cottus hispaniolensis (cavilat)
- **F. Moronidae (morònids)**
Dicentrarchus labrax (llobarro o llop)
- **F. Cyprinidae (ciprínids)**
Achondrostoma arcasii (madrilleta roja)
Barbus graellsii (barb comú, de l'Ebre o de Graells)
Barbus haasi (barb cua-roig)
Barbus meridionalis (barb de muntanya)
Gobio lozanoi (gobi ibèric)
- Parachondrostoma miegii* (madrilla)
- **F. Cyprinidae (ciprínids)**
Phoxinus sp. (barb roig o veró)
Squalius laietanus (bagra catalana)
- **F. Gasterosteidae (gasterosteïds)**
Gasterosteus gymnuris (espinós o punxoset)
- **F. Gobiidae (gòbids)**
Pomatoschistus microps (gòbit de sorra o burret)
- **F. Homalopteridae (homaloptèrids)**
Barbatula barbatula (llop de riu)
- **F. Mugilidae (mugílids)**
Mugil cephalus (llissa llobarrera o cabeçut)
Liza ramada (llissa calua)
Chelon labrosus (llissa vera)
Liza saliens (llissa petita o fusany)
Liza aurata (llissa galta-roja o llissalet)
- **F. Petromyzontidae (petromizòntids)**
Petromyzon marinus (llampresa o llamprea de mar)
- **F. Pleuronectidae (pleuronèctids)**
Platichthys flesus (rèmol de riu o plana)
- **F. Salmonidae (salmònids)**
Salmo trutta (truita comuna, morfotipus mediterrani)
- **F. Syngnathidae (signàtids)**
Syngnathus abaster (agulleta de riu)
- **F. Valenciidae (valèncids)**
Valencia hispanica (samaruc)

Espècies introduïdes, al·loctones i invasores

- **F. Acipenseridae (acipensèrids)**
Acipenser baeri (esturió siberià)
- **F. Centrarchidae (centràrquids)**
Lepomis gibbosus (peix sol o mirallet)
Micropterus salmoides (perca americana o *black-bass*)
- **F. Cobitidae (cobítids)**
Misgurnus anguillicaudatus (llop oriental)
- **F. Cyprinidae (ciprínids)**
Abramis brama (brema)
Alburnus alburnus (albornell o ablet)
Blicca bjoerkna (brema blanca)
Carassius auratus (carpí vermell)
Cyprinus carpio (carpa)
Gobio occitaniae (gobi occità)
Pseudorasbora parva (pseudoràsborra)
Rutilus rutilus (madrilleta vera, rutil o gardó)
Scardinius erythrophthalmus (gardí)
Squalius pyrenaicus (bagra ibèrica)
Tinca tinca (tenca)
- **F. Esocidae (esòcids)**
Esox lucius (luci o lluç de riu)
- **F. Ictaluridae (ictalúrids)**
Ameiurus melas (peix gat)
Ictalurus punctatus (peix gat puntejat)
- **F. Percidae (pèrcids)**
Perca fluviatilis (perca)
Sander lucioperca (sandra o luciperca)
- **F. Poeciliidae (pecílids)**
Fundulus heteroclitus (fúndul)
Gambusia holbrooki (gambúsia)
- **F. Salmonidae (salmònids)**
Salmo trutta (truita comuna, biotipus atlàntic)
Oncorhynchus mykiss (truita arc iris o irisada)
Salvelinus fontinalis (truita de rierol)
- **F. Siluridae (silúrids)**
Silurus glanis (silur)

2. ESPÈCIES AUTÒCTONES

Una espècie de peix es considera autòctona si és «originària del mateix país, lloc o àrea en què viu» (DIEC2, 2011). Així mateix, es té per al·lòctona si «no és originària d'un territori al qual ha accedit recentment, sovint per l'acció humana» (DIEC2, 2011).

Per contra, habitualment es parla d'espècie translocada quan ha estat transferida, per una causa o altra, a una conca propera d'on no és originària. Així doncs, una espècie translocada a una conca d'on no sigui originària es considera forana o al·lòctona en aquella conca concreta, però no necessàriament a escala de país. Vegeu, a tall d'exemple, la distribució potencial dels peixos de Catalunya i com varia entre les diverses conques fluvials (taula 1).

De manera natural, l'extinció d'una espècie tarda molts anys (o mil·lennis) a produir-se; en canvi, l'aparició de les espècies invasores accelera, de molt, el procés de rarefacció i d'extinció de les autòctones. Aquestes espècies tenen efectes a curt termini, com ara reduir l'abundor de les espècies nadiues i canviar el funcionament dels ecosistemes, a més d'homogeneïtzar les comunitats aquàtiques a escala planetària (Clavero i García-Berthou, 2006).

El percentatge de fauna piscícola autòctona es considera un bon indicador de la qualitat biològica de les aigües continentals (vegeu el capítol II d'aquest mateix manual; IBICAT₂₀₁₀). També indica l'existència, en una conca determinada, de connectivitat ecològica suficient, i d'una dinàmica natural i de la variabilitat pròpia dels rius, estanys i aiguamolls mediterranis, tant de cops de riu com de seques. Cal conservar, doncs, els peixos continentals per disposar d'una eina de coneixement de l'estat i l'evolució del medi aquàtic, a més, òbviament, de motivacions purament científiques, econòmiques i ètiques.

Peixos de riu

En general, arreu del món, la riquesa de la comunitat de peixos augmenta en situacions naturals en incrementar-se l'àrea d'estudi, i més a les latituds baixes que no pas a les altes (Allan i Flecker, 1993). També creix al llarg de cada curs fluvial quan perd pendent i guanya cabal (Margalef, 1983), i amb relació a la superfície de cada conca. Disminueix segons la durada del període en què, si es dona el cas, un curs fluvial es queda eixut del tot. Succeeix un fenomen equivalent amb l'altitud, dimensió i temporalitat dels estanys (Margalef, 1983).

A cada conca fluvial, les espècies que componen la comunitat de peixos varien des de la capçalera fins a la desembocadura —en augmentar l'ordre del riu— i segons els requisits ambientals de cadascuna: temperatura, velocitat de l'aigua, profunditat, tipus de substrat, etc. A les conques mediterrànies, excepte a les àrees d'alta muntanya —on dominen els salmònids—, la majoria de peixos autòctons corresponen a la família dels ciprínids, però les espècies predominants a cada sector van canviant al llarg del seu recorregut, en part per les condicions naturals.

A tall d'exemple, en una conca d'una riera costanera de la Costa Brava com la de Llançà (Alt Empordà), relativament curta (17 km) i temporània, típicament mediterrània, que es caracteritza per una estacionalitat molt marcada —que desestabilitza regularment les comunitats—, només uns quants tolls o gorgs es mantenen amb aigua durant el període estival. Tot i amb això, hi viuen tres espècies a la part mitjana i com a mínim set a la part baixa, arran de mar.

Al riu Ter (208 km) i al Llobregat (156 km) —molt més llargs i amb conques relativament extenses— existeix una sola espècie de peix autòctona pròpia de les capçaleres pirinenques, però aigua avall, potencialment, els

Espècies autòctones

- **F. Acipenseridae (acipensèrids)**

Acipenser sturio (esturió europeu)



- **F. Anguillidae (anguílids)**

Anguilla anguilla (anguila europea)



- **F. Atherinidae (aterínids)**

Atherina boyeri (joell, moixonet o peix de vidre)



- **F. Blenniidae (blènids)**

Salaria fluviatilis (bavosa o rabosa de riu)



- **F. Cyprinodontidae (ciprinodòntids)**

Aphanius iberus (fartet)



- **F. Clupeidae (clupeids)**

Alosa alosa (guerxa)



Alosa fallax (saboga o maleta)



- **F. Cobitidae (cobítids)**

Cobitis calderoni (llopet ibèric)



Cobitis paludica (llopet comú o raboseta)



- **F. Cottidae (còtids)**

Cottus hispaniolensis (cavilat)



- **F. Moronidae (morònids)**

Dicentrarchus labrax (llobarro o llop)



- **F. Cyprinidae (ciprínids)**

Achondrostoma arcasii (madrilleta roja)



Barbus graellsii (barb comú, de l'Ebre o de Graells)



Barbus haasi (barb cua-roig)



Barbus meridionalis (barb de muntanya)



Gobio lozanoi (gobi ibèric)



Parachondrostoma miegii (madrilla)



- **F. Cyprinidae (ciprínids)**

Phoxinus sp. (barb roig o veró)



Squalius laietanus (bagra catalana)



- **F. Gasterosteidae (gasterosteids)**

Gasterosteus gymnaurus (espinós o punxoset)



- **F. Gobiidae (gòbids)**

Pomatoschistus microps (gòbit de sorra o burret)



- **F. Homalopteridae (homaloptèrids)**

Barbatula barbatula (llop de riu)



- **F. Mugilidae (mugílids)**

Mugil cephalus (llissa llobarrera o cabeçut)



Liza ramada (llissa calua)



Chelon labrosus (llissa vera)



Liza saliens (llissa petita o fusany)



Liza aurata (llissa galta-roja o llissalet)



- **F. Petromyzontidae (petromizòntids)**

Petromyzon marinus (llampresa o llamprea de mar)



- **F. Pleuronectidae (pleuronèctids)**

Platichthys flesus (rèmol de riu o plana)



- **F. Salmonidae (salmònids)**

Salmo trutta (truita comuna, morfotipus mediterrani)



- **F. Syngnathidae (signàtids)**

Syngnathus abaster (agulleta de riu)



- **F. Valenciidae (valèncids)**

Valencia hispanica (samaruc)



trams mitjans arriben a acollir 6 espècies i, progressivament, fins a un total de 17 espècies als trams baixos. Al riu Ebre (927 km), de dimensions encara superiors, es passa igualment d'una sola espècie als trams superiors dels Pirineus a, potencialment, 16 espècies autòctones a prop de la seva desembocadura i fins a un total de 23 al conjunt del Delta de l'Ebre.

A Catalunya, als trams més alts dels rius (bàsicament al Pirineu), si hi ha cabal suficient, hi predomina pròpiament la truita comuna (*Salmo trutta*) de varietat mediterrània (Aparicio i altres, 2005; Sanz i altres, 2009), que mostra diferències genètiques entre les diverses valls (García-Marín i Pla, 2006). La velocitat del corrent hi és elevada i les temperatures, baixes tot l'any. Als trams alts però per sota dels 1.000 metres d'altitud, i continuant als trams mitjans i baixos, hi apareixen espècies de ciprínids: el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) —a la meitat oriental catalana, des de la conca del Besòs fins a les rieres de l'Albera i bastant més nord enllà, a la Provença— i el barb cua-roig (*Barbus haasi*) —a la meitat occidental, des de la conca del Llobregat fins a la de la Sénia, incloent-hi la de l'Ebre.

A partir dels 800 o 700 metres d'altitud, aquests barbs —el de muntanya o el cua-roig— comparteixen el riu o la riera amb altres espècies com l'anguila (*Anguilla anguilla*) i, sobretot, ciprínids com la bagra catalana (*Squalius laietanus*) —arreu—, la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) —a la conca de l'Ebre— i el barb comú o de l'Ebre (*Barbus graellsii*), que prefereix trams mitjans i baixos de riu —també només a la conca de l'Ebre. A partir dels 500 metres d'altitud, a les espècies anteriors se'n hi afegeixen potencialment d'altres com el llopet comú (*Cobitis paludica*), la rabosa o bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*) i l'espínol o punxoset (*Gasterosteus gymnurus*). És on es forma més diversitat d'hàbitats fluvials i, al mateix temps, es mantenen unes condicions ambientals més uniformes, temperades i força

estables al llarg de l'any; per això hi ha establert un nombre superior d'espècies d'aigua dolça (Sostoa i altres, 1990).

A la part més baixa i estuarina, hi destaquen espècies tolerants a una certa salinitat: l'anguila i les llisses o llísseres (mugílids), com ara la llissa calua (*Liza ramada*) i la llisa llobarrera o cabeçut (*Mugil cephalus*) o fins i tot el llobarro (*Dicentrarchus labrax*), que es desplacen desenes de quilòmetres riu amunt de la desembocadura si cap obstacle no els ho impedeix. També hi viuen espècies més aviat pròpies de la franja litoral, com la llissa galta-roja (*Liza aurata*), la llissa vera (*Chelon labrosus*) i la llissa petita o fusany (*Liza saliens*) —que a l'Ebre no superen els 20 km des de la desembocadura (Sostoa i altres, 1990) i al Ter els 2 km—, a més d'altres encara més estrictament litorals que viuen a l'estuari, ben bé arran de mar, com el joell o peix de vidre (*Atherina boyeri*), el gòbit de sorra (*Pomatoschistus microps*), l'agulleta de riu (*Syngnathus abaster*) i el rèmol de riu (*Platichthys flesus*). Per a informació detallada de la distribució potencial dels peixos de Catalunya, vegeu la taula 1.

Amb tot i això, hi ha una bona colla d'espècies marines que poden entrar de manera estacional als estuaris dels rius, i també a les llacunes costaneres, com l'orada o moixarra (*Sparus aurata*), el llenguado ver o palaia (*Solea vulgaris*), el llenguado nassut (*Solea nassuta*), l'agulla (*Belone belone*) i el gòbit de sorra (*Potamochistus minutus*). I encara queda un nombre molt gran d'espècies, com a mínim 13 més (Sostoa i altres, 1990), que freqüenten els estuaris a la primavera i l'estiu de manera considerada accidental, coincidint amb l'època de cabal mínim dels cursos fluvials. És el cas del seitó (*Engraulis encrasicolus*), la sardina (*Sardina pilchardus*), el tallahams (*Pomatomus saltator*), la mabra (*Lithognathus mormyrus*), la palomida (*Lichia amia*), etc. El tallahams i la palomida, per exemple, s'internen a més de 40 km de distància de la desembocadura de l'Ebre (Queral i altres, 1999).

Espècie	Conca fluvial																			
	Gr	Sn	E	Rc	F	G	Fx	L	B	Td	D	T	Fl	M	Ma	RS	RM	CB	CC	
Achondrostoma arcasii			A																	
Acipenser sturio			A					A				A	A	A						
Alosa alosa		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Alosa fallax		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Anguilla anguilla	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Barbatula barbatula			A									I								
Barbus graellsii			A					I	I			I	I							
Barbus haasi		A	A	A	A	A	A	A												
Barbus meridionalis									A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Chelon labrosus		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Cobitis calderoni		A	A																	
Cobitis paludica		A	A																	
Cottus hispaniolensis	A																			
Gasterosteus gymnurus										A	A	A		A	A					
Gobio lozanoi			A					I	I			I	I	I	I					
Liza ramada		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Mugil cephalus		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Parachondrostoma miegii		A	A	I	I			I				I	I							
Petromyzon marinus		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Phoxinus sp.			A					I	I	I			I	A	A					
Pomatoschistus microps		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Salaria fluviatilis			A									A	A							
Salmo trutta	A	I	A		I			A	I			A								
Squalius laietanus			A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	
Alburnus alburnus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Ameiurus melas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Carassius auratus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Cobitis bilineata	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Cyprinus carpio	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Esox lucius	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Gambusia holbrooki	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Lepomis gibbosus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Micropterus salmoides	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Misgurnus anguillicaudatus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Oncorhynchus mykiss	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Perca fluviatilis	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Pseudorasbora parva	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Rutilus rutilus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Sander lucioperca	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Ss erythrophthalmus	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Silurus glanis	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	

Taula 1. Llistat d'espècies de peix de riu classificades en autòctones i introduïdes o al·lòctones (A = espècie autòctona, I = espècie introduïda, al·lòctona o invasora) per a les principals conques fluvials de Catalunya (Sostoa i altres, 2010). Conques fluvials: Gr) Arriu Garona; Sn) Riu de la Sénia; E) l'Ebre; Rc) Riera de Riudecanyes; F) el Francolí; G) el Gaig; Fx) el Foix; L) el Llobregat; B) el Besòs; Td) la Tordera; D) el Daró; T) el Ter; Fl) el Fluvià; M) la Muga; Ma) Rec Madral (Mugueta); RS) Rieres del sud (Calafat-Golf de Sant Jordi; de Llaberia-Vandellòs; del Baix Camp; de Calafell-Torredembarra; del Garraf; RM) Rieres del Maresme; CB) Rieres del Cap de Begur-Blanes; CC) Rieres del Cap de Creus.

Peixos d'estany

El poblament de peixos d'estany de Catalunya és ben diferent si es tracta d'un estany alpi, un estany de l'interior, una llacuna o aiguamolls litorals.

Els estanys alpins, d'origen glacial i situats per damunt dels 1.500 metres d'altitud, originàriament no tenien peixos; ara n'hi viuen a aproximadament la meitat dels estanys, introduïts pels humans (Miró, 2011). La presència de peixos hi fa disminuir dràsticament el poblament d'amfibis i el conjunt de la seva qualitat biològica (Agència Catalana de l'Aigua, 2006d). Hi ha estanys d'alta muntanya que contenen truita autòctona de varietats mediterrànies, que hi van ser portades des de molt antic (Miró, 2011). Més endavant també hi va ser introduïda truita de varietat atlàntica (Miró, 2011) i, ja al segle xx, altres espècies, com el barbroig o veró (*Phoxinus* sp.) —emprat il·legalment com a esquer— i la truita de rierol (*Salvelinus fontinalis*).

Els estanys de l'interior del país, per contra, poden contenir diverses espècies de peixos autòctons, però cada cas és diferent. Dissortadament, han estat molt transformats i el poblament introduït hi és sempre superior a l'autòcton. Aquests estanys tenen a Catalunya una superfície modesta, amb l'excepció de l'estany de Banyoles i el d'Ivars d'Urgell.

A Banyoles hi ha descrites com a mínim cinc espècies autòctones. Abans de 2010 hi vivien el barbroig de muntanya, la bagra catalana, l'anguila europea, la bavosa o rabosa de riu, l'espinós o punxoset i la tenca (*Tinca tinca*) (Zamora i Pou-Rovira, 2003), tot i que aquesta darrera ja s'hi considera exòtica (Sostoa i altres, 1990). També hi han estat capturats exemplars de llissa llobarrera i llissa calua, que s'associen als repoblaments de peixos amb el propòsit de la pesca esportiva (Zamora i Pou-Rovira, 2003) més que no pas a una millora de la connectivitat de l'estany amb la mar, a causa dels obstacles insalvables que encara presenten els

rius Terri i Ter al llarg del seu recorregut. Al segle xx, arran de la Festa del peix instaurada l'any 1910, s'hi van introduir nombroses espècies foranes, que avui dia pràcticament hi han desplaçat del tot el poblament autòcton de peix.

A l'estany d'Ivars i Vila-sana (Pla d'Urgell), dessecat l'any 1951 i reomplert a partir de l'any 1995, hi són propis peixos com el barbroig comú o de l'Ebre i la bagra catalana, molt escassos amb relació a les espècies invasores (al·lòctones), un total de 6; sembla que en qualsevol moment poden desaparèixer (Casals i Sebastià, 2010). L'anguila, que hi havia estat molt abundant fins a mitjan segle xx —fins i tot se'n feia pesca comercial—, avui dia no hi pot arribar a causa de la mala connectivitat ecològica de l'estany amb la resta de la conca de l'Ebre i la mar, sobretot per la inexistència de dispositius de pas per a peixos eficaços als embassaments de Flix i Riba-roja (Ribera d'Ebre, Baix Cinca i Segrià), a més d'altres obstacles menors del riu Segre.

Peixos de llacunes costaneres i aiguamolls litorals

A les llacunes costaneres i aiguamolls litorals, sobretot si són salabrosos, encara hi predominen sobradament les espècies autòctones. A les llacunes costaneres, poc profundes —de 40 a 100 cm—, i als aiguamolls litorals de Catalunya, el nombre d'espècies de peix estrictament continentals, d'origen limnètic, és inferior al de les espècies marines. N'hi ha dues de pròpiament continentals: el fartet (*Aphanius iberus*) i el samaruc (*Valencia hispanica*). Les espècies de peix d'origen marí més característiques són els gòbits de sorra (*Pomatoschistus microps*, *P. minutus* i *P. marmoratus*), el cabot anglès o gobi de morro vermell (*Gobius cruentatus*), el rèmol de riu, el llenguado ver o pelaia (*Solea vulgaris*) i el llengu-

do nassut (*Solea nassuta*). Si la massa d'aigua té més de 40 cm de profunditat i un drenatge adequat, hi viuen un nombre més gran d'espècies (Sostoa i altres, 1990).

En general, a la primavera i a l'estiu, quan les llacunes connecten amb la mar oberta, hi entren els alevins de peixos d'origen marí. A la fi de l'estiu, quan aquesta entrada es tanca i la temperatura de l'aigua comença a baixar, els peixos hi inicien una migració a la inversa (Queral i altres, 1999). A la tardor i l'hivern s'hi internen, procedents de la mar, les angules, els alevins de les anguilles.

Als sectors de menys profunditat dels aiguamolls litorals, que solen quedar sovint incomunicats, només s'hi estableixen les espècies de talla petita, com per exemple els gòbits de sorra o l'agulleta de riu, o bé alevins i individus joves d'altres espècies, especialment de les famílies dels aterínids, com el joell o peix de vidre, i dels mugílids, llisses o llísseres, com la llisa llobarrera o cabreçut, la llisa calua, la llisa vera, la llisa petita o fusany i, més rarament, la llisa galta-roja o llissalet. Si hi ha un mínim de flux d'aigua, hi apareix fàcilment l'anguila. Entre les espècies estacionals que freqüenten les llacunes una part de l'any hi ha més espècies marines, com el llobarro, l'orada o moixarra i la bavosa de bassa o gitana (*Salaria pavo*), i excepcionalment altres que fan servir les llacunes com a àrea de refugi, com la sardina, el seitó i la mabra. Altres espècies hi entren en fase d'alevins, com el rèmol de riu, el llenguado ver i el llenguado nassut, mentre que l'agulla hi entra per reproduir-s'hi entre el febrer i el juny (Sostoa i altres, 1990).

Les llacunes més dolces o amb més influència fluvial són colonitzades normalment per espècies més sedentàries, com l'espinós o punxoset, el samaruc i el llopet comú, a més d'espècies migradores com l'anguila. Finalment, els ambients més salats, hiperhalins, pràcticament només els ocupa el fartet.

En general, totes aquestes espècies tenen una demanda d'oxigen baixa. Això no obstant, si la temperatura de l'aigua als aiguamolls litorals supera els 35 o 36°C, la majoria desapareixen. Només algunes, com el fartet i el samaruc, considerades sedentàries, poden suportar temperatures més altes (Sostoa i altres, 1990).

Peixos d'embassament

Els embassaments són tot un altre món. L'aprofitament de la força hidràulica ha donat des de temps antic una fesomia especial a molts dels rius i rieres de Catalunya: hi abunden les preses —superiors a 15 m d'altura— i, en general, sobretot les rescloses (denominades *assuts* a la Catalunya occidental —inferiors a 15 m d'altura), seguides d'un canal per al reg o per a produir energia hidroelèctrica. Aquestes derivacions poden suposar disminucions apreciables del cabal als trams afectats, respecte a la situació que hi havia abans de la seva construcció. En aquest sentit, les preses i les rescloses poden comportar, també respecte a questa situació prèvia, canvis en la qualitat de l'aigua i de les comunitats d'organismes.

La transformació d'un riu en una sèrie de masses d'aigua encalmada, en moltes ocasions de centenars de metres i de vegades plenes de sediment, sovint beneficia la proliferació d'espècies invasores de peixos i arracona les espècies autòctones, que requereixen en general aigües de millor qualitat, corrents i amb una bona connectivitat fluvial.

Si les preses i les rescloses no duen incorporada una solució o dispositiu eficaç de pas per a peixos (per a més informació, vegeu el capítol III d'aquest mateix manual), tenen un efecte de barrera per a les migracions dels peixos autòctons, i les seves poblacions es redueixen o



Tram mitjà
d'una riera
mediterrània.
Riera de Llançà
a Valleta
(Alt Empordà).



Tram mitjà d'un
riu mediterrani.
Riu Daró a
Bordils (Baix
Empordà).



Tram baix d'un
riu mediterrani.
Riu Francolí
a la Pobla
de Mafumet
(Tarragonès).



Sector truíter.
Tram mitjà
del riu Querol.
(subconca del
Segre, conca
de l'Ebre) a
Puigcerdà
(Cerdanya).



Sector mun-
tanyenc amb
truita comuna
i barb cua-roig.
Tram alt del
riu Llobregat
a Olvan
(Berguedà).



Sector típic
de cipriníds.
Tram mitjà
del riu Ter entre
les Masies de
Vltregà i
Torrelló (Osona).

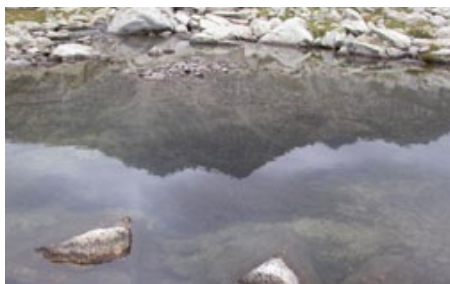


Sectot típic
de mugílids i
anguila. Tram
baix del riu Ter
a Torroella de
Montgrí
(Baix Empordà).



Estuari.
Aiguabarreig
de l'Ebre amb la
Mediterrània
a Deltebre
(Baix Ebre).

Figura 2. Diversos sectors de rieres i rius de Catalunya. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Estany
pirinenc.
Estany
de Cubieso
a la Torre
de Cabdella
(Pallars Jussà).



Estany d'interior.
Estany
de Banyoles
(amb presència
abundant de
perca americana)
(Pla de l'Estany).



Estany
d'interior.
Estany d'Ivars
i Vila-sana
(Pla d'Urgell).



Aiguamolls
litorals.
L'Aufacada
a Sant Jaume
d'Enveja
(Montsià, Delta
de l'Ebre).



Llacuna
costanera de
l'Encanyissada
(Amposta,
Montsià, Delta
de l'Ebre).



Embasament.
Pantà de la
Baells, riu
Llobregat
a Cercs
(Berguedà).

Figura 3. Exemples d'estanys, aiguamolls i un embassament de Catalunya. Fotos: Marc Ordeix-CERM.

fins i tot desapareixen dels rius, estanyes i aiguamolls. Això ja ha succeït, ara com ara, amb peixos amb un gran interès socioeconòmic, com l'esturió al conjunt del país i bona part d'Europa, la saboga i l'anguila a molts sectors fluvials, la truita comuna a trams d'alta muntanya i diverses espècies de ciprínids a altres àrees. A continuació es descriuen les espècies de peix d'aigües continentals considerades autòctones de Catalunya.

Esturió europeu (*Acipenser sturio*)



De mitjana, els adults fan uns 1,25 metres de llargària, però a la península Ibèrica alguns exemplars han arribat fins a 2,5 m i 85 kg de pes (Elvira i Almodóvar a Fernández i Farnós, 1999) i a altres països superen els 3,5 m i els 300 kg (Rochard a Keith i altres, 2011). Es tracta d'una espècie longeva, que assoleix la maduresa sexual entre els 9 i els 18 anys; alguns individus viuen més de 100 anys (Doadrio, 2001). L'esturió s'està la major part de la seva vida a la mar, a fons de 5 a 60 m, però a la primavera, de març a juny, quan el cabal augmenta, entra als grans rius per fresar en aigües ràpides de trams profunds i amb fons pedregosos (Rochard a Keith i altres, 2011). A la fi de l'estiu se'n torna a la mar. Els juvenils s'estan a les desembocadures i els estuaris dels rius d'un a tres anys, fins que fan uns 60 o 65 cm de longitud; llavors s'internen a la mar. S'alimenta de crustacis, mol·luscs, poliquets i peixos.

L'esturió europeu es distribueix potencialment per la mar del Nord, la mar Blanca, les costes europees atlàntiques i les mars Mediterrània i Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). Al nostre país, ha estat molt pescat per aprofitar-ne la carn i, contemporàniament, també els ous —que poden esdevenir caviar. La pesca, la construcció

de preses, la contaminació de l'aigua, l'extracció de grava de la llera i la canalització i regulació dels rius —en perdre's o degradar-se els seus llocs de fresa i variar el règim natural dels cabals— l'han portat al límit de l'extinció (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011). Únicament en resisteix una població natural viable a l'Estat francès, a l'estuari de la Garona i la Gironda, i es dubta d'una altra de Geòrgia, al riu Rioni (Doadrio, 2001; Kottelat i Freyhof, 2007). Recentment, se n'ha iniciat un programa de reintroducció a Alemanya i Holanda, als rius Elba i Rin (Gebner i altres, 2010); n'hi ha un altre projecte pendent d'execució al Roine.

L'esturió havia estat present als principals rius de Catalunya, molt especialment al riu Ebre, però també al Llobregat, al Ter, al Fluvià i a la Muga (Sostoa i altres, 2010). Documents antics exposen que al segle xv l'ampliació de l'assut de Xerta va provocar-li problemes greus (també a altres espècies migratòries, com la saboga); ja no el van poder remuntar més. Debilitat per la reducció de la seva àrea de fresa i pescat intensivament, va desaparèixer del baix Ebre a mitjan segle xx; la seva darrera captura correspon a un juvenil l'any 1970 (Farnós i Porres a Fernández i Farnós, 1999).

Anguila europea (*Anguilla anguilla*)



D'adult fa de 20 a 100 cm de llargada, però, excepcionalment, si per diferents circumstàncies queda reclosa en espais tancats d'aigua (com pot ser un embassament), arriba —sobretot les femelles— fins a una llargada de 200 cm (Kottelat i Freyhof, 2007) i un pes de més de 10 kg (Sostoa i altres, 1990).

L'anguila europea és d'activitat més aviat nocturna i es desplaça més de 6.000 km per l'oceà Atlàntic fins a la mar dels Sargassos i les illes Bermudes per reprodu-

ir-se, i mor després de la posta. Els seus alevins fan aquest llarg viatge de tornada, que es pot perllongar d'un a set anys, fins a arribar a les costes d'Europa, la mar Bàltica, la mar Negra i el nord d'Àfrica. Ho fan en forma d'angules, i penetren als aiguamolls, rieres i rius; de vegades fan centenars de quilòmetres fins a les capçaleres fluvials. Quan maduren sexualment, entre els 3 i els 9 anys (20-45 cm, els mascles) i els 5-18 anys (35-100 cm, les femelles), es dirigeixen una altra vegada a la mar per procrear (Feuteun i altres a Keith i altres, 2011). L'entrada de les angules als rius, llacunes costaneres i aiguamolls litorals de Catalunya es produeix des d'octubre fins a la primavera, amb un màxim de novembre a desembre.

La seva alimentació varia segons la seva mida i el lloc on viu. En aigües dolces menja principalment insectes aquàtics (quironòmids, efemeròpters i tricòpters), mol·luscs, crustacis i peixos. En aigües salabroses prefereix crustacis i peixos. A la mar, aquest ordre s'inverteix (Sostoa i altres, 1990).

La seva distribució als rius i estanys avui dia està limitada sobretot per l'existència de grans embassaments, rescloses i comportes, a més d'altres infraestructures, que impedeixen la seva migració cap a les aigües dolces, i molt sovint també el seu retorn a la mar. Fins a mitjan segle xx, a Catalunya es distribuïa per la majoria de conques fluvials i fins a una altitud d'uns mil metres per damunt del nivell de la mar. Actualment, reduïda la seva àrea de distribució en més del 90%, només resisteix a les conques o els sectors on no hi ha obstacles intercalats, com és el cas de diverses rieres litorals, bona part del Fluvià i la Muga i els trams més baixos de l'Ebre, el Gaià, el Francolí, el Foix, el Llobregat, el Besòs, la Tordera i el Ter. Es troba molt afectada per la sobrepesca, tant d'alevins (angules) com d'adults, per la contaminació orgànica i de metalls pesants i també, molt greument, per un nematode paràsit (*Anguillocola crassus*) que va arribar a Europa per contacte amb anguilles japone-

ses (*Anguilla japonica*) en piscifactories. Les densitats d'anguiles són generalment baixes, excepte al baix Ebre i altres trams inferiors de rius i rieres costaneres. Es considera una espècie en perill crític d'extinció (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011). Per tot plegat, i havent patit un declivi del 99% dels estocs europeus des dels anys 1980, actualment existeix un Pla europeu de recuperació de l'anguila (Regulació 1100/2007; EC, 2007), que ha portat a l'elaboració per part dels Estats de plans de gestió de l'anguila per a les principals conques.

Joell, moixonet o peix de vidre o sense sang (*Atherina boyeri*)



És un peix petit, que arriba a fer un màxim de 13 cm de llargada i 6 grams (Sostoa i altres, 1990; Rosecchi i Laffaille a Keith i altres, 2011). El seu cos és típicament translúcid. Té els ulls molt grossos i la seva boca està dirigida cap amunt. D'origen marí, viu a prop de la costa, en ambients salabrosos i també en aigües dolces. Es considera una espècie sedentària estacional en aigües continentals. En canvi, a les llacunes litorals hi ha dos tipus de poblacions de joells: una d'estacional i una altra de pràcticament sedentària; al final de l'hivern o al principi de la primavera arriben els adults de la població procedent de la mar per reproduir-se als aiguamolls; la població gairebé sedentària s'hi està diversos mesos (Sostoa i altres, 1990). Fresa des dels primers anys de vida, els mesos de gener i agost; els ous s'adhereixen a la vegetació o en algun substrat per mitjà d'uns filaments fins. Es nodreix de larves d'insectes, microcrustacis, copèpodes, puces d'aigua, caragols i cucs. El joell és una presa habitual de l'anguila, el llobarro i l'agulla.

És propi de la Mediterrània, la mar Negra, la mar Càspia i l'Atlàntic (Kottelat i Freyhof, 2007) i està dis-

tribuït àmpliament per tota la franja litoral. La seva amenaça principal és la sobrepesca, també al delta de l'Ebre. En aigües interiors, els seus perills principals són la depredació per part d'espècies exòtiques, l'alteració dels estuaris per la construcció de preses i la contaminació i dessecació d'aiguamolls per interessos agrícoles i urbanístics (Doadrio, 2001). També és víctima de la pesca de l'angula en quedar atrapat als bussons, atret pels llums existents en aquest parany (Queral i altres, 1999). Es considera una espècie en estat vulnerable.

Bavosa o rabosa de riu (*Salaria fluviatilis*)



Té el cos comprimit lateralment i una mida petita; sol mesurar uns 9 cm de llargada i rarament arriba als 15 cm (Doadrio, 2001). És típica de localitats baixes, temperades. En ser bentònica, habita el fons de rius de corrent moderat i amb pedres, a la part inferior de les quals enganxa la posta; els mascles en tenen cura. També viu en alguns embassaments i en aiguamolls d'aigua dolça. Es reproduïx d'abril a juliol. La seva dieta, zoòfaga, està basada en insectes, crustacis i, menys habitualment, petits peixos.

És pròpia de la conca mediterrània, del sud d'Europa i el nord del Magrib (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya està localitzada actualment en alguns trams dels rius Matarranya, Ebre, Segre, Noguera Ribagorçana, Noguera Pallaresa, Ter i Fluvià. La seva amenaça principal és la destrucció del seu hàbitat de fresa, especialment per l'extracció de graves (Vinyoles i Sostoa, 2007). N'hi ha poblacions localment abundants, però en general és molt escassa. Havent estat localment abundant al segle xx, ha anat reduint considerablement l'àrea de distribució fins a trobar-se en perill d'extinció al conjunt de l'Estat espanyol (Blanco i González, 1992).

Fartet (*Aphanius iberus*)



És molt menut; el mascle fa com a màxim 4 cm de llargada i la femella, 5 cm. És una espècie sedentària que es reproduïx entre els mesos de maig i setembre. Viu en aigües amb una gran concentració salina: aiguamolls, estanys i salines. Pot aguantar temperatures elevades i, com altres espècies d'aiguamolls, presenta uns límits amplis de tolerància a la salinitat, però de tots els peixos d'aquests ambients el fartet és el que viu en aigües més salades (Sostoa i altres, 1990). La seva dieta és omnívora, a base de microcrustacis, poliquets, larves d'insectes, algues i macròfits.

Com a endemisme ibèric, a Catalunya es distribueix per algunes àrees del delta de l'Ebre i el Camp de Tarragona, el delta del Llobregat, aiguamolls del baix Ter i els aiguamolls de l'Alt Empordà. Juntament amb la introducció d'espècies exòtiques com el peix sol, la perca americana, la gambúsia i el fúndul, el fartet està amenaçat per la dessecació d'aiguamolls per interessos agrícoles i urbanístics, la contaminació de l'aigua i la sobreexploatació d'aqüífers (Doadrio, 2001). Per tot plegat, es considera una espècie amenaçada (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Guerna (*Alosa alosa*)



Pot fer 83 cm de llargada i fins a 4 kg de pes (Doadrio, 2001). Tot i mantenir una certa preferència pels cursos fluvials més atlàntics i escassejar als mediterranis, té els mateixos costums que la saboga i també el mateix cicle vital. Passa la major part de la seva vida al medi marí costaner, on creix. Va als rius a reproduir-se als 4 o 6 anys, quan fa una talla de 30-70 cm i un pes de fins a 3,5 kg. Fresa a la prima-

vera —de maig a juny—, de nit i damunt de fons sorrencs i pedregosos en indrets de poca profunditat als trams baixos dels cursos principals (Doadrio, 2001). Alguns individus moren, altres tornen a la mar i retornen als rius al cap d'un any per fresar-hi. Els juvenils de la guerxa s'estan pocs mesos a l'aigua dolça. S'alimenta de larves d'insectes, crustacis petits, cucs i macròfits.

Està distribuïda a totes les costes del nord de l'Atlàntic i la Mediterrània (Kottelat i Freyhof, 2007); a Catalunya actualment sembla que només és present al Delta de l'Ebre (Queral i altres, 1999). Deixant de banda la sobrepesca i la contaminació (Doadrio, 2001), la seva població va disminuir considerablement a partir de la construcció de preses i rescloses als rius durant la primera meitat dels segle xx, que li impedeixen anar a fresar riu amunt. Les seves densitats són molt baixes i es considera en un estat de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Saboga o maleta (*Alosa fallax*)



És semblant a la guerxa però més petita; fa de 25 a 40 cm de llargada mitjana, 55 cm com a màxim, i un pes de 500 grams de mitjana, fins a 3 kg com a màxim (Doadrio, 2001). Passa la major part de la seva vida al medi marí, en àrees costaneres del litoral mediterrani. Penetra als trams baixos dels rius a la primavera, al mes d'abril. Forma esbarts nombrosos, on fresa de maig a juny en àrees de corrent fort i fons sorrencs i pedregosos (Doadrio, 2001) quan la temperatura de l'aigua supera els 18°C (Queral i altres, 1999). Molts adults moren a conseqüència de l'esforç de la posta; ben pocs retornen a la mar. S'alimenta de larves d'insectes, crustacis petits, cucs i macròfits.

Està distribuïda per totes les costes del nord de l'Atlàntic, la Mediterrània i la mar Negra (Kottelat i Freyhof,

2007). A Catalunya és pròpia de tots els rius més importants. Encara s'endinsa al riu Ebre fins a la presa de l'Assut de Xerta, a més de 40 km de la desembocadura. Aquest obstacle no la deixa desplaçar riu amunt, com havia fet fins a la primera meitat de segle xx, quan encara es pescava amb finalitats comercials a la Ribera d'Ebre: a Tivenys, Miravet i Xerta (Queral i altres, 1999). Deixant de banda la sobrepesca i la contaminació (Doadrio, 2001), la seva població ibèrica va disminuir considerablement a partir de la construcció de preses i rescloses als rius, que li impedeixen a anar a fresar als hàbitats més idonis. Tot i que els darrers decennis sembla haver augmentat lleugerament, les seves densitats encara són més aviat baixes i es considera en un estat de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Llopet ibèric (*Cobitis calderoni*)



Té una mida petita i el cos més allargat i prim que el llopet comú, però no supera els 8 cm de llargada (Doadrio, 2001). Viu als trams alts i mitjans dels rius, a sectors que contenen una gran quantitat d'oxigen dissolt a l'aigua i amb graves i pedres grosses. Fresa entre els mesos de març i maig, damunt de graves, on excava un niu (Doadrio, 2001). S'alimenta d'invertebrats.

Es tracta d'un endemisme ibèric, que a Catalunya només es distribueix per alguns trams de les subconques de la Noguera Ribagorçana i la Noguera Pallaresa (Doadrio, 2001). Es veu assetjat principalment per la introducció d'espècies exòtiques, sense oblidar la contaminació, les obres hidràuliques i l'extracció de graves (Doadrio, 2001), que han portat a considerar el llopet ibèric com una espècie amenaçada (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Llopet comú o raboseta (*Cobitis paludica*)



És semblant al llopet ibèric però més gros; fa de 8 a 10 cm de llargada, 15 cm com a màxim (Doadrio, 2001). Viu una mitjana de 5 a 6 anys (Sostoa i altres, 1990), és allargat i al seu cos presenta típicament quatre fileres de taques fosques i arrodonides. Viu a les parts baixes i mitjanes dels rius, a trams amb poc corrent, fons amb graves, sorra i vegetació. També s'estableix a petites llacunes, ullals, surgències subterrànies d'aigües netes, dolces i amb una temperatura bastant constant. Típic de fons, bentònic, fresa des del mes de maig fins al juliol (Sostoa i altres, 1990). S'alimenta de microcrustacis com els cladòcers, els copèpodes i les larves d'insectes.

A Catalunya només es distribueix per la conca de l'Ebre, en algunes localitats del Baix Ebre (Queral i altres, 1999). Està amenaçat seriosament per pressions nombroses, com la introducció d'espècies exòtiques i el seu ús com a peix viu per a la pesca esportiva. A escala europea, el llopet comú es considera una espècie vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011), però a Catalunya és molt escàs, possiblement al límit de la seva desaparició (Sostoa i altres, 2010).

Cavilat (*Cottus hispaniolensis*)



Té el cap gros i aplanat i fa com a màxim 18 cm de llargada (Doadrio, 2001). És propi de fons pedregosos (bentònic) dels cursos alts dels rius amb corrent moderat o elevat i d'aigües clares i fredes. Es reproduïx a partir dels 4 cm de llargada i entre els mesos de març i juny. Les femelles vigilen la posta. S'alimenta de macroinvertebrats, sobretot d'insectes i crustacis (Doadrio, 2001).

És propi i exclusiu de les parts altes de la conca de la Garona. Es distribueix per Occitània —a l'Estat francès—, i Catalunya, exclusivament a la Val d'Aran (Kottelat i Freyhof, 2007). Està amenaçat per la regulació dels rius per mitjà de preses i rescloses i la contaminació de l'aigua. La seva localització restringida a la capçalera de la Garona i en una àrea de distribució en regressió, fa que a Catalunya es consideri en perill d'extinció (Sostoa i altres, 2010).

Llobarro o llop (*Dicentrarchus labrax*)



Fa 40-70 cm de llargada però pot arribar fins a 1,20 metres (Doadrio, 2001). Alevins i joves s'endinsen a les aigües dolces, a rius i llacunes costaneres, a la recerca d'aliment entre la primavera i la tardor. Se'n tornen a la mar quan arriben a la maduresa —entre els mesos de desembre i març— per fer la posta mar endins, on segueixen un patró de migració semblant al dels mugílids o llisses (Sostoa i altres, 1990). Es tracta d'un depredador que s'alimenta de peixos i crustacis.

És propi, sobretot, del litoral de la Mediterrània, la mar Negra i l'Atlàntic oriental (Kottelat i Freyhof, 2007), i és una espècie comuna però mai gaire abundant. Com a objecte de pesca esportiva i professional, els exemplars de mida gran assoleixen al mercat un valor econòmic molt elevat.

Madrilleta roja (*Achondrostoma arcasii*)



La seva mida és petita; els adults fan de 4 a 10 cm de llargada (Doadrio, 2001). Concentra el període reproductiu d'abril a maig (Sostoa i altres, 1990). Fresa a partir del seu segon any

de vida; deixa els ous damunt de la vegetació submergida i les graves. Viu en ambients molt diversos, tant en estanys com en rius de muntanya. És detritívora i zoòfaga, i s'alimenta de restes orgàniques i d'insectes aquàtics, especialment efemeròpters, quironòmids i simúlids.

Aquesta espècie endèmica de la península Ibèrica no és gaire abundant a Catalunya. Només es localitza a la conca de l'Ebre i la del Francolí. De distribució molt fragmentada, manté moltes poblacions aïllades en alguns afluent o seccions de riu (Sostoa i altres, 1990). Es veu afectada per la introducció d'espècies exòtiques, les repoblacions de truita, la contaminació, les obres hidràuliques i l'extracció de graves (Doadrio, 2001). Es considera una espècie vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Barb comú, de l'Ebre o de Graells (*Barbus graellsii*)



És l'espècie de barb més grossa de Catalunya: tot i que la majoria d'exemplars no solen superar els 30 cm de llargada i els 300 grams de pes, excepcionalment pot atènyer fins a 80 cm i 2,5 kg (Doadrio, 2001). Els individus adults no tenen taques al cos ni a les aletes. Segons el sexe, viu d'11 anys, els mascles i fins a 16 anys, les femelles (Sostoa i altres, 1990). Tot i ser present en alguns trams cabalosos de muntanya, d'aigües ràpides i oxigenades, el barb comú de l'Ebre o de Graells prefereix els gorgs o tolls i abunda als trams mitjans i baixos de riu. És més aviat de fons, bentònic i prefereix els rabeigs, els trams tranquils amb vegetació i arrels d'arbres de ribera i les baumes submergides on pot refugiar-se (Doadrio, 2001). Té costums gregaris; forma esbarts i fa grans migracions riu amunt per anar a fresar quan assoleix els 15-20 cm i els 3-4 anys (Sostoa i altres, 1990).

Es reproduïx de maig a agost damunt de fons sorrencs i amb graves (Sostoa i altres, 1990). La seva alimentació, molt variada, inclou sobretot larves d'insectes (especialment quironòmids), crustacis, algues i restes vegetals.

És originari i endèmic de la conca de l'Ebre, i per tant també ibèric. Havia estat objecte de pesca comercial intensa al baix Ebre però ara hi està amenaçat tant per la introducció d'espècies exòtiques com per l'existència de preses i rescloses (Doadrio, 2001). Per desgràcia, des dels anys vuitanta del segle xx ha estat translocat a altres conques de Catalunya, com la del Llobregat, el Besòs, el Ter i el Fluvià, on ara es distribueix àmpliament i competeix amb els peixos autòctons. A més, a la conca del Ter s'observen amb una relativa freqüència individus amb caràcters híbrids amb el barb de muntanya (figura 6). La densitat del barb comú és, en general, relativament baixa (Sostoa i altres, 2010).

Barb cua-roig (*Barbus haasi*)



La seva mida és relativament petita; fa com a molt 20 cm de llargada total i un pes de 100 grams (Sostoa i altres, 1990). Té el cap gros i dos parells de barbes primes i llargues que li arriben fins al marge posterior de l'ull, però no inclou taques a les aletes (contràriament al barb de muntanya). Madura el primer any de vida i pot viure fins a 6 anys (Doadrio, 2001). Fa migracions entre diferents sectors de riu; va riu amunt a fresar d'abril a juny (Sostoa i altres, 1990). És d'hàbits sobretot bentònics; es mou sobretot pel fons. Viu sobretot en afluent, a cursos fluvials de muntanya d'aigües ràpides i oxigenades, però també a trams mitjans i baixos de rius i rieres. S'alimenta bàsicament de macroinvertebrats aquàtics, sobretot de larves de quironòmids, efemeròpters i tricòpters (Doadrio, 2001).

Es tracta d'un endemisme ibèric: es distribueix només al nord-est de la península Ibèrica. Té aspecte i costums semblants als del barb de muntanya. Les seves distribucions són complementàries a Catalunya, on ocupa les conques situades a l'oest, des del Llobregat fins a l'Ebre i la Sénia. Es pot hibridar amb el barb de muntanya; de fet, alguns afluents de l'esquerra del Llobregat i de la dreta del Besòs constitueixen una àrea de contacte entre ambdues espècies, i els individus presenten caràcters intermedis (vegeu la figura 1, corresponent a la riera de Merlès —conca del Llobregat— a Puig-reig, el Berguedà). Ha patit una gran regressió associada a la introducció d'espècies exòtiques, la construcció de preses, la contaminació i les extraccions d'aigua i àrids (Doadrio, 2001), motius pels quals la seva densitat és en general baixa (Sostoa i altres, 2010) i es considera en una situació de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Barb de muntanya (*Barbus meridionalis*)



És lleugerament superior al barb cua-roig, no sol fer més de 30 cm de llargada total i té un pes de 200 grams. Viu de mitjana uns 5 o 6 anys (Sostoa i altres, 1990). Té el cap petitó, les barbes curtes i primes, que no arriben al marge posterior de l'ull, i posseeix taques a les aletes, tant als juvenils com als adults (contràriament al barb cua-roig i el barb de l'Ebre). Fa migracions riu amunt entre maig i juny per anar a fresar a trams més alts (Sostoa i altres, 1990). Com a espècie bentònica, es distribueix preferentment pel fons. Viu sobretot a rius, rieres i torrents de muntanya, d'aigües relativament ràpides i oxigenades, però també als trams mitjans i baixos. S'alimenta bàsicament d'invertebrats.

La tipologia i els costums són equivalents als del barb cua-roig; les seves distribucions són complementàries a Catalunya: el barb de muntanya ocupa les conques de l'est de Catalunya: Besòs, Tordera, Ter, Fluvià, Muga i rieres de la Costa Brava. A les àrees de contacte, s'hibrida amb el barb cua-roig. És propi del nord-oest de la Mediterrània, i l'única espècie de barb ibèric que no és endèmica de la Península: s'estén, a més de Catalunya, pel sud-oest de l'Estat francès i fins al nord de l'Itàlia. Ha patit una gran regressió associada a la introducció d'espècies exòtiques, la construcció de preses, la contaminació i les extraccions d'aigua i àrids, motius pels quals tendeix a disminuir a tota la seva àrea de distribució. A la conca del Ter s'observen amb una relativa freqüència individus amb caràcters híbrids amb el barb comú o de l'Ebre (figura 6). En general té densitats baixes (Sostoa i altres, 2010) i es considera en una situació de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Gobi ibèric (*Gobio lozanoi*)



Fa com a màxim 15 cm de llargada i 30 grams de pes (Sostoa i altres, 1990) i viu de 5 a 6 anys. A partir dels 2 anys es reproduïx (entre maig i juliol) damunt de fons de grava fina i sorra o a la base de les plantes aquàtiques. En aquest període, fa desplaçaments curts riu amunt amb finalitat reproductora (Doadrio, 2001). Viu en cursos d'aigua fresca però amb poc corrent i substrats de grava o sorra. S'alimenta sobretot de larves d'insectes, crustacis i mol·luscs.

Es distribueix per la Península Ibèrica i la conca de l'Adour, al nord-oest de l'Estat francès (Kottelat i Freyhof, 2007). La majoria de les poblacions de gobi de la península Ibèrica no són autòctones, exceptuant-ne algunes de la conca de l'Ebre i el Bidasoa (Doadrio i Madeira, 2004).

En aquesta àrea on es considera una espècie autòctona es troba en una situació de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011) per causes diverses com la introducció d'espècies exòtiques piscívores, i les alteracions de l'hàbitat, la contaminació i les extraccions d'aigua i àrids. En canvi, a Catalunya, excepte a la conca de l'Ebre, és present des dels anys noranta del segle xx a les conques del Llobregat, el Fluvià i la Muga, on es considera una espècie traslocada, al·lòctona. No es descarta que també hi hagi introduïts individus de gubi occità (*Gobio occitaniae*), molt semblant a l'ibèric. L'occità és propi de la Garona, les conques mediterrànies de la Catalunya nord i Occitània (Kottelat i Freyhof, 2007). En general, presenta densitats relativament baixes (Sostoa i altres, 2010).

Madrilla (*Parachondrostoma miegii*)



Assoleix habitualment uns 20 cm de llargada, i amb un màxim de 30 cm (Doadrio, 2001), i un pes de fins a 150 g (Sostoa i altres, 1990). Té la boca típicament molt enretirada cap a la part inferior (ínfera) i els llavis cornis. Això li permet d'alimentar-se d'algues diatomees, que arrenca tot brostejant la superfície de les pedres. És de costums gregaris i de fons. També és típicament reòfila; prefereix trams de corrent, tot i que pot sobreviure en la calma dels rabeigs sempre que pugui remuntar el riu cap als trams alts a l'època de fresa, d'abril a juny. Es reproduïx als 2 o 3 anys i viu fins als 5 o 6 anys, en el cas dels mascles, o 7 o 8 anys, en el de les femelles (Sostoa i altres, 1990).

Com espècie endèmica de la península Ibèrica, es distribueix de manera natural bàsicament a la conca de l'Ebre, però ha estat translocada fora d'aquesta àrea: en alguns trams de les conques dels rius Francolí, Llobregat i Fluvià. Pateix una regressió forta per causes diverses, com la

introducció d'espècies exòtiques piscívores, les alteracions de l'hàbitat, la contaminació i les extraccions d'aigua i àrids. S'ha observat que es retira quan entra en contacte amb una espècie introduïda, l'albornell o ablet (*Alburnus alburnus*) (Vinyoles i altres, 2007). Tot plegat fa que les seves densitats siguin baixes en general (Sostoa i altres, 2010).

Barb roig o veró (*Phoxinus sp.*)



És relativament petit; sobrepassa només excepcionalment els 14 cm de longitud i els 10 grams de pes (Doadrio, 2001). Viu a trams alts dels rius, amb aigües relativament fredes i oxigenades. Es tracta d'una espècie gregària, que arriba a formar esbarts densos. Fa migracions reproductives cap als trams alts i fresa entre maig i juliol al damunt de graves i vegetació submergida (Doadrio, 2001). En aquest període presenta un dimorfisme sexual clar i el mascle en zel mostra colors llampants: el ventre i la part inferior del cap se li tornen de color vermell viu i la part superior del cap li queda ben coberta de tubercles nupcials. S'alimenta bàsicament de macroinvertebrats aquàtics, sobretot insectes (quironòmids i efemeròpters) i petits crustacis.

El seu gènere es distribueix arreu d'Europa i el nord d'Àsia (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya només es consideren autòctones les poblacions de barb roig o veró de la Muga (Doadrio, 2001), on pot tenir dificultats causades per la presència d'espècies introduïdes, la contaminació i l'existència d'obres hidràuliques. A la major part del país, però, ha estat traslocat a causa del seu ús com a esquer —il·legal— en la pesca esportiva de la truita, sobretot a partir dels anys 1980-90. A molts estanys dels Pirineus (Miró, 2011) i als trams alts i mitjans de les conques dels rius Noguera Ribagorçana, Noguera Pallaresa, Segre, Llobregat, Besòs, Tordera i Ter no n'hi havia

hagut mai constància prèvia i s'hi considera una espècie introduïda. Les seves densitats varien segons les conques (Sostoa i altres, 2010); a molts estanys i trams de riu en general és molt abundant.

S'ha citat una nova espècie: el barb roig o veró de l'Adour o dels Pirineus (*Phoxinus bigerri*), que viu al sud-oest de l'Estat francès, a les conques de la mar Cantàbrica i al nord de la conca de l'Ebre, i una altra espècie, el barb roig o veró de la Septimània o el Llenguadoc (*Phoxinus septimaniae*), present al sud-est de l'Estat francès, des de la conca del riu Gardon fins al Tec (Kottelat i Freyhof, 2007), a la Catalunya nord. Tanmateix manca un estudi genètic que aporti llum a la incertesa taxonòmica de les poblacions de barb roig catalanes i és per això que hom prefereix citar l'espècie genèricament (Sostoa i altres, 2010).

Bagra catalana (*Squalius laietanus*)



És de mida intermèdia, fa rarament més de 21 cm de llargada (Kottelat i Freyhof, 2007). Necessita una certa profunditat per viure: ocupa preferentment la part mitjana de la columna d'aigua, però menja tant als sectors de corrent com als rabeigs més encalmats. Ha de desplaçar-se riu amunt per anar a fresar a damunt de fons pedregosos d'abril a juny. Té una dieta molt àmplia, gairebé omnívora: menja tant larves d'insectes (quironòmids, efemeròpters, etc.) i crustacis com algues, però, a mesura que augmenta de mida (Sostoa i altres, 1990), es torna més depredadora i llavors s'alimenta de peixos; ocasionalment també d'amfibis.

És pròpia de les conques fluvials mediterrànies del nord-est ibèric i el sud de l'Estat francès (Kottelat i Freyhof, 2007). Les poblacions ibèriques estan restringides al conjunt de la conca de l'Ebre i a les altres conques fluvials de Catalunya, incloses algunes rieres de la Cos-

ta Brava. Els darrers anys ha patit un gran retrocés. Ha desaparegut de molts rius i rieres, sobretot als eixos principals dels rius, aparentment per la pressió d'espècies introduïdes (la majoria piscívores), la contaminació, la construcció de preses i altres obres hidràuliques, l'extracció d'àrids i la manca de cabals. A més, és probable que s'hagi hibridat amb individus de bagra europea (*Squalius cephalus*) —d'aspecte força semblant al de la bagra catalana—, que sembla que s'ha introduït en algunes conques (Sostoa i altres, 2010). A més, la densitat de la bagra catalana és generalment baixa arreu i, per tot plegat, es considera en un estat de conservació vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Espinós o punxoset (*Gasterosteus gymnuris*)



Té mida petita; no arriba a superar els 5 cm de longitud el mascle i els 8 cm la femella (Sostoa i altres, 2010). Viu en aigües dolces d'estanys i cursos baixos de rieres sempre que hi hagi poc corrent i molta vegetació submergida. Fresa des del mes d'abril fins al maig; llavors fa migracions entre diferents sectors amb una finalitat reproductiva. S'alimenta principalment de petits invertebrats: microcrustacis, larves d'insectes, cucs i matèria vegetal.

Té una distribució àmplia: ocupa tota la conca mediterrània, inclosa la península Ibèrica, una part del vessant atlàntic i el nord del Magrib (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya viu en ullals al delta de l'Ebre (Queral i altres, 1999), en surgències subterrànies d'aigües netes, dolces i amb una temperatura bastant constant, i a les conques de la Tordera, la riera de Calonge, el Daró, l'Onyar i la Muga (Sostoa i altres, 2010). Havia estat citat com a *Gasterosteus aculeatus*. Té una tendència regressiva a tota la seva àrea de distribució i densitats, en molts casos, baixes

(Sostoa i altres, 2010). Es considera una espècie amenaçada localment a la conca Mediterrània (IUCN, 2011).

Gòbit de sorra o burret (*Pomatoschistus microps*)



És petit i típic del fons, o sigui bentònic i té el cap gros i el cos allargat. Fa entre 4 i 6,5 cm i viu d'1,6 a 2 anys (Sostoa i altres, 1990). El seu origen és marí; és una espècie amfídroma, que passa una part de la seva vida a la mar i una altra a les llacunes litorals i els estuaris dels rius. Es considera sedentària estacional en aigües continentals, on apareix bàsicament a la primavera, de febrer a juliol, per fresar-hi. Assoleix la maduresa sexual als 7 mesos de vida. Cada femella pon centenars d'ous en petxines de bivalves o pedres. Els adults i joves que sobreviuen a la fresa es queden uns mesos a les llacunes litorals i els estuaris i els abandonen quan baixen les temperatures i quan emprenen una migració massiva cap a la mar (Sostoa i altres, 1990). Es nodreix sobretot de crustacis (isòpodes, amfípodes i copèpodes), cucs i insectes (larves de quironòmids).

Es distribueix àmpliament per totes les llacunes litorals i els estuaris de l'Atlàntic des del Marroc fins a Noruega i a la mar Bàltica, i molt més localitzadament a l'est de la Mediterrània (Kottelat i Freyhof, 2007). És comú al delta de l'Ebre i als aiguamolls de l'Alt Empordà (Sostoa i altres, 1990).

Llop de riu (*Barbatula barbatula*)



És relativament menut; els adults fan de 10 a 12 cm de longitud i 25 g de pes; poden arribar a un màxim de 21 cm (Doadrio, 2001). Pot

viure un màxim de 5 a 6 anys (Sostoa i altres, 1990). És un peix de fons, bentònic, i propi d'aigües corrents de rius de muntanya amb fons de sorra, grava i pedres; abunda sobretot als sectors de poca fondària. Fresa d'abril a juny (Sostoa i altres, 1990), al fons o entre la vegetació submergida. És microdepredador: s'alimenta de larves d'insectes (quironòmids i efemeròpters), ostràcodes i restes vegetals.

Es tracta d'una espècie distribuïda àmpliament a bona part d'Europa i Àsia (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya es localitza de manera natural com a mínim en algunes parts de la conca de l'Ebre, on es considera vulnerable, afectat per espècies exòtiques invasores i la contaminació (Doadrio, 2001). En canvi, als anys 1990 va ser translocat a les parts altes i mitjanes de les conques del Ter i el Fluvià, a l'inici en vedats de pesca intensiva de truita, associat al seu ús com a esquer. No es descarta que també hi hagi individus introduïts d'una espècie molt propera i molt semblant, el llop de riu del Llenguadoc (*Barbatula quinardi*), descrita a la conca de l'Ebre i a les conques de l'extrem sud de l'Estat francès, cantàbriques i mediterrànies (Kottelat i Freyhof, 2007).

Llissa llobarrera o cabeçut (*Mugil cephalus*)



Té una mida relativament gran; fa de 30 a 50 cm de llargada i un pes mitjà de 1,5 kg (Sostoa i altres, 1990), però pot arribar a pesar-ne 6 (Queral i altres, 1999). Presenta un cap prominent molt característic i una membrana adiposa àmplia que li cobreix els ulls. Viu principalment en aigües salabroses, però en fase d'aleví pot entrar a les aigües dolces i fomar esbarts nombrosos.

Fa migracions estacionals entre la mar i les llacunes litorals o els estuaris dels rius, on entren de setembre a desembre, però en arribar l'època reproductiva, de juliol

a octubre, torna a la mar per fresar (Sostoa i altres, 1990). Als aiguamolls litorals s'hi pot estar des dels 2 fins als 9 anys, i només en surt per a anar a reproduir-se a la mar (Sostoa i altres, 1990). Els alevins penetren als estuaris i les llacunes litorals al cap de poc temps de néixer. És detritívora: es nodreix d'algues, matèria orgànica en suspensió i invertebrats.

És present a la costa atlàntica d'Europa i Amèrica del nord i a les mars Mediterrània i Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya és comuna als trams baixos dels eixos principals dels rius i molt abundant, a les llacunes litorals (Sostoa i altres, 1990). A la desembocadura de l'Ebre tradicionalment se'n fa pesca comercial, però actualment està poc valorada.

Llissa calua (*Liza ramada*)



Pot fer 50 cm de llargada i arribar a superar els 2 kg (Sostoa i altres, 1990). Té origen marí, de l'àmbit litoral; fa incursions estacionals als aiguamolls, les llacunes litorals, les parts baixes dels rius i els estuaris, on sol passar una gran part del seu cicle biològic. Els mascles es reproduïxen a partir del primer any de vida, i les femelles el tercer any, en els mesos de setembre a novembre, i fins i tot al desembre (Sostoa i altres, 1990). La migració dels exemplars que des de la mar colonitzen les aigües continentals és esglaonada; s'estén d'octubre a febrer. No les abandonen fins que han arribat a la maduresa sexual, per tornar a la mar a reproduir-se d'agost a desembre (Sostoa i altres, 1990). Com la llissa llobarrera, als aiguamolls litorals s'hi pot estar fins als 8 o 9 anys, i només en surt per a anar a fresar (Sostoa i altres, 1990). Un cop ha fresat, retorna al riu i als aiguamolls. S'alimenta d'algues epífites, detritus i alguns organismes del fons, bentònics.

És present a tota la costa atlàntica, mediterrània i de la mar Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya és una espècie molt comuna als trams baixos dels eixos principals de les conques fluvials.

Llissa vera (*Chelon labrosus*)



Té la boca grossa. Els adults fan normalment de 25 a 40 cm de llargada, però poden arribar a mesurar 80 cm i a pesar 4 kg (Sostoa i altres, 1990). Acostuma a nedar per la superfície. És pròpia de les àrees costaneres; no acostuma a penetrar tant riu amunt com la llissa llobarrera ni la llissa calua. S'està als estuaris dels rius i les llacunes litorals des del principi de la primavera fins a la tardor. Retorna a la mar a l'hivern (Sostoa i altres, 1990), on fresa entre el desembre i l'abril (Queral i altres, 1999). A les llacunes litorals s'hi pot estar fins als 6 o 7 anys, i només en surt per anar a reproduir-se a la mar (Sostoa i altres, 1990). Es concentra a les sortides d'aigües residuals, on cerca aliment. Es nodreix de detritus, algues i altra matèria orgànica en suspensió.

La trobem present a l'est de l'Atlàntic, des del Senegal fins a Noruega, i a les mars Mediterrània i Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya és present i abundant sobretot en estuaris de rius i a tot el litoral. No té gaire importància comercial, excepte com a esquer i per a la pesca esportiva.

Llissa petita o fusany (*Liza saliens*)



Com ho indica el seu nom, es tracta de l'espècie més petita de la família dels mugílids o de les llisses o llísseres: sobrepassa rarament els 30 cm de llargada i els 250 g de pes, i viu de

quatre a sis anys (Sostoa i altres, 1990). Es reproduïx de juny a agost a partir del segon any de vida (els mascles) o el tercer (les femelles). Viu als estuaris dels rius, a les llacunes costaneres i als aiguamolls des de l'estiu fins al començament de l'hivern (Sostoa i altres, 1990).

Habita a l'est de l'Atlàntic des d'Angola fins al golf de Biscaia i a les mars Mediterrània i Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). Es considera comuna a Catalunya (Sostoa i altres, 2010).

Llissa galta-roja o llissalet (*Liza aurata*)



Fa un màxim de 45 cm de llarg i uns 300 g de pes, i pot arribar a viure fins a 8 anys (Sostoa i altres, 1990). Es distingeix clarament de les altres llisses perquè el seu primer i el seu quart radi de les dues aletes dorsals són espinosos, i té una taca groguenca damunt dels opercles. Habita les àrees litorals costaneres de la Mediterrània i el nord-est de l'Atlàntic, on forma esbart nombrosos de la mateixa edat. Entra als rius, rieres i aiguamolls d'una manera esporàdica, quan l'aigua és més salada. Tolerà poc les aigües dolces, prefereix en general aigües de salinitat semblant a la de la mar (40-60%) i, de fet, sol emigrar cap a les aigües lliures en assolir la maduresa (Sostoa i altres, 1990). Fresa de juny a novembre, mar endins (Queral i altres, 1999). S'alimenta de fauna del fons, algues i detritus.

La trobem present a l'est de l'Atlàntic des del Senegal fins a Noruega, i a les mars Mediterrània i Negra (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya és bastant abundant als estuaris dels rius, les llacunes costaneres i a tot el litoral. Al delta de l'Ebre es pesca professionalment, però actualment té poc valor comercial.

Llampresa o llamprea de mar (*Petromyzon marinus*)



Fa de 60 a 75 cm de llargada, però pot arribar fins a 1,5 m i un pes màxim de 2 a 3 kg (Kottelat i Freyhof, 2007). Té el cos allargat i cilíndric, i posseeix una boca característica en forma de ventosa i amb moltes dents punxegudes. La llampresa de mar és típicament migratòria i s'està als rius des del mes de febrer fins al mes de juny (Queral i altres, 1999). Fresa a partir de l'abril al damunt de fons pedregosos, i el seu grup basteix un niu en forma de cubeta. En acabar, els adults moren. Les larves romanen al riu com a mínim dos anys i un màxim de set (Keith i altres, 2011), quan es traslladen a la mar de 20 a 30 mesos (Doadrio, 2001). Allà acaben de créixer fins a la fase adulta. Als rius s'introdueix en fons llimosos i sorrencs i s'alimenta primer d'algues i detritus i posteriorment de peixos petits. A la mar s'adhereix al fons o a peixos de mida mitjana, com les llisses, i gran, com les tonyines, d'on extreu els fluids corporals per nodrir-se; ho fa en àrees profundes, entre els 280 i els 4.100 m (Sostoa i altres, 1990).

Habita a l'oest de la Mediterrània, el litoral atlàntic i la costa est d'Amèrica del Nord (Kottelat i Freyhof, 2007). Fresa al tram baix de l'Ebre, tot i que tant les postes com els adults i les larves hi han anat minvat molt (Queral i altres, 1999). Està amenaçada per la fragmentació dels rius, el dragatge de sediments i la contaminació, sobretot a les conques mediterrànies, i es considera rara i vulnerable (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).

Rèmol de riu o plana (*Platichthys flesus*)



Aquest peix pla fa freqüentment de 20 a 30 cm, però excepcionalment pot ar-

ribar a fer uns 50 cm i més de 3 kg, i pot viure fins a 15 o 20 anys (Sostoa i altres, 1990). Tot i el seu origen marí, és una espècie estacional en aigües continentals. És típicament bentònica; viu al litoral i a l'estiu s'apropa molt a la costa, on té una predilecció marcada pels fons de sorra i fang; llavors sol penetrar a les aigües salabroses de les llacunes costaneres i a les dolces de les parts baixes dels rius, on pot remuntar distàncies considerables; a l'Ebre, arriba fins a l'alçada de Tortosa (Sostoa i altres, 1990). En arribar l'hivern, es retira a profunditats de fins a 50 m, on fa la posta de febrer a març. Els alevins fan una vida pelàgica unes quantes setmanes i llavors ja s'acosten a prop de la costa, a una profunditat d'uns 10 m, i seguidament ja penetren a les aigües salobres (Rochard a Keith i altres, 2011). Els juvenils són planctòfags (mengen copèpodes, diatomees, etc) i insectívors; més endavant es nodreixen de la petita fauna bentònica de fons sorrencs.

Es distribueix des de la costa occidental de la Mediterrània fins a la mar Bàltica (Kottelat i Freyhof, 2007). A la Mediterrània occidental forma una subespècie (*Platichthys flesus flesus*). Té interès i importància pesquera. La seva àrea de distribució continental ha disminuït fortament per l'existència d'obstacles als rius (Rochard a Keith i altres, 2011). Possiblement per això és freqüent però no abundant a les nostres costes (Sostoa i altres, 1990).

Truita comuna (*Salmo trutta*)



Té mida mitjana; arriba excepcionalment als 60 cm de longitud i als 10 kg de pes (Sostoa i altres, 1990). Viu una mitjana de 6 a 7 anys. És de coloració variable, té taques negres i vermelles distribuïdes per tot el cos però mai a l'aleta caudal (contràriament a la truita irisada). Les truites comunes de Catalunya corresponen a la línia evolutiva

mediterrània, tot i que al mateix temps també presenten variacions genètiques adaptades a cada conca fluvial. Tot i que en alguns sectors d'alta muntanya es considera sedentària, la truita generalment fa migracions riu amunt, amb el propòsit d'arribar a fresar a trams alts o torrents de capçalera, impulsada per l'augment de cabal dels rius a la fi de la tardor. Es reproduïx de novembre a gener, quan la temperatura de l'aigua es manté entre 5 i 10°C. Llavors, la femella diposita els ous en nius o forats excavats a sectors amb grava i força corrent. Els alevins neixen al cap de sis o vuit setmanes, segons la temperatura de l'aigua; posteriorment, els joves davallen cap a trams més cabalosos i profunds, i amb més capacitat nutritiva. La seva alimentació canvia amb l'edat i l'època de l'any. Generalment, els joves mengen larves d'insectes (efemeròpters, quironòmids, plecòpters, tricòpters, entre d'altres). Quan creixen, diversifiquen i amplien la seva dieta amb altres tipus d'invertebrats, i a partir dels 35 cm, també amb peixos (Sostoa i altres, 1990) i amfibis.

Viu en aigües fredes, on la temperatura mitjana més càlida és inferior als 22°C (Doadrio, 2001), hi ha sempre un contingut d'oxigen elevat i una certa bona qualitat. Els joves, gregaris, s'apleguen en esbarts, i els adults, territorials, són solitaris.

La seva àrea de distribució abraça totes les conques fluvials atlàntiques i bàltiques i les del nord de la Mediterrània i les mars Negra i Càspia (Kottelat i Freyhof, 2007), incloent-hi el nord d'Àfrica fins a l'Atlas mitjà. També, és present a la Garona, a totes les capçaleres del Pirineu i Prepirineu de la conca de l'Ebre i a les parts altes de les conques del Llobregat i el Ter per damunt dels 500 metres. Així mateix ha estat translocada a les capçaleres del Francolí i el Besòs, i té un origen incert a la conca de la Tordera, al Montseny i a les del Fluvià i la Muga (Sostoa i altres, 2010). De temps antic, ha estat introduïda a molts estanys d'alta muntanya, on no es distribueix de manera natural (Miró, 2011).

És objecte de pesca recreativa. A causa del fet que es desenvolupa en rius nets, poc productius, l'impacte de la seva pesca (amb mort) és notable arreu. Una pressió de pesca, fins i tot modesta, pot portar fàcilment a la seva sobreexplotació (Laffaille i Brosse a Keith i altres, 2011). A la segona meitat del segle xx, a molts trams de riu havia estat desplaçada per la truita irisada, alliberada per a pràctiques de pesca esportiva. També va quedar molt afectada a partir dels anys cinquanta per les repoblacions fetes amb truita comuna procedent de piscifactories de biotipus atlàntic —forà—, originària d'altres països europeus. Això va provocar la introgressió genètica i fins i tot la desaparició d'algunes poblacions de truita mediterrània autòctona (Araguas i altres, 2004; Sanz i altres, 2009) (a tall d'exemple, vegeu la figura 7). Algunes poblacions de truita comuna de varietat mediterrània estan protegides a diversos trams declarats Reserva genètica de truita. Els valors de densitat de la truita al conjunt del país són, en general, baixos (Sostoa i altres, 2010).

Agulleta de riu (*Syngnathus abaster*)



Té forma afuada i no arriba a fer 15 cm de llargada (Sostoa i altres, 1990). Es considera una espècie sedentària estacional en aigües continentals —tot i el seu origen marí—. És pròpia de fons litorals sorrencs coberts de vegetació (fanerògames), entre la qual queda ben camuflada. És capaç de viure en aigües de salinitat variable, però sempre de bona qualitat. Es desplaça a les parts baixes dels rius petits torrents, canals, llacunes i aiguamolls per a fresar-hi entre març i agost (Sostoa i altres, 1990). Es tracta d'una espècie omnívora, que s'alimenta sobretot de microcrustacis —cladòcers i copèpodes— i oligoquets (Sostoa i altres, 1990).

És present a la Mediterrània, la mar Negra i l'Atlàntic oriental (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya està localitzada al delta de l'Ebre i als aiguamolls de l'Empordà (Sostoa i altres, 1990). Està afectada sobretot pels abocaments contaminants, la presència d'elements en suspensió a l'aigua i el formigonat dels canals de reg, però no s'arriba a considerar amenaçada (Doadrio, 2001).

Samaruc (*Valencia hispanica*)



És molt menut; el mascle fa com a màxim 7 cm de llargada, i la femella 8 cm (Doadrio, 2001). Viu en aigües tranquil·les, dolces o salabroses, amb vegetació aquàtica. Fresa d'abril a juliol entre la vegetació aquàtica, els macròfits. S'alimenta de petits crustacis, cucs i larves d'insectes (Sostoa i altres, 1990).

És endèmic de la costa mediterrània ibèrica i la Catalunya nord (Kottelat i Freyhof, 2007). Antigament, quan els arrossars del delta de l'Ebre es gestionaven de manera poc intensiva, sense emprar productes fitosanitaris, no es dessecaven i s'hi mantenia l'aigua entre 10 i 30 cm de profunditat, el samaruc hi desenvolupava tot el cicle vital (Queral i altres, 1999). A Catalunya, avui dia només viu, relictualment, a petites llacunes, surgències subterrànies de la perifèria del delta de l'Ebre denominades *ullals*, d'aigües netes, dolces i amb una temperatura bastant constant (Sostoa i altres, 2010). Juntament amb la introducció d'espècies exòtiques com la gambúsia, el peix sol i la perca americana, amb les quals competeix pels recursos, el samaruc està amenaçat per la dessecació d'aiguamolls (sovint per interessos agrícoles i urbanístics), la contaminació i la sobreexplotació d'aqüífers (Doadrio, 2001). Es considera, doncs, una espècie clarament molt amenaçada, classificada en perill crític d'extinció (Freyhof i Brooks, 2011; IUCN, 2011).



Anguila
(*Anguilla
anguilla*). Riera
de Rubiés a
Port de la Selva
(Alt Empordà).



Bavosa de
riu (*Salaria
fluviatilis*). Riu
Ter a Torroella
de Montgrí
(Baix Empordà).



Barb comú o de
l'Ebre (*Barbus
graellsii*).
Noguera
Ribagorçana
(conca de
l'Ebre) a
Corbins (Segrià).



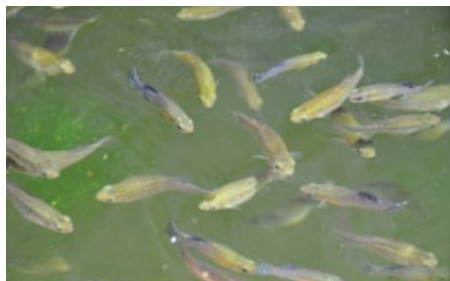
Barb de
muntanya
(*Barbus
meridionalis*).
Riu Ges (conca
del Ter) a Sant
Pere de Torelló
(Osona).



Barb cua-roig
(*Barbus haasi*).
Riu Segre
(conca de l'Ebre)
a Tremp
(Pallars Jussà).



Bagra catalana
(*Squalius
laietanus*). Riera
de la Foradada
(subconca del
Ges, conca del
Ter) a Sant
Pere de Torelló
(Osona).



Fartet
(*Aphanius
iberus*). Centre
ictiològic del
Parc Natural del
Delta de l'Ebre
(Montsià).



Samaruc
(*Valencia
hispanica*).
Centre
ictiològic del
Parc Natural del
Delta de l'Ebre
(Montsià).



Gobi ibèric
(*Gobio lozanoi*).
Noguera
Ribagorçana
(conca de
l'Ebre) a Corbins
(Segrià).



Madrilla (*Parachondrostoma miegii*). Riu Segre (conca de l'Ebre) a Tremp (Pallars Jussà).



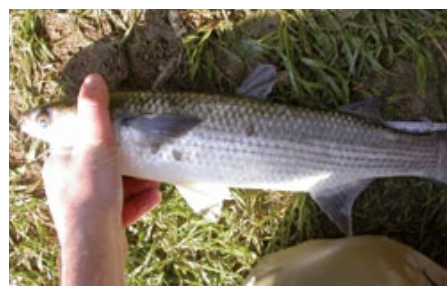
Barb roig o veró (*Phoxinus* sp.). Riu Ges a Torelló (Osona).



Espinós (*Gasterosteus gymnuris*). Rissec (conca del Daró) a Monells (Baix Empordà).



Llop de riu (*Barbatula barbatula*). Noguera Ribagorçana (conca de l'Ebre) a Corbins (Segrià).



Llissa calua (*Liza ramada*). Riu Ter a Torroella de Montgrí (Baix Empordà).



Llissa llobarrera o cabeçut (*Mugil cephalus*). Salobrar de Campos (Mallorca).



Truita comuna (*Salmo trutta*) —morfotipus mediterrani. Estany Gento (subconca del riu Flamisell, conca de l'Ebre) a la Torre de Cabdella (Pallars Jussà).

Figura 4. Principals espècies autòctones de peixos d'aigües continentals de Catalunya. Fotos: Marc Ordeix-CERM, excepte la bavosa de riu (Quim Pouvira-CERM), el barb de muntanya (Núria Sellarès-CERM) i el barb-roig o veró (Laia Jiménez-CERM).



- **Truita mediterrània**

Procedència: riu de Francí



- **Truita atlàntica**

Procedència: riu de Tapat



- **Truita intermèdia**

Procedència: riu Riquerna

Figura 5. Morfotipus de truita comuna (*Salmo trutta*), mediterrani, atlàntic i intermedi (amb caràcters dels dos anteriors), seguint els criteris d'Aparicio i altres, 2005. Han estat capturats a diferents afluents de la capçalera del riu Flamisell (conca de l'Ebre) a la Torre de Cabdella (Pallars Jussà). Setembre de 2006. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Figura 6. Barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), a baix, i individu híbrid entre el barb de muntanya i el barb comú o de l'Ebre (*Barbus graellsii*), a dalt. Riu Ter a Torelló (Osona). Setembre de 2010. Foto: Marc Ordeix-CERM.

3. ESPÈCIES INTRODUÏDES, AL·LÒCTONES I INVASORES

Les espècies introduïdes, al·lòctones o exòtiques, genèricament, són aquelles que es troben en un territori del qual no són originàries, on han accedit per l'acció humana.

Es consideren espècies invasores o invasives totes aquelles que, trobant-se fora de la seva àrea de distribució natural, són capaces de mantenir poblacions autosostenibles sense necessitat de noves introduccions per part de l'home i que, a més, produeixen descendència amb capacitat reproductora, de manera que comencen un procés d'expansió i colonització de noves àrees (Pysek i altres, 2004). Alguns autors les consideren invasores quan produeixen canvis significatius sobre els ecosistemes on arriben, en termes de composició, estructura o processos (D'Antonio i Vitousek, 1992; Gordon, 1998; Hager, 2004).

Globalment, s'observa un increment continuat d'espècies exòtiques de tots els grups taxonòmics, tant de plantes com d'animals (Vilà i altres, 2001). Les espècies invasores suposen una gran amenaça biològica per a la biodiversitat, a més de la pèrdua d'hàbitat. Juntament amb el canvi ambiental global i l'alteració i destrucció d'hàbitats —derivació de cabals, contaminació, mala connectivitat ecològica, etc.—, representen la pressió més important que exposa els peixos d'aigua dolça endèmics de la conca mediterrània a un risc d'extinció més alt (Clavero i García-Berthou, 2005; Clavero i altres, 2010). La presència d'embassaments afavoreix l'establiment i la proliferació d'una gran part de les espècies introduïdes.

Quan els ambients naturals es degraden, les espècies més tolerants augmenten la seva representació i les comunitats més alterades esdevenen més vulnerables a

altres amenaces, com ara la fragmentació de poblacions i la invasió d'espècies exòtiques (Allan i Flecker, 1993). En canvi, el restabliment del règim de cabals propi dels rius mediterranis i la millora de la qualitat dels ambients aquàtics en general afavoriria les espècies nadiues i les faria més competitives envers les exòtiques. En cas contrari, és d'esperar que el percentatge d'espècies exòtiques augmenti i la integritat de les comunitats íctiques catalanes vagi en detriment (Sostoa i altres, 2010).

Les espècies translocades provoquen problemes molt similars a altres peixos i fauna aquàtica. És el cas de la truita comuna (*Salmo trutta*), que és autòctona de la major part de Catalunya i la resta d'Europa, però que ha estat introduïda a molts estanys d'alta muntanya del Pirineu i en alguns trams de rius on abans no es trobava. En aquest cas altera notablement la població d'amfibis.

La Unió Europea no posseeix una legislació específica per a les espècies invasores, però algunes directives sí que inclouen recomanacions per fer-hi front directament o indirecta, entre les quals destaquen les directives d'ocells, hàbitats i la Regulació del comerç d'espècies exòtiques. Cal recordar que la introducció de peixos exòtics és il·legal a Catalunya (Ordre MAB/91/2003, de 4 de març).

Actualment, la majoria de conques fluvials de Catalunya —i del conjunt de la península Ibèrica— tenen més espècies foranes que nadiues. La pesca esportiva, l'aquariofília i l'aqüicultura en són les vies d'introducció principals. Charles Darwin (1809-1882) va aportar a la humanitat el coneixement que tots els organismes han evolucionat d'avantpassats comuns, s'han diversificat i n'han aparegut de nous, fonamentalment pel procés de la selecció natural: determinades variacions hereditàries esdevenen favorables perquè determinats organismes es reproduïxin i visquin millor. La introducció, per part de l'espècie humana, d'espècies exòtiques en ecosistemes

Espècies introduïdes, al·lòctones i invasores

- **F. Acipenseridae (acipensèrids)**

Acipenser baeri (esturió siberià)



- **F. Centrarchidae (centràrquids)**

Lepomis gibbosus (peix sol o mirallet)



Micropterus salmoides (perca americana
o black-bass)



- **F. Cobitidae (cobítids)**

Misgurnus anguillicaudatus (llop oriental)



- **F. Cyprinidae (ciprínids)**

Abramis brama (brema)



Alburnus alburnus (albornell o ablet)



Blicca bjoerkna (brema blanca)



Carassius auratus (carpí vermell)



Cyprinus carpio (carpa)



Pseudorasbora parva (pseudoràsborra)



Rutilus rutilus (madrilleta vera, rutil o gardó)



Scardinius erythrophthalmus (gardí)



Squalius pyrenaicus (bagra ibèrica)



Tinca tinca (tenca)



• **F. Esocidae (esòcids)**

Esox lucius (luci o lluç de riu)



• **F. Ictaluridae (ictalúrids)**

Ameiurus melas (peix gat)



Ictalurus punctatus (peix gat puntejat)



• **F. Percidae (pèrcids)**

Perca fluviatilis (perca) 57



Sander lucioperca (sandra o luciperca)



• **F. Poeciliidae (pecílids)**

Fundulus heteroclitus (fúndul)



Gambusia holbrooki (gambúsia)



• **F. Salmonidae (salmònids)**

Salmo trutta (truita comuna, biotipus atlàntic)



Oncorhynchus mykiss (truita arc iris o irisada)



Salvelinus fontinalis (truita de rierol)



- F. Siluridae (silúrids)

Silurus glanis (silur)



més o menys prístins, madurs i complexos, en canvi, sol comportar daltabaixos biològics i ecològics, anades brutesques sense retorn. L'extinció d'espècies nadiues, autòctones, implica la pèrdua irrecuperable d'un recurs i, també per sempre, d'una obra d'art de la selecció natural.

La pel·lícula documental *El malson de Darwin* (Sauper, 2004) mostra les conseqüències socioecològiques terribles de l'explotació d'una espècie introduïda, la perca del Nil (*Lates niloticus*), al llac Victòria (Tanzània, Kenya i Uganda), on va ser portada als anys 1950 i es va convertir en un producte d'exportació mundial. La perca del Nil és una espècie originària de la conca del riu dels faraons, un dels peixos d'aigua dolça més grossos del món, un depredador molt voraç i invasiu. Va eliminar centenars de les variadíssimes espècies de peix pròpies del llac Victòria (Allan i Flecker, 1993) i altres llacs africans, que, a més de tenir valor intrínsec, eren fonamentals per controlar-hi la proliferació d'algues. Ara, mentre els europeus compren la perca del Nil a bon preu a qualsevol supermercat o peixateria de confiança, les algues s'hi estenen sense control i el fons es desertitza.

A una escala diferent, però amb conseqüències ecològiques equivalents, la introducció d'espècies exòtiques

invasores als nostres rius i estanys és un fet d'actualitat i dissortadament punyent, greu. A més, moltes d'aquestes introduccions semblen ara per ara irreversibles. La carpa (*Cyprinus carpio*) hi va arribar probablement cap al segle XVIII (Pérez-Bote, 1995), o potser abans, si bé no hi va proliferar fins a ser afavorida pel "desarrollisme" dels anys 1960, que li va abocar aliment —restes orgàniques— a dojo. La tenca (*Tinca tinca*) també hi va ser portada segles enrere. Més recentment, als anys 1970 i 1980, hi van arribar altres espècies, com la perca americana o black-bass (*Micropterus salmoides*) i el peix sol o mirallet (*Lepomis gibbosus*), entre altres depredadors de mena. Quan la qualitat de l'aigua continental en general havia començat a millorar, als anys 1990, els menuts de barb-roig o veró (*Phoxinus* sp.) i llop de riu (*Barbatula barbatula*) van començar a tressar lliurement molt més enllà de les conques d'on eren propis. Ja al segle XXI, hi han aparegut la madrilleta vera o rutil (*Rutilus rutilus*), l'albornell o ablet (*Alburnus alburnus*) i el silur (*Silurus glanis*), sobretot en embassaments i alguns trams de riu. Això posa en perill la biodiversitat fluvial i, alhora, en el cas de l'albornell o ablet, la qualitat de l'aigua d'abastament de l'àrea metropolitana de Barcelona, perquè fa

disminuir la mida del plàncton i augmentar la concentració d'algues a l'aigua dels grans embassaments —com el de Sau—, algunes de les quals poden ser tòxiques (Vinyoles i altres, 2007).

I mentre espècies com el rutil, el barb roig o veró i el llop de riu ja són les espècies de peix més comunes a molts sectors del Ter i el Llobregat, n'han aparegut de noves. Dues són d'origen asiàtic i es van detectar inicialment al delta de l'Ebre al començament del segle XXI, i en pocs anys ja es distribueixen per tot el país: la pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) i el llop oriental o dojo (*Misgurnus anguillicaudatus*). D'altres espècies podrien ser-hi des de fa dècades malgrat haver estat detectades recentment, com el gobi occità (*Gobio occitaniae*) al nord-est de Catalunya (Aparicio i altres, 2013).

Les invasions amb efectes severos són causades per espècies amb certes capacitats, com ara un creixement ràpid, una gran facilitat de dispersió, una millor competència pels recursos que les espècies natives, la depredació i el control de la xarxa alimentària, etc. Sovint, juntament amb l'absència de depredadors específics, van modificant l'ambient; el fan més favorable per al seu propi creixement, en detriment de la comunitat autòctona.

La introducció de la carpa i el carpí a estanys i embassaments sovint hi comporta la disminució de la vegetació aquàtica (macròfits) i l'augment de la terbolesa i les algues suspeses a l'aigua (fitoplàncton), fet que canvia la xarxa alimentària. També hi ha altres introduccions de peixos que porta associada la dispersió involuntària d'altres organismes. Per exemple, sembla que el musclo zebra (*Dreissena polymorpha*), que canvia al cap dels anys l'estructura i el funcionament dels rius on s'estableix, a més de provocar grans impactes socioeconòmics, s'ha anat dispersant per la península Ibèrica juntament amb les introduccions il·legals de peixos, per exemple el silur. També és el cas d'alguns paràsits, com

l'*Anguillicola crassus*, (procedent d'anguiles japoneses engreixades en piscifactories), que està delmant l'anguila europea, i el de la pseudorasbora, que porta associat un paràsit hoste (*Sphaerothecum destruens*) que no l'afecta a ella però fa augmentar enormement la taxa de mortalitat dels altres peixos ciprínids que hi contacten.

La invasió d'espècies al·lòctones de conques no interconectades posa de manifest l'acció antropogènica en l'expansió d'aquestes espècies, que superen preses i rescloses en cotxe o camioneta. Es tracta, sobretot d'individus que poden servir d'esquer —carpí, barb roig o veró, llop de riu, pseudorasbora, etc.— i, també, d'algunes espècies més “esportives” —perca americana, peix sol, luci, luciperca, silur, etc.—. Altres s'han escapat de piscifactories o de l'aquariofília. Per interessos econòmics o no, al cap i a la fi i per inconsciència, una munió de peixos s'ha mogut pel país i entre països diferents els darrers decennis. Ara les espècies autòctones pateixen les conseqüències.

Cal controlar, doncs, els peixos invasors ja instal·lats i evitar-ne nous alliberaments. Els peixos invasius representen una pressió important, que exposa les espècies autòctones, per competència i altres causes, a un risc d'extinció molt alt o, directament, a l'extinció. Per exemple, es coneix que ja hi ha com a mínim 16 espècies introduïdes a la conca del riu Ebre (Doadrio i Madeira, 2004; Sostoa i altres, 2005) i fins a un total de 23 (tantes com autòctones) al baix Ebre, incloent-hi el delta de l'Ebre. Això suposa que com a mínim la meitat de les espècies presents ja són foranes. Al delta de l'Ebre, els peixos introduïts avui ja dominen a la major part dels ecosistemes de salinitat menor (Pou-Rovira i altres, 2008). És justament per aquest motiu, que l'aparició relativament recent del fúndul —resistent a les salinitats altes—, és molt preocupant per a la conservació de diverses espècies autòctones de peixos amenaçats, que al delta de

l'Ebre mantenen els seus principals refugis precisament als aiguamolls salabrosos.

La presència d'espècies introduïdes és justament un element valorat explícitament a diversos índexs de qualitat biològica de les masses d'aigua obtinguda a partir de l'estudi del poblament de peixos: l'índex IBICAT₂₀₁₀ i els índexs de biopol·lució (vegeu el capítol II.3).

Amb relació als estanys catalans, destaca el cas de l'estany de Banyoles, que presenta un historial d'introduccions llarg (García-Berthou i Moreno-Amich, 2000; Zamora i Pou-Rovira, 2003). Abans de la Festa del peix instaurada l'any 1910, ja hi vivia la tenca. Al llarg del segle xx s'hi van introduir nombroses espècies, entre les quals figuren la carpa, el peix sol, el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*), la gambúsia (*Gambusia holbrooki*), la perca americana (*Micropterus salmoides*), la madrilleta vera, la perca (*Perca fluviatilis*), el luci (*Esox lucius*), el carpí (*Carassius auratus*) i el peix gat (*Ameiurus melas*). A la llista d'espècies introduïdes cal afegir-hi la sandra o luciperca (*Sander lucioperca*) i el barb comú o de l'Ebre (*Barbus graellssii*) des de la primeria del segle xxi. El poblament de peixos de l'estany de Banyoles està format actualment per 19 espècies, de les quals un 74% són al·lòctones (Pou-Rovira, com. pers.).

Així mateix, a l'estany d'Ivars i Vila-sana (Pla d'Urgell), els individus de les dues úniques espècies autòctones encara presents estan al límit de desaparèixer. En canvi, les espècies introduïdes (un total de 6), hi són abundants i hi estan ben establertes: l'albornell o ablet, la carpa, el gardí, la madrilleta vera o rutil, el gobi ibèric (*Gobio lozanoi*) i la sandra o luciperca (Casals i Sebastià, 2010).

Els embassaments i les rescloses tendeixen a arraconar les espècies autòctones i a beneficiar la proliferació d'espècies invasores de peixos com la carpa, la madrilleta vera o rutil, l'albornell o ablet, el peix gat, el silur, etc., en detriment de les autòctones d'aigües cor-

rents, que requereixen aigües de millor qualitat i amb una bona connectivitat fluvial.

A continuació es descriuen les principals espècies de peix introduïdes a Catalunya.

Peix sol o mirallet (*Lepomis gibbosus*)



A les nostres aigües normalment no sobrepassa els 25 cm de longitud, tot i que pot arribar a fer 40 cm i més de 600 grams de pes (Doadrio, 2001). Viu a trams de riu de poca fondària, amb força vegetació aquàtica i amb poc corrent. Resisteix bé la manca d'oxigen i les temperatures altes. Es reproduïx entre maig i juliol. Fa la posta en petits forats excavats a la sorra o la grava. Juntament amb la competició amb molts altres peixos per l'aliment, també és un depredador voraç d'invertebrats, ous i peixos petits.

És propi del nord-est d'Amèrica del Nord escampat a diversos continents. Va ser introduït a l'Estat espanyol al començament del segle xx, cap a l'any 1910 (Granado, 1996). A Catalunya encara és una espècie en expansió: tot i que als anys 1950-60 ja era present, per exemple, en alguns trams del riu Ter, a partir dels anys 1980 es va escampar de manera indiscriminada i avui dia ja s'ha expandit àmpliament. La seva densitat varia molt a cada localitat.

Perca americana o black-bass (*Micropterus salmoides*)



Tot i que la majoria dels individus no fan més de 20-40 cm, excepcionalment pot arribar als 97 cm de longitud i als 10 kg de pes (Doadrio, 2001). La seva edat màxima coneguda és

d'11 anys. Fa la posta a llocs sorrencs o amb grava, de poca fondària i amb molta vegetació, entre la fi de la primavera i principis de l'estiu. Els mascles són els que construeixen el niu: un petit forat que defensen fins a la desclosa dels ous. Representa un predador voraç d'invertebrats, amfibis i peixos; els adults són principalment ictiòfags.

És originària de l'est i el sud dels Estats Units d'Amèrica del Nord i del Nord de Mèxic. Va ser introduïda a l'Estat espanyol per a la pesca esportiva l'any 1955 (Granado, 1996). Viu a l'estany de Banyoles, als ullals del delta de l'Ebre i sobretot a embassaments amb una relativa bona qualitat i a la majoria de trams de riu de corrent lent i d'una certa fondària. On s'estableix, redueix les poblacions autòctones de ciprínids (Doadrio, 2001) i altra fauna vertebrada i invertebrada. Els seus valors de densitat resulten en general baixos, però també és localment abundant.

Llop oriental o dojo (*Misgurnus anguillicaudatus*)



És de mida mitjana i pot assolir els 25 cm, però la majoria d'exemplars no superen els 15 cm de longitud total (Doadrio, 2001). Té el cos allargat, de secció quasi cilíndrica, i la boca ínfera envoltada de cinc parells de barbetes. A diferència d'altres espècies del mateix gènere, el llop oriental no posseeix una cresta adiposa gaire desenvolupada. Viu en aigües amb corrent escàs i fons tou, on les seves barbetes li permeten trobar les restes vegetals i els invertebrats de què s'alimenta.

L'àrea de distribució del llop oriental comprèn des de Birmània fins a Sibèria, incloent-hi l'arxipèlag del Japó (Kottelat i Freyhof, 2007). La primera referència de la

península Ibèrica és de l'any 2001 i correspon al delta de l'Ebre, on sembla que l'espècie hi està en expansió. Existeix un testimoni de l'any 2006 a la conca del Llobregat, on no sembla haver-se establert (Sostoa i altres, 2010).

Albornell o ablet (*Alburnus alburnus*)



Si bé és relativament petit, excepcionalment pot arribar a fer 25 cm (Doadrio, 2001). Té l'aleta dorsal desplaçada respecte de la ventral, a diferència de la madrilla. És una espècie d'aigües lentes; viu a trams mitjans i baixos de rius, llacs i embassaments, on constitueix esbarts densos. Si pot, es desplaça riu amunt per anar a fresar, normalment a l'hivern, de novembre a gener (Doadrio, 2001), a les ribes amb fons de graves o un altre substrat mineral. Se sol localitzar a prop de la superfície i s'alimenta dels petits invertebrats del zooplàncton, principalment crustacis i insectes.

És originària d'Europa, del nord dels Pirineus i els Alps fins als Urals (Kottelat i Freyhof, 2007), i una espècie invasora en expansió que tolera les temperatures altes i la contaminació. Va ser introduïda amb finalitats esportives per primer cop a la península Ibèrica entre els anys 1910 i 1913 (Sostoa i altres, 1990; Elvira, 1995), però a Catalunya no es va conèixer fins als anys 1990, associada a la pesca del silur. Actualment ja ocupa la conca de l'Ebre i gran part de les altres conques fluvials catalanes. S'ha comprovat que pot causar problemes greus a la qualitat de l'aigua als embassaments i estanys on (contràriament a la nostra ictiofauna autòctona) no hi ha peixos zooplànctòfags especialistes com ell, que afavoreix indirectament la proliferació d'algues al plàncton (Vinyoles i altres, 2007).

Carpí vermell (*Carassius auratus*)



Pot arribar als 30 cm de llargada i, excepcionalment, als 45 cm i als 2 kg de pes (Doadrio, 2001). Es tracta del típic peix vermell d'aquari, que sovint pren una coloració argentada al medi natural. A diferència de la carpa, no posseeix barbetes. És propi de llocs amb poc corrent, vegetació subaquàtica i fons llimosos o fangosos, on cerca una gran varietat d'aliments: és omnívor. Es reproduïx a partir dels 2 anys d'edat; els mesos de maig i juny (Sostoa i altres, 1990) deixa els ous enmig de la vegetació submergida.

És originari de l'Àsia Central, la Xina i el Japó (Kottelat i Freyhof, 2007). Sembla que va ser introduït a la península Ibèrica al segle XVII (Lobón-Cervià i altres, 1989), però no es va generalitzar com a peix decoratiu en jardins i basses agrícoles fins a primers de segle XX. A la dècada dels vuitanta ja es localitzava en llibertat en alguns trams de riu d'aigües tranquil·les. Les seves densitats poden arribar a ser molt altes en basses, però resulten relativament baixes en rius, un dels motius pels quals el carpí no es considera un problema greu per a la conservació de les espècies autòctones. No es descarta que la presència d'aquesta espècie es pugui haver confós amb la d'una altra molt propera i semblant, descrita recentment: el carpí de Prússia (*Carassius gibelio*) (Kottelat i Freyhof, 2007).

Carpa (*Cyprinus carpio*)



És de dimensions considerables; pot atènyer fàcilment uns 40 cm de llargada (excepcionalment 110 cm) i 40 kg de pes (Kottelat i Freyhof, 2007). A diferència del

carpí, la carpa té dos parells de barbetes. Assoleix la maduresa sexual entre 1 i 3 anys d'edat (Sostoa i altres, 1990). Fresa de maig a juliol (Sostoa i altres, 1990). Deixa milers d'ous fecundats al damunt de la vegetació de les ribes, que queda submergida temporalment gràcies a les crescudes dels rius.

És de costums gregaris i molt abundant a les parts mitjanes i baixes dels rius, i especialment a molts embassaments, rescloses i basses agrícoles. Té una gran tolerància a la degradació del medi. És generalista: s'adapta a diversos hàbitats i els altera quan s'alimenta, en aixecar gran quantitat de sediment que cobreix la vegetació aquàtica i també en desarrelar-la. Aguant temperatures extremes, concentracions d'oxigen baixes, terbolesa i salinitats elevades. És típicament omnívora: menja detritus i matèria vegetal, crustacis, mol·luscs, insectes i alevins d'altres espècies (Doadrio, 2001).

La carpa està considerada la primera espècie de peix traslladada fora de la seva àrea natural de distribució. El seu origen és euroasiàtic, atés que és autòctona de les conques del Danubi i de les mars Negra, Càspia i d'Aral (Kottelat i Freyhof, 2007), on es cria tradicionalment en basses. Sembla que va ser introduïda a la resta del continent europeu a l'edat mitjana amb finalitats alimentàries (Hoffman, 1994). A la península Ibèrica hi va arribar probablement al segle XVII (Pérez-Bote, 1995), però la seva presència no va ser important fins als anys seixanta del segle XX, afavorida pel mal estat general de les aigües continentals. Es distribueix àmpliament a la conca de l'Ebre i sobretot a les del Francolí, el Llobregat, el Besòs, la Tordera, el Ter, el Fluvià i les parts baixes de la Muga. Les seves densitats actualment són moderades.



Peix sol o mirallet (*Lepomis gibbosus*)



Perca americana o black-bass (*Micropterus salmoides*)



Albornell o ablet (*Alburnus alburnus*)



Carpa (*Cyprinus carpio*)



Carpi vermell (*Carassius auratus*)



Madrilleta vera, rutil o gardó (*Rutilus rutilus*) (Baix Empordà).



Gardí (*Scardinius erythrophthalmus*)



Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*)



Peix gat
(*Ameiurus
melas*)



Silur (*Silurus
glanis*)



Luci o lluç de riu
(*Esox lucius*)



Gambúsia
(*Gambusia
holbrooki*)



Truita irisada
(*Oncorhynchus
mykiss*)

Figura 7. Mostra de les principals espècies de peixos d'aigües continentals introduïdes, al·lòctones i invasores a Catalunya. Fotos: Marc Ordeix-CERM, excepte el carpi i el gardí (Peter Paul Schollemma), i el silur (Mariano Cebolla-Ecomuseu del Parc Natural del Delta de l'Ebre)

Pseudoràsborra (*Pseudorasbora parva*)



Té una mida petita; no supera els 11 cm de llargada (Kottelat i Freyhof, 2007). Fresa d'abril a juny: llavors la femella deixa fileres d'ous al forat d'una roca o a la superfície de plantes, sorra o mol·luscs. Un cop fecundats, el mascle vigila el niu fins a l'eclosió dels ous. És molt resistent a la contaminació, i es veu afavorida per l'alteració dels ambients aquàtics. S'alimenta d'un rang ampli de petits crustacis i insectes, i fins i tot de material vegetal (Kottelat i Freyhof, 2007).

Prové de l'Àsia de l'est, incloent-hi Corea i part de la Xina i Sibèria (Kottelat i Freyhof, 2007). Va ser citada a Europa per primera vegada a Romania l'any 1961 i posteriorment s'ha estès a altres països europeus. Ha colonitzat recentment la península Ibèrica, on es va citar per primera vegada l'any 2001 al delta de l'Ebre; al cap de poc temps ja s'havia estès per tot el tram baix del riu Ebre i també a tot el curs principal del Ter, on ara mateix ja ha esdevingut un dels peixos més abundants. Representa un perill greu per als altres ciprínids, no tan sols perquè esdevé un competidor per l'aliment de les espècies autòctones, sinó també perquè és hoste d'un paràsit (*Sphaerothecum destruens*), que no afecta la pseudoràsborra però sí altres peixos i en fa augmentar la taxa de mortalitat si són infectats (Witkowski, 2006). Les seves densitats poden ser baixes als trams més ben conservats i altes als trams baixos i als més alterats.

Madrilleta vera, rutil o gardó (*Rutilus rutilus*)



Té mida mitjana; no sol sobrepassar els 40 cm de llargada, tot i que alguns individus poden assolir els 50 cm de

longitud i gairebé els 2 kg de pes (Doadrio, 2001). Viu preferentment en aigües encalmades, als ambients denominats *lenítics*: llacs, rabeigs de rius, rescloses i embassaments. Tolera la contaminació orgànica i també les aigües salabroses. Es reproduïx d'abril a juny en àrees poc profundes. És una espècie omnívora, que s'alimenta d'insectes, crustacis i plantes; els adults tenen preferència pels vegetals (Doadrio, 2001).

És d'origen europeu, tot i que originalment era absent a les penínsules mediterrànies. Va ser introduïda per primer cop a la península Ibèrica entre 1910 i 1913 (Sostoa i altres., 1990; Elvira, 1995). A Catalunya actualment està molt estesa als rius amb un cert cabal, com l'Ebre, el Llobregat i el Ter, on ha establert densitats generalment altes.

Gardí (*Scardinius erythrophthalmus*)



Pot arribar als 20 cm de llargada i als 500 g de pes, si bé s'han citat exemplars de 50 cm i 2 kg (Doadrio, 2001).

Contràriament a la madrilleta vera, té les aletes vermelloses i l'aleta dorsal desplaçada lleugerament cap enrere respecte de les ventrals. Prefereix la presència de macròfits (vegetació submergida) i les aigües tranquil·les. Es reproduïx d'abril a juny (Doadrio, 2001); llavors disposa els ous damunt del substrat. És d'alimentació omnívora, basada tant en insectes aquàtics com en plantes i algues; justament aquest seu caràcter herbívor, sobretot dels adults, que poden consumir un gran nombre de plantes aquàtiques, pot afectar negativament l'hàbitat d'algunes espècies autòctones de peixos.

Prové d'Europa i Àsia oriental (Kottelat i Freyhof, 2007). Va ser introduït a Catalunya i està en expansió; és present a la conca de l'Ebre des de 1990, i des d'algunes

nes dècades abans en alguns trams de les conques del Llobregat, el Besòs, el Ter, la Tordera i la Muga. Les seves densitats varien considerablement a diferents localitats, però en general són moderades (Sostoa i altres., 2010).

Tenca (*Tinca tinca*)



És de pell fina i escates molt petites. La tenca pot arribar a fer 85 cm i pesar 7,5 kg (Doadrio, 2001). Prefereix els estanys o altres aigües dolces amb poc corrent. Menja sobretot macròfits —vegetació submergida abundant—, on es mou perfectament mimetitzada gràcies a la seva coloració verdosa. Allà es refugia dels depredadors, extreu una part de l'aliment i també fresa, de maig a agost, quan la temperatura de l'aigua supera els 20°C. És omnívora: d'aleví, menja sobretot insectes i crustacis; d'adult, afegeix peixos petits a la dieta.

És originària d'Euroàsia, i la seva introducció a la península Ibèrica es va produir antigament, al segle XVII (Gómez i Díaz, 1991), tot i que en algunes àrees hi pot haver arribat més recentment. Fins a mitjan segle XX era relativament freqüent i apreciada al conjunt de Catalunya, per la seva carn fina i gustosa. Actualment és en realitat molt escassa, fruit de l'assecamment i la contaminació de la majoria d'estanyols i basses on vivia, i també per la competència amb altres espècies introduïdes, com la perca americana. Als rius és molt poc freqüent.

Luci o lluç de riu (*Esox lucius*)



Supera fàcilment els 70 cm de llargada, però pot fer més d'un metre i pesar fins a 25 kg. Alguns exemplars arriben a viure 30 anys

(Doadrio, 2001). És molt territorial i solitari, i no fa migracions apreciables. Viu a zones de rabeigs, de corrent escàs i vegetació abundant, damunt de la qual sol dipositar els ous. Es reproduïx des del final de l'hivern fins al principi de la primavera, entre gener i març (Doadrio, 2001), als prats inundats de les ribes. Com a gran depredador, la seva dieta, mixta, és constituïda tant per invertebrats com per vertebrats. Es nodreix d'invertebrats els primers mesos de vida i després passa gradualment a menjar peixos, que constitueixen la seva dieta gairebé exclusiva a partir dels 30 cm (Doadrio, 2001), quan assoleix la maduresa sexual.

És originari de la zona circumpolar, que comprèn Alaska, Canadà, els Estats Units d'Amèrica del Nord, i el nord d'Europa fins a Sibèria, excepte Noruega i el nord d'Escòcia (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya va ser introduït a mitjan segle XX amb finalitats de pesca esportiva. Presenta una distribució força localitzada a la conca de l'Ebre i en alguns afluents de la conca del Llobregat, el Ter, l'estany de Banyoles i la Muga, incloent-hi sobretot diversos embassaments d'aigües netes. Representa una amenaça per a les espècies autòctones. Les seves densitats són relativament baixes (Sostoa i altres., 2010).

Peix gat (*Ameiurus melas*)



Té mida mitjana. A Catalunya els adults no solen fer més de 20 a 35 cm, però a l'Amèrica del Nord poden arribar, excepcionalment, als 60 cm de longitud i als 3 kg de pes (Doadrio, 2001). Es caracteritza per tenir el cos nu, sense escates, i quatre parells de barbes al voltant de la boca, contràriament al silur, que només en té tres parells. Prefereix les aigües encalmades de rius, em-

bassaments i basses. És de tipus bentònic, o sigui, es mou molt pel fons, preferentment fangós o llimós. Sobreviu amb temperatures superiors als 30°C (Doadrio, 2001) i concentracions mínimes d'oxigen. També resisteix espartanament certs graus de contaminació. Es reproduïx de maig a juliol (Sostoa i altres, 1990). La seva activitat és nocturna, l'alimentació molt variada: els adults mengen principalment crustacis, insectes, peixos, crancs i algues filamentoses.

És d'origen nord-americà, i el trobem àmpliament a Catalunya com a mínim des dels anys 1950; la seva distribució actual està molt restringida a alguns estanys, com el de Banyoles, i a molts sectors de rius i rieres amb rescloses i embassaments. La seva carn havia estat molt valorada. És un perill greu per a les espècies autòctones.

Perca (*Perca fluviatilis*)



Tot i que difícilment fa més de 20 a 30 cm de llargada, excepcionalment pot arribar fins als 60 cm i els 5 kg de pes (Sostoa i altres, 1990). Viu en aigües clares i encalmades, tant en rius com en estanys i embassaments. És sedentària, no fa migracions apreciables. Es reproduïx de març a maig; diposita els ous damunt de les plantes aquàtiques. Les seves larves i els seus primers estadis s'alimenten sobretot de zooplàncton. Els juvenils mengen principalment crustacis i larves d'insectes, i els adults preferentment peixos.

Està distribuïda àmpliament per bona part d'Europa i Sibèria, d'on és pròpia (Kottelat i Freyhof, 2007). Va ser introduïda com a espècie de pesca esportiva des del final dels anys 1980. Habita sobretot al tram baix de l'Ebre i a la conca de la Muga, on és molt abundant, i, de manera més localitzada, en alguns punts de la conca del Ter (Sostoa i

altres., 2010). Pel fet d'estar especialitzada en el consum de peixos, suposa una amenaça greu per a la fauna autòctona.

Sandra o luciperca (*Sander lucioperca*)



És de mida gran; arriba fàcilment als 40-70 cm de llargada i a un pes d'1-2 kg, però pot atènyer els 1,30 metres i a 12-15 kg, i arribar a viure fins a 16 anys (Doadrio, 2001). Es mou per la columna d'aigua especialment a trams d'aigües profundes i tranquil·les, d'embassaments. Fa migracions reproductives riu amunt. Fresa a la primavera, d'abril a maig, en àrees amb pedres relativament grosses (Doadrio, 2001). El mascle es cuida de vigilar la posta. Els joves s'alimenten de crustacis, i els adults exclusivament de peixos.

És originària de l'Europa Central i Oriental, Suècia, Finlàndia i Àsia Occidental (Kottelat i Freyhof, 2007). A Catalunya té una distribució força limitada, lligada als grans eixos fluvials i als embassaments. Es tracta d'una espècie introduïda de manera il·legal per a la pesca esportiva. La seva arribada a Catalunya és relativament recent: els primers exemplars es van alliberar entorn de l'any 1970 a l'embassament de Boadella, a la Muga (l'Alt Empordà) (Gómez i Díaz, 1991) i a la dècada del 1990 a la conca de l'Ebre (Doadrio, 2002). Encara es considera en expansió, encara que ja és present a gran part dels embassaments de Catalunya. Pel fet d'estar especialitzada en el consum de peixos, comporta una amenaça greu per a la fauna autòctona. Presenta densitats moderades, en general no gaire altes (Sostoa i altres, 2010).

Fúndul (*Fundulus heteroclitus*)



Pot arribar als 15 cm de longitud i fins als 3-4 anys de vida (Doadrio, 2001).

Es tracta d'una espècie gregària que potencialment pot ocupar una gran varietat d'hàbitats aquàtics litorals: des d'estuaris fins a aiguamolls, passant per badies, basses intermareals i rius, entre d'altres, amb un espectre ampli de salinitat de l'aigua. De totes maneres presenta una preferència clara per les masses d'aigua salabroses.

És propi de l'est de l'Amèrica del Nord. Va arribar a la península Ibèrica als anys 1970 (Doadrio, 2001), però no va ser detectat per primer cop a Catalunya fins a l'any 2005. Va ser al delta de l'Ebre, a petits desguassos situats a l'entorn de les instal·lacions d'un centre de recerca en aqüicultura (Pou-Rovira i altres, 2006). L'aparició del fúndul és preocupant especialment per a la conservació de diverses espècies autòctones de peixos amenaçats, que al delta de l'Ebre mantenen els seus refugis principals precisament en hàbitats de salinitat elevada de l'aigua, com les zones dels aiguamolls o els sistemes llacunars. Competeix, doncs, seriosament amb els peixos ciprinodòntids endèmics: el fartet i el samaruc.

Gambúsia (*Gambusia holbrooki*)



És de mida petita; normalment no fa més de 5 cm de longitud; les seves longituds màximes conegudes són de 3,5 cm en mascles i 8 cm en femelles (Doadrio, 2001). Viu a llacunes costaneres, basses, canals i cursos d'aigua de poca profunditat, sobretot als trams baixos amb corrent reduït i vegetació abundant. Té una gran tolerància a la contaminació, a les concentracions baixes d'oxigen i als valors alts de temperatura i salinitat, però inferiors als que, per sort, pot resis-

tir el fartet, que és autòcton. És una espècie ovovivípara que es reproduïx amb molta facilitat a partir de les sis primeres setmanes de vida; fresa d'abril a octubre, tot i que aquest període pot variar segons la temperatura del medi. S'alimenta d'invertebrats, sobretot de larves de dípters, copèpodes i àfidids.

És pròpia del vessant atlàntic de l'Amèrica del Nord, i va ser introduïda a l'Estat espanyol l'any 1921 amb finalitats ornamentals i el propòsit de combatre les poblacions de mosquits, sobretot els possibles transmissors del paludisme. Competeix amb els peixos ciprinodòntids endèmics (el fartet i el samaruc) pels recursos alimentaris, i ho fa per interferència, o sigui, mostrant-se molt agressiva envers ells (Alcaraz i altres, 2008), i els desplaça. Les seves densitats solen ser elevades, però varien considerablement a cada localitat (Sostoa i altres, 2010).

Truita arc iris o irisada (*Oncorhynchus mykiss*)



Als rius de Catalunya no sol fer més de 50 cm (Doadrio, 2001). És semblant

a la truita comuna, però la truita irisada fa el cap més petit que aquella, té una banda irisada que li recorre els dos costats –i que li dona el nom– i li falten punts vermellinosos al cos. El puntejat negre també se li distribueix per damunt de les aletes. Viu en ambients semblants als de la truita comuna, però no és tan exigent i pot viure a trams més baixos i degradats. Es reproduïx a molt pocs indrets de Catalunya; se sap que ho ha fet al riu de Grèixer i també al Matarranya (Sostoa i altres, 2010). S'alimenta d'invertebrats, principalment insectes (dípters, tricòpters, plecòpters i efemeròpters), però a partir de l'any d'edat, essent més voraç que la truita comuna, ja es

comença a nodrir de peixos de diferents espècies, sobretot ciprínids (Sostoa i altres, 1990). La seva sola presència en un curs d'aigua redueix la taxa de supervivència dels juvenils de truita comuna (Blanchet i altres, 2007).

És una espècie originària de la costa oest d'Amèrica del Nord i està introduïda àmpliament a tot el món, i a Catalunya entre la dècada dels seixanta la del vuitanta del segle xx (Sostoa i altres, 1990). A la dècada dels noranta la seva introducció va quedar restringida als denominats *vedats de pesca intensiva* a ben poques conques i localitats, on les seves densitats són actualment baixes (Sostoa i altres, 2010).

Truita de rierol (*Salvelinus fontinalis*)



Fa excepcionalment més de 45 cm, però se'n coneixen exemplars de fins a 86 cm de llargada i 9 kg de pes (Doadrio, 2001). Viu en estanys i torrents d'alta muntanya, sobretot amb vegetació aquàtica. Es reproduïx d'octubre a desembre (Doadrio, 2001). La seva alimentació és molt variada; depreda sobretot insectes aquàtics però també petits vertebrats, preferentment peixos i amfibis, per a alguns dels quals arriba a ser una causa important de rarefacció.

És originària del nord-est de l'Amèrica del Nord. Va ser introduïda a la península Ibèrica probablement al final del segle xix (Lozano Rey, 1935). A Catalunya ocupa des dels anys 1960 (Miró, 2011) uns quants estanys pirinencs i torrents associats a la capçalera de la Noguera Ribagorçana i de la Noguera Pallaresa (el Pallars Jussà), on és abundant localment.

Silur (*Silurus glanis*)



És el peix més gros de les aigües continentals d'Europa. Pot assolir fàcilment els 2 metres de longitud i fer més de 80 kg de pes. També pot viure més de 30 anys, però hi ha alguns exemplars amb talles encara superiors, de fins a 5 metres i 300 kg (Kottelat i Freyhof, 2007). Fa un cap de grans proporcions i la seva boca és ampla, amb tres parells de barbes al voltant, contràriament al peix gat, que en té quatre parells. El silur posseeix l'aleta anal molt llarga i li acaba molt a prop de la caudal; el peix gat la té molt més curta. A partir dels 3 o 4 anys, amb uns 40-75cm i de maig a juliol, el silur deixa les aigües més fondes i va a fresar en espais de profunditat mitjana ocupats per arrels o arbres morts (Sostoa i altres, 1990). Té hàbits nocturns. Els joves es nodreixen bàsicament de crustacis del fons, bentònics, i de la columna d'aigua, planctònics. Havent passat el primer any, els adults ja depreden altres peixos, però també engoleixen altres vertebrats, com és el cas d'amfibis, ocells i fins i tot alguns mamífers de grans dimensions, com la llúdriga (*Lutra lutra*).

És originari del centre i est d'Europa, Àsia central i Àsia Menor (Kottelat i Freyhof, 2007). L'any 1974 fou introduït als grans embassaments de l'Ebre amb finalitats comercials i de pesca esportiva (Doadrio, 2001); ara ja ocupa tot el tram final d'aquest riu fins al delta de l'Ebre. Al final dels noranta del segle xx va ser alliberat, també furtivament, als embassaments de les conques del Llobregat i el Ter, des d'on ha estat dispersat. Ara ja es captura regularment tant riu amunt com riu avall, i també en altres trams fluvials preferentment encalmats. Actualment, doncs, encara està en expansió.

4. LES MIGRACIONS DELS PEIXOS

La majoria dels peixos continentals autòctons de Catalunya (al capítol 1.1 se'n descriu de manera sintètica la biologia i l'ecologia) han de poder desplaçar-se amunt i avall de les masses d'aigua; s'anomenen *potamòdroms*. Altres també han de moure's entre la mar i els rius i aiguamolls; llavors s'anomenen *diàdroms*. Aquests desplaçaments o migracions, els fan per raons diverses:

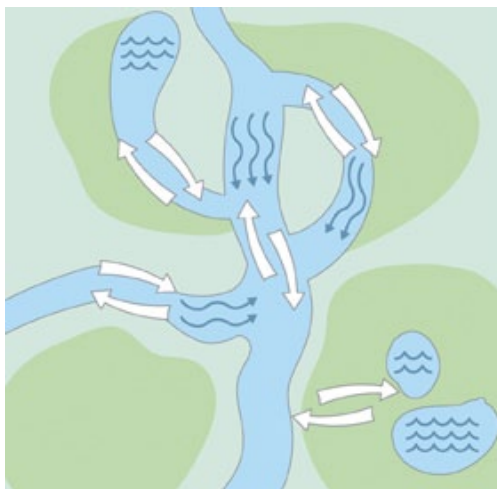
- a) Per reproduir-se i alimentar-se en ambients adequats per a cada espècie. Moltes espècies han d'anar a fresar forçosament riu amunt o riu avall, a la mar, i tant una migració com l'altra els és imprescindible per assegurar la viabilitat de la fresa i els futurs alevins. Els peixos han d'arribar necessàriament fins a àrees amb unes característiques adequades. Per exemple, un torrent d'alta muntanya amb poc cabal en el cas de la truita comuna (*Salmo trutta*), una lleira amb graves del tram principal d'un gran riu per a la saboga (*Alosa fallax*) i l'esturió (*Acipenser sturio*), el litoral marí o mar endins per als mugílids o llisses (*Mugil cephalus*, *Liza ramada*, *Liza aurata*, *Liza saliens* i *Chelon labrosus*) o la mar dels Sargasses per a l'anguila europea (*Anguilla anguilla*). La inaccessibilitat a les àrees propícies a la reproducció, per exemple, per l'existència d'un embassament, condueix inexorablement aquests peixos, com a mínim localment, a la seva desaparició. Fora de l'època de reproducció, han de poder anar a viure en ambients concrets per poder alimentar-se. Per exemple, la truita comuna adulta ha de poder retornar a trams de riu relativament cabalosos i profunds; la saboga en àrees costaneres del litoral; els mugílids o llisses a llacunes costaneres, aiguamolls

litorals i trams baixos de rius i rieres; l'esturió a les desembocadures i estuaris dels rius i mar oberta, i l'anguila a llacunes costaneres, aiguamolls litorals i trams baixos i mitjans de rius i rieres.

La seva gran mobilitat i la seva mida els permeten jugar un paper preponderant als ecosistemes; en alguns casos, com el de les migracions de salmònids a torrents de muntanya, poden influir notablement en el flux d'energia i el transport bàsic de substàncies i elements (Sostoa i altres, 2005), segons la densitat d'individus que hi van a fresar (Moore i Schindler, 2008).

- b) Per compensar la deriva i recuperar la posició prèvia després de cops de riu o altres alteracions —naturals o antròpiques—, en què retornen aigua amunt. Són moviments necessaris per assegurar que cada individu pugui retornar al tram o territori concret on viu (per filopàtria), als hàbitats que li són més favorables. També serveixen per evitar l'empobriment demogràfic continuat que, contràriament, es donaria a tots els rius i rieres.
- c) Per dispersar-se. Els moviments dispersius, sovint erràtics, garanteixen l'intercanvi d'individus entre sectors diversos i eviten fenòmens d'empobriment genètic de les poblacions. També serveixen per tornar a ocupar àrees afectades per alteracions del medi: naturals, com ara els incendis o els episodis de sequera; o antròpiques, com és el cas d'episodis de contaminació o de detracció de cabals, entre d'altres. Hi ha molts rius i rieres mediterranis on els peixos es concentren, només, en algunes gorgues durant el període estival, i els cal dispersar-se quan l'aigua hi torna a transcórrer a la tardor.

D'acord amb el seu patró de migració, els peixos es classifiquen en potamòdroms, si fan aquests moviments, desplaçaments o migracions únicament a l'interior d'una



- a) Potamòdroms

Llopet comú (*Cobitis paludica*), llopet ibèric (*Cobitis calderoni*), cavilat (*Cottus hispaniolensis*), madrillera roja (*Achondrostoma arcasii*), barb comú o de l'Ebre (*Barbus graellsii*), barb cua-roig (*Barbus haasi*), barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), gòbi ibèric (*Gobio lozanoi*), madrilla (*Parachondrostoma miegii*), barb roig o veró (*Phoxinus sp.*), bagra catalana (*Squalius laietanus*), bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*), espinós (*Gasterosteus gymnotus*), llop de riu (*Barbatula barbatula*), truita comuna (*Salmo trutta*).



- b) Catàdroms



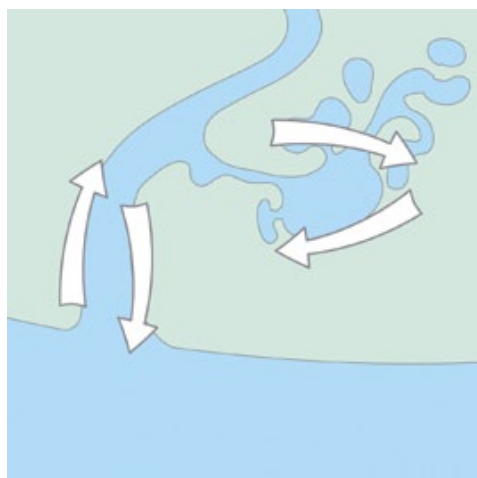
Anguila (*Anguilla anguilla*)



- c) Anàdroms



Esturió (*Acipenser sturio*), guerxa (*Alosa alosa*), saboga (*Alosa fallax*), llamprea de mar (*Petromyzon marinus*), gòbit de sorra o burret (*Pomatoschistus microps*), agulleta de riu (*Syngnathus abaster*) i joell (*Atherina boyeri*).



- d) Amfídròms



Gòbit de sorra o burret (*Pomatoschistus microps*), llissa llobarrera o cabeçut (*Mugil cephalus*), llissa calua (*Liza ramada*), llissa vera (*Chelon labrosus*), llissa petita o fusany (*Liza saliens*), llissa galta-roja o llissalet (*Liza aurata*), rèmol de riu (*Platichthys flesus*) i llobarro o llop (*Dicentrarchus labrax*).

Figura 8. Patrons migratoris dels peixos continentals de Catalunya. Il·lustracions: Acíclic. Dibuixos: Toni Llobet.

mateixa conca hidrogràfica, i diàdroms —subdividits en catàdroms, anàdroms, i amfídroms—, si es desplacen entre el medi continental i el marí en diferents períodes de la seva vida:

- **Peixos potamòdroms**

Es desplacen riu o riera amunt o cap a les ribes inundades, sobretot a mitjana o a poca distància per fresar i reproduir-se cercant ambients òptims per a la posta i el creixement de larves i juvenils. És el cas dels moviments ascensionals de la truita comuna a la tardor i dels ciprínids a la primavera: els barbs (*Barbus* sp.), les bagres (*Squalius* sp.) i la madrilla (*Parachondrostoma miegii*), entre moltes altres espècies (un total de 15 per al conjunt de Catalunya) (figura 8a).

- **Peixos catàdroms**

L'anguila és l'única espècie catàdroma de Catalunya. Passa la major part de la seva vida a rius, estanyos o aiguamolls, en aigües dolces o salabroses. Després retorna a la mar i travessa l'oceà Atlàntic, on fa milers de quilòmetres per reproduir-se a la mar dels Sargassos (figura 8b). Seria present a bona part de les lleres fluvials, estanyos d'interior, llacunes litorals i aiguamolls costaners si no fos per l'efecte barrera de preses i rescloses, juntament amb altres problemàtiques, com la sobrepesca d'adults i alevins, que l'han conduït en poques dècades a ser considerada en perill crític d'extinció.

- **Peixos anàdroms**

Es reproduïxen, fresen, a les aigües continentals però passen bona part de la seva vida al medi marí,

on acaben de créixer. És el cas de l'esturió, la guerxa (*Alosa alosa*), la saboga, la llamprea o llampresa de mar (*Petromizon marinus*), el gòbit de sorra o burret (*Pomatoschistus microps*), l'agulleta de riu (*Syngnathus abaster*) i el joell o peix de vidre (*Atherina boyeri*) (figura 8c).

- **Peixos amfídroms**

Es mouen entre la mar, on es reproduïxen, i els rius, estuaris i aiguamolls, on es desplacen habitualment o esporàdica per alimentar-se, aparentment indifereents als canvis de salinitat (eurihalins). És el cas dels mugílids, llisses o llísseres, el llobarro o llop (*Dicentrarchus labrax*) i el rèmol de riu o plana (*Platichthys flesus*) (figura 8d).

La capacitat dels peixos de migrar i superar obstacles depèn de l'espècie, l'edat, el tipus, la condició física i altres factors fisiològics com la salut, l'alimentació, la condició reproductiva i el cansament acumulat, però també de factors externs com la temperatura de l'aigua i la velocitat, el cicle lunar i l'estació de l'any (Reiser i Peacock, 1985; Larinier i altres, 1994; Lucas i Baras, 2001; Marmulla i Welcomme, 2002).

/ II. Peixos i qualitat biològica de les aigües continentals

1. ELS PEIXOS COM A INDICADORS BIOLÒGICS

Al llarg dels segles, a les modificacions morfològiques de rius i zones humides —per canalitzacions o construcció de rescloses i preses— i la captació d'aigua —per a reg, usos energètics o abastament—, s'han sumat la contaminació aquàtica i la dispersió d'espècies foranes invasores de flora i fauna, principalment a partir de la segona meitat del segle xx. La Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) va aparèixer justament amb l'objectiu de promoure un ús sostenible de l'aigua i retornar els ambients aquàtics, alguns molt modificats, a un estat ecològic bo o molt bo.

S'entén per estat ecològic una mesura de la qualitat de l'estructura i el funcionament de l'ecosistema aquàtic. El bon estat ecològic és aquell en què les comunitats biològiques són iguals o molt properes a les que es trobarien en condicions inalterades. En un bon estat ecològic, les condicions fisicoquímiques i també la configuració del medi aquàtic (condicions hidromorfològiques) han de permetre el desenvolupament correcte d'aquestes comunitats vives. Per tant, l'avaluació de la qualitat biològica —essencialment de la flora aquàtica, la fauna invertebrada i els peixos— juntament amb l'avaluació de la qualitat fisicoquímica i hidromorfològica han de permetre determinar l'estat ecològic de les masses d'aigua.

La Directiva marc de l'aigua estableix que la classificació de l'estat ecològic d'una massa d'aigua s'ha de basar en el grau de desviació respecte a una condició de referència o estat natural. Entre els peixos hi ha espècies més o menys sensibles als diferents graus de degradació de l'hàbitat, com passa amb altres indicadors biològics. Per això la Directiva marc de l'aigua obliga a l'ús de dades de composició i abundància de peixos, i també de l'estructura d'edats de cada espècie.

Els peixos no es distribueixen uniformement al llarg dels sistemes fluvials. Els diversos requisits ecològics de cada espècie, reproductius, alimentaris, d'ocupació espacial, etc. estan condicionats per variables ambientals i morfològiques (hidromorfològiques). Per això és possible fer una regionalització dels rius sobre la base dels peixos i, seguidament, trobar la correspondència de la tipologia obtinguda amb les variables ambientals i hidromorfològiques més rellevants, és a dir, les que expliquen millor la distribució de la ictiofauna. Aquesta regionalització identifica sistemes ecològics relativament homogenis sobre la base de variables fisiogràfiques i hidromorfològiques —tal com requereix la Directiva marc de l'aigua— amb comunitats piscícoles homogènies (Sostoa i altres, 2010).

El poblament de peixos, doncs, té un interès especial per la seva relació directa amb la presència de determinades estructures a l'aigua i a la riba, morfologies o ambients aquàtics concrets (gorgues permanents, llit de graves, vegetació de ribera i basses temporànies, entre altres) i el funcionament de processos —contaminants, cicle de la matèria orgànica i nutrients, existència de determinades comunitats aquàtiques que els representin un recurs alimentari, règim de cabals, aportació de sediments i connectivitat ecològica).

Els peixos són organismes amb cicles de vida llargs, de com a mínim un any o més. Així i tot, alguns individus d'algunes espècies viuen fins a 20 i 30 anys, i fins i tot n'hi ha que poden superar els 100 anys, com és el cas de l'esturió (*Acipenser sturio*). Aquesta vida relativament llarga permet a la comunitat de peixos d'integrar la qualitat biològica mínima mantinguda en períodes de temps perllongats en una determinada massa d'aigua. En el cas dels rius i les rieres, el seu valor indicador es refereix a l'escala de tram fluvial (mesohàbitat). Els peixos posseeixen un valor bioindicador en una escala d'espai i temps

molt superior a la dels altres indicadors biològics (com les algues diatomees i els macroinvertebrats aquàtics), que es correspon amb determinats aspectes referents a dies o setmanes i a una escala espacial molt més reduïda (de microhàbitat).

La seva capacitat d'integrar els processos que s'hagin donat en una massa d'aigua determinada fa que es considerin bons indicadors de qualitat dels rius i altres ambients aquàtics. Amb el propòsit de seguir els protocols de mostreig i anàlisi que comporta la implementació de

la Directiva marc de l'aigua a Catalunya, s'han adaptat o desenvolupat diversos índexs de qualitat de l'aigua basats en els peixos. És el cas de l'índex de qualitat biològica IBICAT₂₀₁₀ (que es descriu en aquest mateix capítol II i amb més detall en l'annex 1) i també d'un índex que es fa servir per avaluar la qualitat hidromorfològica i que valora la possibilitat que els peixos puguin efectuar les seves migracions. Es tracta de l'Índex de connectivitat fluvial (ICF, que es descriu més endavant, en el capítol III i amb més detall en l'annex 2).

2. MÈTODES D'ESTUDI DELS PEIXOS

Hi ha bàsicament dues tipologies de mètodes de mostreig de peixos d'aigües continentals: actius, com és el cas de la pesca elèctrica, i passius, les captures efectuades mitjançant paranys o xarxes. Tot i existir una certa correlació entre aquests dos grups de mètodes, uns o altres s'empren segons la salinitat de l'aigua (per exemple, la salinitat elevada impedeix l'ús dels aparells de pesca elèctrica) segons si es tracta d'un riu poc o molt cabalós, d'un estany somer, d'un embassament profund o del pressupost disponible per a l'estudi. En tots els casos, és imprescindible disposar d'un permís de pesca científica atorgat per l'administració competent.

Mètodes actius: pesca elèctrica

Aquesta metodologia estandarditzada és emprada àmpliament i es considera no perjudicial per als peixos si es porta a terme correctament. El personal que fa el treball de camp ha de conèixer la fauna piscícola de l'àrea i els principis de la pesca elèctrica, a més dels riscos i els procediments de la seva pràctica. La metodologia de mostreig i obtenció de dades per sistemes de pesca elèctrica està d'acord amb els treballs de Lobón-Cerbiá (1991), Pradillo (2009) i, concretament, la Norma CEN estàndard UNE-EN 14011: 2003 (*Water Quality – Sampling of fish with electricity*).

La pesca elèctrica es fa servir per conèixer la riquesa i la composició d'espècies de cada sector estudiat, la seva abundància –en densitat i biomassa, si és possible delimitar l'àrea amb xarxes de bloqueig–, l'estructura poblacional i, finalment, la qualitat del poblament de peixos. Per això, es fa un rastreig exhaustiu de tots els

hàbitats aquàtics presents d'un sector representatiu i en un mínim de 100 m (una longitud igual deu vegades l'amplada del curs d'aigua). La millor manera de quantificar-hi el poblament de peixos és tancant el sector i fent-hi una sèrie de captures successives (com a mínim tres captures), segons el mètode descrit per Zippin (1958).

Tots els membres de l'equip han de portar guants de neoprè o làtex i gualejadors (botes de pescador fins al pit). En queden exclosos, per tant, els gorgs profunds de més d'1,5 m de profunditat, els grans rius i els estanys, excepte si es treballa des d'una embarcació. Preferentment, es porten salvavides, obligatòriament en rius profunds (> 0,7 m) o si es pesca des d'una embarcació.

Els equips de pesca elèctrica acostumen a ser molt voluminosos, de manera que la seva utilització queda limitada a l'accés del tram de riu amb un vehicle motoritzat. Els equips més lleugers, que van muntats en una motxilla adaptada ergonòmicament a l'usuari, fan uns 10 kg de pes i esdevenen molt més útils per a mostreigs en indrets allunyats, d'accés difícil i de durada llarga. També n'hi ha d'acoblables a les embarcacions.

Aquests equips s'alimenten amb un grup electrogen portàtil (un motor de gasolina amb una potència de 2.200 a 4.500 W). Un transformador i rectificador converteix el corrent altern generat en corrent continu pulsatiu (de 400 a 800 V), que és unidireccional amb interrupcions periòdiques. Si són de mida reduïda, aquests equips de pesca funcionen amb un grup electrogen molt més petit o amb bateries (amb una potència de 1.500 a 2.000 W) de corrent continu (de 300 a 600 V); en aquest cas només serveixen per mostrejar petits cursos d'aigua. L'electricitat també els és subministrada per mitjà d'un motor amb selector de corrent continu i polsos, voltímetre i amperímetre analògics. Els equips per fer pesca elèctrica des d'una embarcació poden ser més potents (fins a 1.000 V i 16A).

La pesca elèctrica es basa en la creació d'un camp elèctric a l'aigua entre un càtode (element constituït per una parrilla o un cable d'acer anomenat *cua de rata* en contacte amb el fons, que actua de "massa" o pol negatiu) i un ànode (un cercle metàl·lic subjectat per un mànec o pol positiu que es va desplaçant pel sector que cal mostrejar). Els peixos experimenten tant una atracció cap a l'ànode del mostrejador (galvanotaxi) com un atordiment (electronarcosi), fenòmens que faciliten la seva captura i l'extracció de l'aigua mitjançant salabres (amb una xarxa de com a màxim 5 mm de llum).

Habitualment, una persona es desplaça juntament amb l'ànode mentre una altra persona com a mínim (encara que preferentment dues més, una a cada banda) va capturant els peixos atrets amb l'ajut dels salabres. Aquest grup de persones s'ha de moure suaument en ziga-zaga aigua amunt amb el propòsit de cobrir tots els hàbitats aquàtics possibles. La intensitat elèctrica de treball és escollida a voluntat mitjançant un regulador incorporat a l'equip rectificador i està compresa habitualment entre 0,4 i 2,5 ampers, segons quin sigui el grau de salinitat (conductivitat elèctrica) de l'aigua. Es treballa amb l'amperatge mínim possible, amb la finalitat de reduir riscos als pescadors i de maximitzar les possibilitats de recuperació dels peixos sotmesos a l'electronarcosi. Una persona va traslladant els peixos cap a la riba i una altra, sempre des de fora l'aigua, en té cura i alhora està al càrrec, per seguretat, de l'estat de les persones i del funcionament correcte de l'aparell.

Les temperatures elevades fan disminuir l'efectivitat de la pesca fins a la meitat o més, i a temperatures baixes (inferiors a 5°C) l'activitat dels peixos és tan reduïda que tampoc es recomana pescar. Així doncs, en trams on predominin els ciprínids (que fresen a la primavera) es pesca preferentment la fi de l'estiu i al principi de la tardor, quan

els joves de l'any tenen una mida prou gran per ser capturats amb sistemes de pesca elèctrica. En trams de salmònids (que fresen a la tardor i l'hivern), es fa a la darrera de la primavera o al començament de l'estiu.

Els individus mitjans i grossos es poden mantenir en viviers (caixes xarxades) a l'aigua i, sobretot els alevins i els individus més petits, també en bidons de material no conductor d'electricitat –de 10 a 60 litres–, sempre a l'ombra i amb aigua fresca (com a mínim oxigenada), que cal renovar constantment. Per a les feines posteriors de manipulació es fa servir un anestèsic d'ús corrent (10-30 mg/L de triclaïna metanosulfonada, MS-222) o altres substàncies (oli essencial de clau d'olor, eugenol o fenoxietanol), que permeten immobilitzar temporalment els exemplars. Un cop finalitzada la captura, es prenen una sèrie de dades de tots els peixos (o d'una mostra representativa), que donen informació de la qualitat de la comunitat piscícola: es determinen, es divideixen –si és possible–, es pesen, se'n mesura la longitud furcal (o sigui, de l'extrem del cap fins al centre de l'enforcadura de l'aleta caudal, més constant que no pas els extrems) i se n'observa l'estat físic. Un cop manipulats i recuperats de l'anestèsic, els individus de les espècies autòctones són retornats a l'aigua; els exemplars d'espècies introduïdes o foranes són sacrificats.

Cal rentar i desinfectar els equips de pesca en acabar qualsevol treball en una massa d'aigua. Això té el propòsit de no transferir paràsits, agents patògens (com el fong de l'afanomicosi) o espècies invasores (com les larves de musclo zebra). Es pot fer un rentat amb aigua calenta (60°C) i deixar-ho eixugar al sol, si és possible, un mínim de 48 hores; si això no fos viable, caldria rentar-ho tot amb aigua clorada (10 ml de lleixiu per cada litre d'aigua).



Figura 9. Realització de pesca elèctrica amb un aparell portàtil, de motxilla (torrent de Tort, conca alta del riu Flamisell, a la Vall Fosca, la Torre de Cabdella, el Pallars Jussà, setembre de 2006; a l'esquerra) i amb un aparell portàtil molt més gros (riu Ges a Torelló, Osona, maig de 2011; a la dreta). Fotos: Quim Pou-Rovira-CERM (esquerra) i Laia Jiménez-CERM (dreta).



Figura 10. Posteriorment a les captures, cal prendre diverses dades biomètriques dels peixos, com el pes (d'un barb cua-roig, a l'esquerra) o la longitud furcal (d'una carpa, a la dreta). Fotos: Marc Ordeix-CERM (esquerra) i Laia Jiménez-CERM (dreta).

Mètodes passius: captures per mitjà de paranys

Per estudiar el poblament de peixos també es poden fer servir paranys passius de tipus barbol, bertrol o gànguil. Aquests paranys disposen de diverses morts còniques (bosses amb un orifici a cada extrem) que eviten la fugida del peix un cop hi ha entrat i el condueixen cap a una mort final (una bossa amb un sol orifici), on s'amunteguen majoritàriament els peixos capturats.

Són eficients en la captura d'espècies i individus amb un gran rang de talles en estanys, rius amb un cabal moderat i trams de poca profunditat (Clavero i altres, 2006). Es fan servir a profunditats inferiors als 3 m i es mantenen subjectades al fons. És poc habitual posar-hi esquer per atraure els peixos.

A cada punt de mostreig es posa un mínim de sis paranys, si és possible de tipus diferents; per exemple:

tres de la tipologia “anguileras” (més grossos i de malla més grollera) i tres “camaroneras” (més petits i de malla més fina), col·locats de dos en dos amb l'objectiu de cobrir els diversos microhàbitats existents a cada punt de mostreig. D'aquesta manera es preveu capturar un nombre més alt de peixos amb un rang de talles més gran en cada un dels microhàbitats. Si és un riu, es col·loquen en un tram de 100 metres de llarg i amb la boca aigua avall.

Aquests paranys es calen a primera hora del matí i es lleven al dia següent, havent passat aproximadament 24 hores a l'aigua. Llavors es determinen els peixos i se'n prenen les mesures biomètriques.

A les anàlisis posteriors es calculen les CPUE, captures per unitat d'esforç, que permeten establir densitats relatives i la comparació entre els diversos punts de mostreig.



Figura 11. Gànguil, barbol o bertrol –a les dues imatges, de tipus “anguilera”–, un sistema passiu de pesca que serveix per a l'estudi del poblament de peixos a determinats estanys poc profunds (a l'esquerra) –en aquest cas, al pantà de Garet de Lluçà (el Lluçanès)- i cursos de riu amb poc cabal o bastant regulats (a la dreta) –a la imatge, el riu Ter a Manlleu (Osona). Fotos: Marc Ordeix-CERM (esquerra) i Laia Jiménez-CERM (dreta).

Mètodes passius: captures per mitjà de xarxes

Són els mètodes més comuns en estanys profunds i embassaments (Hickman i altres, 1994). Per al cas de Catalunya, n'existeix una proposta de petites adaptacions (Armengol i altres, 2003). El mostreig es fa per mitjà de xarxes ja siguin de tipus nòrdic o estandarditzades, formades per deu panells de xarxes lligades de llum variable (entre 3 i 26 mm) de 5 m de llargada i 1,5 d'amplada cadascun (CEN BS EN 14757:2005). Han de ser un mínim de sis, que es calen tant a la vora com al centre de la massa d'aigua, amb diferents orientacions i a diferents profunditats.

Una metodologia semblant, d'origen suec, es basa en l'ús de xarxes de niló de monofilament amb diferents panells de llum de malla de 42 m de llarg i 1,5 m de calat. Aquestes xarxes tenen catorze panells de diferent llum de malla distribuïts de manera aleatòria (Degerman i altres, 1988).

També es poden fer servir tresmalls. Aquests fan 2 m d'altura i estan fets amb tres malles de xarxa superposades, la interior més fina i espessa, amb una malla de 25 mm, i les exteriors de 250 mm.

Habitualment, les xarxes es calen al vespre i es lleven a punta de dia; els temps de captura acostumen a ser d'unes 12 hores, però poden ser de fins a 24 hores (García-Berthou, 2001).

En alguns casos també es pot fer pesca amb xarxes actives, o sigui, d'arrossegament. Aquesta metodologia també es pot combinar amb les captures per mitjà de paranys i la pesca elèctrica feta des d'una embarcació.

A les anàlisis posteriors es calculen les CPUE –captures per unitat d'esforç–, que permeten establir densitats relatives i la comparació entre els diferents punts de mostreig, juntament amb altres anàlisis estadístiques

més complexes. Seria el cas dels testos de contrast d'ajust de Pearson (Moore, 2005) per identificar diferències en l'ús de diverses àrees d'un estany per part dels peixos i la preferència de cadascun dels hàbitats per part de les diverses espècies de peix.



Figura 12. L'ús de xarxes del tipus nòrdic és un mètode emprat en l'estudi dels peixos d'estanys profunds i embassaments. La imatge, que mostra l'extracció d'una carpa i una luciperca o sandra, correspon a l'estany d'Ivars i Vila-sana (Pla d'Urgell). Foto: Claudi Gallardo.

3. METODOLOGIES D'AVALUACIÓ DE LA QUALITAT BIOLÒGICA DE LES AIGÜES CONTINENTALS MITJANÇANT ELS PEIXOS

Existeixen diverses metodologies de mostreig, tractament de mostres i aplicació de mètriques per avaluar la qualitat biològica dels ecosistemes aquàtics continentals a partir de la comunitat de peixos. Les que es consideren més aplicables en el cas de Catalunya es descriuen a continuació:

- **Cursos fluvials:** la Directiva marc de l'aigua indica que la classificació s'ha de fer, en el cas dels rius, aplicant índexs basats en la composició, l'abundància i l'estructura d'edats de la fauna ictiològica. A Catalunya es fan servir els índexs de qualitat biològica IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010) i de biopol·lució (Panov i altres, 2009), descrits a continuació.
- **Estanys:** només s'hi té en compte l'absència o la presència de peixos, detectats a ull nu o per mitjà de xarxes nòrdiques o paranys. No s'assigna un nivell de qualitat per a l'element "peixos", sinó que la seva presència servirà per reduir el nivell de qualitat obtingut amb la resta d'indicadors biològics (de molt bo a bo en el cas dels estanys pirinencs) (Agència Catalana de l'Aigua, 2006d).
- **Zones humides:** fa referència a estanys, llacunes o aiguamolls amb menys de 6 m de fondària màxima, situats a una cota inferior als 800 m sobre el nivell de la mar i de tipus temporani o permanent. Es proposa el càlcul de l'índex d'estat de conservació d'ecosistemes lenítics soms (ECELS; Boix i altres a Agència Catalana de l'Aigua, 2006c). Amb aquesta finalitat, cal detectar la presència de fauna al·lòctona, inclosos els peixos, sense fer-ne una prospecció ex-

haustiva; els peixos puntuen en un dels moduladors de l'índex ECELS.

- **Embassaments i basses:** existeix el Reservoir Fish Assemblage Index (RFAI; Hickman i altres, 1994), que s'inspira en l'índex d'integritat biòtica (IBI; Fausch i altres, 1984). S'hi ha fet algunes adaptacions per al cas de la determinació del potencial ecològic dels embassaments de Catalunya (Armengol i altres, 2003). També es proposa emprar el tant per cent de peixos amb anomalies i les CPUE –captures per unitat d'esforç– de carpes (separant les litorals de les del centre de cada embassament, limnètiques), que permeten obtenir diferents rangs de qualitat (Agència Catalana de l'Aigua, 2006e).

Seguidament es descriuen més detalladament els dos tipus d'índexs aplicables als rius: un que ha estat actualitzat darrerament, l'índex IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010), i uns altres, encara en un estat preliminar a Catalunya: els índexs de Biopol·lució (Agència Catalana de l'Aigua i Rodríguez-Labajos, com. pers. 2010).

Índex IBICAT₂₀₁₀

És habitual avaluar la qualitat biològica de les masses d'aigua fent servir la comunitat de peixos. Molts dels índexs biològics deriven o s'inspiren en l'índex d'integritat biòtica (IBI; Fausch i altres, 1984). Sintèticament, la integritat biòtica és la capacitat que té un ecosistema de mantenir la comunitat original. Fa referència a la capacitat de suportar o mantenir una comunitat d'organismes equilibrada, integrada i adaptativa, amb una composició específica, diversitat i organització funcional comparable a la de l'hàbitat natural de la regió (Karr i altres, 1986).

Aquest índex combina diferents mètriques i fa servir els paràmetres més rellevants d'acord amb les pressions humanes existents al medi. Es considera que els sistemes amb una integritat biòtica elevada poden suportar i/o recuperar-se ràpidament de la majoria de les pertorbacions, ja siguin naturals o d'origen antròpic, contràriament als sistemes amb una integritat biòtica baixa, que quan són pertorbats és molt probable que canviïn a estats fins i tot més degradats.

De l'IBI originari, emprat àmpliament als EUA, n'han derivat altres índexs similars, adaptacions regionals per a Flandes (Belpaire i altres, 2000), Portugal (FIBIP; Oliveira i altres, 2007), els rius mediterranis i el cas de Catalunya en particular, l'IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010).

L'índex IBICAT₂₀₁₀ prové d'una primera versió provisional (Sostoa i altres, 2003). Ha estat desenvolupat per l'Agència Catalana de l'Aigua en conveni amb diferents universitats (Barcelona, Girona i Lleida) i un centre de recerca (Unitat d'Ecosistemes Aquàtics de l'IRTA a Sant Carles de la Ràpita).

L'índex IBICAT₂₀₁₀ valora la qualitat dels rius sobre la base del seu poblament de peixos (espècies i densitats presents) i es fonamenta en l'ús de diverses mesures d'aquest poblament —denominades mètriques— referents a la riquesa d'espècies autòctones o introduïdes i als seus requisits ecològics: hàbitat òptim per a la seva reproducció, tipus d'alimentació, tipus de migració, grau de tolerància als canvis en la qualitat de l'aigua, etc. Per tal d'evitar la influència biogeogràfica i aconseguir valorar la qualitat independentment de la conca de què es tracti, les mètriques emprades no es refereixen a espècies sinó a les seves característiques funcionals (guilds), és a dir, als seus requisits ecològics, que poden coincidir entre espècies diverses d'indrets diferents. Així, de la mateixa manera que el poblament de peixos autòctons

pot variar entre conques diferents i entre els trams alts, mitjans i baixos, per exemple, el sistema de valoració més adient —les mètriques— també canvia per a diverses tipologies de trams de riu. Per a cada tipus de riu, es trien aquelles mètriques que millor responen a les alteracions del medi, de manera que en combinar-les adequadament s'obtingui una valoració de la qualitat entre molt bona i dolenta.

El càlcul de l'índex IBICAT₂₀₁₀ requereix les dades d'una pesca elèctrica efectuada en un tram de riu de com a mínim 100 m longitud (coneixent-ne l'amplada mitjana): la determinació i el recompte de les espècies capturades, la mesura de les característiques biomètriques (longitud furcal —en mm— i pes —en grams—) dels peixos, l'observació del seu estat de salut (lesions, paràsits, deformitats) i el càlcul de densitats (individus/hectàrea) i biomassa (quilograms/hectàrea).

Potencialment, permet calcular la tipologia de qual-sevol massa d'aigua d'una conca mediterrània, i pel fet de no estar basat en una tipologia prèviament establerta, l'índex IBICAT₂₀₁₀ també es pot calcular en altres àrees de fora de Catalunya (Sostoa i altres, 2010).

A l'annex 1 hi ha informació més detallada del càlcul d'aquest índex.

Índexs de biopol·lució

L'interès en els índexs de biopol·lució va sorgir a Catalunya amb l'objectiu de delimitar-hi la problemàtica de les espècies exòtiques invasores als àmbients aquàtics continentals i la relació que, per exemple, hi poden tenir les repoblacions piscícoles.

El seu càlcul consisteix a determinar els rangs de qualitat existents en una sèrie d'índexs creats i provats a la Unió Soviètica i a diversos països de la Unió Euro-

pea. Concretament, per al cas de Catalunya es va considerar l'interès de fer-ne servir dos (Agència Catalana de l'Aigua i Rodríguez-Labajos, com. pers. 2010): l'índex Site-specific Biological Contamination (SBC) i l'índex Integrated Biopollution Risk (IBPR; Panov i altres, 2009).

L'índex Site-specific Biological Contamination (SBC) va ser elaborat per avaluar la contaminació biològica de masses d'aigua amb relació a la contaminació per part de nous taxons i el seu grau d'abundància (Arbaciauskas i altres, 2008). Segons la proporció d'ordres taxonòmics al·lòctons a cada comunitat i l'abundància relativa d'individus al·lòctons, l'estat ecològic de cada localitat pot disminuir de "molt bon estat" (índex SBC = 0, absència d'espècies al·lòctones) a "mal estat" (índex SBC = 4, presència d'ordres taxonòmics al·lòctons o abundància relativa d'individus al·lòctons superiors al 50%).

L'índex Integrated Biopollution Risk (IBPR) és recomanat per a l'estimació de l'estat ecològic de masses d'aigua basada en el risc de biopol·lució, considerant les espècies al·lòctones com a pressions específiques (Panov i altres, 2009). D'aquesta manera:

a) Quan cap espècie al·lòctona és present al punt de mostreig de la massa d'aigua, llavors l'índex IBPR té

un valor de 0 (no hi ha risc de biopol·lució: condicions de referència o "molt bon" estat ecològic, segons la interpretació literal de la Directiva marc de l'aigua).

- b)** Si les espècies al·lòctones d'unes determinades llistes ("grises" o "blanques") són presents en baixes abundàncies relatives (inferiors al 20% de l'abundància total d'espècies al·lòctones i autòctones en el conjunt de la comunitat), llavors l'índex IBPR equival a 1 (risc de biopol·lució baix: això ha de correspondre al "bon" estat ecològic d'una massa d'aigua).
- c)** Si hi ha una alta abundància relativa d'espècies al·lòctones (superior al 20%) d'una determinada llista ("gris"), llavors l'IBPR val 2 (risc de biopol·lució moderat: estat ecològic "mediocre").
- d)** Quan són presents a la comunitat les espècies al·lòctones de la llista "negra", l'índex IBPR pot ser estimat en un valor de 3 en una situació d'una baixa abundància relativa d'aquestes espècies (risc de biopol·lució alt: estat ecològic "deficient").
- e)** L'índex IBPR val 4 de 4 en una situació d'una alta abundància relativa d'espècies de la llista "negra" (risc de biopol·lució molt alt: estat ecològic "dolent"), amb el mateix 20% de llindar per a abundàncies relatives "baixes" i "altes".

4. QUALITAT BIOLÒGICA DELS RIUS DE CATALUNYA OBTINGUDA MITJANÇANT L'ESTUDI DELS PEIXOS

Tendències dels peixos i qualitat al conjunt de Catalunya

La riquesa total d'espècies de peix (autòctones i al·lòctones) trobada mostrejant 364 trams de rius i rieres del conjunt de Catalunya en el període 2002-2003 (Sostoa i altres, 2010) era moderada a la majoria de punts (62,5%), que posseïen una sola espècie de peix (el 25%) o entre 2 i 3 espècies (el 37,5%). Algunes localitats (el 22,2%) acollien més de 4 espècies de peix, amb un màxim de 12. Altres (el 15%) no tenien peixos de cap mena.

En el període 2002-2003, el nombre d'espècies autòctones trobades a cada localitat era baix, habitualment entre 1 i 2 espècies (el 78,1%). Més rarament, hi havia estacions amb 3 i 4 espècies autòctones (el 19%) i excepcionalment (el 2,9%) entre 5 i 6 espècies. Només una quarta part de les localitats (el 21,3%) contenia una comunitat exclusivament de peixos autòctons.

Una avaluació posterior de les comunitats de peixos a les conques fluvials de Catalunya, dels anys 2007-2008 (Sostoa i altres, 2010), va donar valors bastant semblants als observats prèviament, fins i tot amb una certa millora quant al nombre de localitats amb una certa integritat faunística: una tercera part de les localitats (el 36,1%) contenia una comunitat formada exclusivament per peixos autòctons. Això no obstant, també va augmentar el nombre de localitats sense peixos (34,1%). El nombre d'espècies autòctones trobades a cada localitat va seguir essent baix, habitualment entre 1 i 2 espècies (el 71,8%), però també hi havia estacions amb 3 i 4 espècies autòctones (el 25%).

Algunes espècies autòctones, com el cavilat (*Cottus hispaniolensis*), no es van arribar a capturar a cap de les campanyes de mostreig, fet que posa de manifest la situació greu de les seves poblacions. Les espècies de peixos introduïdes, a més, van mostrar una expansió clara entre aquests dos períodes d'estudi, tant amb relació al nombre d'espècies com pel que fa a la seva distribució al territori. Sense considerar les espècies amfidromes —que es mouen entre la mar, on es reproduïxen, i els rius i aiguamolls, on es desplacen bàsicament per alimentar-se—, les espècies exòtiques ja van superar la meitat (el 57%) de les espècies totals presents (Sostoa i altres, 2010).

També cal destacar que la millora de les condicions ambientals gràcies a la posada en funcionament de noves estacions depuradores d'aigües residuals i al perfeccionament de les existents, ha comportat una millora de la qualitat de l'aigua i, en conseqüència, de les poblacions de peixos. Aquesta millora es tradueix en un increment general de les densitats mitjanes (individus per hectàrea) per espècie i conca. Per exemple, es pot citar el cas del riu Ripoll (corresponent a la conca del Besòs), que ha deixat de ser una claveguera a cel obert i s'ha convertit en un riu amb una qualitat d'aigua suficient per permetre la vida dels peixos —encara que s'hi detectin alguns punts de contaminació per vessaments d'aigües residuals—. Ara bé, malgrat que hagi desaparegut la pràctica totalitat d'episodis de contaminació amb conseqüències letals immediates, caldrà analitzar els efectes de la situació actual per a les comunitats de peixos a llarg termini.

Entre els dos períodes d'estudi, de 2002-2003 a 2007-2008, les espècies poden ser localment molt abundants però haver perdut gran part de la seva àrea de distribució original (Sostoa i altres, 2010). Així mateix, per a algunes espècies d'interès per a la pesca recreativa o esportiva i que són objecte de repoblacions —principalment la

truita comuna (*Salmo trutta*)—, es fa difícil de discriminar-ne les poblacions autòctones, cosa que pot fer-ne sobreestimar l'estat de conservació. També és complicat d'extreure conclusions de les dades corresponents a espècies amfídroms com els mugílids —les llisses— i altres espècies lligades a desembocadures o estuaris

de riu, com el gòbit de sorra o el rèmol de riu, perquè els resultats poden estar esbiaixats per la influència de factors com la distància a la desembocadura des del punt de mostreig seleccionat i l'època de mostreig; caldrien estudis específics per avaluar-ne correctament la situació.

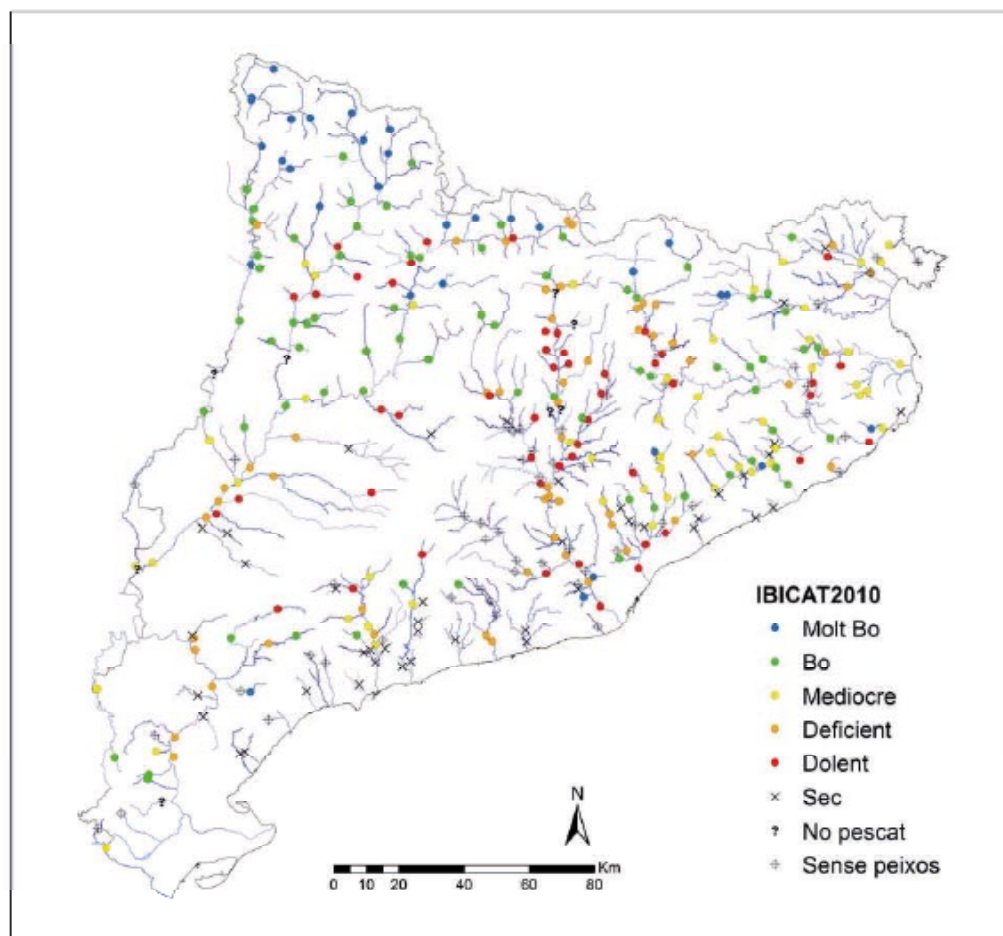


Figura 13. Nivell de qualitat de les masses d'aigua dels rius i rieres de Catalunya segons la comunitat piscícola avaluada per mitjà de l'aplicació de l'índex IBICAT₂₀₁₀ (segons Sostoa i altres, 2010).

Algunes espècies gairebé ja es poden considerar extingides a escala del país, com és el cas del llopet comú o raboseta (*Cobitis paludica*). Altres, malgrat que se'n coneix la presència, tenen una distribució molt localitzada i, per exemple, no van poder ser detectades durant els mostreigs dels anys 2007-2008, com ara el cavilat. Les poblacions d'altres peixos estan força fragmentades i ocupen una àrea de distribució reduïda, tot i que originàriament era molt més àmplia, com succeeix amb l'espínós (*Gasterosteus gymnotus*) o la bavosa o rabosa de riu (*Salaria fluviatilis*).

En termes generals, si es té en compte el nivell de qualitat de les masses d'aigua dels rius i rieres de Cata-

lunya obtingut a partir de la comunitat piscícola avaluada amb l'aplicació de l'índex IBICAT₂₀₁₀, encara hi ha diverses problemàtiques de conservació pendents al conjunt de Catalunya, amb l'excepció d'alguns trams pirinencs (figura 13; Sostoa i altres, 2010). Un tema candent, el de les espècies al·lòctones invasores, afecta de manera poc desitjable més de la meitat de les masses d'aigua avaluades amb els índexs de biopol·lució (figura 14; Agència Catalana de l'Aigua i Rodríguez-Labajos, com. pers. 2010).

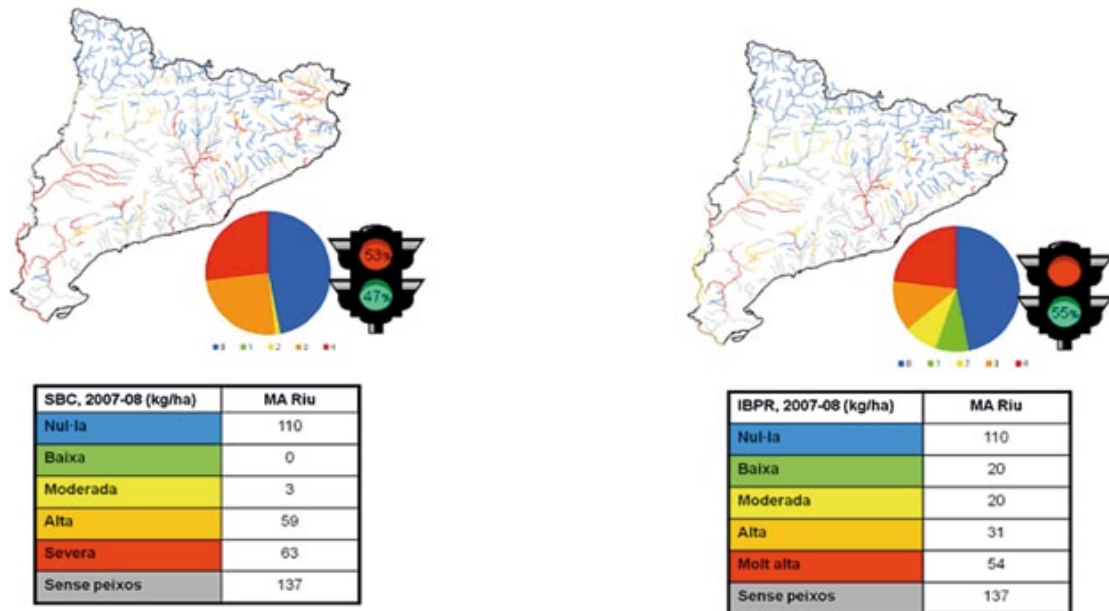


Figura 14. Nivells de qualitat dels índexs de biopol·lució Site-specific Biological Contamination (SBC) i Integrated Biopollution Risk (IBPR) (Panov i altres, 2009) aplicats als rius de Catalunya (Agència Catalana de l'Aigua i Rodríguez-Labajos, com. pers. 2010).

Tendències dels peixos i qualitat per conques

Si es considera cada conca fluvial, s'observa el següent (Sostoa i altres, 2010):

La truita comuna, espècie típica d'alta muntanya, és l'espècie dominant als trams mostrejats a la conca del riu Garona i la seva densitat s'ha vist incrementada els anys 2007-2008 per comparació al període 2002-2003.

A la conca de la Sénia, els anys 2007-2008, respecte dels 2002-2003, s'observa un augment del barb cua-roig (*Barbus haasi*) i sobretot de la madrilla (*Parachondrostoma miegii*). En canvi, no es va capturar cap anguila (*Anguilla anguilla*) i va disminuir el nombre d'efectius de carpa (*Cyprinus carpio*).

Respecte de la conca de l'Ebre, on la metodologia de mostreig els anys 2007-2008 es va perfeccionar respecte de la campanya de 2002-2003, —al mostreig de les lleres i àrees poc profundes des dels marges del riu s'hi van afegir transectes de pesca elèctrica en barca—, la qual cosa podria explicar que les densitats de les espècies haguessin augmentat, però també va fer més significativa la davallada de captures del barb comú (*Barbus graellsii*). En comparació del període anterior, no es va detectar el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*), al·lòcton, i en canvi va aparèixer la madrilleta vera (*Rutilus rutilus*).

A la conca del Francolí, la truita comuna hi disminueix, però la resta d'espècies hi augmenten. Cal fer esment d'una espècie nova els anys 2007-2008 en comparació del període 2002-2003: la madrilla, que té la catalogació de translocada, o sigui, al·lòctona en aquesta conca.

A la conca del Gaià es tornen a capturar anguiles, espècie amb presència històrica a tota la conca, probablement fruit de repoblacions riu amunt del pantà. Hi disminueix la bagra catalana (*Squalius laietanus*) i hi

augmenta el barb cua-roig (*Barbus haasi*), ambdues espècies nadiues de la conca.

A la conca del Foix, el barb cua-roig hi incrementa la densitat els anys 2007-2008 i, en comparació del mostreig de 2002-2003, es recupera l'anguila. També s'hi detecten espècies exòtiques com la carpa i l'albornell o ablet (*Alburnus alburnus*), sobretot a prop del pantà, on és molt abundant.

Pel que fa a la conca del Llobregat, totes les espècies incrementen les seves densitats amb excepció de la bagra catalana. S'hi detecta la madrilleta vera, espècie al·lòctona, amb un elevat nombre d'efectius.

En el cas de la conca del Besòs, domina una espècie autòctona, el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), seguida d'una espècie translocada, o sigui, al·lòctona, el barb roig (*Phoxinus* sp.). Totes les espècies hi incrementen les seves densitats i, a diferència del primer mostreig, s'hi detecta la presència de l'anguila i del translocat barb comú o de l'Ebre.

A la conca de la Tordera, hi ha un augment notable en les densitats de totes les espècies, però destaquen els individus de carpa detectats els anys 2008-2009 i, per contra, l'absència de l'espinós (*Gasterosteus gymnae*).

Pel que fa a la conca del Daró, les espècies nadiues incrementen les seves densitats els anys 2007-2008 respecte del període anterior, i destaca el fet que ho faci l'espinós, una espècie catalogada com en perill d'extinció. En canvi, s'hi va detectar la presència d'una nova espècie exòtica, el peix sol (*Lepomis gibbosus*).

Amb relació a la conca del Ter, totes les espècies nadiues hi incrementen les seves densitats, amb excepció del barb de muntanya. Crida l'atenció la presència de la bavosa o rabosa de riu (*Salaria fluviatilis*) els anys 2007-2008 en comparació del període 2002-2003. Malauradament, dues espècies exòtiques també tenen po-

blacions amb un elevat nombre d'efectius en aquesta conca: la madrilleta vera i l'albornell o ablet.

A la conca del Fluvià hi disminueixen les captures d'anguila, però s'hi incrementen les de barb de muntanya i bagra catalana. La bavosa o rabosa de riu sembla que no varia. Per contra, es detecten dues espècies noves –foranes–: la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) i la madrilleta vera o rutil, i altres d'existents n'incrementen el nombre d'efectius: el gobi ibèric (*Gobio lozanoi*), la carpa i l'albornell o ablet. En canvi, el barb comú o de l'Ebre hi disminueix la seva importància relativa.

A la conca de la Muga es percep una davallada en les densitats de la majoria de les espècies nadiues d'aquella conca: l'anguila, el barb de muntanya i el barb roig o veró, amb les excepcions de l'espínol i la bagra catalana, que hi incrementen el nombre d'exemplars. En canvi, totes les espècies presents en aquesta conca que hom hi considera introduïdes, els anys 2007-2008 hi han incrementat les seves densitats respecte dels anys 2002-2003.

La comparació de la distribució històrica de moltes de les espècies autòctones d'aigües continentals de Catalunya amb la del període 2002-2003 i la del 2007-2008 (taula 2; Sostoa i altres, 2010) mostra que la majoria d'espècies es mantenen a les mateixes conques fluvials on ja eren presents. En destaca la recuperació de l'anguila, tot i no haver arribat encara a la totalitat de conques

del registre històric. De totes maneres, algunes espècies, com l'espínol, la bagra catalana i la truita comuna, tendeixen a reduir la seva distribució. Deixant de banda això, unes quantes espècies autòctones, com és el cas del llop de riu (*Barbatula barbatula*), el gobi ibèric, el barb roig (*Phoxinus* sp.), el barb comú o de l'Ebre i la madrilla, han estat traslocades a d'altres conques, on es consideren introduïdes.

Pel que fa a les espècies exòtiques, ha augmentat el nombre de conques on són presents més de la meitat d'aquestes espècies respecte dels darrers anys (Sostoa i altres, 2010). L'espècie que s'expandeix més és la madrilleta vera, seguida de l'albornell o ablet i la carpa, i de manera més modesta seguida del peix gat, el carpí, la pseudorasbora, el gardí i el silur. Crida l'atenció que algunes espècies de nova introducció, com és el cas del llop oriental (*Misgurnus anguillicaudatus*), en pocs anys ja ocupen dues conques fluvials. D'altra banda, algunes espècies al·lòctones s'han estabilitzat i es continuen trobant en el mateix nombre de conques que en anys anteriors; es tracta del lluç de riu (*Esox lucius*), la gambúsia (*Gambusia holbrooki*), el peix sol, la perca americana (*Micropterus salmoides*) i la luciperca o sandra (*Sander lucioperca*). La distribució de la truita irisada (*Oncorhynchus mykiss*), en canvi, es redueix.

Espècies	Nombre de conques		
	Registre històric	Anys 2002-2003	Anys 2007-2008
Nadiues			
Anguila, <i>Anguilla anguilla</i>	13	8	10
Llop de riu, <i>Barbatula barbatula</i>	1	2	2
Barb comú o de l'Ebre, <i>Barbus graellsii</i>	1	4	5
Barb cua-roig, <i>Barbus haasi</i>	7	7	7
Barb de muntanya, <i>Barbus meridionalis</i>	7	6	6
Espinós, <i>Gasterosteus gymnuris</i>	5	3	2
Gobi ibèric, <i>Gobio lozanoi</i>	1	4	4
Barb roig o veró, <i>Phoxinus sp.</i>	2	6	6
Madrilla, <i>Parachondrostoma miegii</i>	2	4	5
Bavosa o rabosa de riu, <i>Salaria fluviatilis</i>	4	2	3
Bagra catalana, <i>Squalius laietanus</i>	11	9	7
Truita comuna, <i>Salmo trutta</i>	4	10	8
Exòtiques			
Llop oriental o dojo, <i>Misgurnus anguillicaudatus anguillicaudatus</i>	0	0	2
Albornell o albet, <i>Alburnus alburnus</i>	0	4	6
Peix gat, <i>Ameiurus melas</i>	0	1	2
Carpí vermell, <i>Carassius auratus</i>	0	3	4
Carpa, <i>Cyprinus carpio</i>	0	8	10
Luci o lluç de riu, <i>Esox lucius</i>	0	1	1
Gambúsia, <i>Gambusia holbrooki</i>	0	5	5
Peix sol o mirallet, <i>Lepomis gibbosus</i>	0	6	6
Perca americana, <i>Micropterus salmoides</i>	0	2	2
Truita irisada, <i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	5	3
Pseudorasbora, <i>Pseudorasbora parva</i>	0	1	2
Madrilleta vera o rutil, <i>Rutilus rutilus</i>	0	1	5
Luciperca o sandra, <i>Sander lucioperca</i>	0	1	1
Gardí, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	3	4
Silur, <i>Silurus glanis</i>	0	1	2

Taula 2. Distribució dels principals peixos d'aigües continentals de Catalunya, per conques tenint en compte el registre històric: el període 2002-2003 i el període 2007-2008 (segons Sostoa i altres, 2010).

/ III. Peixos i connectivitat fluvial

1. DEFINICIÓ DE CONNECTIVITAT FLUVIAL

Els peixos de les aigües continentals de Catalunya es veuen afectats, en un grau o un altre, per la competència amb espècies invasores –afavorides als trams de riu més transformats–, la sobreexplotació de l'aigua i la connectivitat insuficient dels rius i rieres; rescloses, preses i altres obstacles els suposen un efecte barrera en general insuperable. Els peixos necessiten poder recórrer el curs dels rius amunt i avall, però això no sempre els és possible.

L'existència d'infraestructures transversals a la llera fluvial té conseqüències ecològiques: afecta directament o indirecta les característiques hidromorfològiques i biològiques del riu (Cowx i Welcomme, 1998). Els obstacles al canal fluvial causen la pèrdua i l'alteració dels hàbitats perquè hi modifiquen el transport de sediments i el perfil natural del riu, i alhora hi impedeixen els desplaçaments de la majoria d'espècies aquàtiques. Les infraestructures de dimensions superiors, com els grans embassaments, aïllen i modifiquen les comunitats de peixos que havien estat connectades prèviament i generen canvis dràstics a l'estructura de la comunitat faunística fluvial (Thorncraft i Harris, 2000; Liermann i altres, 2012).

La connectivitat és una propietat dels sistemes naturals referent a la possibilitat que es produeixi el transport o la circulació de diversos elements (substàncies químiques, partícules i éssers vius) entre diverses parts del mateix sistema o cap a sistemes veïns. La connectivitat fluvial estableix que aquestes propietats s'han de mantenir en l'espai i el temps.

La necessitat de connectivitat fluvial fa referència tant a la connectivitat longitudinal i al transport d'aigua, éssers vius, compostos i sediments des del naixement

fins a la desembocadura com a la connectivitat transversal, és a dir, entre els marges o les ribes del riu i les àrees colindants, per mitjà de les comunitats de ribera. La connectivitat es pot veure afectada per la manca o fragmentació de la vegetació i també per la presència d'obstacles, com ara les canalitzacions o els endegaments.

L'existència de rius amb una insuficient connectivitat es considera una de les causes principals del declivi de moltes espècies de peixos de les aigües continentals ibèriques (Sostoa, 1990; Elvira i altres, 1998b; Aparicio i altres, 2000; Encina i altres, 2001; Lucas i Baras, 2001; Casals, 2005; Santo, 2005), europees (Bruslé i Quignard, 2001; Larinier, 2001; Kroes i altres, 2006) i d'altres continents (Jungwirth i altres, 1998; Thorncraft i Harris, 2000; Marmulla i Welcomme, 2002). La inaccessibilitat a les àrees propícies a la reproducció, per exemple, per l'existència d'un embassament –com a mínim localment– condueix les espècies a la seva desaparició. Les espècies que poden completar el seu cicle vital en rius molt fragmentats, quan tenen espai lliure, fan migracions molt més llargues (Geeraerts i altres, 2007).

La connectivitat és necessària per poder restaurar el poblament natural dels peixos i altres organismes aquàtics d'un riu, atès que els permet efectuar els moviments estacionals –les migracions pròpiament dites– per arribar als ambients adequats per reproduir-se o alimentar-se. Les espècies que fan migracions significatives durant el seu cicle de vida –particularment espècies anàdromes i catàdromes– desapareixen localment quan s'estableixen obstacles a la llera, riu avall i riu amunt. A tall d'exemple, s'ha calculat que els 30 grans embassaments presents al curs principal del riu Ebre han estat la causa principal del declivi del 65% de les llampreses (*Petromyzon marinus*), el 100% dels esturions (*Acipenser sturio*), el 60% de les sabogues i guerxes (*Alosa spp.*), el 85% de les anguilles (*Anguilla anguilla*) i el 60% de les

llisses (mugílids) que hi acolliria potencialment (Nicola i altres, 1996).

La restauració de la connectivitat fluvial és imprescindible, doncs, per exemple, per recuperar l'anguila a les conques mitjanes i altes de la majoria de rius de Catalunya, d'on va començar a desaparèixer als anys 1960 en fer-se les preses de diversos grans embassaments. La connectivitat també és bàsica per facilitar la recolonització d'àrees afectades per abocaments i altres alteracions —fins i tot naturals, com els cops de riu— que hagin eliminat parcialment o total el poblament de peixos autòctons d'un tram concret (Jungwirth i altres, 1998; Thorncraft i Harris, 2000; Bruslé i Quignard, 2001; Lucas i Baras, 2001). Alhora, la connectivitat ha de permetre la dispersió d'alevins i juvenils per afavorir el reforçament del poblament de peixos —i evitar l'endogàmia— (Lucas i Baras, 2001), tant en sectors de truita com en àrees més pròpies dels ciprínids; fins i tot d'altres grups no necessàriament migratoris (això es descriu de manera més extensa en el capítol 1.4).

El restabliment de la connectivitat fluvial és un requeriment de la *Directiva marc de l'aigua* (2000/60/EC), que indica que cal avaluar la qualitat dels rius. Per fer-ho s'ha de valorar, entre altres factors, la qualitat hidromorfològica, que inclou la connectivitat. També es considera extremament important per a la conservació de diverses espècies de peixos d'aigües continentals incloses a la Directiva hàbitats (92/43/CEE), i essencial per a l'èxit del Pla europeu de recuperació de l'anguila (Regulation 1100/2007; EC, 2007). La Llei de pesca de Catalunya (Llei 22/2009, del 23 de desembre, d'ordenació sostenible de la pesca en aigües continentals) també dóna suport a l'establiment de dispositius de pas per a peixos als obstacles, amb el propòsit de conservar o millorar la integritat de la comunitat de peixos.

D'altra banda, el Govern de la Generalitat de Catalunya va aprovar l'any 2006 el Pla sectorial de cabals de manteniment de les Conques Internes de Catalunya. Aquest pla, entre altres accions, limita l'atorgament de noves concessions i potencia l'adequació ambiental de les existents. També estableix uns cabals de manteniment desitjables per a cada tram de riu i indica la necessitat d'establir solucions de pas per als peixos a totes les infraestructures hidràuliques. Considera que els problemes derivats de la manca de cabals de manteniment i la presència d'obstacles al riu són rellevants especialment en trams fluvials amb una densitat elevada d'explotacions: superior a 0,5 rescloses per quilòmetre lineal de riu: Un exemple és al riu Ter a la plana de Vic (Osona), on s'asseixeix un valor de 1,35 rescloses per quilòmetre lineal.

L'objectiu genèric d'incrementar la connectivitat de rius i zones humides és, doncs, contribuir a la conservació i la millora de les espècies autòctones presents potencialment a cada conca hidrogràfica, que va associada a les possibilitats de migració o dispersió del conjunt de les espècies.

Un obstacle es considera permeable —amb una connectivitat molt bona— si té una solució o dispositiu de pas per a peixos efectiu. Significa que ha de permetre que el 95% de totes les espècies i els individus puguin transitar a través seu, tant riu amunt com riu avall, i operar correctament en el 95% dels cabals coneguts a cada localitat (Mallen-Cooper, 1993; Thorncraft i Harris, 2000). A l'altre extrem, un obstacle o un dispositiu de pas per a peixos no es considera permeable —amb una connectivitat dolenta— quan no permet que cap espècie pugui passar a través seu o ho permet només a alguns individus en situacions hidrològiques excepcionals. Lògicament, existeix un rang ampli de situacions intermèdies.

La connectivitat fluvial s'avalua per conèixer la dificultat d'arribar al molt bon estat ecològic segons el grau

de connexió entre diferents parts del riu o entre trams de riu i la mar. Aquest paràmetre s'analitza habitualment des de la perspectiva de la connectivitat per a la fauna, i més concretament de les poblacions de peixos, de manera que moltes tècniques estan adreçades a valorar-ne la capacitat de dispersió i recolonització.

Amb aquesta finalitat, la connectivitat dels rius, els obstacles presents en aquests i l'impacte que puguin generar s'han d'analitzar a escala de la conca i com a

mínim cada sis anys. En el cas de Catalunya —tot i que és adaptable a altres regions geogràfiques—, hi ha establerta una mètrica, l'índex de connectivitat fluvial (ICF; ACA, 2006; Solà i altres, 2011; vegeu l'annex 2), que ho valora genèricament per a la fauna piscícola. Aquest índex ICF es pot complementar amb diversos sistemes d'avaluació *in situ* de dispositius de pas per a peixos que es basen en l'estimació de la taxa de franqueig de cada espècie present —que es descriuen més endavant.

2. OBSTACLES A LES MIGRACIONS DELS PEIXOS

Pràcticament no queden rius a Europa sense preses ni rescloses, que n'han modificat el recorregut i els hàbitats naturals, però sobretot les característiques de les àrees de fresa dels peixos i la seva accessibilitat. La majoria de peixos són molt sensibles a aquestes alteracions; molts ja no poden fer migracions de llarga distància per completar el seu cicle de vida. Per això el nombre d'espècies amenaçades és tan elevat a Europa, sobretot les que es reproduïxen necessàriament a les aigües continentals però passen part de la seva vida al medi marí (anàdromes), on acaben de créixer (Freyhof i Brooks, 2011).

La primera presa riu amunt d'un estuari és el punt final de migració o distribució de molts peixos continentals, amb l'excepció que aquest obstacle posseeixi un dispositiu de pas per a peixos ben dissenyat per a les espècies autòctones presents potencialment i que sigui gestionat correctament. A més, els peixos que puguin arribar riu amunt de les preses —o els seus alevins i juvenils— també han de poder retornar riu avall de manera que les preses, bombes d'aigua o turbines hidroelèctriques no els ho impedeixin.

La majoria de les poblacions de peixos continentals de Catalunya també necessiten efectuar aquestes migracions, que segons els casos estan afectades per estructures presents a l'interior dels rius i estanyes: preses, rescloses, canals, guals, passallisos, estacions d'aforament, turbines hidroelèctriques i bombes de reg, i també per limitacions hidrològiques —manca d'aigua o de règims naturals— i mala qualitat de l'aigua —contaminació— (figura 15).

Les preses i rescloses es relacionen amb la necessitat d'una font d'energia primària, que va condicionar segles enrere que una part considerable de les grans indústries tèxtils i metal·lúrgiques es concentrassin, a

Catalunya, a les vores dels rius Ter i Llobregat, entre d'altres. L'energia hidràulica va anar associada a l'emigració rural i al creixement de poblacions, i els rius van esdevenir els principals eixos industrials del país. Aquestes derivacions d'aigua, però, implicaven disminucions apreciables del cabal a molts trams, principalment a l'estiu, amb alteracions del règim hidrològic natural i de l'aportació de sediments —còdols, grava i sorra—.

Als rius de Catalunya hi ha, com a mínim, 886 obstacles a les migracions dels peixos (dades de l'Agència Catalana de l'Aigua de l'any 2010 considerant únicament preses, rescloses i estacions d'aforament). Una part important, 740, són rescloses (< 15 m d'alçada) i de la resta, 45 són grans preses (> 15 m d'alçada) i 93, estacions d'aforament (taula 3). Es reparteixen per totes les conques fluvials del país, però només la conca del riu Llobregat (amb 228 infraestructures identificades), la del Ter (amb 165) i la del Besòs (amb 150) n'acullen dues terceres parts: el 66% del total. En aquest cens encara s'hi poden afegir altres elements que alteren substancialment la connectivitat longitudinal dels rius, com ara les travesses i les bases de ponts.

Les preses suposen un obstacle per a la migració dels peixos; per això els grans migradors com l'anguila, la saboga (*Alosa fallax*) i l'esturió (*Acipenser sturio*) els han desaparegut de la pràctica totalitat dels trams de riu aigua amunt de les preses. En detriment de les diverses —i valuosíssimes— espècies autòctones pròpies d'aigües corrents, la transformació del riu en una sèrie de basses plenes de sediment i d'aigües més aviat encalmades també ha beneficiat espècies foranes de peixos, com la carpa (*Cyprinus carpio*), el peix gat (*Ictalurus melas*), la madrilletera vera o rutil (*Rutilus rutilus*) i l'albornell o ablet (*Alburnus alburnus*).

Aquestes infraestructures i altres obstacles a la connectivitat per als peixos, doncs, haurien de ser com-

patibles amb l'ús de l'aigua i el manteniment d'unes condicions naturals mínimes; per això avui dia es considera imprescindible adequar-les en la mesura que sigui pos-

sible per mantenir-hi aquesta funció i, alhora, per assolir un bon estat ecològic del medi aquàtic.

Nombre estructures	Muga	Fluvià	Ter	Daró	Tordera	Besòs	Llobregat	Foix	Gaià	Frankolí	Rieres i torrents litorals
Total	43	53	165	1	15	150	228	4	23	5	11
Preses	1	0	3	0	0	3	6	2	1	0	1
Rescloses	36	50	150	1	9	139	192	1	18	1	7
Est. d'aforament	6	3	11	0	6	8	30	1	4	4	3

Nombre estructures	Garona	Segre	Noguera Pallaresa	Noguera Ribagorçana	Baix Ebre	Sènia	Total Catalunya
Total	41	51	29	23	43	1	886
Preses	2	5	9	8	4	1	45
Rescloses	36	41	14	15	35	0	740
Est. d'aforament	3	5	5	0	4	0	93

Taula 3. Nombre de preses, rescloses i estacions d'aforament de Catalunya l'any 2010, classificades per conques i en total. Font: Agència Catalana de l'Aigua.



Grans preses





Rescloses i estacions
d'aforament



Canals, turbines i estacions
de bombament



Guals i passallisos



Derivació de cabals
i contaminació

Figura 15. Diversos tipus d'obstacles per als desplaçaments dels peixos. Imatges: Marc Ordeix CERM.

3. SOLUCIONS PER FACILITAR LES MIGRACIONS DELS PEIXOS

La recuperació de la connectivitat fluvial amb el propòsit de restaurar-hi els diversos components afectats per un obstacle concret (aigua, substàncies químiques, sediments i biota) i les seves dinàmiques naturals pot aconseguir-se per mitjà de l'enderrocament total o parcial d'aquest obstacle (Marmulla i Welcomme, 2002; Armstrong i altres, 2004; Kroes i altres, 2006). Si les infraestructures transversals han deixat de tenir ús o bé si la seva concessió administrativa s'ha extingit, tot i que la llei o regula de manera poc eficient, existeix la possibilitat d'eliminar-les.

Malgrat tot, la restauració de la connectivitat és difícil d'aplicar si l'obstacle en qüestió té algun ús socioeconòmicament important: un valor patrimonial històric o cultural, la generació d'energia hidroelèctrica o la captació d'aigua per a abastament, per exemple. Llavors la millora de la connectivitat fluvial pot consistir en un enderrocament parcial o, més habitualment, en la instal·lació d'algun tipus de solució de rehabilitació de dispositius de pas per a peixos per facilitar-hi els desplaçaments de la fauna riu amunt i també riu avall.

Hi ha molts tipus de solucions per millorar la connectivitat per als peixos a rius i zones humides d'acord amb els estàndards internacionals (Larinier i altres, 1994; Thorncraft i Harris, 2000; Larinier, 2001; Marmulla i Welcomme, 2002; Armstrong i altres, 2004; Kroes i altres, 2006). Les solucions de restauració consisteixen a portar a terme actuacions o accions que impliquin un retorn total a un estat de connectivitat per als peixos i a la qualitat de l'hàbitat aquàtic originari o prístí. Les solucions de rehabilitació es basen en actuacions o accions per restaurar-hi bona part de la connectivitat però sense assolir-hi la

restauració completa de la qualitat de l'hàbitat. Així, les solucions es poden subdividir en dos grans grups: solucions de restauració i solucions de rehabilitació:

- a) **Solucions de restauració** (figura 17): representen l'eliminació total o parcial de l'obstacle amb el propòsit d'assolir una connectivitat fluvial molt bona. Especialment en els casos d'extinció de les concessions de captació o derivació d'aigua, consisteixen a enretirar aquestes instal·lacions del riu, sempre d'acord amb valoracions culturals, arquitectòniques, històriques i paisatgístiques del conjunt del patrimoni aquàtic i de la necessitat del seu ús. La restauració es considera la possibilitat més idònia des del punt de vista ambiental, perquè permet la recuperació completa de la continuïtat, pel fet que també implica, per exemple, l'alliberament del transport de sediments.
- b) **Solucions de rehabilitació**: estan basades en la instal·lació de diversos tipus de dispositius de pas per a peixos, sistemes de protecció contra la seva entrada en turbines o canals de derivació —sobretot en la seva migració riu avall— o diverses solucions de gestió:
- c) **Els dispositius de pas per a peixos propers a la natura** (figures 18 i 19) són les rampes de fons, les rampes per a peixos i els rius o canals laterals. Si l'enderrocament o l'eliminació d'un obstacle no és viable, l'opció següent hauria de ser, doncs, la instal·lació d'algun dispositiu de pas proper a la natura, de poc pendent (1:20 – 1:30) i que dugui incorporats diversos tipus de blocs i còdols, que imiten la superfície de la llera del riu i creen diverses àrees amb velocitats de l'aigua diferents, també per al descans dels peixos migradors. Es poden emplaçar a les ribes dels rius (els rius o canals laterals) o bé al seu llit de manera que n'ocupin tota l'amplada (rampes de fons) o només una part (rampes

per a peixos). Faciliten tant el desplaçament dels peixos riu amunt com riu avall. Generalment són els més eficaços per recuperar la connectivitat fluvial.

- d) **Els dispositius de pas per a peixos tècnics d'espectre ampli** (figura 19) són els safareigs successius, amb salts, sense salts o amb esclatxes laterals, i també els deflectors i els alentidors. Si no és possible establir dispositius propers a la natura (per exemple, per manca d'espai suficient), es pot optar per uns safareigs successius amb esclatxes laterals —que permeten admetre correctament una certa variabilitat de cabals— i orificis inferiors, amb el mínim pendent possible. Les basses dels safareigs successius poden estar separades per parets transversals amb orificis centrals o laterals, que permetin el pas sense saltar, o fins i tot poden tenir orificis submergits, pels quals puguin passar els peixos bentònics, generalment reptants o nedadors modestos. Els deflectors i els alentidors disposen d'uns elements físics que redueixen notablement la velocitat de l'aigua al seu interior i faciliten el trànsit d'espècies amb una certa capacitat natatòria. Aquest grup de dispositius de pas per a peixos té un manteniment sempre més complex (per exemple, quant a l'extracció regular de sediments que es poden anar dipositant a les cubetes) que no pas els dispositius de pas propers a la natura.
- e) **Els dispositius de pas per a peixos tècnics mecanitzats** (figura 19) o molt específics són els ascensors, sifons i bombes per a peixos, algunes comportes i les rampes per a anguiles, tots els quals pensats principalment per a una o poques espècies. Com a cas extrem, i fonamentalment només per a alguns grans embassaments —encara que hi ha altres possibles dispositius tècnics d'espectre ampli prou òptims—, es pot plantejar d'emprar un ascensor per a peixos. Aquest és un sistema molt complex, que no refà pròpiament la

connectivitat del riu però que, si es gestiona correctament i se'n fa un manteniment constant, pot facilitar el pas d'alguns individus i espècies amb èxit.

- f) **Els sistemes de protecció dels peixos riu avall** serveixen per evitar-los l'entrada a canals, turbines hidroelèctriques i sistemes de bombament, en combinació amb un canal de desviació, una barrera física i una gestió alternativa d'aquestes turbines, per exemple es poden aturar en alguns períodes migratoris. Tenen un paper molt destacat en l'èxit de la migració dels peixos riu avall. Es tracta de diversos mecanismes que creen barreres mecàniques. Un exemple és un tamís de sòlids fins d'acer inoxidable d'uns 5 mm de llum que no deixa passar els alevins, com els existents a les rescloses del Roine (Marmulla i Welcome, 2002) o altres d'Alemanya (Dumont a Kroes i altres, 2006). Altres tipus són tamisos inclinats com els dels rius Columbia i Snake, als EUA. També poden crear barreres lumíniques (per exemple, llums estroboscòpics, faixos intermitents), elèctriques, acústiques (que fan servir uns transductors subaquàtics que produeixen un camp sonor que bloca els peixos; aquesta aprofita la seva capacitat auditiva, que es mou en un rang de 20-500 Hz) o bioacústiques (combinant la producció de sons amb la generació de cortines de bombolles d'aire). També poden anar associats a canals de desviació riu avall en grans preses (com els de la presa de Bonneville, riu Columbia, a Oregon, EUA).
- g) **Els sistemes de gestió** consisteixen en la implementació de règims de cabals ambientals i tota una sèrie d'accions o bones pràctiques dutes a terme en el sistema de funcionament de les comportes de reg, en la regulació o protecció de la inundabilitat, en la intrusió marina en estanys o llacunes litorals, o en encluses de navegació fluvial amb el propòsit de fer-ne una gestió sostenible i respectuosa amb els des-

plaçaments dels peixos. Un exemple és una comporta situada en un torrent d'alta muntanya, que serveix principalment per al reg estival però que es manté oberta la resta de l'any, sobretot el període de pujada i fresa dels salmònids, a la tardor. Un altre exemple seria el d'una comporta existent en un estuari o estany litoral per controlar-hi la intrusió marina, però que es pugui obrir a la fi de l'hivern, quan entren les angules i també els mugílids de la mar cap a les aigües continentals. També és el cas d'una enclusa per a la navegació, que ajusta els temps de càrrega i descàrrega de l'aigua no tan sols amb relació al pas dels vaixells sinó també als possibles peixos migradors (com ja es fa a diverses rescloses del Roine, a l'Estat francès, per afavorir-hi el trasllat de la saboga), i que es manté amb una certa activitat fins i tot en absència de vaixells. Finalment, també destaca la possibilitat d'aturar les turbines durant els períodes de migració màxima de peixos riu avall (com ja es fa per afavorir la supervivència de l'anguila al riu Maas o Meuse, a Holanda).

La instal·lació d'un dispositiu de pas per a peixos en un obstacle no garanteix necessàriament un restabliment efectiu de la connectivitat fluvial. La seva funcionalitat depèn de la seva idoneïtat per a la fauna pròpia de cada tram, del tipus de riu on estigui emplaçat, dels criteris constructius del dispositiu de pas, del seu manteniment i de la seva gestió. Les solucions de pas per a peixos han de ser emprades eficaçment per tots els grups de peixos autòctons presents potencialment a cada secció de riu. Això implica la necessitat d'incloure en els paràmetres de disseny els referents a grups d'espècies amb diverses capacitats natatòries i de salt i, alhora, tant a aquells peixos associats a interessos comercials o esportius com als que, simplement, posseeixen algun valor de conservació.

Per optimitzar els dispositius de pas per als peixos s'han d'assegurar com a mínim les condicions bàsiques següents:

- 1 Per facilitar els moviments riu amunt:** els peixos que migren riu amunt han de trobar fàcilment l'entrada al dispositiu de pas per a peixos i sense endarreriments. Un punt crític és l'emplaçament de l'entrada d'aquest dispositiu, i també el seu cabal de crida associat amb relació al cabal total que circuli a la base de la presa, resclosa o una altra mena d'obstacle. El cabal de crida hauria de correspondre com a mínim al 10% del cabal mitjà anual del tram on es trobi emplaçat (Larínier i altres, 2002b). L'entrada des de riu avall cap al dispositiu de pas per a peixos ha de ser a prop de la sortida d'aigua de les turbines o d'un sobreexidor (figura 18). S'ha d'evitar una turbulència excessiva a l'interior del dispositiu de pas; cal restringir al grau de tolerància apropiat per a les espècies autòctones que hi hagin de passar. El dispositiu hauria de quedar emplaçat a la vora d'una de les ribes, paral·lelament a la direcció dominant del flux, i el seu fons hauria de ser relativament rugós.
- 2 Per facilitar els moviments riu avall:** en general, els petits obstacles solen ser poc problemàtics, però els millors dispositius de pas per a peixos, que permeten els desplaçaments també riu avall, són justament els propers a la natura: les rampes de fons, les rampes per a peixos i els rius o canals laterals (figura 19). De totes maneres, quan els peixos migren riu avall, han de ser dirigits o guiats enfora dels canals de derivació i també dels elements més perillosos, com les turbines hidroelèctriques i les bombes d'aigua; és a dir, cap a la sortida del dispositiu de pas. A fi d'enviar els peixos cap a una ruta alternativa per migrar riu avall són adequades les barreres físiques

i de comportament, com els tamisos de fins, llums i sons; són molt comuns a les recloses d'algunes conques fluvials. És el cas de l'alt Rin, a Suïssa, tot i que encara es considera que hi moren entre el 5% i el 40% dels peixos pel seu pas a través de les turbines hidroelèctriques (Staub a Kroes i altres, 2006). Quan es tracta de les grans preses, el viatge aigua avall és molt complex, però hi ha solucions específiques; per exemple, canals de desviació associats amb barreres lumíniques o acústiques per allunyar-los de l'entrada de les turbines. És important també evitar grans salts, que serien mortals per als peixos quan la velocitat de l'aigua supera els 15-16 m/s, o sigui, quan la caiguda lliure és igual o superior als 13 metres si el peix fa més de 60 cm, o a 30-40 metres si fa 15-16 cm (Larinier i altres, 2002b).

- 3 **Manteniment:** un dispositiu de pas per a peixos hauria de funcionar preferentment i de manera eficaç sense necessitar un manteniment gaire freqüent. En aquest sentit, els més adients són els dispositius de pas propers a la natura. L'eficàcia d'un dispositiu de pas per a peixos també depèn en gran manera de la facilitat del seu manteniment i la seva gestió, que cal considerar ja des de l'inici del procés de disseny, com ho indiquen nombrosos autors (Jungwirth i altres, 1998; Marmulla i Welcomme, 2002; Armstrong i altres, 2004; García i altres, 2005; Santo, 2005; Kroes i altres, 2006).

El desmantellament de preses i rescloses està essent, en els darrers anys, una pràctica cada vegada més emprada. Ara com ara, la majoria d'enderrocaments s'han portat a terme als Estats Units d'Amèrica del Nord, on en els darrers 75 anys se n'han enretirat centenars. A la Unió Europea també s'han enderrocat moltes preses, sobretot a l'Estat francès i concretament a la conca del

Loire (ha estat difós àmpliament el cas de la presa de Saint-Étienne du Vigan sur l'Allier, eliminada l'any 1998); també a l'Estat espanyol, especialment a Euskadi (Brufao, 2006).

Ara bé, si els usos del riu no ho permeten, llavors els diversos sistemes de rehabilitació de la connectivitat hauran d'assegurar el reestabliment d'un bon estat ecològic als rius, seguint les indicacions de la Directiva marc de l'aigua. Si l'eliminació d'obstacles no es considera viable, doncs, la seva rehabilitació haurà d'incloure necessàriament dispositius de pas per a peixos, per exemple, de tipologies properes a la natura (rampes de fons, rampes per a peixos i rius o canals laterals) o tècniques d'espectre ampli (safareigs successius, amb salts, sense salts o amb esclatxes laterals, deflectors i alentidors), però també la restauració d'hàbitats i la connexió amb àrees font ben conservades (Zitek i altres, 2008). En aquest cas, la implementació d'un règim de cabals ambientals és molt necessària, perquè, si no, la resta de mesures correctores poden resultar inútils.

Per al cas específic de les preses de grans embassaments, en ocasions s'hi poden adoptar tipologies properes a la natura (rius o canals laterals), com s'esdevé a la presa d'Itaipu, al riu Paranà, al Paraguai, on un canal lateral de 10 km de llarg permet superar 196 metres d'altura de la presa i connectar riu amunt amb riu avall. Per raons d'eficàcia i facilitat de manteniment, també s'hi recomana fer servir sobretot tècniques d'espectre ampli (safareigs successius, amb salts o amb esclatxes laterals), si cal de centenars de metres de longitud i situats a l'exterior o a l'interior d'un túnel soterrat. És el que s'empra a les preses del riu Columbia, als EUA, com a Dallas (79 m d'altura), que posseeixen dos dispositius de pas per a peixos de grans dimensions, situats un a cada costat de la presa. Són del tipus de safareigs successius amb esclatxes laterals.

Els dispositius de pas per a peixos tècnics mecanitzats (ascensors per a peixos, sifons per a peixos, bombes per a peixos i comportes per a peixos) o molt específics (rampes per a anguiles) són els que tenen més complexitat i necessiten un manteniment més regular. Els ascensors per a peixos, que eleven els peixos al capdamunt de la presa habitualment amb una quantitat mínima d'aigua, també existeixen a diverses grans preses del món. La seva eficàcia sovint és baixa. Un exemple correspon a la presa de Volgograd, construïda al riu Volga. Disposa de dos ascensors que funcionen en el període de remunta dels esturions adults (de les espècies *Huso huso*, *Acipenser gueldenstaedti* i *Acipenser stellatus*) a la fi de l'hivern i al principi de la primavera. S'estima que els fan servir uns 23.000 exemplars anualment (per bé que això només suposa el 10-20% del total d'adults migradors). La baixada un cop efectuada la fresa no està del tot ben resolta: els adults només poden fer servir una enclusa per a navegació, i els joves es considera que poden resistir creuant per les turbines (Fernández i Farnós, 1999).

Hi ha molts altres ascensors per a peixos en grans embassaments, com ara els centrats en el manteniment de les pesqueres d'esturions i altres peixos a Amèrica del Nord (a Hadley Falls, al riu Connecticut, EUA, i a l'embassament de Mactaquac, al Canadà) i els que es dediquen a millorar les migracions de grups diversos de peixos, inclosos els salmònids, els ciprínids i les anguiles: al Brasil (embassament de Yacyretá, al riu Paranà), a l'Estat francès (per exemple, als embassaments de Golfech, al riu Tarn, a la conca de la Garona, i al de Tuilières, al riu Dordonya), a Portugal (a l'embassament de Touve-do, el centre productor hidroelèctric més potent del país, amb 43 metres d'altura, al riu Lima), a l'Estat espanyol (presa d'Olid, de 17 metres d'altura, al riu Teverga, a Astúries) i a Catalunya (a les rescloses de Montenartró,

de 10 metres d'altura, i el Mal Pas, de 9 metres d'altura, al riu Santa Magdalena, a la conca de l'Ebre, a Llavorsí, el Pallars Jussà). Amb caràcter experimental, també s'han provat els sifons per a peixos en una gran presa del riu Maas o Meuse, a Holanda.

Per a grans embassaments també es consideren interessants els sistemes de gestió de les encluses de navegació fluvial, en què s'ajusta els temps de càrrega i descàrrega de l'aigua amb relació als possibles peixos migradors. En tots els casos és molt important aplicar-hi paral·lelament sistemes de comportament o barreres físiques per evitar l'entrada de peixos a canals, turbines hidroelèctriques i sistemes de bombament, sempre en combinació amb algun canal de desviació o amb la gestió alternativa de les turbines amb el propòsit d'enviar-los sans i estalvis riu avall.



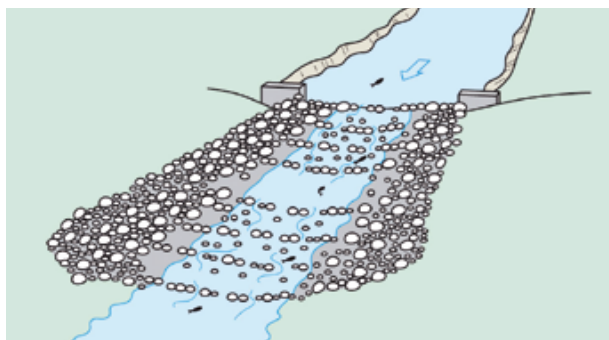
Figura 16. Resclosa amb una mala connectivitat longitudinal, que impedeix les migracions de la pràctica totalitat d'individus de totes les espècies de peixos autòctons. Il·lustració d'Ordeix i altres (2007).



Figura 17. Restauració de la connectivitat longitudinal en un riu per mitjà de l'enderrocament parcial d'una resclosa, que ha de permetre restaurar els desplaçaments de la pràctica totalitat dels individus de totes les espècies de peixos. Il·lustració d'Acíclic a partir d'una altra d'Ordeix i altres (2007).



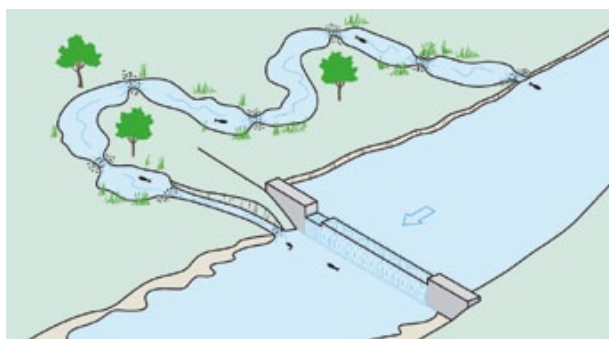
Figura 18. Rehabilitació de la connectivitat longitudinal en un sector de riu per mitjà d'un bon dispositiu de pas per a peixos proper a la natura (concretament, una rampa per a peixos) en una resclosa. Ha de permetre el trànsit de la majoria dels grups de peixos presents potencialment i pràcticament en qualsevol situació hidrològica. Il·lustració d'Ordeix i altres (2007).



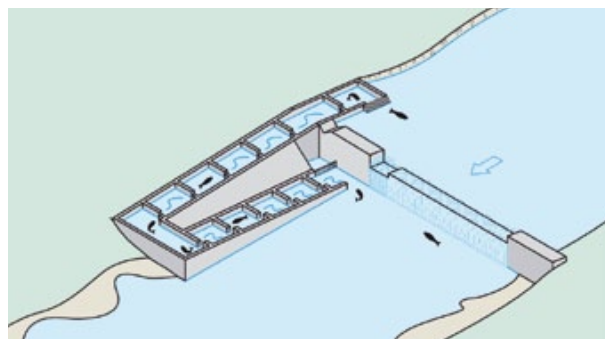
Rampa de fons



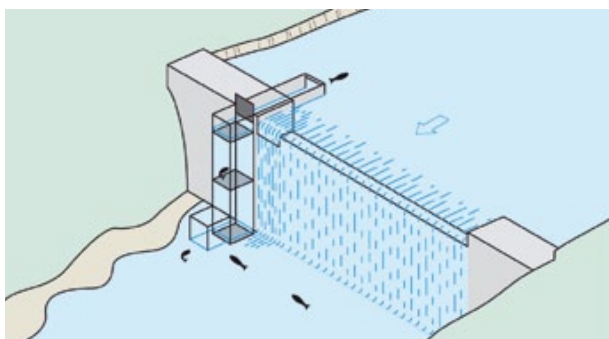
Rampa per a peixos



Riu o canal lateral



Safareigs successius amb esclatxes laterals



Ascensor per a peixos

Figura 19. Diversos tipus de dispositius de pas per a peixos: propers a la natura (rampa de fons, rampa per a peixos i riu o canal lateral), tècnics d'espectre ampli (safareigs successius amb esclatxes laterals) i tècnics mecanitzats (ascensor per a peixos). Redibuixats d'Acíclic a partir d'il·lustracions de Thorncraft i Harris (2000).

Solucions de restauració



Millora de la qualitat de l'aigua.



Millora de la qualitat de l'hàbitat fluvial.



Eliminació total o parcial de l'obstacle.

Solucions de rehabilitació: dispositius de pas per a peixos



Sistemes
propers a
la natura:
rampes de
fons, rampes
per a peixos i
rius o canals
laterals.

Solucions de rehabilitació: dispositius de pas per a peixos



Dispositius tècnics d'espectre ampli: dispositius de pas per a peixos del tipus de safareigs successius amb salts, sense salts i d'escletxes laterals, deflectors i alentidors.

Solucions de rehabilitació: dispositius de pas per a peixos



Dispositius tècnics mecanitzats o molt específics: ascensors per a peixos, sifons, bombes per a peixos, comportes per a peixos i rampes per a anguiles.

Solucions de rehabilitació: sistemes de protecció per a peixos riu avall



Barreres elèctriques



Barreres
mecàniques,
llumíniques o
acústiques

Solucions de rehabilitació: sistemes de gestió



Cabals
ambientals



Comportes
de regulació
o protecció i
encluses
de navegació

4. METODOLOGIES D'AVALUACIÓ DE LA CONNECTIVITAT FLUVIAL PER ALS PEIXOS

Tal com és definit per la Directiva marc de l'aigua (EC, 2000), el bon estat ecològic obtingut observant la connectivitat longitudinal només pot ser assolit quan la migració dels organismes aquàtics i el transport de compostos químics i sediment no estiguin alterats. La connectivitat longitudinal dels rius és, doncs, un dels atributs de qualitat hidromorfològica que la Directiva marc de l'aigua requereix que cal avaluar.

Tot i que s'han desenvolupat molts mètodes per avaluar la integritat de les condicions hidrològiques i morfològiques, gairebé no n'hi havia de centrats en la connectivitat longitudinal dels rius. Els mètodes emprats més àmpliament per avaluar les característiques hidromorfològiques als rius europeus, com l'RHS al Regne Unit (Raven i altres, 1998) —i les seves adaptacions posteriors a altres països—, el SERCON a Escòcia (Boon i altres, 1997 i 1998), el SEQ-Physique a l'Estat francès (Agences de l'Eau, 2002), l'LRS a Alemanya (Fleischhacker i Hern, 2002), el DSHI a Dinamarca (Pedersen i Baattrup-Pedersen, 2003) o fins i tot la norma CEN rule (CEN, 2010) aprovada recentment, tot i que registren la presència d'obstacles transversals, no quantifiquen el grau en què els obstacles afecten la connectivitat del riu per als peixos.

En aquest sentit, doncs, s'ha de destacar la revisió recent de l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011), que es va plantejar bàsicament per al seu ús en aigües continentals de Catalunya, i que es preveu que es pugui adaptar fàcilment a la fauna aquàtica d'altres regions geogràfiques. L'índex ICF, per bé que només considera els peixos i no altres compartiments afectats (aigua i sediments), discrimina cinc categories de per-

meabilitat, la qual cosa ajuda a la integració d'aquest mètode d'avaluació de la connectivitat fluvial amb altres elements de qualitat hidromorfològica en el context de la Directiva marc de l'aigua. Per això es va crear, com a part integrant del protocol d'avaluació de la qualitat hidromorfològica dels rius de Catalunya, el protocol denominat HIDRI (Agència Catalana de l'Aigua, 2006) —que incloïa una versió preliminar de l'ICF.

Existeixen diverses alternatives metodològiques, generalment complementàries, a l'hora de comprovar l'eficàcia dels dispositius de pas per a peixos. Cap d'elles sol ser suficient per si sola per comprendre el funcionament d'aquestes infraestructures. Alhora, atesa la gran varietat de situacions que es poden donar, alguns dels mètodes no són sempre aplicables i per això cal valorar detingudament diverses possibilitats metodològiques d'acord amb factors com el cabal, el tipus de dispositiu de pas per a peixos, la seva ubicació, les característiques dels peixos, etc., i també d'acord amb els recursos tècnics i econòmics disponibles.

L'avaluació de l'eficàcia d'un dispositiu de pas per a peixos es pot fer mitjançant l'estimació directa o indirecta de la taxa de permeabilitat de cada espècie de peix present potencialment, per mitjà de tècniques diverses (Lucas i Baras, 2001; Travade i Larinier, 2002; Marmulla i Welcomme, 2002; Roni, 2005; Santo, 2005; Ordeix i altres, 2011). Aquestes tècniques requereixen el mostreig del poblament de peixos i, de vegades, l'aplicació de mètodes de marcatge i recaptura. Per poder-se aplicar és imprescindible un coneixement previ de la fenologia de les espècies, entre altres motius, perquè els desplaçaments migratoris dels peixos als rius normalment estan concentrats en determinades èpoques de l'any (Rodríguez-Ruiz i Granado-Lorencio, 2006) i l'aplicació de certs mètodes depèn de factors diversos (Lucas i Baras, 2001), com ara els augments de cabal (Welcom-

me, 1980; Jonsson, 1991; Roni, 2005). Aquests mètodes exigeixen una certa inversió en equips i personal en un període determinat de seguiment, que els fa útils i necessaris per a ser emprats en casos concrets —per exemple, per conèixer el grau de franquejabilitat real d'un obra hidràulica o d'un dispositiu de pas per a peixos concret—, però es fa molt difícil la seva aplicació generalitzada a escala de tota una conca.

Índex de connectivitat fluvial, ICF

L'avaluació preliminar de l'eficàcia d'un dispositiu de pas per a peixos es pot fonamentar, doncs, en el càlcul de l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011). Les dades concessionàries i constructives de l'obstacle transversal al riu (l'alçada, el tipus de material de què està fet, el pendent, etc.), les seves característiques hidrològiques i les del seu dispositiu de pas per a peixos (si en disposa), complementades amb una imprescindible visita de camp, han de permetre completar una base de dades per a cadascun i permetre el càlcul d'aquest índex de connectivitat.

L'índex de connectivitat fluvial (ICF) deriva d'una primera versió del mateix índex (protocol HIDRI; ACA, 2006), que ha estat revisada i provada entre els anys 2006 i 2010. Aquesta nova versió de l'índex ICF ha estat desenvolupada per l'Agència Catalana de l'Aigua en conveni amb un centre de recerca (Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu del Ter).

L'índex ICF és una bona eina per conèixer, de manera simple, la possibilitat que un obstacle fluvial sigui franquejable o no per a la ictiofauna, per diagnosticar la connectivitat longitudinal, però també per orientar les mesures correctores de millora de la qualitat hidromorfològica.

L'índex ICF es basa en els trets biològics i ecològics de les espècies autòctones de peix presents potencialment a cada sector que s'avalua. Permet obtenir una avaluació de la connectivitat longitudinal dels rius per a grans àrees amb una relació bona de cost i efectivitat.

Consta de tres grans blocs, que inclouen l'avaluació de l'obstacle, el o els dispositius de pas per a peixos associats —si n'hi ha— i l'estimació de diversos moduladors. Concretament:

- a) El primer bloc valora l'obstacle que s'analitza: dimensions i volum d'aigua necessari per a la natació i el salt dels peixos, entre altres característiques. Determina quins grups d'espècies són capaces de superar-lo.
- b) El segon bloc avalua el o els dispositius de pas per a peixos, en cas que n'hi hagi. Donada la diversitat existent de dispositius de pas per a peixos, es classifiquen en dispositius propers a la natura, dispositius tècnics d'espectre ampli i dispositius tècnics específics o molt mecanitzats. Per a cada tipologia s'avaluen els paràmetres limitadors de la seva funcionalitat i es determinen els grups de peixos que els poden fer servir.
- c) El tercer bloc uneix els resultats dels dos blocs anteriors i hi afegeix una sèrie de moduladors amb relació a l'obstacle i al o als dispositius de pas per a peixos, si n'hi ha, i també una valoració associada a la capacitat de migració dels peixos aigua avall de l'obstacle.

Finament, l'índex ICF classifica el nivell de connectivitat en cinc rangs: de molt bona a dolenta, segons el grau de franquejabilitat per als diversos grups d'espècies de peix presents potencialment, que és avaluat independentment per a cada grup d'acord amb la seva capacitat de superar obstacles —saltant, nedant o reptant.

Els resultats dels diferents blocs donen informació valuosa i precisa del tipus i la magnitud del problema que

causa cada obstacle, i per tant poden ser emprats adequadament per orientar les mesures correctores. Els resultats de l'índex ICF també poden servir per identificar àrees prioritàries per a la restauració. Alguns dels mètodes que actualment existeixen per prioritzar les mesures de reestabliment de la connectivitat fluvial (Pini Prato, 2007; Mader i Maier, 2008) poden ser adaptats i complementats amb l'ús de l'índex ICF (Agència Catalana de l'Aigua, 2009).

Moltes vegades, només l'existència d'un obstacle transversal al riu afecta la migració de les espècies i, d'alguna manera, el transport de sediment. Fins i tot en el supòsit d'un dispositiu de pas per a peixos considerat efectiu, la integritat sencera de les poblacions no està assegurada perquè els efectes a llarg termini habitualment són desconeguts. En aquest sentit, s'ha assenyalat que els retards en la superació d'un obstacle poden reduir les taxes de migració dels peixos, augmentar-los el cansament i limitar l'existència d'algunes mides (Porcher i Travade, 2002). Per això és molt difícil assolir un molt bon estat en el càlcul de l'índex ICF, que només es considera possible en petits obstacles amb dispositius de pas per a peixos molt semblants als sistemes naturals o en obstacles parcials (construïts només per retenir aigua a les ribes o que han estat enderrocats parcialment), on els cops de riu permeten el pas de fauna i sediments de manera semblant a les petites cascades naturals.

En l'annex 2 es mostra informació més detallada del càlcul d'aquest índex.

Mètodes d'avaluació *in situ* de l'eficàcia dels dispositius de pas per a peixos

Tanmateix, la manera més fiable per comprovar l'eficàcia d'un dispositiu de pas per a peixos és l'estimació directa o indirecta de la taxa de franqueig de cada espècie, en-

tesa com la quantitat de peixos per unitat de temps que aconsegueixen superar l'obstacle.

Hi ha mètodes i tècniques diversos per aconseguir estimacions d'aquestes taxes: els recomptes visuals, els comptadors automàtics, la telemetria o la captura mitjançant paranyes dels peixos que aconsegueixen pujar pel dispositiu de pas; són tècniques que permeten obtenir estimacions directes de la taxa de franqueig per espècie. En canvi, el marcatge massiu o individualitzat d'exemplars (amb les seves variants) és un mètode que permet obtenir estimacions indirectes de la taxa de franqueig. Finalment, la comparació de l'estructura del poblament a banda i banda de l'obstacle permet avaluar globalment l'efecte de barrera, però també d'altres com l'alteració dels hàbitats fluvials a una banda i a l'altra (Lucas i Baras, 2001; Travade i Larinier, 2002; Marmulla i Welcomme, 2002; Roni, 2005; Santos i altres, 2006).

L'aplicabilitat i la conveniència de cada tipus de tècnica o mètode depèn de diversos factors. Per exemple, la col·locació de paranyes a la sortida del dispositiu de pas per a peixos és molt recomanable pels seus resultats clars i directes, però malauradament no sempre és possible, sobretot si no s'ha tingut en compte aquesta opció en el disseny i la construcció del dispositiu. Al seu torn, la telemetria sol generar bons resultats i permet, a més, avaluar la permeabilitat de més d'un obstacle, però generalment només és aplicable en el cas dels individus més grans. Els recomptes visuals estan limitats, òbviament, per la terbolesa de l'aigua i, per tant, no poden ser permanents. Els comptadors automàtics de peixos, dels quals n'hi ha diversos models de funcionament ben contrastats (òptic o elèctric), poden generar grans volums de dades, però, deixant de banda el preu, tenen altres limitacions en la seva aplicabilitat, com la mala detecció i els problemes de determinació en peixos de mides petites; ara com ara, no n'existeix cap a Catalunya.

Preferiblement, convé ponderar la taxa de franqueig amb la quantitat de migradors que es concentren per passar a l'altra banda d'un obstacle, a fi de conèixer la proporció dels que aconsegueixen superar-lo. Això només és possible si es tenen estimacions complementàries de la densitat total dels peixos concentrats, generalment de la banda inferior de l'obstacle, que es poden fer per mitjà de tècniques de pesca elèctrica.

A continuació es descriuen mínimament cinc d'aquests mètodes, que s'han aplicat a Catalunya els darrers anys (Ordeix i altres, 2011) en l'avaluació *in situ* de l'eficàcia de diversos dispositius de pas per a peixos:

- Comparació del poblament de peixos a banda i banda d'un obstacle.
- Estimació directa de les taxes de franqueig mitjançant la instal·lació de paranys a la sortida riu amunt del dispositiu de pas per a peixos.
- Estimació directa de les taxes de franqueig mitjançant recomptes visuals.
- Estimació indirecta de les taxes de franqueig mitjançant marcatge i recaptura de peixos: marcatge de grup.

- Estimació indirecta de les taxes de franqueig mitjançant el marcatge de peixos: marcatge individualitzat i detecció automàtica mitjançant detectors fixos de marques PIT (o *PIT tags*), dos instal·lats en sèrie al dispositiu de pas per a peixos i un altre de portàtil.

a) Comparació del poblament de peixos a banda i banda de cada obstacle

La comparació de l'estructura del poblament de peixos a banda i banda de l'obstacle (Santos i altres, 2006) permet conèixer si hi ha diferències que puguin ser atribuïbles a l'efecte de barrera que suposa aquest obstacle per als peixos o bé a les deficiències eventuais en el funcionament del dispositiu de pas que hi pugui haver. Amb tot, aquestes diferències també poden ésser atribuïbles a altres factors, especialment pel que fa a les característiques ecològiques dels hàbitats, que precisament poden diferir notablement d'un costat a l'altre de la infraestructura analitzada.

Els paràmetres que cal comparar són la composició relativa del poblament per espècies, la densitat de cada



Figura 20. Imatges de l'estació d'aforament (EA110) de la riera de Merlès a Puig-reig (el Berguedà) (a la esquerra), en el moment de fer-hi una pesca elèctrica riu avall i, seguidament, una altra riu amunt, amb el propòsit de comparar-ne el poblament de peixos. També es mostra el parany instal·lat per avaluar-hi el trànsit de peixos aigua amunt (a la dreta), l'octubre de 2010. Fotos: Marc Ordeix-CERM.

població i alguns paràmetres relacionats amb l'estructura de cada una de les poblacions, com l'estructura de mides, de cohorts o grups d'edat i la proporció de sexes, entre altres.

Els mostreigs de poblaments de peixos de cada tram bàsicament es duen a terme mitjançant sistemes de pesca elèctrica (Lobón-Cerbiá, 1991; Travade i Larinier, 2002; es descriuen detalladament en el capítol II.2 d'aquest mateix manual) a sectors representatius i ben delimitats. Addicionalment, es poden fer servir altres sistemes de captura per mitjà de paranys (Travade i Larinier, 2002; Roni, 2005; Clavero i altres, 2006).

b) Estimació directa de les taxes de franqueig mitjançant la instal·lació de paranys a la sortida aigua amunt del dispositiu de pas per a peixos

La instal·lació de paranys a la sortida superior del dispositiu de pas per a peixos (Travade i Larinier, 2002; Marmulla i Welcomme, 2002; Clavero i altres, 2006) permet capturar tots els peixos que el remunten. S'obté, així, una estimació directa de la taxa de franqueig per espècie durant el període de temps que el parany està instal·lat. Aquestes estimacions es basen en el recompte dels peixos capturats i, per tant, no presenten la complexitat metodològica associada als mètodes de marcatge i recaptura descrits més endavant. La taxa que s'obté així es refereix simplement a individus que passen per unitat de temps, sense cap altra referència a la proporció que aquests representen respecte de la fracció de la població situada aigua avall del dispositiu de pas. Així doncs, per dotar aquestes taxes de més valor informatiu, cal ponderar-les respecte de les estimacions disponibles de la grandària d'aquesta fracció de la població que es troba aigua avall del dispositiu de pas abans de col·locar-hi el parany.

Idealment, els paranys haurien de restar instal·lats mentre hi ha constància que hi ha moviment de peixos o, en el seu defecte, durant tot un any natural. Alhora, caldria revisar-les diàriament per poder determinar, comptar, mesurar i alliberar els peixos capturats. D'aquesta manera s'obtindrien estimacions o, més aviat, recomptes directes i fins i tot de la quantitat total de migradors que utilitzen el dispositiu de pas, amb una resolució temporal elevada. Tanmateix, això només és assumible en el marc de projectes molt ben dotats econòmicament o d'instal·lacions amb personal fix que alhora tenen dispositius de pas per a peixos adaptats per a la incorporació de paranys sòlids, permanents i de fàcil manteniment i buidatge.

Els paranys s'han d'adaptar als dispositius de pas per a peixos (figura 21). Han de ser revisats i buidats diàriament per comprovar-ne l'estat i també per netejar-los (treure'n la brossa que hi puguin tenir aferrada). En tots els casos, es fa necessària la col·locació d'una malla permanent, disposada en posició de deflector i a poca distància aigua amunt del parany. Això té el propòsit d'impedir la colmatació de la xarxa dels paranys amb brossa fina —fulles i trossos petits de branques.

Els paranys emprats poden ser diversos tipus i mides de gànguils —també denominats *barbols* o *bertrols*—, modificats lleugerament a l'embocadura o bé dissenyats especialment. Aquest mètode permet obtenir una quantitat important d'informació i fer una bona aproximació a l'eficàcia dels dispositius de pas analitzats.

c) Estimació directa de les taxes de franqueig mitjançant recomptes visuals

Consisteix a efectuar censos totals de pocs minuts de durada que es repeteixen cada hora o hora i mitja al llarg de tota una jornada i mentre hi hagi llum suficient. Una possibilitat és fer-los des del damunt d'un pont, però en

qualsevol cas l'angle de visió ha de ser òptim. També es pot fer un enregistrament amb de vídeo per poder contrastar *a posteriori* els recomptes fets directament.

Aquest procediment de cens es limita sobretot als peixos de dimensions mitjanes o grans (longitud total superior als 200 mm) i només és aplicable en situacions molt concretes i sempre amb un fort esforç en personal.

En contrapartida, esdevé relativament barat, no té cap impacte sobre la hidràulica del sistema ni tampoc en la dinàmica migratòria dels peixos. Al mateix temps, pot generar resultats prou bons si es concentra un gran nombre de peixos migrant i la terbolesa de l'aigua és baixa (Travade i Larinier, 2002; Marmulla i Welcomme, 2002).



Figura 21. Paranys instal·lats a l'extrem superior dels dispositius de pas per a peixos del riu Ter a Camprodon (a dalt) i Torroella de Montgrí (a baix) l'any 2005 per avaluar-ne l'eficàcia. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



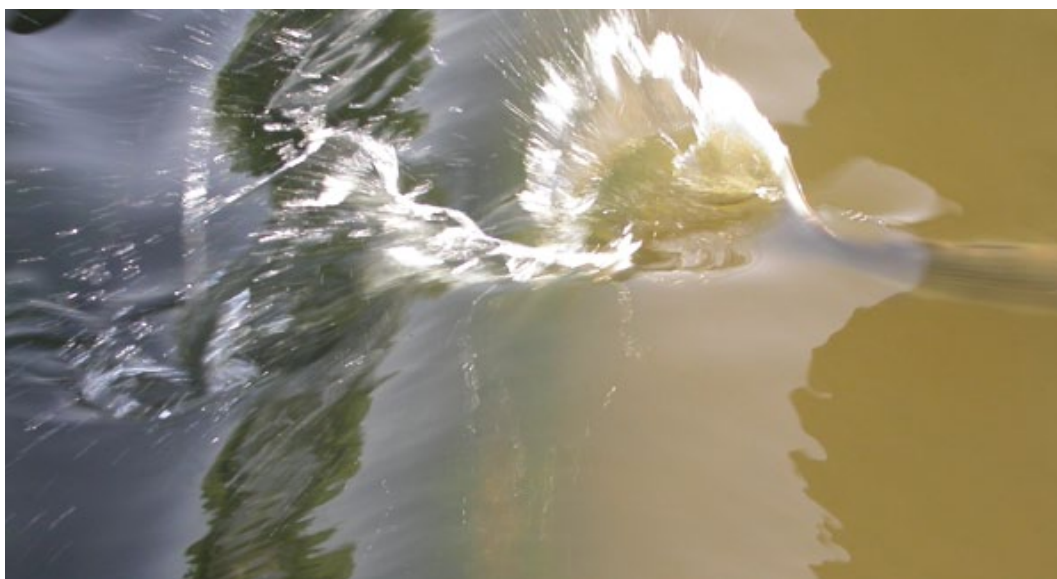


Figura 22. Un gran esbart de llisses (essencialment llissa calua, *Liza ramada*, i alguna llissa llobarrera, *Mugil cephalus*) que es va formar al principi de la primavera del 2006 aigua avall del pont del riu Ter a Torroella de Montgrí (el Baix Empordà). Va ser motivat per la dificultat de superar aquest obstacle en aquell moment (fotografia de dalt). També es mostra una llissa remuntant aquest obstacle els mateixos dies per una rampa lateral de l'estació d'aforament situada a la base del mateix pont (fotografia de baix). Fotos: Marc Ordeix-CERM.

d) Estimació indirecta de les taxes de franqueig mitjançant marcatge i recaptura:

marcatge de grup

Els mètodes de marcatge i recaptura són emprats àmpliament en molts estudis sobre biologia i ecologia animal (Larinié i altres, 1994; Amstrup i altres, 2005). Un dels aspectes en què es fan servir més sovint és justament el de l'estudi dels moviments migratoris i dispersius de la fauna, i concretament el de l'efecte de barrera i l'eficiència dels dispositius de pas per a peixos.

El marcatge de peixos migradors permet avaluar les taxes de franqueig d'obstacles mitjançant l'aplicació de models numèrics de marcatge i recaptura, que són de complexitat diversa. Una limitació freqüent d'aquests mètodes, a part de disposar d'un sistema de marcatge efectiu, és l'obtenció de mostres prou abundoses perquè la probabilitat de recaptura sigui suficientment alta i, de retruc, les estimacions que en derivin siguin prou consistents. Aquesta probabilitat està sotmesa, evidentment, a la grandària de la mostra de peixos marcats, però també de la població real on es dilueixin. Això limita el marcatge i recaptura a estudis de poblacions petites o a sistemes de dimensions modestes, excepte en el cas de projectes de recerca de gran abast. La tendència a fer grans desplaçaments al llarg de l'eix fluvial dificulta la recuperació d'informació dels peixos migradors marcats, sobretot en rius de dimensions mitjanes o grans.

En el cas dels peixos, existeixen diverses tècniques de marcatge aplicables. Es pot optar pel marcatge de grup, és a dir, sense distinció individual dels exemplars marcats sinó tan sols del grup de tractament. Se'ls pot aplicar, per exemple, un sistema d'injecció de pintura acrílica a les aletes (figura 23). Això permet el marcatge ràpid i barat de grans mostres de peixos, que poden ésser alliberats immediatament. Per a estudis de connectivitat en rius, es poden marcar de colors diferents

els peixos capturats a cada banda de l'obstacle que cal analitzar. Aquest tipus de marcatge presenta l'inconvenient que és absorbit o eliminat en pocs mesos; i a l'estiu, quan la temperatura de l'aigua és alta, desapareix en poques setmanes. Amb tot, si es pretén fer un estudi a més llarg termini, es poden fer servir altres materials i tipus de marques que permeten augmentar-ne la durabilitat.



Figura 23. Procediment d'injecció de pintura acrílica a les aletes d'una truita comuna (*Salmo trutta*) al riu Ter a Camprodon (fotografia de dalt), i d'una aleta ja marcada (fotografia de baix). Fotos: Marc Ordeix-CERM.

e) Estimació indirecta de les taxes de franqueig mitjançant el marcatge individualitzat i la detecció automàtica amb detectors fixos i portàtils de marques PIT (o PIT tags)

Les marques PIT són, literalment, transmissors d'inducció passiva (en anglès, *PIT tags*). Es tracta de petits cilindres (en aquest cas, de 2 mm de gruix per 12 mm de llarg i 134,2 kHz) que s'insereixen a la cavitat peritoneal dels peixos (vegeu-ne imatges a la figura 24). En ser activats per un detector —fix o portàtil— permeten identificar individualment per radiofreqüència cada peix marcat un cop és recapturat o detectat de nou, gràcies al fet que incorporen un xip codificat. Les micromarkes encapsulades porten un codi d'identificació individual de tipus alfanumèric. Això permet la utilització d'aproximacions metodològiques alternatives a les del marcatge de grup (Roni, 2005; Amstrup i altres, 2005).

Pel fet de ser marques internes, la possibilitat de la seva pèrdua és mínima. També tenen l'avantatge de no necessitar energia —contràriament als radioemissors— i, per tant, es poden fer servir per identificar els animals durant períodes de temps molt llargs.

Hi ha diversos models d'antenes de detecció en continu de marques, que poden ser instal·lades en rius o canals de petites dimensions, individualment o en sèrie. Cada antena està connectada a un receptor que enregistra en continu les marques detectades, és a dir, els peixos amb marques PIT que circulen a través del dispositiu de pas que s'avalua (vegeu-ne imatges a la figura 25). S'alimenten per mitjà de bateries.

Complementàriament, també es fa servir una antena circular portàtil (de mà) per detectar les marques dels peixos capturats durant les pesques elèctriques i els dies de mostreig per mitjà de la col·locació de paranys aigua amunt del dispositiu de pas per a peixos.

Generalment, les marques PIT s'insereixen a la cavitat peritoneal dels peixos mitjançant una xeringa especial amb èmbol. La ferida ocasionada cicatritza al cap de pocs dies, i pràcticament no és apreciable després de poques setmanes. Se segueix un protocol d'aplicació de les marques estandarditzat i testat àmpliament, a fi de minimitzar tant el risc de lesions crítiques per als peixos com el risc de pèrdues de marques. La taxa de pèrdua de marques se suposa nul·la o molt baixa.



Figura 24. Una marca PIT (o PIT tag) (a dalt) i procediment d'aplicació d'una marca PIT a la cavitat peritoneal d'un barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) a la Llèmena a Ginestar de Llèmena, (Sant Gregori, el Gironès) (a baix). Fotos: Marc Ordeix-CERM.

L'objectiu principal d'aquest marcatge és la detecció de peixos que hagin travessat el dispositiu de pas havent estat marcats i alliberats aigua avall de l'estació d'aforament. A partir d'aquestes dades i de la proporció d'exemplars marcats a la subpoblació d'aigua avall, és possible d'estimar les taxes de franqueig per espècie, que es poden ponderar per la grandària poblacional gràcies a les estimacions obtingudes mitjançant l'aplicació en paral·lel de mètodes de captures successives per pesca elèctrica.

D'altra banda, la identificació individualitzada de cada exemplar marcat i posteriorment detectat al dispositiu de pas per a peixos permet disposar d'informació precisa de les característiques biomètriques dels exemplars que el fan servir per migrar.



Figura 25. Emplaçament de dues antenes rectangulars instal·lades en sèrie i del conjunt de l'equip de detecció en continu de marques PIT (o PIT tags) a l'entrada aigua avall i a la sortida aigua amunt del dispositiu de pas per a peixos de l'estació d'aforaments 009 de la Llèmena, a Ginestar de Llèmena (Sant Gregori, el Gironès), i buidatge de dades del *data logger* de l'antena superior el novembre de 2010. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



5. CONNECTIVITAT FLUVIAL I DISPOSITIUS DE PAS PER A PEIXOS EXISTENTS A CATALUNYA

La connectivitat longitudinal als rius de Catalunya es va començar a estudiar tot just a la primeria del segle XXI. Alguns estudis previs només havien avaluat una petita part dels obstacles existents (Elvira i altres, 1998a; Elvira i altres, 1998b) o tractaven d'àrees molt específiques (Catalán i altres, 1997; Ordeix i altres, 2009a). L'avaluació de la connectivitat per als peixos al conjunt dels rius de Catalunya es va iniciar l'any 2005 amb la signatura d'un conveni entre l'Agència Catalana de l'Aigua i el Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu del Ter. Va ser inicialment en el marc d'un projecte europeu, *Community Rivers*, que va permetre l'intercanvi de metodologies i coneixements i editar un manual descriptiu de la situació a Europa en aquest camp (Kroes i altres, 2006).

L'any 2010 hi havia identificats un total de 886 obstacles importants a les migracions dels peixos al conjunt dels rius de Catalunya (taula 3; dades de l'Agència Catalana de l'Aigua de l'any 2010). A la totalitat del país s'havien localitzat i avaluat 94 dispositius de pas per a peixos, principalment a diverses preses, rescloses i estacions d'aforament (Agència Catalana de l'Aigua, 2005; Ordeix i altres, 2006; Ordeix i altres, 2009b; Ordeix i altres, 2010; Ordeix i altres, 2011), o sigui, en un 10,6% dels obstacles principals. De totes maneres, els dispositius de pas per a peixos veritablement útils, classificats amb una connectivitat bona, o molt bona no arribaven a la meitat (el 38,3% del total; Ordeix i altres, 2010). Així mateix, la majoria d'infraestructures hidràuliques (com a mínim el 88,5%), i cap gran embassament, l'any 2010 encara no disposaven de cap tipus de solució o dispositiu de pas per a peixos.

La majoria dels dispositius dels rius de Catalunya estan basats en solucions molt tècniques, com els safareigs successius, sobretot repartits per les àrees pirinenques, associats a l'interès per conservar-hi la truita comuna (*Salmo trutta*) (Ordeix i altres, 2010). L'anàlisi detallada de l'eficàcia de diversos dispositius de pas per a peixos de diferents conques catalanes indica que són generalment inadequats o insuficients per al conjunt de les espècies pròpies de cada massa d'aigua. Les taxes de pas —amb algunes excepcions— són bastant baixes i, la majoria de les vegades, només les espècies amb gran capacitat per superar obstacles o els individus més grossos aconsegueixen migrar.

Aquesta situació és bastant equivalent, per exemple, a la d'Austràlia de l'any 1985, quan només disposava de 44 dispositius de pas per a peixos per al miler d'obstacles presents a tot el país, la majoria dels quals estaven mal mantinguts i amb impossibilitats generalitzades per a la pràctica totalitat de les espècies de peixos autòctons (Thorncraft i Harris, 2000). El mateix succeïa a altres països europeus, com l'Estat francès (Larinier, 2001), el Regne Unit (Amstrong i altres, 2004) i Holanda (Kroes i altres, 2006) fins a la dècada de 1990.

Per prioritzar la restauració de la connectivitat fluvial a Catalunya es va iniciar l'avaluació del grau d'impacte de les infraestructures que generaven discontinuïtats i de l'eficàcia dels dispositius de pas per a peixos existents. L'obtenció de taxes de permeabilitat per als peixos per mitjà de tècniques diverses només es va portar a terme en una selecció de dispositius de pas per a peixos. Paral·lelament es va desenvolupar un indicador relativament simple, l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011), que es va calcular per al conjunt dels obstacles existents que disposaven de pas per a peixos (Ordeix i altres, 2006; Ordeix i altres, 2010). D'aquí que la base de dades dels dispositius de pas per a peixos existents a

Catalunya fins a la primera meitat de 2010 (figura 29) estigués pensada sobretot per a l'avaluació preliminar d'aquests dispositius, i especialment per al càlcul d'aquest índex de connectivitat fluvial.



Figura 26. Dos exemples de solucions per millorar la connectivitat per als peixos als rius de Catalunya: 1) una solució de restauració: enderrocament parcial d'un dic de retenció de sediments al riu Jòu a Es Bòrdes, Val d'Aran (a dalt), i 2) una solució de rehabilitació: un dispositiu de pas per a peixos de caràcter tècnic del tipus de safareigs successius amb salts al riu Ter a Setcases, el Ripollès (a baix). Fotos: Marc Ordeix-CERM.

Tot i que amb un nombre encara insuficient, el primer decenni d'aquest segle es van executar al conjunt de Catalunya una sèrie d'actuacions exemplificadores amb relació a la connectivitat fluvial. Entre l'any 2007 i la primera meitat de 2010 es van eliminar totalment com a mínim dos obstacles: un a la riera del Sorreigs a Santa Cecília de Voltregà (conca del Ter, Osona) i un altre al riu Ripoll a Barberà del Vallès (conca del Besòs, el Vallès Occidental). En aquest període de temps també es van construir o establir com a mínim quinze dispositius i solucions de pas per a peixos (figura 29 i taules 3-5).

La situació dels 94 dispositius i solucions de pas per a peixos dels quals es té constància fins a la primera meitat de l'any 2010 es mostra a la figura 7 i a les taules 3-5, classificats segons el tipus de solucions aplicades (taula 3), per conques hidrogràfiques (taula 4), per comarques (taula 5) i pels cinc rangs de qualitat de l'índex de connectivitat fluvial (ICF) (Solà i altres, 2011) (taula 6).

La conca fluvial més ben dotada de solucions per al pas de peixos és la de l'Ebre, amb un total de 30, concretament a la subconca del Segre i a la de la Garona, amb un total de 23 (figura 8 i taula 4). Essencialment compten dispositius de pas per a la fauna piscícola les àrees pirinenques, associades a l'interès per restaurar-hi els desplaçaments reproductors de la truita comuna. Per comarques (taula 5), la Val d'Aran és la que, amb diferència, en posseeix un nombre més alt (24).

S'observa una certa tendència positiva envers la millora de la qualitat de l'ICF: de 27 dispositius o solucions de pas classificades amb una connectivitat bona o molt bona (34,6 % del total) fins a l'any 2006 a un total de 36 (se n'hi van afegir 9), també classificades amb una connectivitat bona o molt bona (38,3 % del total), durant la primera meitat de 2010 (taula 6). Amb tot i això, encara queda molt de camí per recórrer fins a la millora de la connectivitat al miler d'obstacles que hi ha a tot el país.

Problemes principals de disseny i construcció

La majoria dels dispositius i solucions de pas per a peixos, encara que en bona part incorporen elements diversos de disseny aparentment correctes i adequats al tram fluvial on estan emplaçats i a la seva ictiofauna, pateixen algun defecte puntual que els inhabilita completament o de manera severa. Això és especialment greu en les solucions de rehabilitació per mitjà d'estructures tècniques, com ara els dispositius de pas per mitjà de safareigs successius —els més comuns fins al present—, on un sol defecte com per exemple una altura excessiva dels salts d'aigua o un salt d'aigua massa alt a l'entrada inferior els converteix en infraestructures inútils. Sovint, aquests tipus de dispositius presenten, a més a més, problemes greus de manteniment. Per tot això, menys de la meitat dels dispositius analitzats (38,3%) resulta en un valor de l'ICF bo o molt bo (taula 6).

Els problemes de disseny dels dispositius de pas per als peixos dels rius de Catalunya són diversos:

- a) **Diferències de nivell excessives entre làmines d'aigua o velocitats massa elevades.** La majoria dels dispositius, pensats només per a espècies grans nedadores o saltadores, tenen uns desnivells sovint superiors als 30 centímetres, i en molts dels casos entorn de 40 i 50 cm (figura 27). Les velocitats massa elevades ($> 2 \text{ m s}^{-1}$) també dificulten, per exemple, el pas dels individus juvenils de truita comuna i de la majoria dels ciprínids, i més als mascles que no pas a les femelles —que solen ser més grosses. Això els ocasiona problemes lògics de reproducció i, per tant, de supervivència de les espècies.
- b) **Manca d'un safareig o gorg amb prou profunditat per poder accedir a l'entrada (des d'aigua avall) del dispositiu de pas.** La poca profunditat immediatament aigua

avall dels dispositius de pas per a peixos ($< 0.01 \text{ m}$) es repeteix a molts dels dispositius existents (figura 28).

- c) **Soscavament associat a la sortida d'aigua del dispositiu de pas.** A mitjà termini repercuteix negativament en el seu funcionament. El soscavament produeix al final un descalçament de l'estructura i, sovint, un salt d'aigua massa alt per als peixos a l'entrada del dispositiu de pas des de riu avall (figura 27).



Figura 27. Dispositiu de pas per a peixos de safareigs successius amb salts que té l'entrada inferior amb un desnivell massa alt i salts excessius entre els safareigs. El Segre a la central d'Alòs de Balaguer a Camarasa, la Noguera. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Figura 28. - Dispositiu de pas per a peixos de safareigs successius amb salts on manca un safareig o gorg amb prou profunditat a l'entrada del dispositiu. El Torrent de Finestreslles al Santuari de Núria, el Ripollès. Fotos: Marc Ordeix-CERM.

- d) **Absència de mecanismes que evitin el pas dels peixos cap a les turbines o canals de derivació.** Molt sovint manquen barreres mecàniques (com un tamís de fins) o de comportament (lumíniques, per exemple) prop dels dispositius de pas o als canals de derivació. Això sol ser un problema greu, sobretot en la migració dels peixos riu avall (com és el cas del retorn dels esturions, les anguilles, les sabogues i les llampreses cap a la mar).
- e) **Absència d'un corrent d'atracció a l'entrada del dispositiu de pas per a peixos.** Cal generar un corrent d'atracció, turbulències o un cabal determinat per atraure els peixos cap a la base del dispositiu de pas, per tal que els peixos la trobin.
- f) **Cabal o dimensions de disseny insuficients.** Un dispositiu de pas per a peixos pot ser franquejable per una o diverses espècies autòctones, però si és massa petit amb relació a l'amplada o al cabal del riu, pot tenir un impacte nul o insuficient.

Tot i que alguns dispositius de pas per a peixos en tenen, no es considera essencial l'existència de mecanismes que evitin la depredació a l'interior del dispositiu de pas, com ara reixes o algun tipus de cobertura. La depredació per part d'ocells i mamífers aquàtics és un fet natural i, en canvi, aquests mecanismes sovint retenen fàcilment brosa o altres elements transportats per l'aigua, que al final obstaculitzen el trànsit de peixos pel dispositiu de pas.

Propostes per millorar la connectivitat fluvial per als peixos a Catalunya

Un cop avaluats directament o indirecta els diversos dispositius de pas per a peixos existents als rius de Catalunya fins a l'any 2010, es considera que l'únic salmònid autòcton —la truita comuna—, amb una gran capacitat de superar

obstacles nedant o saltant (Larinier i altres, 1994; Armstrong i altres, 2004), és capaç de migrar riu amunt per mitjà de la majoria dels diversos tipus de dispositius de pas que es coneixen. De totes maneres, si els salts dels dispositius de pas són superiors als 0,2 m o la velocitat de l'aigua és més elevada de 2 m s⁻¹, només poden superar-los els individus més grans. També són capaços de fer-ho els exemplars més grans d'espècies amb una capacitat moderada de superar obstacles, com els mugílids o llisses (*Liza ramada*, *Mugil cephalus* i *Chelon labrosus*) i algunes espècies de ciprínids com ara el barb comú o de l'Ebre (*Barbus graellsii*) (exemplars amb una longitud de més de 0,55 m), el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*) (de més de 0,13 m), el barb cua-roig (*Barbus haasi*) i la bagra catalana (*Squalius laietanus*) (Ordeix i altres, 2011).

D'altra banda, si els salts dels dispositius de pas per a peixos fan com a màxim una alçada de 0,1 m o la velocitat de l'aigua és habitualment inferior a 0,5 m/s, poden fer-los servir correctament la majoria d'espècies i individus, incloent-hi els grups de peixos de mida petita i amb una capacitat relativament reduïda per a superar obstacles, com per exemple el gubi ibèric (*Gobio lozanoi*), el barb roig o veró (*Phoxinus* sp.), l'anguila (*Anguilla anguilla*) i els joves de l'any d'altres espècies com la truita comuna, el barb comú o de l'Ebre i el barb de muntanya (individus de més de 0,09 m) (Ordeix i altres, 2011).

Resumidament, si els salts dels dispositius de pas per a peixos fan com a màxim 0,1 metres i les velocitats de l'aigua són habitualment inferiors als 0,5 m s⁻¹, s'assoleixen les condicions apropiades perquè la majoria dels peixos presents potencialment als rius d'aquest país puguin migrar correctament.

Així mateix, cal tenir en compte altres condicions, com ara el fet que l'entrada riu avall ha de ser tan a prop de l'obstacle com sigui possible. Una altra és que l'amplada dels dispositius de pas per a peixos ha de ser superior a

una desena part de l'amplada total del riu, i també cal que el cabal que hi transcorri sigui igual o superior al cabal ambiental definit per a cada sector de riu (Larinier, 2002a; Larinier, 2002b; Larinier, 2002c; Larinier i altres, 1994; Marmulla i Welcomme, 2002; Armstrong i altres., 2004; Kroes i altres, 2006).

Coincidint amb altres estudis (Marmulla i Welcomme, 2002), doncs, un programa de restauració de la connectivitat hauria de considerar com a opció preferent l'eliminació dels obstacles o, si així es considera necessari, la construcció de dispositius de pas per a peixos de sistemes propers a la natura: rampes de fons, rampes per a peixos i rius o canals laterals. Són els que proporcionen les condicions més òptimes per a un rang més ampli d'espècies, individus i cabals. I el seu manteniment és el més simple. Excepcionalment, es poden establir determinats dispositius tècnics d'espectre ampli, que comporten un rang de condicions menys òptimes i més inversió en manteniment, concretament dispositius de pas per a peixos del tipus de safareigs successius amb salts baixos, i si es tracta de la variant amb esclotxes laterals, amb velocitats de l'aigua no gaire elevades. També s'ha de plantejar el seu establiment als grans embassaments.

A Catalunya, els moviments més importants dels peixos estan associats als períodes particulars de fresa de cada espècie o als dies posteriors a cops de riu moderats o forts, com ja indiquen estudis diversos d'altres països (Reiser i Peacock, 1985; Larinier i altres, 1994; Lucas i Baras, 2001; Marmulla i Welcomme, 2002). Això corrobora que l'avaluació de dispositius de pas s'ha de fer preferentment als períodes de més activitat migratòria de cadascuna de les espècies de peix potencialment presents: al començament de la primavera per a les espècies de la família dels mugílids, a mitjan primavera per als ciprínids (barbs, bagres, madrilles, etc.) i a la tardor per als salmònids, la truita comuna.

Cal indicar, però, que els requisits de la majoria d'espècies i els seus patrons de mobilitat encara es coneixen poc, aquí i a la majoria de països (Jungwirth i altres, 1998; Marmulla i Welcomme, 2002; Kroes i altres, 2006). Per tant, és necessari continuar fent recerca bàsica amb relació a la majoria de les espècies autòctones.

En aquest sentit, doncs, i vist el nombre de variables que hi intervenen, qualsevol solució per al pas de peixos s'hauria d'establir cercant la seva eficàcia màxima i preferentment amb la participació d'experts en peixos i connectivitat fluvial durant els processos de disseny i construcció. També es considera imprescindible avaluar *in situ* l'eficàcia de qualsevol solució de pas per a peixos adoptada. Per això cal preveure i programar ja *a priori*, a la fase de projecte, elements —com ara unes guies per poder afermar els paranyes aigua amunt del dispositiu de pas— que permetin fer un mínim seguiment de l'eficàcia de cada nou dispositiu o solució de pas per a peixos nova. S'han de seguir protocols adequats i, s'han d'aplicar a les èpoques de més mobilitat de les espècies més limitadores, a fi i efecte de validar el seu funcionament correcte i, eventualment, de proposar-hi mesures correctores.

A les parts baixes dels rius, on hi ha una gran riquesa d'espècies migratòries, algunes amb un valor comercial important, i en general també amb un gran valor de conservació, seria apropiat adaptar grans paranyes permanents als dispositius de pas per a peixos per monitoritzar-hi correctament el seu trànsit, com ja es fa a moltes àrees i països europeus on hi ha pesqueres importants de salmó i anguila; per exemple: a Astúries, Euskadi, l'Estat francès, els Països Baixos i la Gran Bretanya (Reddin i altres, 1992; Eatherley i altres, 2005; Kroes i altres, 2006). Aquests paranyes s'acostumen a complementar amb dispositius de comptatge automàtic basats en la resistivitat elèctrica, els feixos de llum infraroja o un sistema addicional de vídeo (Dunkley i altres, 1992; Thorley i altres, 2005; DEFRA, 2010)

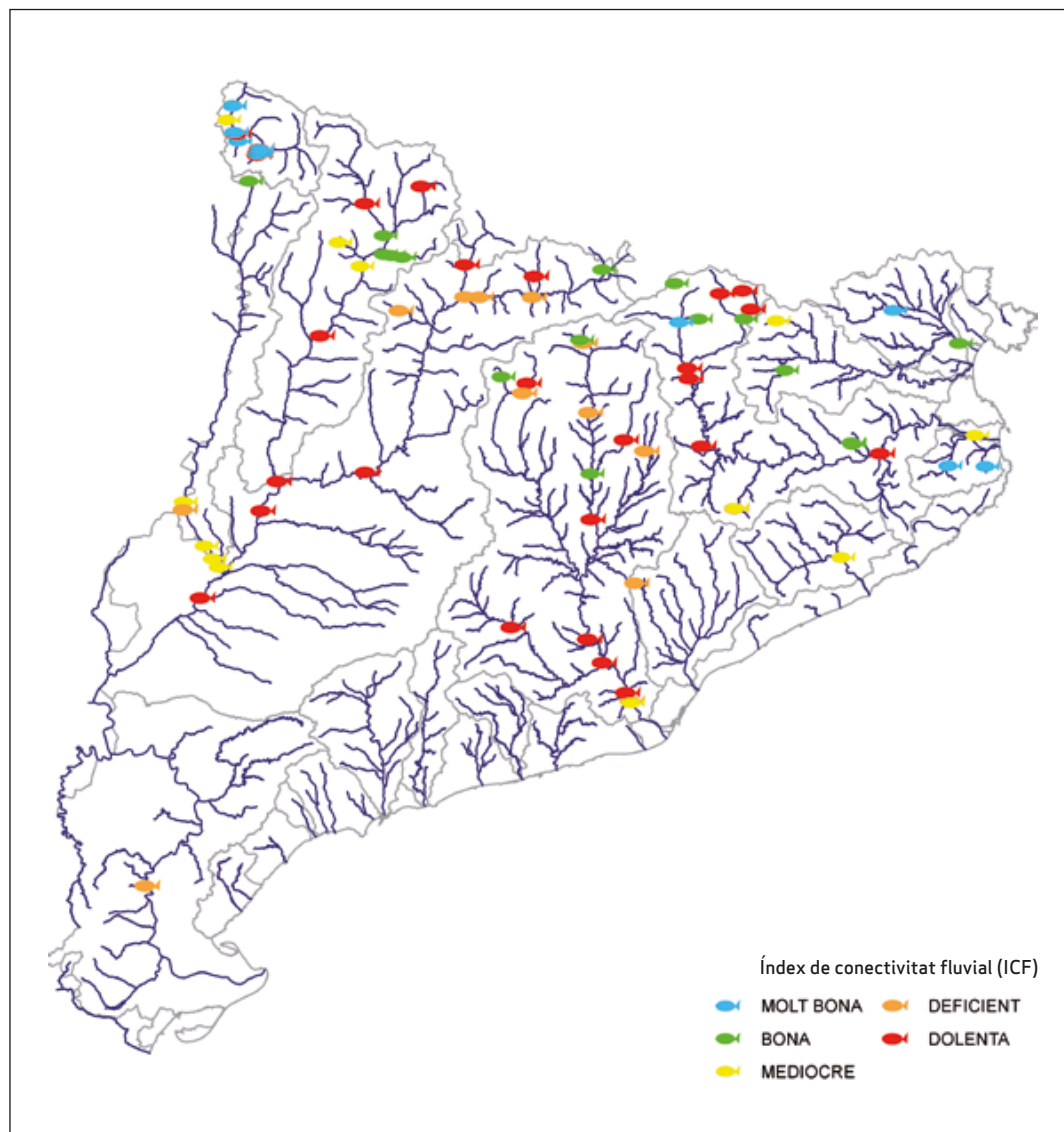


Figura 29. Localització dels dispositius de pas per a peixos existents als rius de Catalunya la primera meitat de l'any 2010 (Ordeix i altres, 2011) i resultats de l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011) de cadascun. Bases cartogràfiques de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i l'Agència Catalana de l'Aigua (2006).

Tipus de solucions i dispositius de pas per als peixos				Quantitat			
				Fins a 2006	2007-2010		
De restauració	Millora de la qualitat de l'aigua			No consid.	No consid.		
	Millora de la qualitat de l'hàbitat fluvial			No consid.	No consid.		
	Eliminació total de l'obstacle			0	1		
	Eliminació parcial de l'obstacle			14	1		
	Subtotal			14	2		
De rehabilitació	Dispositius de pas per a peixos	Solucions properes a la natura	Rampes de fons	0	0		
			Rius artificials o canals laterals	0	0		
			Rampes per a peixos	5	2		
		Solucions tècniques d'espectre ampli	Safareigs successius amb salts	30	4		
			Safareigs successius sense salts	1	2		
			Safareigs successius d'escletxes laterals	5	4		
			Deflectors	8	0		
			Alentidors	2	0		
			Tobogans o rampes llises	4	2		
			Solucions tècniques mecanitzades o molt específiques	Rampes per a anguiles	0	0	
		Comportes per a peixos		0	0		
		Ascensors per a peixos		2	0		
		Sifons i bombes per a peixos		0	0		
		Altres solucions no efectives	"Escala"	6	0		
		Subtotal			64	12	
		Sistemes de protecció per als peixos	Barreres mecàniques per a fauna aquàtica			-	-
			Barreres elèctriques			0	0
			Barreres lumíniques			0	0
			Subtotal			0	0
	Sistemes de gestió	Cabals de manteniment			No consid.	No consid.	
		Comportes de regulació o de protecció			0	0	
		Comportes per a navegació fluvial			0	0	
	Subtotal			0	0		
	Subtotal			78	16		
	TOTAL			94			

Taula 4. Tipus de solucions i dispositius de pas per a peixos existents als rius de Catalunya fins a l'any 2006 (Ordeix i altres, 2006), i entre l'any 2007 i la primera meitat de 2010 (Ordeix i altres, 2011).

Conca fluvial	Nombre de dispositius de pas per a peixos localitzats	
	Fins a 2006	Entre 2007 i 1a ¹ / ₂ de 2010
La Garona	23	0
L'Ebre	29	1
El Llobregat	9	7
El Besòs	1	0
El Daró	2	0
El Ter	12	6
La Tordera	1	0
El Fluvià	0	1
La Muga	1	1
Subtotal	78	16
TOTAL	94	

Taula 5. Distribució per conques fluvials dels dispositius i altres solucions de pas per a peixos existents al conjunt dels rius de Catalunya fins a l'any 2006 (Ordeix i altres, 2006) i entre l'any 2007 i la primera meitat de 2010 (Ordeix i altres, 2011).

Comarca	Nombre de dispositius de pas per a peixos localitzats	
	Fins a 2006	Entre 2007 i la 1 ^a 1/2 de 2010
Alt Empordà	1	0
Alta Ribagorça	1	0
Alt Urgell	3	0
Anoia	1	0
Bages	0	0
Baix Ebre	2	1
Baix Empordà	3	1
Baix Llobregat	3	2
Berguedà	3	3
Cerdanya	4	0
Garrotxa	0	1
Gironès	2	1
Noguera	4	0
Osona	3	2
Pallars Jussà	1	0
Pallars Sobirà	7	0
Ripollès	6	4
Segrià	6	0
Selva	1	0
Solsonès	2	1
Val d'Aran	24	0
Vallès Occidental	1	0
Subtotal	78	16
TOTAL	94	

Taula 6. Distribució per comarques dels dispositius i altres solucions de pas per a peixos existents al conjunt dels rius de Catalunya fins a la primera meitat de l'any 2010 (Ordeix i altres, 2006; Ordeix i altres, 2011).

Categoria de l'índex de connectivitat fluvial (ICF)		Dispositius de pas per a peixos localitzats a Catalunya					
		Fins a 2006		Entre 2007 i 1a 1/2 de 2010		Fins a la 1a 1/2 de 2010	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
I	MOLT BONA	17	21,8	3	18,8	20	21,3
II	BONA	10	12,8	6	37,5	16	17,0
III	MEDIOCRE	15	19,2	1	6,3	16	17,0
IV	DEFICIENT	11	14,1	3	18,8	14	14,9
V	DOLENTA	25	32,1	3	18,8	28	29,8
TOTAL		78	100	16	100	94	100

Taula 7. Resultats de l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011) dels dispositius i altres solucions de pas per a peixos existents al conjunt de rius de Catalunya fins a l'any 2006 (Ordeix i altres, 2006) i entre l'any 2007 i la primera meitat de 2010 (Ordeix i altres, 2011).



Figura 30. Enderrocament parcial d'un dic de retenció de sediments a la confluència entre el riu Jòeu i la Garona (Es Bòrdes, Val d'Aran). Any 2010. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Figura 31. Rampa de fons a la base d'un pont del riu Daró (la Bisbal d'Empordà, el Baix Empordà). Any 2006. Fotos: Quim Pou-CERM.



Figura 32. Rampa per a peixos de l'Estació d'Aforament del riu Fluvià a Olot (la Garrotxa). Any 2010. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Figura 33. Dispositiu de pas per a peixos (safareigs successius amb salts) a la resclosa de la Teula (riu Ter a Manlleu, Osona). Dècada de 1930. Font: autor desconegut (esquerra) i col·lecció de Pepeta Autet (dreta), dipositades al Museu del Ter.



Figura 34. Rampa per a peixos de la resclosa de la Teula (riu Ter a Manlleu, Osona). Maig de 2011. Fotos: Marc Ordeix-CERM.



Figura 35. Ascensor per a peixos de la resclosa del Mal Pas, riu Romadriu o de Santa Magdalena (Llavorsí, el Pallars Sobirà). Any 2006. Foto: Marc Ordeix-CERM.

/ Agraïments

A la major predisposició i la confiança mostrades en tot moment per Jordi Pastor, Juanjo Villegas, Gabriel Borràs, Jorge Helmbrecht, Alfredo Pérez, Àlex Rocas, Rosa Maria Satorra, Salvador Sosa, David Gifreu, Agustí Alberca, Nadal Badia, Carlos Hernández, Josep Maria Torremilans, Francesc Marsà, Carles Setó, Jordi Clusellas, Ramon Martín, Toni Olm, Tomàs Pastor, Meritxell Salvador, Salvador Obis, Miguel Sánchez, Joan Ramoneda i Joan Lluís Solanas, membres de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Als suggeriments i aportacions de companys del Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu del Ter,

Francesc Llach, Laia Jiménez, Romero Roig i Èlia Bretxa, i d'una llarga llista de col·laboradors i estudiants en pràctiques, els noms dels quals no es detallen per no oblidar-nos-en de cap.

Finalment, a la família, als amics i als companys que ens han ajudat d'una manera o una altra els darrers anys fent algun tipus de suport durant les campanyes de pesca elèctrica o la revisió de paranys instal·lats a diversos dispositius de pas per a peixos, i que també, cada dia més s'han implicat en l'estudi dels peixos i les seves migracions i en la conservació de la natura en sentit ampli.

/ Bibliografia

- AGENCES DE L'EAU, 2002: *Système d'Evaluation de la Qualité Physique (hydromorphologique) des cours d'eau français. SEQ Physique (version v0')*. Document de travail en cours de validation. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Etat français. 38 pàg.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2002: *Criteris d'intervenció en espais fluvials*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2003: *Caracterització i propostes d'estudi dels embassaments catalans segons la Directiva marc de l'aigua 2000/60/CE del Parlament Europeu*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2005: *Caracterització de masses d'aigua i anàlisi de risc d'incompliment dels objectius de la Directiva marc de l'aigua (2000/60/CE) a Catalunya (conques intra i intercomunitàries), en compliment als articles 5, 6 i 7 de la Directiva*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 860 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2006a: *BIORI. Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 89 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2006b: *HIDRI. Protocol per a la valoració de la qualitat hidromorfològica dels rius*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 158 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2006c: *ECOZO. Protocol d'avaluació de l'estat ecològic de les zones humides*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 40 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2006d: *ECOES. Protocol d'avaluació de l'estat ecològic dels estanys*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 70 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2006e: *ECOEM. Protocol d'avaluació del potencial ecològic dels embassaments*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Barcelona, 43 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, s.d: *Guia Tècnica: Recomanacions tècniques per al disseny d'infraestructures que interfereixen en l'espai fluvial*. Documents tècnics 4. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2009: *Treballs per a la redacció de les "Bases tècniques per al desenvolupament del Programa de Mesures enfocat a la millora de la connectivitat fluvial a Catalunya"*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, document inèdit.
- AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA, 2010: *Ajust de l'índex d'Integritat Biòtica (IBICAT) basat en lús dels peixos com a indicadors de qualitat ambiental als rius de Catalunya*. Departament de Medi ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 187 pàg.
- ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUELLAR, P.; ÁLVAREZ, M, AVILÉS, J.; BONADA, N.; CASAS, J.; MELLADO, A.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; ROBLES, S.; SÁINZ-CANTERO, C.E.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M.L.; TORO, M.; VIDAL-ALBARCA, M.R.; VIVAS, S.; ZAMORA-MUÑOZ, C., 2002.: Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica*, 21: 175-185.
- ALCARAZ, C.; BISAZZA, A.; GARCÍA-BERTHOU, E, 2008: Salinity mediates the competitive interactions between in-

- vasive mosquitofish and an endangered fish. *Oecologia*, 155: 205-213.
- AGUIRRE, A.; ALONSO, F.; BRUFAO, P.; GARCÍA DE JALÓN, D.; SCHMIDT, G., 1998: *Manual Práctico sobre minicentrales hidroeléctricas*. Asociación para el estudio y mejora de los salmónidos (AEMS), Madrid, 98 pàg.
- ALLAN, J.D.; I FLECKER, A.S., 1993: Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43: 32-43.
- AMSTRUP, S.C.; McDONALD, T.L., I MANLY, B.F.J., (ed.), 2005: *Handbook of Capture-Recapture Analysis*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 313 pàg.
- AMSTRONG, G.S.; APHRAHAMIAN, M.W.; FEWINGS, G.A.; GOUGH, P.J.; READER, N.A.; VARALLO, P.V., 2004.: *Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes on the Legislation, Selection and Approval of Fish Passes in England and Wales*. Environment Agency., Wales., 313 pàg.
- APARICIO, E.; VARGAS, M.J.; OLMO, J.M., SOSTOA, A., 2000: Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed on the Iberian Peninsula. *Environmental Biology of Fishes*, 59(1): 11-19.
- APARICIO, E.; GARCÍA-BERTHOU, E.; ARAGUAS, R.M.; MARTÍNEZ, P.; GARCÍA-MARTÍN, J.L., 2005: Body pigmentation patterns to assess introgression by hatchery stocks in native *Salmo trutta* from Mediterranean streams. *Journal of Fish Biology*, 67: 931-949.
- APARICIO, E.; CARMONA-CATOT, G.; KOTTELAT, M.; PEREA, S.; DO-ADRIO, I., 2013: Identification of *Gobio* populations in the northeastern Iberian Peninsula: first record of the non-native Languedoc gudgeon *Gobio occitaniae* (Teleostei, Cyprinidae). *BiolInvasions Records*, 2(2): 163-166.
- ARAGUAS, R.M.; SANZ, N.; PLA, C.; GARCÍA-MARÍN, J.L., 2006: Breakdown of the brown trout evolutionary history due to hybridization between native and cultivated fish. *Journal of Fish Biology*, 65 (Issue Supplement S1): 28-37.
- ARBAČIAUSKAS, K.; SEMENCHENKO, V.; GRABOWSKI, M.; LEUVEN, R.; PAUNOVIĆ, M.; SON, M.O.; CSANYI, B.; GUMULIAUSKAITE, S.; KONOPACKA, A.; VAN DER VELDE, G.; VEZHNOVETZ, V.; PANOV, V.E., 2008: Assessment of biological contamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways. *Aquatic Invasions*, 3: 206-224.
- ARMENGOL, J.; NAVARRO, E.; GARCÍA-BERTHOU, E.; MORENO-AMICH, R. (dir.), 2003: Caracterització i propostes d'estudi dels embassaments catalans segons la Directiva 2000/60/EC del Parlament Europeu. Informe final per a l'Agència Catalana de l'Aigua, 212 pàg.
- BATES, K. 2003: Design of road culverts for fish passages. Washington Department of Fish and Wildlife, Land and Restoration Services Program, Environmental Engineering Services, 32 pàg.
- BAILLIE, J.; GROOMBRIDGE, B. (ed.). 1996: *IUCN Red List of Threatened Animals*. World Conservation Union (IUCN), Gland i Cambridge.
- BELPAIRE, C.; SMOLDERS, R.; VANDEN AUWEEKE, I.; ERCKEN, D.; BREINE, J.; VAN THUYNE, G.; OLLEVER, F., 2000: An index of biotic integrity characterizing fish populations and the ecological quality of Flandrian water bodies. *Hydrobiologia*, 434: 33.
- BLANCHET, S.; LOOT, G.; GRENOUILLET, G.; BROUSSE, S., 2007: Competitive interactions between native and exotic salmonids: a combined field and laboratory demonstration. *Ecol., Freshw. Fish*, 16(2): 133-143.
- BLANCO, J.C.; GONZÁLEZ, J.L. (ed.), 1992: *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 714 pàg.
- BOON J.; HOLMES, N.T.H.; MAITLAND, P.S.; ROWALL, T.A. DAVIES, J., 1997: A system for evaluating rivers for conservation (SERCON): development structure and function. A Boon P.J. i D.L. Howell (ed). *Freshwater Quality: Defining the Indefinable?*: 299-326. The Stationery Office, Edimburgh.

- BOON J.; WILKINSON, J.; MARTIN, J., 1998: The application of SERCON (System for Evaluating Rivers for Conservation) to a selection of rivers in Britain. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystems*, 8: 597-616.
- BRUFAO, P., 2006: La demolición de presas en España: un repaso por Comunidades Autónomas. *Quercus*, 241: 34-41.
- BRUSLÉ, J.; QUIGNARD, J-P.; 2001: *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Éditions Tec&Doc, París. 625 pàg.
- CAROL, Q.; BENEJAM, L.; POU-ROVIRA, Q.; ZAMORA, L.; GARCÍA-BERTHOU, E., 2003: Primera citació de brema blanca (*Abramis bjoerkna*) a Catalunya i noves introduccions de peixos exòtics (*Alburnus alburnus*, *Sander lucio-perca* i *Silurus glanis*) en diverses conques catalanes. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 71: 135-136.
- CASALS, F., 2005: *Les comunitats íctiques dels rius mediterranis: relacions amb les condicions ambientals*. Tesi, Universitat de Barcelona, 353 pàg.
- CASALS, F.; SEBASTIÀ, 2010: *Seguiment de les poblacions de peixos de l'estany d'Ivars i Vila-sana. Any 2010*. Departament de Producció Animal (secció de fauna silvestre), Escola tècnica superior d'Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida, 49 pàg. Disponible a: <http://www.estanyivarsvilasana.cat/engine/files/files/estudis-de-seguiment/Peixos%202010.pdf>
- CATALAN, J.; VILALTA, R.; WEITZMANN, B.; PIGEM, C.; VENTURA, M.; ARANDA, R. I COMAS, E. 1997. *L'obra hidràulica en els Pirineus. Avaluació, correcció i prevenció de l'impacte mediambiental*. ENHER, FECSA i Fundació La Caixa. Barcelona. 583 pàg.
- CEN, 2002: CEN Tc 230/WG 2/TG5:N32 2002. *A guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*.
- CEN, 2003: CEN EN 14011:2003. *Water quality - Sampling of fish with electricity*.
- CEN, 2005: CEN Bs EN 14757:2005. *Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets*.
- CEN, 2010: EN 15843:2010 *Water quality - Guidance standard on determining the degree of modification of river hydromorphology*.
- CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX), 1998: *Sistemas de paso para peces en presas*. Ministerio de Fomento, Madrid.
- CEMAGREF, 1982: *Canaux, voies navigables et grand gibier*. Ministère de l'Agriculture, Paris: 43 pàg.
- CLAVERO, M.; GARCÍA-BERTHOU, E., 2005: Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 110.
- CLAVERO, M.; BLANCO-GARRIDO, F.; PRENDA, J. 2006: Monitoring small fish populations in streams: a comparison of four passive methods. *Fisheries research*, 78: 243-251.
- CLAVERO, M.; GARCÍA-BERTHOU, E., 2006: Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula. *Ecological Applications*, 16: 2313-2324.
- CLAVERO, M.; HERMOSO, V.; LEVIN, N.; KARK, S., 2010: Geographical linkages between threats and imperilment in freshwater fish in the Mediterranean Basin. *Diversity & Distributions*, 16: 744-754.
- COWX, I.G.; WELCOMME, R.L. (ed)., 1998: *Rehabilitation of rivers for fish*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) by Fishing News Books (Blackwell Science Ltd.), Oxford i Northampton, 260 pàg.
- D'ANTONIO, C.M.; VITOUSEK, M., 1992: Biological invasions by exotic grasses, the grass-fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23: 63-87.
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA), 2010: *Eel Management plans for the United Kingdom*

- North West River Basin District. UK Government London, 27 pàg. Disponible a: <http://ww2.defra.gov.uk/>
- DEGERMAN, E.; NYBERG, P., APPELBERG, M., 1988: Estimating the number of species and relative abundance of fish in oligo-thropic Swedish lakes using multi-mesh gillnets. *Nordic Journal of Freshwater resources*, 64: 91-100.
- DICCIONARI DE LA LLENGUA CATALANA (DIEC2 EN LÍNIA). 2011. Institut d'Estudis Catalans. Segona edició i revisió de l'abril de 2011, Barcelona. Disponible a: <http://dlc.iec.cat/index.html>.
- DMAH, 2004: *Espècies protegides. Nàïades*. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Disponible a: http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/fauna/fauna_auctoetona/especies_protegides/naiade.jsp
- DOADRIO, I. (ED.), 2001: *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ministerio de Medio Ambiente, 364 pàg.
- DOADRIO, I.; MADEIRA, M.J., 2004: A new species of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (*Actynopterigii*, *Cyprinidae*) from the Iberian Peninsula and southwestern France. *Graellsia*, 60(1):107-116.
- DUNKLEY, D. A. I SHEARER, W. M. 1982: An assessment of the performance of a resistivity fish counter. *Journal of Fish Biology*, 20: 717-737.
- EARTHERLEY, D.M.R.; THORLEY, J.L.; STEPHEN, A.B.; SIMPSON, I.; MACLEAN, J.C.; YOUNGSON, A.F., 2005: *Trends in Atlantic salmon: the role of automatic fish counter data in their recording*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 100 (ROAME No. F01NB02). Regne Unit.
- EC, 1992: Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal of the European Communities*.
- EC, 2000: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*.
- EC, 2007: Council Regulation (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. *Official Journal of the European Communities*.
- ELOSEGUI, A.; SABATER, S. (ed.), 2009: *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA, Bilbao, 444 pàg.
- ELVIRA, B. 1995: Freshwater fishes introduced in Spain and relationships with autochthonous species. P. 262-265. I A: *Protection of aquatic biodiversity* (Philipp, E. P.; Epifanio, J. M.; Marsden, J. E.; Claussen, J. E. i Wolotira, R. J. Ed.).
- ELVIRA, B. 1997: El declive de los peces fluviales en España. *Ecosistemas*, 22: 66-71.
- ELVIRA, B.; NICOLA, G.G.; ALMODÓVAR, A., 1998a: *Sistemas de paso para peces en presas*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- ELVIRA, B.; NICOLA, G.G.; ALMODÓVAR, A., 1998b: *Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna. Dispositivos de paso para peces en las presas de España*. Organismo Autónomo de Parques Naturales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 208 pàg.
- ENCINA, L.; RODRIGUEZ, A.; GRANADO, C.; ESCOT, C., 2001: *Gestión y evaluación de embalses: estudio de las poblaciones de peces*. Universidad de Sevilla. Conserjería de Obras Públicas y Transportes.
- FAUSCH, K.D.; KARR, J.R.; YANT, P.R., 1984: Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113: 39-55.
- FERNÁNDEZ, J. V.; FARNÓS, À. (ED.) 1999: *Els esturions (el cas del riu Ebre)*. Direcció General de Pesca Marítima,

- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya, i Museu del Montsià. 127 pàg.
- FLEISHHACKER, T.; HERN, K., 2002: *Ecomorphological survey of Large Rivers*. German Federal Institute of Hydrology. Koblenz, 41 pàg.
- FREYHOF, J.; BROOKS, E., 2011: *European Red List of Freshwater Fishes*. Publications Office of the European Union, Luxemburg, 646 pàg.
- GARCÍA, J.; LLANOS, A.; MARTÍNEZ DE AZAGRA, A., 2005: Diseño de obras de paso compatibles con la migración de peces. Design of fish-friendly culvert crossings. *Ingeniería Civil*, 139 (1): 132-139.
- GARCÍA DE JALÓN, D.; GONZÁLEZ, M.; CASADO, C., 1992: Ecology of regulated streams in Spain: An overview. *Limnetica*, 8: 161-166.
- GARCÍA DE JALÓN, D.; MAYO, M.; HERVELLA, F.; BARCELÓ, E.; FERNÁNDEZ, T., 1993: *Principios y Técnicas de Gestión de la Pesca en Aguas Continentales*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 247 pàg.
- GARCÍA-BERTHOU, E.; MORENO-AMICH, R. 2000: Introduction of exotic fish into a Mediterranean lake over a 90-year period. *Archiv für Hydrobiologie*, 149: 271-284.
- GARCÍA-BERTHOU, E., 2001: Size - and depth - dependent variation in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquat. Sci.*, 63: 466-476.
- GARCÍA-MARÍN, J.L.; PLA, C. 1996: Origins and relationships of native populations of brown trout (*Salmo trutta*) in Spain. *Heredity*, 76, 313-323.
- GEBNER, J.; TAUTENHAHN, M.; VON NORDHEIM, H.; BORCHERS, T., 2010: *Nationaler Aktionsplan zum Schutz und zur Erhaltung des europäischen Störs (Acipenser sturio)*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn, 84 pàg.
- GEERAERTS, C.; OVIDIO, M.; VERBIEST, H.; BUYSSE, D.; COECK, J.; BELPAIRE, C.; PHILIPPART, J.C. 2007: Mobility of individual roach *Rutilus rutilus* (L.) in three weir-fragmented Belgian rivers. *Hydrobiologia*, 582: 143-153.
- GÓMEZ, F.; DÍAZ, J. L., 1991: *Guía de los peces continentales de la Península Ibérica*. El búho viajero, serie Aire Libre, 43. Libros Penthalon, Acción Divulgativa, S. L., Madrid, 399 pàg.
- GORDON, D.R., 1998: Effects of invasive, non-indigenous plant species on ecosystem processes: lessons from Florida. *Ecological Applications*, 8: 975-989.
- GOSSET, C.; LARINIER, M.; PORCHER, J.P.; TRAVADE, F., 1993: *Pas-ses à poissons. Expertise et conception des ouvrages de franchissement*. Conseil Supérieur de la Pêche., París, 336 pàg.
- GRANADO, C., 1995: La ictiofauna de los ríos españoles. *Quercus*, 111: 31-34. Madrid.
- GRANADO, C., 1996: *Ecología de peces*. Serie Ciencias, 45. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Universidad de Sevilla. Sevilla. 353 pàg.
- GRANADO, C., 2000: *Ecología de comunidades: El paradigma de los peces de agua dulce*. Universidad de Sevilla.
- HAGER, H.A., 2004: Competitive effects versus competitive response of invasive and native wetland plant species. *Oecologia*, 139: 140-149.
- HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. (ed.), 2006: *Methods in stream ecology*. Academic Press, San Diego, California (EUA). 877 pàg.
- HICKMAN, G.D.; BROWN, A.M.; PECK, G., 1994: *Tennessee Valley reservoir and stream quality. 1993 summary of reservoir fish assemblage results*. Tennessee Valley Authority, Norris, Tennessee (EUA).
- HOFFMAN, R.C., 1994: Remains and verbal evidence of carp (*Cyprinus carpio*) in medieval Europe. A *Fish Exploitation in the past. Proceedings of the 7th Meeting of the ICAZ Fish Remains*. W. Van Neer ed.

- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN), 2011: *The IUCN Red List of Threatened Species 2011.2*. Disponible a: <http://www.iucnredlist.org>
- JUNGWIRTH, M.; SCHMUTZ, S.; WEISS, S. (ed.), 1998: *Fish migration and Fish Bypasses*. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd. Cambridge, 438 pàg.
- KAMULA, R., 2001: *Flow over weirs with application to fish passage facilities*. Department of Process and Environmental Engineering, Univesity of Oulu.
- 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.
- KEITH, P.; PERSAT, H.; FEUNTEUN, É.; ALLARDI, J., 2011: *Les poissons d'eau douce de France*. Collection Inventaires & biodiversité, Biotope Éditions, Mèze - Museum national d'Histoire Naturelle, Paris. 552 pàg.
- KNAEPKENS, G.; BAEKELANDT, K.; EENS, M., 2005: Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. *Ecology of Freshwater Fish*, 1-10.
- KOTTELAT, M.; FREYHOF, J., 2007: *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, 646 pàg.
- KROES, M.J.; GOUGH, P.; WANNINGEN, H.; SCHOLLEMA, P.P.; ORDEIX, M.; VESELÝ, D., 2006: *From sea to source. Practical guidance for the restoration of fish migration in European Rivers*. Projecte Interreg IIIC "Community Rivers", Hunze en Aa's Water Board, Gröningen, 120 pàg. Disponible a: <http://www.hunzeenaas.nl/binaries/website/documenten/vismigratie/guidance-from-sea-to-source.pdf>
- LARINIER, M., 2001: Environmental issues, dams and fish migration. In: *Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution*. G. Marmulla (ed): 45-89. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma, Itàlia.
- LARINIER, M., 2002a: Fish passages through culverts, rock weirs and estuarine obstructions. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 346 suppl.: 119-134.
- LARINIER, M., 2002b: Location of fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 346 suppl.: 39-53.
- LARINIER, M., 2002c: Pool fishways, pre-barrages and natural bypass channels. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 346 suppl.: 54-82.
- LARINIER, M.; PORCHER, J.P.; TRAVADE, F.; GOSSET, C., 1994: *Passes à poissons. Expertise et conception des ouvrages de franchissement*. Collection Mise au point. Conseil Supérieur de la Pêche, París, 336 pàg.
- LEUNDA, P.M.; ELVIRA, B.; RIBEIRO, F.; MIRANDA, R.; OSCOZ, J.; ALVES, M.J.; COLLARES, M.J., 2009: International Standardization of Common Names for Iberian Endemic Freshwater Fishes. *Limnetica*, 28 (2): 189-202.
- LIERMANN, C.R.; NILSSON, C.; ROBERTSON, J.; NG, R.Y., 2012: Implications of Dam Obstruction for Global Freshwater Fish Diversity. *BioScience*, 62: 539-548.
- LOBÓN-CERVIÁ, J., 1991: *Estudio de poblaciones de peces en ríos. Pesca eléctrica y métodos de estima de la abundancia*. Museo Nacional de Ciencias Naturales - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 156 pàg.
- LOZANO-REY, L., 1935: *Los peces fluviales de España*. Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, serie de Ciencias Naturales 5: 1-390.
- LUCAS, M.C.; BARAS, E., 2001: *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science. Oxford, United Kingdom. 420 pàg.
- MADER, H.; MAIER, C., 2008: A method for prioritizing the reestablishment of river continuity in Austrian rivers. *Hydrobiologia*, 609: 277-288.

- MALLEN-COOPER, M., 1993: *Proceedings of the workshop on fish passage in Australia*. Fisheries Research Institute, Cornulla, 21 pàg.
- MARGALEF, R., 1983: *Limnología*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1010 pàg.
- MARMULLA, G.; WELCOME, R. (ed.), 2002: *Fish passes. Design, dimensions and monitoring*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) i Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturvau (DVWK), Roma, 118 pàg.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A.; GARCÍA, J., 2003: *Diseño de ascensores para peces*. Ingeniería Civil, 132 (1): 83-93.
- MIRÓ, A., 2011: *Les truites als estanys dels Pirineus. Tradicions, vivències i implicacions per a la conservació*. Col·lecció Guimet, 154, Pagès editors, Lleida, 214 pàg.
- MOORE, D., 2005: *Estadística aplicada básica*. Editorial Antoni Bosch, DL., 2a ed., Barcelona.
- MOORE, J.W.; SCHINDLER, D.E. 2008: Biotic disturbance and benthic community dynamics in salmon-bearing streams. *Journal of Animal Ecology*, 77: 275-284.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; PRAT, N., 1998: QBR: Un índice para la evaluación de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, 175:20-37.
- NICOLA, G.G.; ELVIRA, B.; ALMODÓVAR, A., 1996: Dams and fish facilities in the large rivers of Spain: effects on migratory species. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 113; *Large Rivers*, 10: 375-379.
- OLIVEIRA, J.M. (coord.), Santos, J.M.; Teixeira, A.; Ferreira, M.T.; Pinheiro, P.J.; Geraldès, A.; Bochechas, J., 2007: *Projecto AQUARIPOORT: Programa Nacional de Monitorização de Recursos Piscícolas e de Avaliação da Qualidade Ecológica de Rios*. Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Lisboa, 96 pàg.
- ORDEIX, M.; POU-ROVIRA, Q.; SELLARÈS, N.; MUNNÉ, A.; PAGÈS, J.; SOLÀ, C., 2006: *Avaluació dels dispositius de pas per a peixos per a l'anàlisi de la connectivitat als rius de Catalunya*. Treball efectuat pel CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter (Manlleu) en conveni amb l'Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona. Document inèdit, 289 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>
- ORDEIX, M.; BRETXA, È.; LLOBET, T., 2007: *L'anguila i el seu espectacular viatge transoceànic*. CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter amb el suport de l'Obra social Caixa d'Estalvis i Pensions de Barcelona "la Caixa" a proposta del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, Manlleu, 54 pàg. Disponible a: <http://mediambient.gencat.cat>
- ORDEIX, M.; POU-ROVIRA, Q.; SELLARÈS, N.; MUNNÉ, A.; BARDINA, M.; SOLÀ, C.; PAGÈS, J., 2009: *Avaluació de l'eficàcia de sis dispositius de pas per a peixos dels rius de Catalunya. Anys 2006-2009. Treballs preliminars a la redacció del Pla de Millora de la Connectivitat fluvial a Catalunya*. Treball efectuat pel CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter (Manlleu) en conveni amb l'Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona. Document inèdit, 189 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>
- ORDEIX, M.; SELLARÈS, N.; POU-ROVIRA, Q.; MUNNÉ, A.; CASAMITJANA, A., 2010: *Treballs d'avaluació de l'eficàcia de dispositius de pas per a peixos dels rius de Catalunya. Any 2010*. Treball efectuat pel CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter (Manlleu) per encàrrec de l'Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona. Document inèdit, 166 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>

- ORDEIX, M.; POU-ROVIRA, Q.; SELLARÈS, N.; BARDINA, M.; CASA-MITJANA, A.; SOLÀ, C. I MUNNÉ, A., 2011: Fish pass assessment in the rivers of Catalonia (NE Iberian Peninsula). A case study of weirs associated with hydropower plants and gauging stations. *Limnetica*, 30 (2): 405-426.
- PAGE, L.M.; PURR, B.M., 1991: *A Field Guide to Freshwater Fishes of North America North of Mexico*. Peterson Field Guide Series 42. Houghton Mifflin Company. Boston, EUA. 432 pàg.
- PANOV, V.E.; ALEXANDROV, B.; ARBACIAUSKAS, K.; BINIMELIS, R.; COPP, G.H.; GRABOWSKI, M.; LUCY, F.; LEUVEN R.; NEHRING, S.; PAUNOVIC, M.; SEMENCHENKO, V.; SON, M.O., 2009: Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 5 (1): 110-126.
- PARDO, I.; ÁLVAREZ, M.; CASAS, J.; MORENO, J.L.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ALBA-TERCEDOR, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; MOYA, G.; PRAT, N.; ROBLES, S.; SUÁREZ, M.L.; TORO, M.; VIDAL-ALBARCA, M.R., 2002: El hàbitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hàbitat. *Limnetica*, 21:115-133.
- PRADILLO, A., 2009: *Manual de métodos de censo y muestreo de peces continentales. Herramientas para su gestión*. Ed. Tundra., Madrid., 62 pàg.
- PEDERSEN, M.L.; BAATTRUP-PEDERSEN, A., 2003: *National monitoring programme 2003-2009. Assessment methods manual*. Technical Report No. 21, National Environmental Research Institute of Denmark.
- PÉREZ-BOTE, J. L., 1995: La expansión de peces introducidos, indicio de la degradación de los ríos. *Quercus*, 111: 38-41.
- PINI PRATO, E., 2007: Descrittori per interventi di ripristino della continuità fluviale: Indici di Priorità di Intervento. *Biologia Ambientale*, 21 (1): 9-16.
- PINI, E.; NOCITA, A.: *A fish pass in a typical mediterranean watercourse*. University of Florence.
- POU-ROVIRA, Q.; CLAVERO, M.; CRUSET, E.; FRANCH, N.; QUERAL, J.M., 2006: *Seguiment i estudi del nucli de fúndul (Fundulus heteroclitus) al Delta de l'Ebre*. Memòria 2008. Sorelló, Estudis al Medi Aquàtic, i Grup d'Ictiologia del Parc Natural del Delta de l'Ebre. Memòria inèdita, 57 pàg. Disponible a: <http://www20.gencat.cat/docs/parcsnaturals/Home/Delta%20de%20l'Ebre/Coneix-nos/Centre%20de%20documentacio/Fons%20documental/Biblioteca%20digital/Fauna>
- POU-ROVIRA, Q.; CLAVERO, M.; ZAMORA, L., 2007: *Els peixos de les Gavarres i entorns*. Biblioteca Lluís Esteva, Consorci de les Gavarres, Monells, 135 pàg.
- PORCHER, J.P.; TRAVADE, F., 2002: Fishways: biological basis, limits and legal considerations. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 346 suppl.: 9-20.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; BONADA, N., 1997. *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs i el Foix. Informe 1997*. Servei de Medi Ambient, Diputació de Barcelona.
- PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; SOLÀ, C.; BONADA, N. 2000. *Ecostrimed. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis*. Estudis de la qualitat ecològica dels rius, 8, Diputació de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Barcelona, 94 pàg.
- PRAT, N.; PUÉRTOLAS, L.; RIERADEVALL, M., 2008: *Els espais fluvials. Manual de diagnosi ambiental*. Diputació de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Barcelona, 117 pàg.
- PRIMACK, R.B., 1998: *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland, USA. 660 pàg.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M.; REJMANEK, M.; WEBSTER, G.L.; WILLIAMSON, M.; KIRSHNER, J., 2004: Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 53: 131-143.

- QUERAL, J. M.; BALADA, R.; BERTOLERO, A., 1999: *Peixos, amfibis i plantes aquàtiques del Delta de l'Ebre*. Parc Natural del Delta de l'Ebre, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya. Deltebre (Baix Ebre). 174 pàg.
- RAVEN P.J.; HOLMES, N.T.H.; DAWSON, F.H.; FOX, P.J.A.; EVERARD, M.; FOZZARD, I.R.; ROUEN, K.J. 1998: *River Habitat Quality - the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man*. Environment Agency, Bristol, 85 pàg.
- REDDIN, D.G.; O'CONNELL, M.F.; DUNKLEY, D.A., 1992: Assessment of an automated fish counter in a Canadian river. *Aquaculture Research*, 23: 113-121.
- REISER, D.W.; PEACOCK, R.T., 1985: A technique for assessing upstream fish passage problems at small-scale hydropower developments. *Symposium on Small HydroPower and Fisheries*, 423-432. American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, Maryland.
- ROCASPANA, R.; GUILLEM, R.; POU, C., 2009: *Estudi sobre la connectivitat ecològica en la xarxa hidrogràfica del Parc Natural de l'Alt Pirineu*, Parc Natural de l'Alt Pirineu. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 66 pàg. Document inèdit.
- RODRIGUEZ-RUIZ, A.; GRANADO-LORENCIO, C., 2006: Spawning period and migration of three species of cyprinids in a stream with Mediterranean regimen (SW Spain). *Journal of Fish Biology*, 41 (4): 545 - 556.
- RONI, P. (ed.), 2005: *Monitoring Stream and Watershed Restoration*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 350 pàg.
- SAILA, S.B.; POYER, D.; AUBE, D., 2005: *Small Dams and Habitat Quality in Low Order Streams* Wood. Pawcatuck Watershed Association.
- SANZ, N.; ARAGUAS, R.M.; FERNÁNDEZ, R.; VERA, M.; GARCÍA-MARÍN, J.L., 2009: Efficiency of markers and methods for detecting hybrids and introgression in stocked populations. *Conserv. Genet.* 10: 225-236.
- SANZ-RONDA, J.; BRAVO, J.; MARTÍNEZ, A., 2009: Impactos y soluciones de las estaciones de aforo V-flat sobre las especies de peces migratorias de la Península Ibérica. *Ríos con vida*, 83: 16-23.
- SANTO, M. 2005. *Dispositivos de passagem para peixes em Portugal*. Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Editideias — Edição e Produção, Lda. Lisboa. 137 pàg.
- SOLÀ, C.; ORDEIX, M.; POU-ROVIRA, Q.; SELLARÈS, N.; QUERALT, A.; BARDINA, M.; CASAMITJANA, A.; MUNNÉ, A., 2011: Longitudinal connectivity in hydromorphological quality assessments of rivers. The ICF index: A river connectivity index and its application to Catalan rivers. *Limnetica*, 30 (2): 273-292.
- SOSTOA, A. DE; ALLUÉ, R.; BAS, C.; CASALS, F.; CASAPONSA, J.; CASTILLO, M.; DOADRIO, I., 1990: *Peixos. Història Natural dels Països Catalans*, 12, Enciclopèdia Catalana, SA., Barcelona, 487 pàg.
- SOSTOA, A. DE; CAIOLA, N.M.; VINYOLÉS, D.; SÁNCHEZ, S.; FRANCH, C.; CASALS, F.; GODÉ, L.; MUNNÉ, A., 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*. Aplicació de la Directiva marc en política d'aigües de la Unió Europea (2000/60/CE). Informe final del Departament de Vertebrats de la Universitat de Barcelona per a l'Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, 204 pàg. Disponible a: <http://aca-web.gencat.cat/aca>
- SOSTOA, A. DE; CAIOLA, N.M.; CASALS, F.; GARCÍA-BERTHOUS, E.; ALCARAZ, C.; BENEJAM, L.; MACEDA, A.; SOLÀ, C.; MUNNÉ, A., 2010: *Ajust de l'índex d'Integritat Biòtica (IBICAT) basat en l'ús dels peixos com a indicadors de la qualitat ambiental als rius de Catalunya*. Agència Cata-

- lana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 187 pàg.
- SOSTOA, A. DE; GARCÍA DE JALÓN, D.; GARCIA-BERTHOU, E., 2005: *Protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente i URS, Saragossa. 45 pàg.
- THORLEY, J.L.; EATHERLEY, D.M.R.; STEPHEN, A.B.; SIMPSON, I.; MACLEAN, J.C.; YOUNGSON, A.F., 2005: Congruence between automatic fish counter data and rod catches of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Scottish Rivers Journal of Marine Science*, 62: 809-817.
- THORNCRAFT, G.; HARRIS, J.H., 2000: *Fish passage and fishways in new South Wales: a status report*. Office of Conservation NSW Fisheries, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology.
- TRAVADE, F.; LARINIER, M., 2002: Monitoring techniques for fishways. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 346 suppl.: 166-180.
- TUXILL, J.; BRIGHT, C., 1998: Es trenquen els fils de la trama de la vida. Dins, L. R. Brown; C. Flavin I H. F. French (dir.), *L'estat del món 1998. Un informe del Worldwatch Institute sobre el progrés cap a una societat sostenible*: Centre UNESCO de Catalunya, Barcelona, 258 pàg.
- VINYOLES, D.; ROBALO, J. L.; SOSTOA, A. DE; ALMODÓVAR, A.; ELVIRA, B.; NICOLA, G.G.; FERNÁNDEZ-DELGADO, C.; SANTOS, C.S.; DOADRIO, I.; SARDÀ-PALOMERA, F.; ALMADA, V.C., 2007: Spread of the alien bleak *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) (*Actinopterygii, Cyprinidae*) in the Iberian Peninsula: the role of reservoirs. *Graellsia*, 63: 101-110.
- VINYOLES, D.; SOSTOA, A., DE. 2007: Life-history traits of the endangered river blenny *Salaria fluviatilis* (Asso) and their implications for conservation. *Journal of Fish Biology*, 70: 1088-1108.
- WILDMAN, L.; PARASIEWICZ, P.; KATOPODIS, C.; DUMONT, U: *An illustrative handbook on nature-like fishways*. 21 pàg.
- WITKOWSKI, A., 2006: Nobanis - Invasive Alien Species Fact Sheet. - *Pseudorasbora parva*. *European Network on Invasive Alien Species (NOBANIS)*. Disponible a: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Pseudorasbora_parva.pdf
- ZAMORA, L.; POU-ROVIRA, Q., 2003: Noves introduccions i poblament actual de peixos a l'estany de Banyoles. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 71: 136-139.
- ZITEK, A.; SCHMUTH, S.; JUNGWIRTH, M., 2008: Assessing the efficiency of connectivity measures with regard to the EU-Water Framework Directive in a Danube-tributary system. *Hydrobiologia*, 609: 139-161.
- ZIPPIN, C., 1958: The removal method of population estimation. *Journal of Wildlife Management*, 22: 82-90.

/ Annexos

1. APLICACIÓ DE L'ÍNDEX IBICAT₂₀₁₀

L'aplicació de l'índex IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010), de qualitat biològica dels rius basada en la comunitat de peixos, i l'assignació d'un nivell de qualitat a un punt determinat de mostreig requereixen seguir els passos següents:

- a) Càlcul del tipus de riu aplicant una funció de classificació a vuit descriptors ambientals.
- b) Càlcul d'una sèrie de mètriques, segons el tipus de riu.
- c) Aplicació de l'equació:

$$\text{IBICAT}_{2010} = -\Sigma(\text{mètrica transformada} \times \text{pes específic}) + K$$
- d) Assignació del nivell de qualitat.
- e) Representació gràfica del nivell de qualitat de les masses d'aigua (opcional).

A. Determinació de la tipologia del punt de mostreig

La regionalització o tipologia dels rius generada a partir de l'aplicació l'IBICAT₂₀₁₀ permet identificar sistemes ecològics relativament homogenis sobre la base de variables fisiogràfiques i hidromorfològiques —tal com requereix la Directiva marc de l'aigua—, però amb comunitats piscícoles homogènies.

L'IBICAT₂₀₁₀ estableix que el punt de mostreig s'ha de classificar en una tipologia d'entre sis de possibles, a partir de les característiques ambientals del punt de mostreig (ordre del riu, altitud, pendent, distància a la desembocadura, temperatures i precipitacions). Les variables seleccionades són totes de caràcter fisiogeo-

gràfic i meteorològic. Això vol dir que no cal mesurar-les *in situ* i que, per tant, una massa d'aigua es pot classificar segons el tipus de riu abans de mostrejar-la *in situ*.

S'ha de calcular una funció simple per a cada grup i escollir aquell en què el resultat sigui més alt, que indica el tipus de riu corresponent. El càlcul per grup s'obté fent el sumatori del producte de cada descriptor ambiental (taula 8) pel coeficient que surt en una taula (taula 9) Sumant-li al final la constant que també surt a la taula anterior (taula 9):

$$\text{Tipologia}_i = C_i + Y_{i1} \times V1 + Y_{i2} \times V2 + \dots + Y_{in} \times Vn$$

On el subíndex *i* representa el grup pel qual s'està calculant la funció, *C* és la constant del grup *i*, *Y_{i1}* és el coeficient de la variable 1 en el grup *i* i *V1* és el valor de la variable 1 a la massa d'aigua en qüestió.

Per a cada massa d'aigua, es calcula la funció per als 6 grups i el valor més alt determina a quina tipologia pertany la massa d'aigua en qüestió.

Els sis tipus diferents són els següents:

- Tipus 1: torrents litorals
- Tipus 2: muntanya humida
- Tipus 3: eixos principals de les conques internes
- Tipus 4: zona baixa mediterrània
- Tipus 5: alta muntanya
- Tipus 6: eixos principals de l'Ebre

Codi descriptor	Nom descriptor	Unitat
Alt	Altitud	m
Pend	Pendent	m/km
Ord	Ordre del riu Strahler	
T.Aire	Temperatura mitjana anual	°C
T.Aire.Jul	Temperatura mitjana al juliol	°C
Prcpt.Anual	Precipitació mitjana anual	mm
Prcpt.Jul	Precipitació mitjana al juliol	mm
Dist.Desemb	Log (Distància a la desembocadura + 1)	km

Taula 8. Llista de descriptors ambientals i fisiogràfics de l'índex IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010) emprats per a la classificació dels punts de mostreig en un sol tipus. S'indica la unitat amb què s'han d'expressar.

B. Càlcul de mètriques

Les dades de partida de la comunitat de peixos han de ser les següents:

- Pesca elèctrica (una passada) d'un tram de riu 10 vegades la seva amplada amb un mínim de 100 m.
- Àrea pescada en m² (longitud del tram x amplada mitjana del tram).
- Determinació a escala d'espècie i recompte de tots els exemplars capturats.
- Biometria dels exemplars capturats (30 exemplars per espècie o la mostra total si és inferior a 30): longitud furcal o total, segons el tipus d'aleta caudal (mm); pes (aproximat a 0,1 g).
- Anotació de lesions, deformitats i paràsits externs per individu.
- Estimació de la densitat (ind/ha) i la biomassa (kg/ha).

El poblament de peixos de cada tram s'ha de classificar valorant si les espècies presents s'hi consideren autòc-

tones o introduïdes (taula 1) i també d'acord amb la tipologia (els tipus funcionals) d'aquestes espècies (taula 10). A partir de les dades del poblament de peixos de cada tram mostrejat, i segons la tipologia d'aquell tram de riu, s'han de calcular una sèrie de mesures d'aquest poblament; aquestes mètriques es mostren a la taula 11. Seguidament, cal transformar les dades; en uns casos, mitjançant l'arrel quadrada o, en altres, amb el logaritme neperià més 1.

S'ha definit un conjunt final de 17 mètriques (taula 11). Òbviament, la selecció de mètriques és diferent per a cada tipus de riu. Cada tipologia de riu fa servir com a mínim 2 d'aquestes mètriques i com a màxim 5.

Codi	Tipus 1	Tipus 2	Tipus 3	Tipus 4	Tipus 5	Tipus 6
Alt	0,330	0,336	0,323	0,327	0,339	0,325
Pend	0,221	0,200	0,187	0,195	0,252	0,213
Ord	3,184	3,089	5,440	3,271	4,534	6,390
T.Aire	25,916	23,506	24,638	24,649	22,351	23,798
T.Aire.Jul	42,542	44,249	42,827	43,129	42,260	42,785
Prcpt.Anual	0,248	0,244	0,259	0,254	0,239	0,250
Prcp.Jul	-0,273	-0,178	-0,293	-0,281	-0,231	-0,331
Dist.Desemb	-11,850	-6,956	-8,143	-6,399	-5,192	-1,199
Constant	-787,148	-801,222	-797,554	-791,417	-756,106	-798,456

Taula 9. Coeficients per als descriptors ambientals de la funció de classificació i constant per a cada tipus de riu (Sostoa i altres, 2010). Tipus 1: torrents litorals; tipus 2: muntanya humida; tipus 3: eixos principals de les conques internes; tipus 4: zona baixa mediterrània; tipus 5: alta muntanya; tipus 6: eixos principals de l'Ebre. Les unitats amb què s'ha d'expressar cada paràmetre es troben a la taula 8.

Els peixos dels rius i zones humides de Catalunya

FAMÍLIA	ESPÈCIE	TOLERÀNCIA	HÀBITAT ALIMENTACIÓ	HABITAT FÍSIC	REPRODUCCIÓ	ALIMENTACIÓ	MIGRACIÓ	LONGEVITAT	ESTATUS CAT
Cyprinidae	<i>A. arcasii</i>		WC					SL	A
Acipenseridae	<i>A. sturio</i>	I		RH	LITH	OMNI	LONG	LL	A
Cyprinidae	<i>A. alburnus</i>	T	WC			OMNI		SL	I
Clupeidae	<i>Alosa alosa</i>	I		RH			LONG	LL	A
Clupeidae	<i>Alosa fallax</i>	I		RH			LONG	LL	A
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	T	B		LITH	OMNI		IM	I
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	T	B			PISC	LONG	LL	A
Balitoridae	<i>B. barbatula</i>		B	RH	LITH	BENT		SL	A
Cyprinidae	<i>Barbus graellsii</i>	T	B		LITH	OMNI	POTAD	LL	A
Cyprinidae	<i>Barbus haasi</i>	I	B	RH	LITH	INSV		IM	A
Cyprinidae	<i>B. meridionalis</i>	I	B	RH	LITH	INSV		IM	A
Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	T	B		PHYT	OMNI		LL	I
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	T					LONG	LL	A
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>							SL	I
Cobitidae	<i>Cobitis calderoni</i>	I		RH		INSV		SL	A
Cobitidae	<i>Cobitis paludica</i>	T		RH		INSV		SL	A
Cottidae	<i>C. hispaniolensis</i>	I	B	LI	LITH	INSV		SL	A
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	T	B		PHYT	OMNI		LL	I
Esocidae	<i>Esox lucius</i>		WC		PHYT	PISC		LL	I
Poeciliidae	<i>G. holbrooki</i>	T	WC	LI		INSV		SL	I
Gasterosteidae	<i>G. gymnurus</i>		WC			INSV		SL	A
Cyprinidae	<i>Gobio lozanoi</i>		B	RH		INSV		SL	A
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	T	WC	LI		INSV		SL	I
Mugilidae	<i>Liza ramada</i>	T					LONG	LL	A
Centrarchidae	<i>M. salmoides</i>		WC	LI		PISC		LL	I
Cobitidae	<i>M. anguillicaudatus</i>	T	B	LI		OMNI		IM	I
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	T					LONG	LL	A
Salmonidae	<i>O. mykiss</i>			RH	LITH	PISC		IM	I
Cyprinidae	<i>P. miegii</i>	I	B	RH	LITH			IM	A
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	T	WC			PISC		LL	I
Petromyzontidae	<i>P. marinus</i>	I		RH	LITH		LONG	LL	A
Cyprinidae	<i>Phoxinus sp.</i>	I	WC	RH	LITH	OMNI		SL	A
Gobiidae	<i>P. microps</i>		B			INSV	LONG	SL	A
Cyprinidae	<i>P. parva</i>	T				OMNI		SL	I
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	T	WC			OMNI		IM	I
Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>		B		LITH	INSV		SL	A
							continua a la pàgina següent →		

FAMÍLIA	ESPÈCIE	TOLERÀN- CIA	HÀBITAT ALIMENTACIÓ	HABITAT FÍSIC	REPRO- DUCCIÓ	ALIMEN- TACIÓ	MIGRACIÓ	LONGE- VITAT	ESTATUS CAT
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	I		RH	LITH	PISC		IM	A
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>		WC		PHYT	PISC		LL	I
Cyprinidae	<i>S. erythrophthalmus</i>	T	WC	LI	PHYT	OMNI		LL	I
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	T	B		PHYT	PISC		LL	I
Cyprinidae	<i>Squalius laietanus</i>		WC	RH	LITH	OMNI		LL	A

Taula 10. Tipus funcionals de les espècies de peixos fluvials de Catalunya per al càlcul de l'IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010). T = tolerant, I = intolerant; WC = columna d'aigua, B = bentívor; RH = reòfil, LI = limnofíl; LITH = litòfil, PHYT = fitòfil; OMNIV = omnívor, PISC = piscívor, INSV = invertívor; LONG = migracions llargues (espècie diàdroma), POTAD = migracions curtes (espècie potamòdroma); SL = curta longevitat, IM = longevitat intermèdia, LL = longevitat llarga; A = espècie autòctona de Catalunya, I = espècie introduïda a Catalunya.

Codi	Mètrica	Unitat	Transformació
CPUEI	Densitat individus d'espècies introduïdes	Ind/ha	Ln+1
NIN_Mar	Densitat nadius migradors marins	Ind/ha	Ln+1
NIN_Pis	Densitat nadius piscívors ¹	Ind/ha	Ln+1
NIT_Int15	Densitat intolerants de menys de 15 cm	Ind/ha	Ln+1
NIT_Inv	Densitat invertívors	Ind/ha	Ln+1
NIT_Omn	Densitat omnívors	Ind/ha	Ln+1
NIT_Rhe	Densitat reòfils	Ind/ha	Ln+1
NSI_Tol	Nombre espècies introduïdes tolerants	N	Ln+1
NSN_Int	Nombre espècies nadiues intolerants	N	Ln+1
NSN_Lit	Nombre espècies nadiues litòfiles	N	Ln+1
PBN_Ben	% biomassa nadius bentònics	kg/ha	Arrel quadrada
PIT_DELT	% individus amb deformitats/lesions/paràsits	Ind/ha	Arrel quadrada
PIT_Int	% intolerants	Ind/ha	Arrel quadrada
PIT_Omn	% omnívors	Ind/ha	Arrel quadrada
PII_Inv	% individus d'espècies introduïdes invertívores	Ind/ha	Arrel quadrada
PSN_Lit	% d'espècies nadiues litòfiles	N	Arrel quadrada
PSN_Tol	% d'espècies nadiues tolerants	N	Arrel quadrada

Taula 11. Mètriques emprades en el càlcul de l'IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010) per al conjunt de les sis tipologies de rius possibles.
¹ Aquesta mètrica, tot i estar codificada com a densitat d'individus nadius piscívors, mesura la densitat d'individus nadius de truita comuna (*Salmo trutta*) —altres estats de la Unió Europea no la classifiquen com a piscívora—.

C. Càlcul del valor de l'índex IBICAT₂₀₁₀

L'IBICAT₂₀₁₀ es calcula, per a cada tipus de riu, aplicant la fórmula següent:

$$\text{IBICAT}_{2010} = - \sum (\text{mètrica transformada} \times \text{Pes específic}) + K$$

On el pes específic de cada mètrica i la constant K depenen del tipus de riu (taula 12).

D. Determinació de la qualitat aplicant l'índex IBICAT₂₀₁₀

L'índex IBICAT₂₀₁₀ pot prendre valors entre 0 i més de 17. Aquests valors se simplifiquen en els cinc rangs de qua-

litat de la Directiva marc de l'aigua, que indiquen si la qualitat biològica és dolenta, deficient, mediocre, bona o molt bona (taula 13).

L'IBICAT₂₀₁₀ només es pot calcular en masses d'aigua on hi hagi peixos. En masses d'aigua sense peixos o que estiguin eixutes, l'atribució d'una categoria d'estat ecològic serà possible o no segons el tipus de riu, i se seguiran els criteris següents:

- Tipus 1 i 4: no se'n pot determinar el nivell de qualitat.
- Tipus 2, 3, 5 i 6: nivell de qualitat dolent.

Mètrica	Tipus de riu					
	1	2	3	4	5	6
CPUEI						0,4731
NIN.Mar			-0,6630			
NIN.Pis					-0,3559	
NIT.Int15				-0,3888		
NIT.Inv			-0,5802			
NIT.Omn		0,3224				
NIT.Rhe	-0,4812			-0,2609		
NSI.Tol				0,2260		
NSN.Int						-0,4362
NSN.Lit	-0,5141					
PBN.Ben				-0,2411		
PIT.DELT		0,3086	0,6158			
PIT.Int		-0,3882				
PIT.Omn					0,5356	
PSI.Inv						0,5906
PSN.Lit				-0,2583		
PSN.Tol	0,6212					
K	6,3	6,7	6,2	0,6	5,4	11,2

Taula 12. Pes específic de cada mètrica i de la constant K per a cada tipus de riu emprades en el càlcul de l'IBICAT₂₀₁₀ (Sostoa i altres, 2010). Tipus 1: torrens litorals; tipus 2: muntanya humida; tipus 3: eixos principals de les conques internes; tipus 4: zona baixa mediterrània; tipus 5: alta muntanya; tipus 6: eixos principals de l'Ebre.

Tipus de riu	Nivell de qualitat				
	Molt bo	Bo	Mediocre	Deficient	Dolent
1	>10,74	>9,09	>6,30	>2,57	≤2,57
2	>10,58	>9,15	>8,02	>6,74	≤6,74
3	>17,37	>13,69	>10,36	>7,37	≤7,37
4	>11,23	>9,85	>6,66	>3,47	≤3,47
5	>7,47	>5,61	>3,76	>1,90	≤1,90
6	>11,90	>9,92	>8,78	>3,67	≤3,67

Taula 13. Nivells de qualitat de l'IBICAT₂₀₁₀ segons el tipus de riu (Sostoa i altres, 2010; Decisió de la Comissió 2013/480/UE)

2. APLICACIÓ DE L'ÍNDEX DE CONNECTIVITAT FLUVIAL (ICF)

L'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011) es basa en la comparació de les característiques de cada obstacle en concret i del dispositiu —o dispositius— de pas per a peixos associat, si en disposa, amb relació a les capacitats de superar-lo per part de diversos grups d'espècies de peixos autòctons presents potencialment en un tram concret.

Aquest índex avalua el grau de connectivitat d'un obstacle en les condicions del dia en què es fa la inspecció, que cal que siguin representatives de les més habituals d'aquell sector on es fa l'avaluació de la connectivitat.

L'aplicació de l'ICF requereix seguir els passos següents:

- a) Classificació de la ictiofauna.
- b) Classificació dels obstacles.
- c) Classificació dels dispositius de pas per a peixos.
- d) Aplicació de l'índex ICF.

A. Classificació de la ictiofauna

Amb el propòsit de ser un mètode estricte i alhora pràctic, els peixos presents es classifiquen agrupats segons la seva capacitat de superar obstacles (capacitats de salt, natatòria i reptant) i la seva presència potencial a diferents seccions de riu.

La selecció de les espècies autòctones per al cas de Catalunya es va fer d'acord amb la classificació taxonòmica més recent (Kottelat i Freyhof, 2007; Leunda i altres, 2009). Comprèn quatre grans grups corresponents a

espècies litorals o d'estuari (G1), anguila i similars (G2), ciprínids i similars (G3) i truita i similars (G4). Aquesta classificació, que es va plantejar originàriament per a les espècies de peix d'aigües continentals de Catalunya (taula 14 i figura 36), es pot adaptar fàcilment a la fauna aquàtica d'altres regions geogràfiques.

Grup	Definició	Espècies presents
Grup 1 (G1) – litorals i similars	Espècies migratòries (anàdromes o amfídromes) amb moviments de curta o llarga distància, i amb una capacitat moderada o baixa per superar obstacles	
Grup 1a (G1a)	Espècies grosses, amb una capacitat moderada per superar obstacles	<i>Alosa alosa</i> <i>Alosa fallax</i> <i>Liza ramada</i> <i>Chelon labrosus</i> <i>Mugil cephalus</i>
Grup 1b (G1b)	Espècies petites o bentòniques, amb una baixa capacitat per superar obstacles	<i>Atherina boyeri</i> <i>Platichthys flesus</i> <i>Petromyzon marinus</i>
Grup 2 (G2) – anguila i similars	Espècies migratòries (catàdromes) amb moviments de llarga distància i una alta capacitat per superar obstacles, però sense capacitat de salt	<i>Anguilla anguilla</i>
Grup 3 (G3) – ciprínids i similars	Espècies migratòries intrafluvials (potamòdromes) amb una capacitat moderada o baixa per superar obstacles	
Grup 3a (G3a)	Espècies grosses, amb una capacitat moderada per superar obstacles	<i>Barbus meridionalis</i> <i>Barbus haasi</i> <i>Luciobarbus graellsii</i> <i>Squalius laietanus</i> <i>Parachondrostoma miegii</i> <i>Cottus hispaniolensis</i>
Grup 3b (G3b)	Espècies petites, amb una baixa capacitat per superar obstacles	<i>Phoxinus bigerri</i> <i>Phoxinus phoxinus</i> <i>Barbatula quinardi</i> <i>Salaria fluviatilis</i> <i>Cobitis sp.</i> <i>Achondrostoma arcasii</i> <i>Gasterosteus aculeatus</i>
Grup 4 (G4) – truita i similars	Espècies migratòries intrafluvials (potamòdromes) amb una alta capacitat per superar obstacles, nedant o saltant	<i>Salmo trutta</i>

Taula 14. Agrupació de les espècies de peix més característiques de les aigües continentals de Catalunya emprades en el disseny de l'índex ICF (Solà i altres, 2011), segons la seva capacitat de superar obstacles i la seva presència a diferents tipus de seccions de riu.

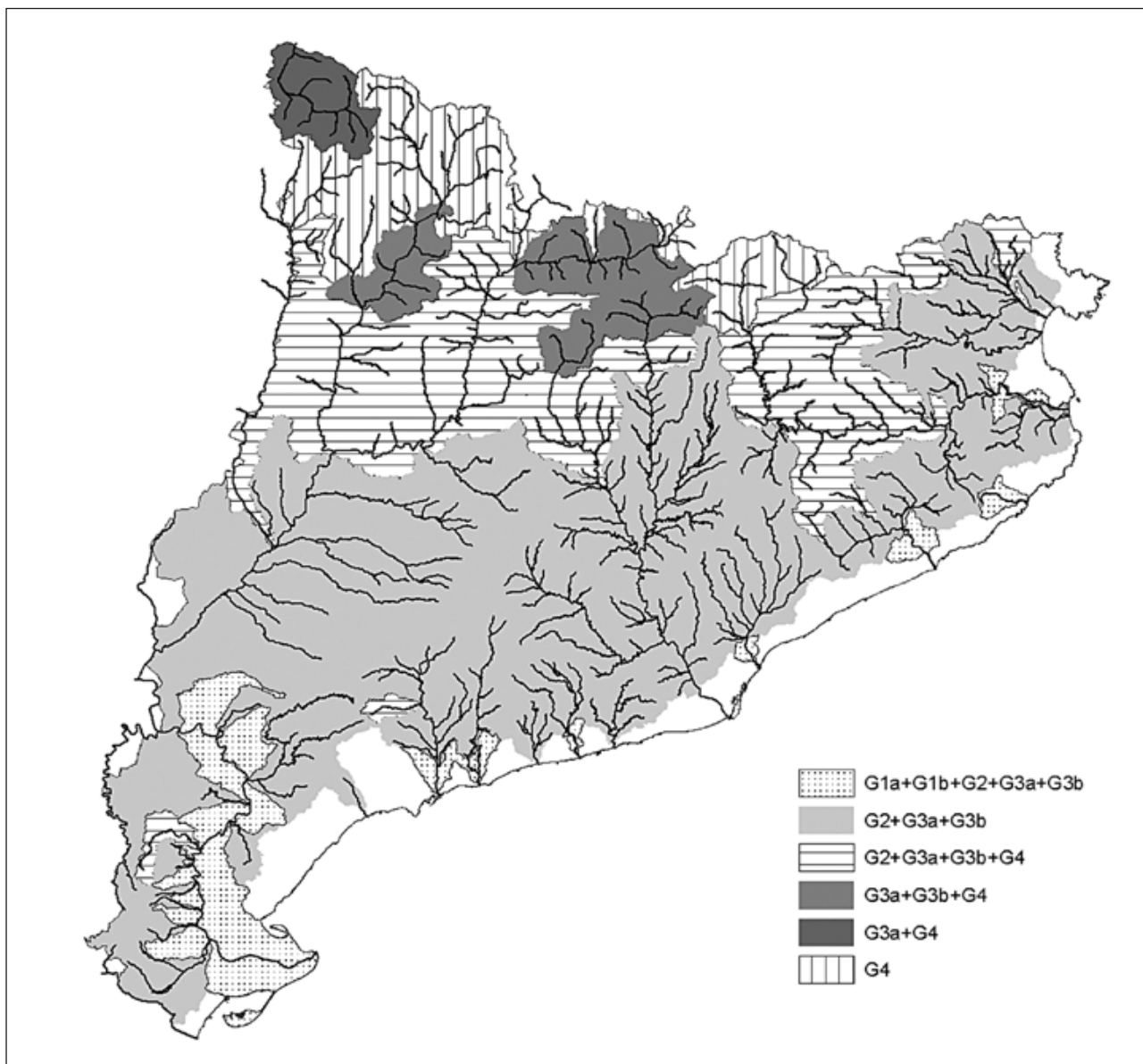


Figura 36. Distribució potencial de les espècies autòctones de les aigües continentals de Catalunya agrupades d'acord amb la seva capacitat de superar obstacles (taula 14).

B. Classificació dels obstacles

L'índex ICF es pot aplicar a qualsevol infraestructura fluvial que representi un obstacle longitudinal al moviment dels peixos. Aquest índex classifica les infraestructures en tres grans grups d'acord amb la seva morfologia general:

- a) Estructures en què l'aigua passa per damunt i generen un salt (per exemple, preses, rescloses i estructures similars; figura 37a).
- b) Estructures en què l'aigua passa per dins de l'obstacle i generen o no un salt (per exemple, guals foradats i estructures similars; figura 37b).
- c) Estructures en què l'aigua llisca pel damunt i no generen cap salt tenen un pendent molt petit (per exemple, rescloses de poc pendent, travesses i similars; figura 37c).

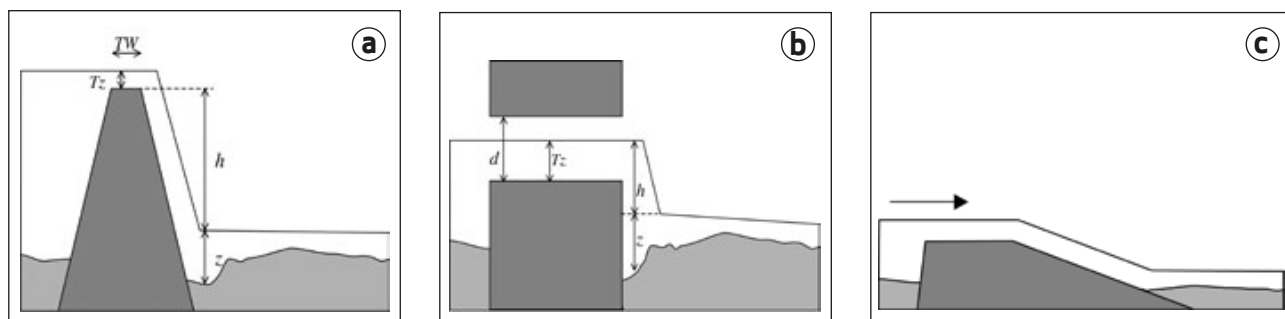


Figura 37. Esquemes de les diferents tipologies d'obstacles transversals al riu en què es pot aplicar l'índex ICF (d , h , TW , Tz i z com en el bloc 1 del full de camp d'aquest mateix annex) (Solà i altres, 2011). a) Estructures en què l'aigua passa per damunt i crea un salt (tipus resclosa o assut). b) Estructures en què l'aigua passa per un o diversos orificis crea un salt o no (tipus gual foradat); c) Estructures amb molt poc pendent, en què l'aigua llisca pel damunt i no generen salt.

C. Classificació dels dispositius de pas per a peixos

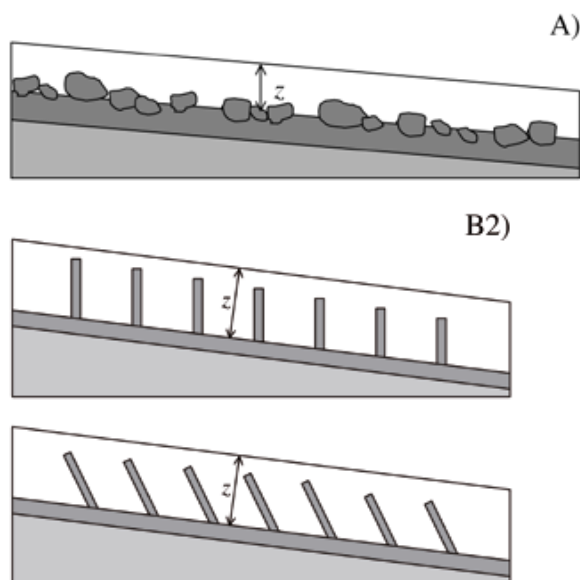
El càlcul de l'índex ICF no té en compte l'avaluació d'algunes solucions de restauració (l'enderrocament total d'obstacles), ni alguns sistemes de gestió (l'establiment de cabals ambientals) ni tampoc els sistemes de protec-

ció dels peixos (barreres mecàniques, lumíniques, elèctriques, sonores, etc., per evitar la seva entrada en canals o turbines hidroelèctriques o bombes de reg). Se centra sobretot en les solucions de rehabilitació basades en dispositius de pas per a peixos —les més esteses ara com ara al nostre país.

L'índex ICF considera tres grups principals de dispositius de pas per a peixos segons la seva morfologia:

- a) Propers a la natura
- b) Tècnics d'espectre ampli
- c) Tècnics mecanitzats o molt específics

El primer grup comprèn els dispositius més propers a la natura: rampes de fons, rampes per a peixos i rius o canals laterals; a grans trets, els més eficaços (figura 28A).



Aquests dispositius pretenen imitar l'hàbitat natural a cada secció concreta del riu, generalment tenen poc pendent i duen incorporats diversos tipus de blocs i pedres, que permeten als peixos de moure's riu amunt i riu avall lliurement

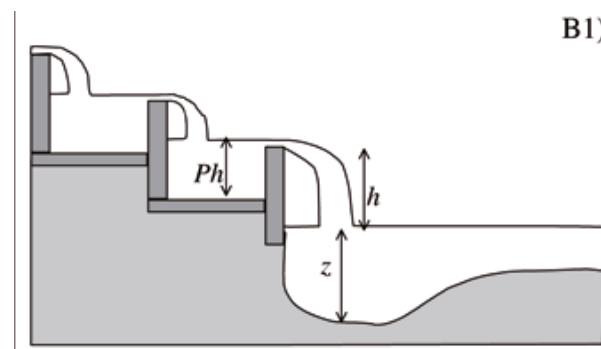


Figura 38. Esquemes d'algunes de les tipologies de dispositius de pas per a peixos en què es pot aplicar l'índex ICF (h , Ph y z com en el bloc 2 dels fulls de camp d'aquest mateix annex) (Solà i altres, 2011). A) Dispositiu de pas propers a la natura: rampes per a peixos, canals o rius laterals o dispositius assimilables. B1) Dispositius de pas tècnics d'espectre ampli: safareigs successius o assimilables. B2) Altres dispositius de pas tècnics d'espectre ampli: deflectors, alentidors o assimilables.

El segon grup inclou els dispositius de pas per a peixos tècnics i d'espectre ampli, que tenen una secció longitudinal semblant a la forma d'una escala (figura 28B) o una aparença de rampa (figura 28C). Els que posseeixen una secció longitudinal semblant a la d'una escala, els deno-

minats *safareigs successius* (amb o sense salts o amb escletxes laterals o orificis de fons), estan basats en la divisió de la totalitat del desnivell de l'obstacle en petits salts, preferentment inferiors als 10 cm, que inciten els peixos a saltar d'un safareig al següent riu amunt. Els

dispositius de pas amb una secció longitudinal amb aparença de rampa, els denominats *deflectors i alentidors*, permeten superar obstacles a través de dispositius amb un pendent relativament més elevat que el del riu gràcies als elements físics que els componen, que hi redueixen notablement la velocitat de l'aigua.

Finalment, el tercer grup acull els dispositius de pas tècnics mecanitzats o molt específics: comportes, encluses, ascensors, sifons i bombes per a peixos, i també els destinats a una o poques espècies, com les rampes per a anguiles.

L'índex també pot ser aplicat a qualsevol altra estructura que es pugui assimilar als models descrits.

D. Aplicació de l'índex ICF

Per a aplicar l'índex ICF, i abans de la visita de camp, s'ha de conèixer la població autòctona de peixos present potencialment al sector de riu que es pretén avaluar i classificar-la d'acord amb els criteris exposats a la taula 15 (si cal, amb el suport de la figura 32). Seguidament, cal planificar un dia de mostreig comptant de trobar uns cabals mitjans habituals per a aquell sector, en cap cas excepcionals.

Els fulls de camp per a l'aplicació de l'índex ICF es divideixen en tres blocs (figures 39-41). Els blocs 1 i 2 fan referència a l'avaluació de l'obstacle i el seu/s dispositiu/s de pas per a peixos (si n'hi ha algun), respectivament. Es prenen característiques diverses per a cada tipus d'obstacle o dispositiu de pas per a peixos. A cada full es mostren uns valors límit (màxim o mínim) donats per a cadascun dels grups de peixos autòctons preestablerts (taula 14). A la dreta d'aquests valors queda un espai buit, que ha de ser omplert al camp amb el valor real de les mides preses a cada obstacle o dispositiu.

Aquest valor, preferiblement, s'ha de mesurar, però si això no és possible (per exemple, per inaccessibilitat a un determinat punt), pot ser estimat amb la màxima cura possible especificant en el full de camp. El bloc 3 inclou diversos moduladors dels resultats obtinguts en els blocs 1 i 2; també s'ha d'omplir al camp, tot marcant totes les entrades referents a l'obstacle, el/s dispositiu/s de pas per a peixos i, també, la riba del riu. Així mateix cal recollir qualsevol altra informació com ara la data de mostreig, el nom i/o codi de l'obstacle, la seva ubicació, les coordenades geogràfiques, les incidències possibles, etc., que ha de ser enregistrada.

En el cas del full del bloc 1, referent a l'obstacle, cal remarcar que a qualsevol obstacle també cal avaluar la morfologia de la llera i les ribes fluvials, per decidir si hi poden passar algunes espècies de peix nedant o saltant en determinades situacions hidrològiques o reptant, com pot ser el cas de l'anguila si hi ha una certa humitat. Amb relació al full del bloc 2, referent al/s dispositiu/s de pas per a peixos, s'ha de considerar cadascuna de les categories de peixos autòctons presents potencialment. Si hi ha més d'un dispositiu de pas per a peixos, s'hauran d'emplenar fulls diferents, un per a cada dispositiu. Si no n'hi ha cap, això també s'ha d'anotar en aquest full de camp.

El valor de l'índex ICF obtingut a partir dels dos primers fulls pot ser 75, 50, 25 o 0, segons si l'obstacle (amb o sense dispositiu/s de pas per a peixos), és permeable a tots els grups de peixos autòctons potencialment presents, només a alguns, a un de sol o bé no és permeable a cap grup, considerant separatament tots els subgrups de peixos (G1a, G1b, G2, G3a, G3b, G4). Si només hi ha un grup present potencialment, com succeeix a molts torrents d'alta muntanya (per exemple al G4, truita), s'assignarà el valor màxim (75) si aquest grup pot passar, i el mínim (0) si no pot passar.

Categoria	Qualitat	Rang	Interpretació
I	Molt bona	> 95	Tots els grups de peix presents potencialment aigua avall poden passar aigua amunt en pràcticament qualsevol situació hidrològica. Absència d'obstacles per als peixos, (que representa les condicions naturals), o bé existència d'un enderrocament parcial o total d'un obstacle per als peixos.
II	Bona	75 - 95	La majoria dels grups de peix presents potencialment poden passar en pràcticament qualsevol situació hidrològica. Presència d'un petit obstacle o d'un bon dispositiu de pas per als peixos.
III	Mediocre	50 - 74	La majoria o alguns grups de peix presents potencialment poden passar en qualsevol o en algunes situacions hidrològiques. Presència d'un obstacle relativament permeable per als peixos i alhora amb un determinat efecte de barrera, amb algun dispositiu de pas per a peixos específic o poc funcional.
IV	Deficient	25 - 49	Només una o poques espècies de grups de peix presents potencialment poden passar i en determinades situacions hidrològiques. Presència d'un obstacle amb un dispositiu de pas per a peixos molt específic o molt poc funcional.
V	Dolenta	< 25	Cap espècie dels grups de peix presents potencialment no pot passar, o bé només alguna en situacions hidrològiques molt concretes. Presència d'un obstacle gran sense cap dispositiu de pas per a peixos o bé amb un dispositiu de pas per a peixos petit o molt poc o gens funcional.

Taula 15. Classes de qualitat i rangs de puntuacions de qualitat de l'índex de connectivitat fluvial (ICF; Solà i altres, 2011) i interpretació general.

Si hi ha només dos grups presents potencialment a la secció de riu que cal avaluar, i només un pot passar, se li assignaran 50 punts.

Llavors, aquest valor ha de ser modulats a la part inferior del bloc 3 mitjançant la inspecció d'atributs complementaris, referents a característiques addicionals de l'obstacle, al/s dispositiu/s de pas per a peixos o la migració dels peixos riu avall, fins i tot referents a situacions hidrològiques diferents de les del dia del mostreig.

El valor final de l'índex ICF es mourà en un rang situat entre 0 i 110, que permetrà classificar cada obstacle en cinc nivells de qualitat relacionats amb la seva possible connectivitat fluvial (taula 15).

A les tres figures següents (figures 39-41) es mostren els tres fulls de camp necessaris per a l'aplicació de l'índex ICF (traduïts de Solà i altres, 2011).

ÍNDEX ICF - Connectivitat fluvial

BLOC 1 - AVALUACIÓ DE L'OBSTACLE

CONDICIONS GENERALS PER A QUAalsevol tipus d'obstacle

Paràmetre	Condició	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Valor mesurat o estimat
Morfologia de les riberes	Adequada per al pas de replants (per ex., anguilla)	No aplicable	No aplicable	Passen	No aplicable	Obstacle
Flux d'aigua	No passa aigua per sobre o per dins de l'obstacle	No passen	No passen	No aplicable	No passen	

☐ RESCLOSOS O ESTRUCTURES SIMILARS (l'aigua passa per sobre i crea un salt)

Valors limitadors segons el grup

Paràmetre	Condició	Llindar	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Valor mesurat o estimat
Alçada del salt -h- (cm)		màx.	30	20	20	75	Obstacle
Profunditat de la bassa abans del salt -z- (cm)		mín.	h x 1,4	h x 1,4	Indiferent	h x 1,25	
Amplada de la coronació -TW- (cm)	No s'avalua directament	-	-	-	-	-	
Profunditat de l'aigua a la coronació -Tz- (cm)	Si l'amplada de la coronació (TW) ≤ 50 cm	mín.	Hi circula aigua				
	Si l'amplada de la coronació (TW) > 50 cm	mín.	10	10	1	10	

☐ GUALS FORADATS O ESTRUCTURES SIMILARS (l'aigua passa per dins de l'obstacle, i genera o no un salt)

Valors limitadors segons el grup

Paràmetre	Condició	Llindar	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Valor mesurat o estimat
Velocitat de l'aigua (m/s)		màx.	2	0,5	1,7	2,4	Obstacle
Diàmetre del pas, o alçada i amplada -d- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	mín.	50	50	50	50	
	Si l'aigua circula sense generar salt	mín.	30				
	Si l'aigua ocupa tota la secció (tub en càrrega)		No pot passar cap grup				
Profunditat de l'aigua dins del pas -Tz- (cm)		mín.	10	10	1	10	
Alçada del salt -h- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	màx.	20	15	15	55	
Profunditat de la bassa abans del salt -z- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	mín.	h x 1,4	h x 1,4	Indiferent	h x 1,25	

☐ TRAVESSES, RESCLOSOS DE POC PENDENT O OBSTACLES SIMILARS (l'aigua rellisca per sobre sense generar salt)

Valors limitadors segons el grup

Paràmetre	Condició	Llindar	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Valor mesurat o estimat
Pendent - (%)		màx.	20%	20%	45%	30%	Obstacle
Velocitat de l'aigua (m/s)		màx.	2	0,5	1,7	2,4	
Turbulències	Absència de turbulències fortes		Tots els grups poden passar				

Marqueu els grups que poden superar l'obstacle quan es compleixen totes les condicions:

Figura 39.

ÍNDEx ICF - Connectivitat fluvial

BLOC 2 - AVALUACIÓ DEL DISPOSITIU DE PAS DE PEIXOS

Escriu el nombre i tipus de dispositiu de pas: _____

No hi ha cap dispositiu:

CONDICIONS GENERALS PER A QUAalsevol TIPUS D'ObSTACLE

Paràmetre	Condicció	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Entrada des d'aigües avall	Obstruït o sense flux d'aigua			No passen		
Sortida cap a aigües amunt	Obstruït o sense flux d'aigua			No passen		
Interior del dispositiu de pas	Obstruït o sense flux d'aigua			No passen		

Valor mesurat o estimat

BLOC 2a - DISPOSITIUS DE PAS PROPRIS A LA NATURA

☐ Rampes per a peixos, rampes de fons, rius o canals laterals

Valors limitadors segons el grup

Valor mesurat o estimat

Paràmetre	Condicció	Límit	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Pendent (%)	Escriu el valor màxim	màx.	20%	20%	45%	30%	
Velocitat de l'aigua (m/s)	Escriu el valor màxim	màx.	2	0.5	1.7	2.4	
Profunditat de l'aigua dins del salt -z- (cm)	Escriu el valor màxim	mín.	10	10	1	10	
Profunditat de la basea abans del salt -z- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	mín.	$h \times 1.4$	$h \times 1.4$	Indiferent	$h \times 1.25$	

BLOC 2b - DISPOSITIUS DE PAS D'AMPLI ESPECTRE

☐ Safareigs successius (amb o sense salts d'aigua, o amb escales laterals o de fons)(secció longitudinal en forma d'escala)

Valors limitadors segons el grup

Valor mesurat o estimat

Paràmetre	Condicció	Límit	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Superfície del safareig (m²)		mín.	0.25	0.16	0.25	0.25	
Amplada dels orificis (laterals o de fons) (cm)	Si hi ha orificis	mín.	15	15	15	15	
Alçada màxima del salt -h- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	màx.	20	10	10	20	
Alçada màxima del salt -h- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	màx.	30	20	20	75	
Profunditat de l'aigua als safareigs -P2- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	mín.	60	60	10	60	
Profunditat de l'aigua als safareigs -P2- (cm)	Si no hi ha salt d'aigua	mín.	50	50	1	50	
Profunditat de la basea abans del salt -z- (cm)	Si hi ha salt d'aigua	mín.	$h \times 1.4$	$h \times 1.4$	Indiferent	$h \times 1.25$	
Velocitat de l'aigua (m/s)	Si no hi ha salt d'aigua	màx.	2	0.5	1.7	2.4	
Turbulències fortes	Si no hi ha salt d'aigua			Absència			

☐ Rampes amb deflectors o ralentitzadors (secció longitudinal en forma de rampa)

Valors limitadors segons el grup

Valor mesurat o estimat

Paràmetre	Condicció	Límit	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Pendent (%)		màx.	20%	20%	45%	30%	
Profunditat de l'aigua -z- (cm)		mín.	10	10	1	10	
Velocitat de l'aigua (m/s)		màx.	2	0.5	1.7	2.4	

BLOC 2c - DISPOSITIUS DE PAS TÈCNICS MECANITZATS O MOLT ESPECÍFICS

☐ Comportes, ascensors, sifons i bombes per peixos

Valors limitadors segons el grup

Valor mesurat o estimat

Paràmetre	Límit	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Comportes, ascensors, sifons i bombes per peixos funcionals		Si	Si	Si	Si	

☐ Rampes per a anguilles (o dispositius de pas equivalents)

Valors limitadors segons el grup

Valor mesurat o estimat

Paràmetre	Condicció	Límit	G1a G3a	G1b G3b	G2	G4	Dispositiu
Pendent (%)		màx.	No aplicable	No aplicable	45%	No aplicable	
Velocitat de l'aigua (m/s)		màx.	No aplicable	No aplicable	1.7	No aplicable	
Amplada (cm)		mín.	No aplicable	No aplicable	20	No aplicable	

Marqueu els grups que poden passar, quan es compleixen totes les condicions ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Figura 40.

ÍNDEX ICF - Connectivitat fluvial

BLOC 3 - MODULADORS I PUNTUACIÓ FINAL

Marqueu els grups de peixos potencialment presents al punt de mostreig:

G1a

G1b

G2

G4

G3a

G3b

Marqueu els grups de peixos que poden superar l'obstacle (bloc 1):

Marqueu els grups de peixos que poden passar pel dispositiu de pas (bloc 2):

PUNTUACIÓ PROVISIONAL (seleccioneu una opció en funció dels grups de peixos que poden superar l'obstacle i/o passar pel dispositiu de pas):

Obstacle + Dispositiu de pas

Tots els grups de peixos potencialment presents poden passar

Alguns grups de peixos potencialment presents poden passar

Només un grup de peixos potencialment presents poden passar

No pot passar cap grup de peixos potencialment present

75

50

25

0

MODULADORS (escolliu només les opcions que es compleixen):

Complements de l'obstacle

La morfologia del punt avaluat permet, temporalment o en situació de cabals elevats, que l'aigua passi per un o els dos marges, permetent el pas dels peixos aigües amunt

Només en obstacles amb poca pendent (<45%), si la superfície és rugosa i irregular

Presència d'algun extraplom al llarg de l'obstacle

+ 5

+ 5

- 5

Complements del dispositiu de pas per peixos

Presència de substrat natural, amb característiques similars a les del riu, a l'interior del dispositiu de pas per a peixos

Localització correcta de l'entrada del dispositiu de pas (des d'aigües avall)

Localització incorrecta de l'entrada del dispositiu de pas (des d'aigües avall)

Amplada del dispositiu de pas (part amb aigua) inferior a 1/20 de l'amplada del riu

Dispositiu de pas amb comportes o elements mecànics que necessiten un manteniment constant per garantir la seva funcionalitat

Dispositiu de pas en mal estat per manteniment insuficient

+ 10

+ 5

- 5

- 5

- 5

- 10

Migració aigües avall

Els peixos poden migrar aigües avall de forma segura directament per sobre de l'obstacle (per ex obstacles de poca alçada (<10m), profunditat suficient, dispositius de pas propers a la natura)

Si hi ha canal de derivació, existència d'algun mecanisme que minimitzi l'entrada dels peixos al canal de derivació (mecànic, lumínic, sonor o elèctric), o absència de canal de derivació

Si hi ha canal de derivació, absència de mecansimes que minimitzin l'entrada de peixos al canal

La migració aigües avall directament per sobre de l'obstacle és possible però representa un risc de lesió o de mort dels peixos (per ex. alçada >10m)

+ 5

+ 5

- 5

- 5

PUNTUACIÓ FINAL:

Figura 41.

Als rius i zones humides de Catalunya, hi viuen unes 32 espècies autòctones de peix. Però, a més, també s'hi han establert almenys 24 espècies al·lòctones o invasores. Els peixos autòctons són d'una varietat extraordinària, que cal conèixer i preservar. A banda d'aportar informació molt valuosa de caràcter científic i tècnic, representen eines excel·lents d'educació i sensibilització ambiental.

Aquesta riquesa, però, ha patit i pateix impactes diversos: sobreexplotació de l'aigua, competència amb espècies invasores i obstacles en les migracions. De fet, actualment, molts dels peixos propis de Catalunya estan en regressió.

Aquest manual és un compendi de diversos treballs impulsats per l'Agència Catalana de l'Aigua i que han estat duts a terme per diverses universitats i centres de recerca. S'hi descriuen les espècies de peixos continentals de Catalunya, es faciliten versions actualitzades dels índexs de qualitat basats en els peixos, s'emfasitza la importància de les migracions i la millora de la connectivitat fluvial i es presenta un índex per avaluar-la.

Un llibre que, a més d'ésser d'interès per a un públic general, serà, sens dubte, una eina especialment útil per als gestors ambientals i estudiants, pescadors i amants de la natura de casa nostra.

Amb el suport de:

