

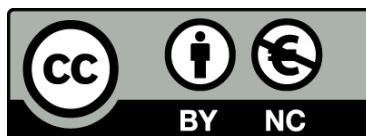


UNIVERSITAT<sub>DE</sub>  
BARCELONA

## **Gestió, recerca i ciutadania en l'estudi de l'estat dels rius mediterranis**

**La importància de l'educació ambiental, la ciència ciutadana  
i la participació en la gestió dels ecosistemes fluvials**

Pau Fortuño Estrada



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons**.

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons**.

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License**.



UNIVERSITAT<sup>DE</sup>  
BARCELONA

# Gestió, recerca i ciutadania en l'estudi de l'estat dels rius mediterranis

La importància de l'educació ambiental, la ciència ciutadana i la  
participació en la gestió dels ecosistemes fluvials

Pau Fortuño Estrada



# **Gestió, recerca i ciutadania en l'estudi de l'estat dels rius mediterranis**

**La importància de l'educació ambiental, la ciència ciutadana i la  
participació en la gestió dels ecosistemes fluvials**

**TESI DOCTORAL**

**Pau Fortuño Estrada**

**2024**



# **Gestió, recerca i ciutadania en l'estudi de l'estat dels rius mediterranis**

**La importància de l'educació ambiental, la ciència ciutadana i la  
participació en la gestió dels ecosistemes fluvials**

Universitat de Barcelona  
Facultat de Biologia  
Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals

Programa de Doctorat  
Ecologia, Ciències Ambientals i Fisiologia Vegetal

Memòria presentada per  
Pau Fortuño Estrada

per optar al grau de  
Doctor per la Universitat de Barcelona

Directors: Dr. Narcís Prat Fornells i Dra. Núria Bonada Caparrós

Tutora: Dra. Núria Bonada Caparrós



Pau Fortuño Estrada

Horta de Sant Joan, 31 de desembre de 2023



## Agraïments

Tota aquesta història comença oficialment quan Andreu Molina, el cap d'administració de la secció d'Ecologia, una dia de 2018 em va demanar per què no feia el doctorat. Jo, en aquell moment, treballava com a personal tècnic, i canviant de posició laboral es facilitaven alguns tràmits interns de la universitat per poder continuar col·laborant amb el grup FEHM. De seguida em va venir al cap que voldria escriure sobre la feina que fem sobre transferència i ciència ciutadana. Cinc anys més tard, encara recordo aquell matí i t'agraeixo, Andreu, que encenguessis la guspira que ha fet realitat aquest projecte.

Però la història no oficial comença molts anys abans, un dia de 2005, quan vaig entrar al despatx del Catedràtic Narcís Prat per fer una entrevista de feina per fer tasques de suport per al seu grup de recerca. Una fotografia a la seva taula de les seves filles em recordava que, per casualitats de la vida, amb una d'elles érem amics des de feia anys. De seguida vaig tenir l'estratègia guanyadora preparada – li diria al famós Dr. Narcís Prat, que tantes vegades havia vist a les manifestacions antitransvasament de l'Ebre, que coneixia a la seva filla i, així, segur tindria més punts per aconseguir la feina—. Finalment, no vaig fer servir aquesta carta, vaig creure que seria més just ser elegit només si jo era la persona més idònia. Així que, simplement, vàrem xerrar una estona i, és clar, em va demanar què sabia sobre Quironòmids. Jo no en sabia gairebé res, i li vaig dir eren uns mosquits que molesten. — Cal ser un inconscient per anar a entrevistar-te amb el Dr. Narcís Prat i no haver preparat res per respondre a la única pregunta que saps que et farà. Tot i la meua poca vista, vaig ser seleccionat i, d'això ja han passat quasi 20 anys. Així que gràcies, Narcís, no només per fer de director d'aquesta tesi, sinó per haver estat un cap excel·lent durant aquests anys. Per descomptat, agrair a la seva successora i també directora d'aquesta tesi, Núria Bonada. Moltíssimes gràcies per la confiança amb mi durant tot aquest projecte. Sempre has tingut la certesa de que acabaria aquesta tesi, fins i tot en moments quan jo no ho tenia gens clar.

Durant aquests 20 anys, moltíssima gent ha anat passant, companyes i companys de feina. De totes elles conservo records, la majoria molt bons, mentre anàvem creixent juntes. La Tura em va enlluernar, la Mireia m'ho va ensenyar tot, la Blanca em va enamorar, Raül em va enganxar, la Iraima em va fer volar, el Miguel em va impressionar, a la Núria Sánchez te l'estimes fins l'infinit i la Maria Soria és pura llum i bondat. A tots aquests ex-companys de feina que passen a ser no només amics, sinó família, moltíssimes gràcies. I no m'oblido de la Núria Cid, al contrari, deixo les darreres línies de paràgraf per qui considero una germana i amb qui seguirem tota la vida fent còmics i movent el *cotarro*.

Hi ha tanta i tanta gent que em ve al cap quan vull donar gràcies, i és que justament són persones que no hi ha manera que te les puguis treure del cap perquè són un amor. La Mari, la Lidia, la Silvia Oliva, Carlitos, Christian, Giorgio, Andrea, Rubén, Pol, Pablo, Tano, Danielsito, Jose, Nieves, Guille, Carlota, Zeynep, Álvaro, David, Martí, Diana, Julie... gràcies a tots vosaltres per fer el camí molt més fàcil i divertit. Un agraïment molt especial també per la Dolors Vinyoles, que te la voldries menjar de tan dolça com és.

Agrair també la paciència a la gent que tinc a casa, a Xavi i tota la seva família, mares i pares, germans, oncles, cosins i cosines, nebodes i nebots, fillols i filloles i els amics d'aquí i d'allà.

Finalment, Maria, no només et vull agrair tot el que em vas ensenyar, sinó que et voldria dir que t'he sentit al costat meu en cada taller, cada curs, cada dada aconseguida i, també, en cada paraula redactada en aquesta memòria. Aquesta tesi és un homenatge per tu, Maria Rieradevall i Sant.



Sam - 11 anys



Què és un riu?

Onze xiquets i xiquetes han plasmat **QUÈ ÉS UN RIU** en els dibuixos que apareixen en aquesta tesi.

La intenció és la de donar color i imaginació al present document, i, alhora, fer participativa la lectura d'aquesta memòria. Així que, agafa paper i llapis i anota quants elements, dels proposats a la figura 2.3 (pàgina 57), observes a cadascun dels dibuixos.

Pere, Sam, Aleix, Ona, Olivier, Naia, Núria, Elsa, Joana, Mar i Toni, família i amics, gràcies per la vostra ajuda. El meu desig és que pugueu gaudir de rius plens de vida per sempre.

Sobre la redacció

Per la redacció d'aquesta memòria, s'ha tingut en compte les recomanacions dels serveis lingüístics de la Universitat de Barcelona i, en especial, els continguts del Llibre d'estil de la Universitat de Barcelona (crèdits: <https://www.ub.edu/lilibre-estil/sobre-el-lilibre>), entre els quals es destaquen les següents guies ràpides de criteris:

- Aspectes Formals: <https://www.ub.edu/lilibre-estil/guiarapida.php?id=1514>
- Ús no sexista de la llengua: <https://www.ub.edu/lilibre-estil/guiarapida.php?id=2510>
- Tractament de la discapacitat: <https://www.ub.edu/lilibre-estil/criteri.php?id=3249>

Així com la utilització dels correctors ortogràfics i gramaticals, i els traductors de textos que es recomana l'espai web Retrucs: <https://www.ub.edu/retrucs>

## Contingut

Agraïments .....	II
Contingut.....	V
Índex de figures .....	VIII
Índex de taules .....	XI
RESUM / RESUMEN / ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓ GENERAL .....	6
El context, l'origen i la formulació del projecte de recerca .....	6
La transferència i la divulgació de la ciència en l'estudi dels ecosistemes aquàtics .....	6
El model del triangle per les relacions societat-universitat-administració.....	7
La recerca i la transferència a l'àmbit de la gestió de l'aigua. Del concepte a la realitat. ....	10
L'educació ambiental i la divulgació de la ciència .....	12
La ciència ciutadana .....	14
El projecte RiuNet .....	16
El Projecte Rius .....	19
L'estat de la ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials .....	20
OBJECTIUS GENERALS.....	25
CAPÍTOL 1. Avaluació de la qualitat biològica dels rius realitzada per la ciutadania. Revisió i comparació amb les dades oficials.....	27
RESUM.....	29
INTRODUCCIÓ .....	29
OBJECTIUS .....	31
METODOLOGIA.....	31
Recollida de mostres, identificació dels organismes i càlcul dels indicadors biològics. ....	31
Criteris de comparació.....	34
RESULTATS .....	35
Descripció de les dades de ciència ciutadana.....	35
Comparació de la qualitat biològica entre les dades CC i les dades DMA .....	40
DISCUSSIÓ .....	43
La tendència a la subestimació de la qualitat de les dades CC .....	44
Les raons de la subestimació .....	45
Possibles solucions.....	46
CONCLUSIONS .....	47
Agraïments .....	48
En aquest capítol hi ha col·laborat:.....	49

CAPÍTOL 2. Què és un riu? Impacte del programa de ciència ciutadana RiuNet en els models mentals dels usuaris.....	51
RESUM.....	53
INTRODUCCIÓ .....	53
OBJECTIUS .....	54
MÈTODES.....	54
Disseny de l'enquesta i l'exercici .....	54
Realització de l'activitat .....	55
Construcció i utilització dels models mentals.....	56
Anàlisi de l'enquesta sobre ecosistemes fluvials i gestió sostenible .....	57
RESULTATS .....	58
Models mentals .....	58
Resultats de l'enquesta .....	61
Preguntes sobre el concepte d'ecosistema fluvial .....	61
Preguntes sobre la gestió sostenible de l'aigua.....	62
DISCUSSIÓ .....	63
Canvis en els model mentals d'un riu després de RiuNet.....	63
L'ésser humà, el riu com a ecosistema i la gestió de l'aigua.....	65
CONCLUSIONS .....	66
En aquest capítol hi ha col·laborat:.....	67
CAPÍTOL 3. Llegim el Riu: una iniciativa participativa per avaluar i millorar els rius urbans mitjançant la ciència ciutadana.....	69
RESUM.....	71
INTRODUCCIÓ .....	71
OBJECTIUS .....	74
MÈTODES.....	74
Llocs de mostreig.....	74
Lideratge de l'activitat .....	76
Desenvolupament de l'activitat. Estructura, conceptes i programació.....	76
RESULTATS i DISCUSSIÓ.....	79
Avaluació de la participació dels municipis .....	79
Estat de l'ecosistema fluvial .....	80
Participació de la ciutadania, i propostes derivades de l'activitat realitzada .....	82
CONCLUSIONS .....	86
En aquest capítol hi ha col·laborat:.....	87
DISCUSSIÓ GENERAL.....	89
L'estat i els reptes de la ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials a Catalunya .....	89

Impacte de la ciència ciutadana en l'educació i la sostenibilitat ambiental .....	91
La ciència ciutadana com a clau de volta per treballar de forma conjunta .....	92
Les necessitats i les solucions de la ciència ciutadana .....	93
CONCLUSIONS .....	96
REFERÈNCIES.....	99
ANNEXOS .....	111
Annexos Generals.....	111
Annex 1. 'Del Joc de l'Aigua al Llegim el Riu". .....	111
Annex 2. Projectes de Ciència ciutadana sobre ecosistemes d'aigua dolça continental.....	114
ANNEXOS DEL PRIMER CAPÍTOL .....	118
Annex 1. 1. Valors dels trets de mida potencial i locomoció de cada família de macroinvertebrat	118
Annex 1. 2. Proposta de clau d'identificació de macroinvertebrats basada en el moviment i	
comportament.....	121
ANNEXOS DEL SEGON CAPÍTOL.....	133
Annex 2. 1. Exercicis i enquesta feta a l'alumnat (traduïda al català) .....	133
ANNEXOS DEL TERCER CAPÍTOL. ....	137
Annex 3. 1. Exemples de fitxes de resultats entregades a la primera diagnosi i la segona diagnosi	
.....	137
Annex 3. 2. Preguntes de l'enquesta realitzada al tàndem coordinador de cada municipi. ....	141
Annex 3. 3. Preguntes de l'enquesta realitzada la ciutadania participant .....	142

# Índex de figures

## Introducció general

- **Figura 1.** Diagrama esquemàtic del marc conceptual de la tesi en el que les fletxes de relacions entre els vèrtex mostren el seu grau d'intensitat decreixent com més puntejades siguin. .... 8
- **Figura 2.** La quàdruple hèlix de la innovació segons Carayannis & Cambell, 2009 (original de la figura 2 de l'article (Carayannis i Campbell 2009)) ..... 9
- **Figura 3.** Fotografies d'activitats de divulgació científica i educació ambiental relacionades amb el projecte RiuNet. Superior-Esquerra: taller sobre impactes dels rius a l'estand RiuNet del festival YOMO 2019 (fotografia: Sabrina Menendez). Superior-dreta: taller sobre la fauna secreta dels rius a festa de la Ciència de la UB de l'any 2018 (fotografia: Sabrina Menendez). Inferior: estudi al riu Besòs amb el programa 'Ciència Ciutadana a les Escoles' 2020-21 de l'Ajuntament de Barcelona i el Consorci d'educació, amb l'alumnat de Institut Josep Comas i Solà..... 13
- **Figura 4.** Anvers i revers de la primera postal promocional del projecte RiuNet del grup FEHM, aleshores FEM (Freshwater Ecology and Management), creada el 2015..... 14
- **Figura 5.** Infografia dels passos a seguir per fer un estudi amb l'app RiuNet..... 17
- **Figura 6.** Evolució del nombre d'inspeccions, anys 2005-2021. Font: Ass. Hàbitats.2022. informe RiusCat-2021. .... 19
- **Figura 7.** Distribució del nombre de projectes de ciència ciutadana presents a SciStarter per temàtiques. Font: Bautista et al., 2023. .... 20

## Capítol 1

- **Figura 1. 1.** Esquema dels criteris utilitzats en aquest treball per la comparació entre dades CC i DMA. Un cop aplicats els criteris, els cercles de colors representen punts d'estudi CC que es compararan amb un punt d'estudi DMA i els cercles en gris, són els que no compleixen el criteri i, per tant, no seran comparats. .... 34
- **Figura 1. 2.** Mapa amb la ubicació dels punts d'estudi de Projecte Rius i RiuNet del període 2004-2019. .... 35
- **Figura 1. 3.** Gràfic de barres apilades amb els estudis de Projecte Rius i RiuNet del període 2004-2019 segons la seva zona geogràfica i la qualitat biològica obtinguda. .... 36
- **Figura 1. 4.** Gràfic de barres amb la freqüència d'aparició de les famílies de macroinvertebrats als estudis del projecte CARIMED, Projecte Rius i RiuNet. Les dades del gràfic del CARIMED no estan completes, ja que, per tal de millorar la seva visualització, s'han obviat les famílies que apareixen menys d'un 1% de casos. .... 37
- **Figura 1. 5.** Gràfic de barres amb la freqüència d'aparició de les categories dels trets de mida potencial i locomoció i relació amb el substrat als estudis del projecte CARIMED (gris), Projecte Rius (groc) i RiuNet (blau). Els dos gràfics de l'esquerra mostren els resultats per tota la comunitat observada i els gràfics de la dreta mostren els resultats per les 2+10 famílies més freqüentment observades de cada projecte (Taula 1. 1). .... 38
- **Figura 1. 6.** Gràfics de caixes del nombre de taxa per cada rang de qualitat biològica. A la part superior amb el nombre total de famílies, i a la part inferior, amb el nombre de famílies de Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT), Odonats, Coleòpters i Heteròpters (OCH), Dípters (D) i Mol·luscs (M). .... 39
- **Figura 1. 7.** Gràfics de barres on es representen el nombre de parelles de dades que coincideixen temporalment i espacialment dintre d'una mateixa massa d'aigua i que tenen el mateix rang de qualitat (0 rangs de diferència) o les que presenten qualitat diferent segons el nombre de rangs que s'allunyen de les coincidents. .... 41

- **Figura 1. 8.** Gràfics de bombolles en els que es compara el rang de qualitat de cada parella de dades que coincideixen temporalment i espacialment dintre d'una mateixa massa d'aigua amb les dades CC- Projecte Rius (dalt) i les dades CC de RiuNet (baix). El diàmetre de la bombolla és proporcional al nombre de dades que representa. Les bombolles de la diagonal central representen el nombre de dades coincidents i s'han representat amb els cinc colors de la qualitat. Les bombolles gris fosc, que se situen sota la diagonal, són les dades ciutadanes que subestimen la qualitat i les bombolles gris clar, situades sobre la diagonal, són les que la sobreestimen.....42
- **Figura 1. 9.** Comparació de dades DMA i de CC amb coincidència espacial propera i temporal. A dalt, gràfic de barres on es representen el nombre de parelles de dades que coincideixen (0 rangs de diferència) i el nombre de dades que no coincideixen, indicant el seu nombre de rangs de desajust. A baix, gràfic de bombolles en els que es compara el rang de qualitat de cada parella de dades que coincideixen temporalment i espacialment en un punt de mostreig DMA. El diàmetre de la bombolla és proporcional al nombre de dades que representa. Les bombolles de la diagonal central representen el nombre de dades coincidents i s'han representat amb els cinc colors de la qualitat. Les bombolles gris fosc, que se situen sota la diagonal, són les dades ciutadanes que subestimen la qualitat i les bombolles gris clar, situades sobre la diagonal, són les que la sobreestimen. ....43
- **Figura 1. 10.** Dues famílies d'Efemeròpters anatòmicament semblants, però que tenen una velocitat i una trajectòria de desplaçament molt diferents i que és una manera senzilla de reconèixer-los en viu. ....47

## Capítol 2

- **Figura 2. 1.** A l'esquerra, els 5 elements claus utilitzats per definir els models mentals. A la dreta, els deu casos de models mentals segons el seu grau de complexitat que s'han tingut en compte en aquest estudi.....57
- **Figura 2. 2.** Els 10 models mentals del concepte de riu que ha definit l'alumnat amb una descripció i un dibuix. Els gràfics grocs representen la proporció del model abans de l'activitat pràctica amb RiuNet i els gràfics blaus els de després de l'activitat. ....58
- **Figura 2. 3.** Dos exemples de dibuix d'un riu fets abans (part esquerra) i després (part dreta) de l'activitat pràctica amb RiuNet en els que la complexitat del model augmenta molt. A dalt, s'observa el canvi des d'un model mental de 2 elements (aigua i ribera) a un de 5. A baix, el model passa d'1 element (aigua) als 5 elements. ....59
- **Figura 2. 4.** Taxons d'éssers vius aquàtics considerats per l'alumnat en el seu dibuix i/o definició de riu. Els diferents tàxons es representen en polígons amb colors diferents L'àrea de cada polígon és proporcional al percentatge amb què va ser assenyalat cada taxó respecte al total. S'indica en parèntesi el nombre d'alumnes que van considerar cada taxó.....60
- **Figura 2. 5.** Components de la ribera considerats per l'alumnat en el seu dibuix i/o definició de riu. Els diferents elements es representen en polígons amb colors diferents L'àrea de cada polígon és proporcional al percentatge amb què va ser assenyalat cada element respecte del total. S'indica en parèntesi el nombre d'alumnes que van considerar cada component. ....61
- **Figura 2. 6.** Percentatge d'alumnes que van triar cada resposta de les 6 preguntes referides a la concepció ecosistèmica del riu.....62
- **Figura 2. 7.** Percentatge d'alumnes que van triar cada resposta de les 4 preguntes referides a la gestió sostenible de l'aigua. ....63

### Capítol 3

- **Figura 3. 1.** Mapa amb la situació dels 23 municipis participants de Llegim el Riu. Ressaltat en groc són els 15 municipis de la primera edició (2021-2022) i ressaltat en blau els 8 municipis de la segona edició (2022-2023). Mapa Base: ESRI World Imagery. .... 74
- **Figura 3. 2.** Fotografies de diferents sessions de treball al camp, a la biblioteca (cocreació), de capacitació dels tándems municipals i d'alguns dels materials proporcionats per poder fer les activitats i practicar en la identificació dels macroinvertebrats. .... 77
- **Figura 3. 3.** Esquema de les etapes i passos seguits en l'execució del projecte Llegim el Riu..... 78
- **Figura 3. 4.** Mapes de resultats de Llegim el Riu..... 81
- **Figura 3. 5.** Gràfic de proporcions dels diferents grans impactes més votats en les sessions de cocreació. Els tons de color verd representen els temes relacionats amb el bosc de ribera, els tons en blau són per temes de la hidrologia o la fragmentació d'habitat aquàtic per barreres, els tons de color gris són per temes relacionats amb abocaments i el color taronja per als temes més relacionats amb l'ús social dels espais fluvials. .... 83
- **Figura 3. 6.** Esquema resum de les propostes sorgides en les sessions de cocreació. S'han classificat segons si son propostes que es poden executar des de la pròpia ciutadania amb el suport de l'administració, o si son propostes que es realitzen des de la ciutadania i que l'administració pot entomar per executar-les. Els tons de color verd representen els temes relacionats amb el bosc de ribera, els tons en blau són per temes de la hidrologia o la fragmentació d'habitat aquàtic per barreres, els tons de color gris són per temes relacionats amb abocaments i deixalles i el color taronja per als temes relacionats amb l'ús social dels espais fluvials. .... 84

# Índex de taules

## Introducció general

- **Taula 1.** Tipus de projectes de ciència ciutadana segons la relació amb la ciutadania ..... 15

## Capítol 1

- **Taula 1. 1.** Característiques diferencials dels tres projectes que proporcionen les dades comparades sobre la qualitat biològica dels rius. .... 32
- **Taula 1. 2.** Valors de referència (REF) i dels talls de la qualitat de les tipologies de les masses d'aigua tipus riu de Catalunya. MB: Molt Bona qualitat biològica; B: Bona, M: moderada; D: Deficient; P: Pèssima. .... 33
- **Taula 1. 3.** Dotze (2+10) famílies presents més freqüentment en els estudis del projecte CARIMED, Projecte Rius i RiuNet, i la seva freqüència d'aparició..... 37
- **Taula 1. 4.** p-valor de la prova U de Mann-Whitney dels valors de taxa total (X), EPT, OCH, Dípters i Mol·luscs per les comparacions entre els rangs de qualitat *de les dades CC*. Es marquen en taronja les combinacions amb diferències significatives ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) i en *verd* les combinacions sense diferències significatives. .... 40
- **Taula 1. 5.** Nombre de dades utilitzades en aquest treball segons els criteris de comparació establerts..... 40





## RESUM / RESUMEN / ABSTRACT

Català

Aquesta tesi doctoral sorgeix de l'empremta deixada pel grup de recerca FEHM, liderat pel Dr. Prat, amb més de quatre dècades d'activitat dedicada a la investigació en ecologia aquàtica des de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona. Aquest grup ha contribuït de manera significativa al camp científic, generant resultats que no només han enriquit la recerca acadèmica, sinó que també han tingut una aplicabilitat pràctica destacada. Aquests resultats han estat utilitzats com a eines i recursos per empreses i administracions dedicades a la gestió dels recursos hídrics i els ecosistemes aquàtics continentals arreu del món.

Un aspecte distintiu del grup de recerca és la seva prioritat per mantenir un vincle directe amb la ciutadania, des d'iniciatives de divulgació científica fins a programes d'educació ambiental i participació ciutadana. Aquest context ha establert les bases per a aquesta tesi, la qual busca reforçar els llaços entre la recerca científica, l'administració i la participació ciutadana, proposant noves estratègies per fer aquestes relacions més bidireccionals i efectives.

En el camp de la gestió i recerca sobre aigua dolça i ecosistemes aquàtics, la relació amb la ciutadania és un terreny que encara s'explora. La ciència ciutadana, malgrat les exitoses iniciatives com Projecte Rius i RiuNet, no ha arribat a integrar-se completament com a eina d'ús comú per a l'obtenció de dades útils per a la gestió i la recerca. Així, aquesta tesi aborda aquesta situació amb una anàlisi profunda de les dades de ciència ciutadana (capítol 1), identificant tendències i suggerint ajustos metodològics per millorar-ne la qualitat i la seva integració en el context de la recerca científica i la gestió dels recursos aquàtics.

Un altre dels aspectes rellevants tractats és (capítol 2) la consideració de l'impacte pedagògic de projectes com RiuNet. A través d'un estudi sobre com canvia la concepció dels rius entre els participants, es demostra que aquest tipus d'iniciatives no només generen dades, sinó que també tenen un impacte transformador en la percepció de la ciutadania sobre els recursos aquàtics i la necessitat de gestionar-los de manera sostenible.

A més, la tesi presenta una innovadora metodologia de treball que implica la universitat, la ciutadania i l'administració, com s'observa en la iniciativa Llegim el Riu, dut a terme a la conca del Llobregat (capítol 3). Aquesta iniciativa ha conduït a un debat constructiu i a la implementació de mesures concretes per millorar els trams de riu, representant un cas exemplar de participació ciutadana en la gestió dels recursos hídrics i els ecosistemes fluvials.

En conclusió, aquesta tesi doctoral representa no només una aportació científica substancial amb la validació de dades de ciència ciutadana, sinó també una contribució destacada en la promoció de la participació ciutadana efectiva en la gestió dels rius i la divulgació de la ciència ambiental.

Esta tesis doctoral surge de la huella dejada por el grupo de investigación FEHM, liderado por el Dr. Prat, con más de cuatro décadas de actividad dedicada a la investigación en ecología acuática desde la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. Este grupo ha contribuido de manera significativa al campo científico, generando resultados que no solo han enriquecido la investigación académica, sino que también han tenido una destacada aplicabilidad práctica. Estos resultados han sido utilizados como herramientas y recursos por empresas y administraciones dedicadas a la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos continentales en todo el mundo.

Un aspecto distintivo del grupo de investigación es su prioridad de mantener un vínculo directo con la ciudadanía, desde iniciativas de divulgación científica hasta programas de educación ambiental y participación ciudadana. Este contexto ha establecido las bases para esta tesis, que busca reforzar los lazos entre la investigación científica, la administración y la participación ciudadana, proponiendo nuevas estrategias para hacer estas relaciones más bidireccionales y efectivas.

En el campo de la gestión e investigación sobre agua dulce y ecosistemas acuáticos, la relación con la ciudadanía es un terreno que aún se explora. La ciencia ciudadana, a pesar de iniciativas exitosas como el Proyecto Ríos y RiuNet, no ha llegado a integrarse completamente como una herramienta de uso generalizado para la obtención de datos útiles para la gestión y la investigación. Así, esta tesis aborda esta situación con un análisis profundo de los datos de ciencia ciudadana (capítulo 1), identificando tendencias y proponiendo ajustes metodológicos para mejorar la calidad y su integración en el contexto de la investigación científica y la gestión de los recursos acuáticos.

Otro de los aspectos relevantes tratados es (capítulo 2) la consideración del impacto pedagógico de proyectos como RiuNet. A través de un estudio sobre cómo cambia la concepción de los ríos entre los participantes, se demuestra que este tipo de iniciativas no solo generan datos, sino que también tienen un impacto transformador en la percepción de la ciudadanía sobre los recursos acuáticos y la necesidad de gestionarlos de manera sostenible.

Además, la tesis presenta una innovadora metodología de trabajo que implica a la universidad, la ciudadanía y la administración, como se observa en la iniciativa Llegim el Riu, llevada a cabo en la cuenca del Llobregat (capítulo 3). Esta iniciativa ha conducido a un debate constructivo y a la implementación de medidas concretas para mejorar los tramos de río, representando un caso ejemplar de participación ciudadana en la gestión de los recursos hídricos y los ecosistemas fluviales.

En conclusión, esta tesis doctoral representa no solo una aportación científica sustancial con la validación de datos de ciencia ciudadana, sino también una contribución destacada en la promoción de la participación ciudadana efectiva en la gestión de los ríos y la divulgación de la ciencia ambiental.

English

This doctoral thesis emerges from the imprint left by the research group FEHM, led by Dr. Prat, with over four decades of dedicated activity in aquatic ecology research in the Faculty of Biology at the University of Barcelona. This group has significantly contributed to the scientific field, generating results that have not only enriched academic research but also with significant applied applications. These outcomes have been utilized as tools and resources by companies and administrations engaged in the management of water resources and continental aquatic ecosystems worldwide.

A distinctive aspect of the research group is its priority in maintaining a direct connection with the public, ranging from scientific outreach initiatives to programs in environmental education and citizen participation. This context lays the foundation for this thesis, which aims to strengthen the ties between scientific research, administration, and citizen participation, and to propose new strategies to make these relationships more bidirectional and effective.

In the realm of freshwater management and research pertaining to aquatic ecosystems, the public's role remains an area ripe for exploration. Despite commendable initiatives such as the Ríos Project and RiuNet, citizen science has yet to seamlessly integrate as a universally adopted tool for the acquisition of valuable data pertinent to management and research. Thus, this thesis meticulously addresses this scenario through an in-depth analysis of citizen science data (Chapter 1), identifying prevailing trends and suggesting methodological refinements to enhance the quality and seamless integration of such data within the spheres of scientific research and water resource management.

Another pivotal facet discussed is the pedagogical impact of initiatives like RiuNet (Chapter 2). Through a discerning examination of how participants' perceptions of rivers evolve, this study convincingly demonstrates that such initiatives yield data and exert a transformative influence on public perceptions concerning aquatic resources and the imperative to manage them sustainably.

Moreover, the thesis introduces an innovative working methodology that involves the university, the public, and administrative entities, as exemplified by the "Llegim el Riu" initiative in the Llobregat basin (Chapter 3). This initiative has yielded constructive dialogues and the implementation of tangible measures aimed at enhancing river sections, thereby serving as an exemplary case of citizen participation in the management of water resources and river ecosystems.

In summary, this doctoral thesis represents not only a substantive scientific contribution through the validation of citizen science data, but also a noteworthy endeavour in promoting effective citizen participation in river management and the dissemination of environmental science.



## INTRODUCCIÓ GENERAL

### El context, l'origen i la formulació del projecte de recerca

#### La transferència i la divulgació de la ciència en l'estudi dels ecosistemes aquàtics

Una de les idees més compartides entre moltes de les persones que s'han relacionat d'una manera o altra en aquesta tesi ha estat l'opinió generalitzada de què les tasques de divulgació i transferència científica estan poc valorades des del món acadèmic. Les universitats i l'àmbit de la recerca és molt jeràrquic i contínuament està valorant competitivament els resultats obtinguts dels seus treballadors, especialment els del personal investigador. Les possibilitats de millorar en la jerarquia acadèmica es basen en resultats científics per a científics, i s'espera que siguin remarcables per garantir avenços en la ciència. De tant en tant, algun d'aquests resultats transpira fora de les universitats i dels centres de recerca per arribar a la ciutadania en general, sigui per la seva utilitat pràctica, per la seva genialitat o perquè genera canvis importants en els paradigmes o els esquemes mentals de la societat.

L'exemple recurrent, que també s'utilitzarà aquí, és que tothom recorda a Watson i Crick (Watson i Crick 1953), com a descobridors de la molècula de doble hèlix d'ADN. Alguns també citen com a codescobridors a Rosalind Franklin i el seu estudiant Raymond Gosling (Franklin i Gosling 1953), gràcies a obres com 'The Dark lady of DNA' (Maddox 2003). Però si es mira enrere dels anys cinquanta del segle XX, poca gent reconeix les tasques prèvies i imprescindibles de biòlegs, químics, bioquímics i cristal·lògrafs com J. Friedrich Miescher (Dahm 2005), Robert Feulgen (Wick 2017), P. A. Levene (Simoni, Hill, i Vaughan 2002) o Erwin Chargaff (Chargaff, Zamenhof, i Green 1950), que primer van aïllar una substància diferent del nucli de les cèl·lules, després van descobrir com revelar-la amb tincions de fucsina, per més tard, començar a conèixer que estava formada per 4 bases nitrogenades, i que curiosament, les seves quantitats eren idèntiques per parelles, és a dir, que la quantitat d'adenina era idèntica a la de timina i la de citosina a la de guanina. La pregunta, doncs, que plana sobre aquest descobriment, i tots els altres, és si la ciència, com a disciplina, democratitza el seu propi procés científic i el fa públic reconeixent el mèrit de totes les parts.

Generalment, la ciència es queda en publicacions científiques que, s'espera, seran citades en altres publicacions científiques. I és que les dinàmiques del món científic amb una constant competició en la cerca de recursos, l'execució de projectes i la publicació de resultats dificulta enormement el fet disposar de temps addicional per fer tasques addicionals. I potser aquí rau el problema, considerar addicional o optativa la tasca de divulgació i de transferència.

Cal dir que en els darrers anys, almenys a la Universitat de Barcelona, les tasques de transferència, és a dir, les que no solen tenir resultats fàcilment puntuables en rànquings de producció científica, van agafant més importància a l'hora d'aconseguir mèrits, i es van generalitzant també gràcies al fet que a la majoria dels projectes de recerca hi ha una part important de compromisos respecte al retorn a la societat dels resultats o conclusions obtinguts. S'ha generat impuls des dels centres de decisió, i de finançament, per fomentar aquest retorn. Lògicament, la producció científica és bàsicament finançada per fons públics i, per tant, la recerca també considera que té un deure amb la ciutadania. A part, als centres de recerca s'està generalitzant també la professionalització de la divulgació de la ciència, amb serveis i unitats dedicades exclusivament a aquesta tasca. A la Universitat de Barcelona, aquesta tasca es

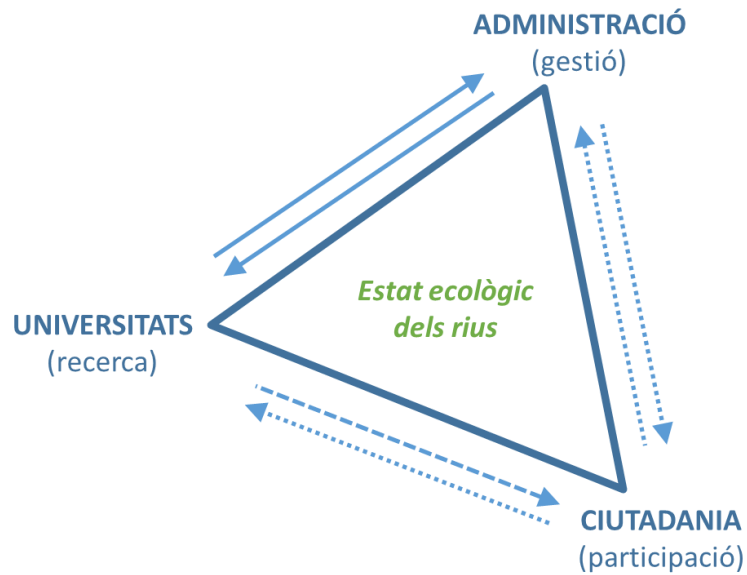
desenvolupa des de la Unitat de Cultura Científica i Innovació (UCC+i), i específicament des del grup de treball “La UB Divulga”, que ha donat i dona suport a moltes de les activitats i projectes que són part d’aquesta tesi, entre elles, el mateix projecte RiuNet del que es va participar activament en la seva creació.

Tornant a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, fa prop de vint anys que formo part de l’equip de treball amb el grup de recerca Freshwater Ecology, Hydrology, and Management (FEHM). La manera de treballar sempre ha tingut la divulgació científica, i la comunicació amb el món tècnic els gestors mediambientals i els mitjans de comunicació, com un punt central dels objectius a assolir. És a dir, en tot moment s’ha respirat aquesta responsabilitat d’explicar d’una forma entenedora a la resta de societat la feina que es fa des de despatxos i laboratoris de l’antic Departament d’Ecologia, i en concret, el que es feia des de l’equip de professors, investigadors, estudiants i tècnics que treballàvem amb ecologia dels rius mediterranis sota el paraigua del grup FEHM. Una síntesi de la feina feta en aquest sentit, es presenta resumida a l’**Annex 1**, que inclou un llistat de projectes, accions i programes en els quals el grup de recerca i el seu fundador, el Dr. Prat, ha estat involucrat des de l’inici de la seva carrera acadèmica, a finals dels anys setanta. Queda clar que aquesta vocació per la transferència de la ciència ha impregnat la forma de treballar del grup de recerca fins avui dia.

Aquesta responsabilitat i compromís per la transferència de la ciència fou una clara aposta del Dr. Prat, catedràtic en aquell moment, professor jubilat emèrit, avui en dia, i que és qui ha generat i inspirat les tasques, idees i solucions que finalment conformen aquest projecte de recerca de tesi doctoral. Sense oblidar la seva mà dreta durant dècades, la Dra. Rieradevall, amb la que van iniciar, de forma pràctica i amb genialitat, gran part dels projectes que proporcionen la informació sobre la qual es basa aquesta memòria. Aquestes darreres frases poden sonar a agraïments, i és que ho són, però també són l’inici de tot el que s’explicarà a continuació. Amb tot, ells dos són les principals referències i inspiració d’aquest treball de tesi doctoral, que no és més que un punt i a part de la feina de transferència feta des del grup de recerca FEHM. I només és un punt i a part, ja que es pretén continuar generant més idees, projectes i solucions alineades amb aquesta forma de treballar des del món de la recerca.

## El model del triangle per les relacions societat-universitat-administració

Amb aquests antecedents, aquest projecte de tesis es va formular seguint un esquema (**Figura 1**) amb tres vèrtexs, que corresponien a tres actors principals: la Universitat, l’Administració i la Ciutadania, pel que fa a l’estudi i gestió dels ecosistemes fluvials. S’indica com són les relacions entre ells i la intensitat de les mateixes entre els diferents actors.



**Figura 1.** Diagrama esquemàtic del marc conceptual de la tesi en el que les fletxes de relacions entre els vèrtexs mostren el seu grau d'intensitat decreixent com més puntejades siguin.

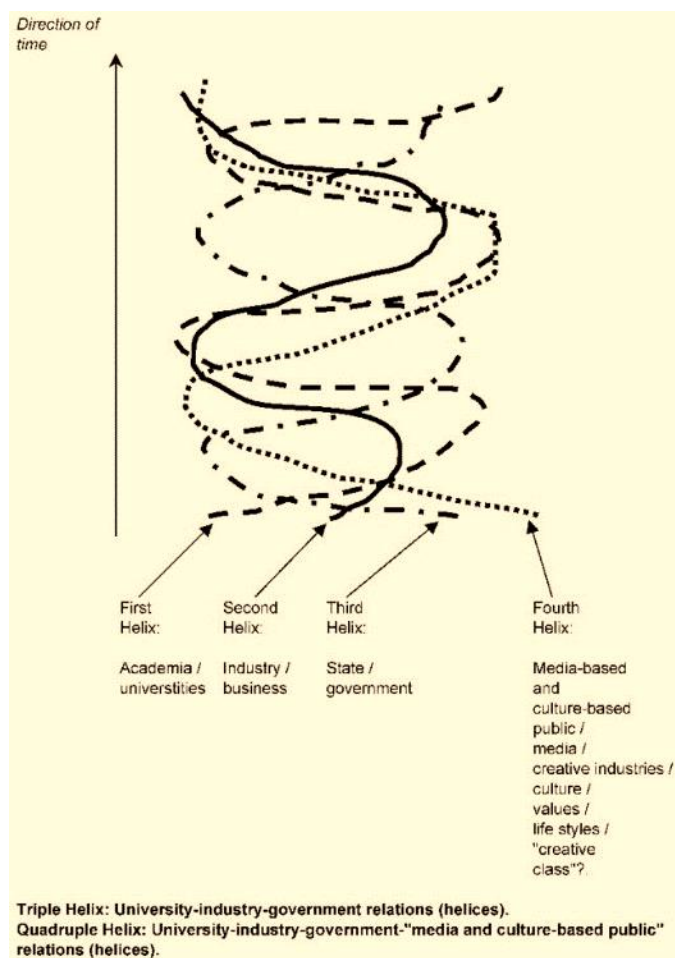
Es considera que es parteix d'una situació en la qual les universitats i els centres de recerca han treballat amb les administracions (en el cas que ens pertoca, les confederacions hidrogràfiques i agències de l'aigua), molt especialment, en l'aplicació de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA) (European Commission, 2000) durant els darrers anys (p. ex. Prat i Munné 2014). A conseqüència del treball acadèmic, les diferents entitats gestores estan aplicant els conceptes i principis bàsics de la DMA seguint els criteris, les tècniques i les dades científiques generades amb estudis de recerca. Alhora les universitats i centres de recerca utilitzen tant de les dades generades per les entitats gestores com les metodologies que es proposen basades en els estudis científics i que en alguns casos passen a ser normatives a escala de tot l'estat, de la Generalitat o autoritats locals.

Per altra banda, la relació entre les universitats i la ciutadania, tot i no ser tan intensa, especialment en el passat, la creació de noves eines i recursos fan que cada dia sigui més freqüent de manera que, cada cop prenen més importància i es fan més populars les activitats i iniciatives de transferència i divulgació de la ciència. També es tracta de conrear la Ciència Ciutadana, entesa com aquella recerca realitzada per no professionals gràcies a l'ús d'eines dissenyades específicament per aquest motiu (Silvertown 2009). En canvi, la relació en sentit invers encara no s'ha formalitzat completament per la dificultat d'incorporar als treballs de caràcter científic i tècnic les dades generades per la ciutadania (Cohn 2008; Figueiredo et al. 2018), siguin emmarcades dins de la ciència ciutadana o altres eines, com el voluntariat o la participació ciutadana.

Finalment, la relació entre l'administració i la ciutadania presenta encara moltes deficiències pel que fa a l'aspecte de l'avaluació i el seguiment de l'estat ecològic dels rius, ja que les dades que es generen des de la ciutadania no han estat tingudes en compte en els diferents plans de seguiment i control de l'administració pública. Tampoc existeixen vies de relació clares que facilitin una resposta de l'administració cap a la ciutadania per poder emprar les seves dades de diagnòsi o les propostes de gestió fruit de processos de participació, especialment quan aquests sorgeixen de la mateixa ciutadania.



Una altra forma de representar aquest tipus de relacions i com d'elles es pot generar un procés d'innovació continu són els models helicoidals, en els que s'hi incorpora una dimensió temporal amb la que es representa el canvi generat en el temps. Etzkowitz i Leydesdorff (2000), proposaven un model de tres hèlix; la indústria, la recerca i l'administració, que s'influencien en el temps unes als altres per generar nous coneixements, estratègies o productes, que alhora són incorporats de nou a la hèlix per seguir innovant. Actualment, però, el més utilitzada és el model de la quàdruple hèlix, en la que s'hi incorpora una altre actor, el públic general, juntament amb la cultura i l'art, representat per una nova hèlix. Aquest tipus de models són utilitzats en el món empresarial i tecnològic (Carayannis i Campbell 2009) per descriure un la innovació basada en relacions entre ciutadania, administració, empresa i universitats (**Figura 2**). Així, aquest model, sorgí com un enfocament conceptual que promou una col·laboració entre aquests quatre actors principals per enfortir el desenvolupament i innovació en les seves relacions i que s'està aplicant àmpliament en molts processos participatius que contempen qüestions socials o mediambientals.



**Figura 2.** La quàdruple hèlix de la innovació segons Carayannis & Cambell, 2009 (original de la figura 2 de l'article).

Així doncs, el model triangular proposat en aquesta memòria podria considerar-se una simplificació del model de la quàdruple hèlix, en el que la branca de les empreses i la indústria queda incorporat en el vèrtex de l'administració que gestiona l'aigua. És clar que en la gestió mediambiental de rius, el sector privat és un actor fonamental. Sigui el sector primari, secundari o de serveis, existeix una relació molt directa amb els impactes que generen en els rius i els ecosistemes aquàtics en general. Sigui perquè requereixen l'ús de l'aigua (recurs) o sigui per

utilitzar el riu com a via de desguàs dels seus residus líquids o sòlids, d'una manera o l'altra, la seva activitat econòmica influeix l'ecosistema fluvial. Sovint, doncs, és aquest sector el que més pressions i impactes causa als rius. Per no parlar, també, de què al nostre territori tant l'abastiment d'aigua com el seu sanejament està majoritàriament gestionat per empreses privades o mixtes (p. ex. AGBAR, Sorea...). A més, també existeix un sector de serveis dedicat al sector de l'aigua, com el manteniment de lleres, la restauració de rius, les tasques de diagnòstic, consultoria i d'educació ambiental i moltes altres. Aquestes activitats estan molt regulades per l'Administració pública (local, regional, autonòmica, estatal, europea). Així, en aquest treball quedarà gairebé sempre sota el paraigua del vèrtex de la gestió.

Tot plegat fa que la gestió de l'aigua sigui complexa amb molts actors i a on la ciutadania moltes vegades no té el seu encaix de forma efectiva, tot i la regulació actual que fa necessària la participació ciutadana per aprovar un projecte. Des de fa uns anys, i des de l'àmbit de la recerca s'estan proposant models d'acció per incorporar una participació efectiva en la gestió dels ecosistemes fluvials (Jorda-Capdevila, Rodríguez-Labajos, i Bardina 2016; Soria et al. 2021). En aquests treballs es defensa la incorporació d'elements que potenciïn la relació entre la ciutadania i la gestió, per exemple, l'avaluació i valoració dels serveis ecosistèmics de caràcter socioculturals, i també, la ciència ciutadana com a via de comunicació entre les parts.

## La recerca i la transferència a l'àmbit de la gestió de l'aigua. Del concepte a la realitat.

Un dels grans pilars en el que se sustenta aquesta tesi és en com els resultats científics són traslladats al món de la gestió. És a dir, com es comuniquen a l'administració pública que pren decisions sobre la gestió dels recursos naturals. Usant termes anglosaxons, es referiria a generar uns 'Policy Briefs', o dit d'una altra forma, una sèrie de recomanacions enfocades a la gestió (en aquest cas, mediambiental) basades en les evidències científiques fruit dels resultats de projectes de recerca i seguiments.

A tall d'exemple, un dels principals projectes en els quals he participat activament des del primer moment que vaig entrar en contacte amb el Dr. Prat fou el **Seguiment de l'estat ecològic dels rius de la Província de Barcelona**. Aquest programa d'estudis, avui en dia és conegut com a CARIMED (Canvis Ambientals dels Rius Mediterranis) ([www.ub.edu/barcelonarius](http://www.ub.edu/barcelonarius)), el 2024 complirà trenta anys de dades continuades sobre la riquesa de fauna aquàtica dels rius, condicions fisicoquímiques, hidrològiques i ambientals i, a més, disposa de dades recollides en els mateixos llocs des de 1979. Va ser llavors, quan es va crear la xarxa de seguiment a partir d'una idea del professor Ramon Margalef que va suggerir a la Diputació de Barcelona. Actualment, aquest programa d'estudis està ben viu i té intenció de seguir en el futur, gràcies a la relació de confiança i suport mutu creat entre els investigadors i els promotors del projecte, que actualment és la Gerència de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. Fruit d'aquests estudis s'han generat molts resultats en format de publicacions científiques (d'àmbit local i global), informes científicotècnics, treballs de final de grau, de màster i de doctorat dels centenars de les persones que durant aquests anys hi han participat, tal com es pot veure en l'**Annex 1**.

Per tal de veure com aquest programa ha participat en millores mediambientals generades gràcies a aquesta relació entre administració i universitat, es podrien descriure diverses decisions i canvis de criteris en els quals s'ha estat involucrat. Un exemple que jo particularment trobo inspirador, és el que va ocórrer en una ponència d'unes jornades d'estudiosos del parc natural de

Sant Llorenç del Munt (Prat et al. 2013). El Dr. Prat exposava que l'aigua del torrent de la Vall d'Horta era captada quasi tota per part de l'empresa municipal d'aigües de Sant Llorenç Savall per l'abastament. Aquesta era la causa que impedia una recuperació clara de l'ecosistema fluvial després dels incendis de 2003, ja que el torrent quedava totalment sec molts mesos de l'any. Es va calcular que el cabal necessari per mantenir la vida al riu era de menys d'1 litre per segon d'aigua, quantitat ínfima respecte al que el poble necessitava per abastir-se. És a dir, que si es deixava de captar aquesta petita quantitat d'aigua, es garantiria la recuperació de la qualitat biològica del riu. Fou en aquella mateixa sala, que el tècnic mediambiental del municipi, amb la col·laboració del personal gestor del parc natural, va aconseguir que al cap de poc temps, la captació del torrent de la Vall d'Horta fos modificada a la baixa. Quatre anys després, a la següent edició de les jornades d'estudiosos es van presentar les conseqüències mediambientals d'aquest canvi de gestió en un treball titulat "La disminució de les extraccions d'aigua millora l'estat hidrològic i ecològic del torrent de la Vall d'Horta" (Fortuño et al. 2019). El títol ho deixa clar, però és que des d'aquella decisió de modificar lleugerament la captació d'aigua, el torrent de la Vall d'Horta no s'ha assecat completament mai més, tot i la històrica sequera iniciada el 2021 i que dura fins avui dia. A més, el lloc estudiat en aquest torrent ha batut els seus propis rècords en riquesa de fauna invertebrada, confirmant, doncs, la recuperació mediambiental prevista, i fent-lo més resistent i resilient als canvis futurs. Un cas d'èxit que mostra com la difusió dels resultats científics i la col·laboració entre la recerca i els gestors poden arribar a assolir canvis en la gestió, que en aquest cas es veia afavorit per la poca complicació administrativa de les feines a realitzar.

Una de les lliçons d'aquesta recuperació del Torrent de la Vall d'Horta, és que es pot canviar i innovar fàcilment de forma coordinada (seguint el model de la quàdruple hèlix) a condició que hi hagi vies de comunicació adequades. En aquest cas, la guspira fou un grup de recerca presentant uns resultats en una trobada local i de caràcter tècnic i divulgatiu, on la gran majoria de presentacions les fan persones aficionades o grups de voluntariat que estudien la fauna, la flora, l'ecologia, la història o els usos públics de l'àrea protegida. Qui sap si s'haguessin obtingut els mateixos resultats i tan ràpidament si la via de comunicació hagués sigut més institucional o seguint les vies clàssiques de la recerca científica que solen evitar aquest tipus d'actes i publicacions locals, ja que no tenen tant pes en els rànquings acadèmics.

Tot i que el cas pugui semblar una mica anecdòtic, des del grup FEHM sempre s'ha optat per estar present en aquest tipus d'esdeveniments que es troben entre el congrés científic i la reunió de persones que volen o tenen l'obligació de fer una gestió més sostenible. En aquest ambient, no tant acadèmic, és on he anat desenvolupant gran part la meva feina durant quasi vint anys. El fet de no tenir una obligació o necessitat de dedicar-me a la producció científica ha afavorit aquesta situació de pont entre recerca, difusió i aplicació a la gestió dels resultats obtinguts. De totes maneres, he participat en la majoria dels treballs científics del grup on la meva assistència tècnica ha estat important i m'ha servit per entendre que no es pot fer una bona tasca de divulgació o comunicació sense una bona base científica del que volem que serveixi per gestionar o incentivar a la població a conèixer qui hi ha, que fa i com funcionen els ecosistemes aquàtics per poder assolir un equilibri entre l'ús dels recursos i la preservació del medi.

## L'educació ambiental i la divulgació de la ciència

Quan has realitzat tantes vegades una tasca, per molt important que sigui, es pot tenir la sensació que és poc interessant o tediosa, i hi ha el risc d'arribar a perdre la passió i la il·lusió i de convertir-se en rutina. Fins i tot ocorre amb la multitud de diferents tasques tècniques que es fan rere any per donar resultats de seguiment i projectes de recerca en una universitat. Una excel·lent manera d'evitar aquests problemes és sortir del lloc de feina i explicar el que fas a altra gent. Al món de la recerca, existeixen aquestes tasques de comunicació amb l'exterior, i les coneixem com divulgació de la ciència. Com ja s'ha dit abans, aquesta ha estat sempre la voluntat del grup de recerca FEHM des de la seva fundació. De fet, després dels primers resultats de 1979, ja es va participar en una iniciativa pionera en temes de gestió de l'aigua com era el Joc de l'Aigua (vegeu **Annex 1**) on el Dr. Prat va fer el disseny dels indicadors biològics i va utilitzar uns dibuixos de la Dra. M.A. Puig.

El meu primer contacte amb l'educació ambiental no fou directament des del grup de recerca FEHM, sinó que vaig començar primer a relacionar-me amb el Projecte Rius de l'Associació Hàbitats com a voluntari (com es parlarà més endavant, aquest projecte també va néixer de l'activitat del Dr. Narcís Prat i la Dra. Maria Rieradevall que en van fer els materials originals). En tenir coneixements sobre el tema, i és que Projecte Rius treballa bàsicament fent voluntariat ambiental en rius de Catalunya, vaig convertir-me en un educador ambiental improvisat de diversos grups de voluntaris del meu lloc de residència i del lloc d'on provinc.

Posteriorment, el meu treball en el grup FEHM, ha comportat, a part del treball de mostreig i adquisició de dades estandarditzades, la realització de tasques contínues de divulgació i comunicació en fires, tallers, jocs, taules rodones, estudis col·laboratius, xerrades, vídeos, xarxes socials i molts altres formats que ha anat augmentant any rere any (**Figura 3**). Cada cop s'observen més grups de recerca, almenys a la UB, seguint un camí similar. A tall d'exemple, a la primera festa de la ciència de la UB s'hi van muntar 25 estands amb 65 científics i científiques, incloent-hi els del grup FEHM. A la darrera Festa de la Ciència de la UB, els tallers eren 65 estands i fins a 395 científics i científiques involucrades.



**Figura 3.** Fotografies d'activitats de divulgació científica i educació ambiental relacionades amb el projecte RiuNet. Superior-Esquerra: taller sobre impactes dels rius a l'estand RiuNet del festival YOMO 2019 (fotografia: Sabrina Menéndez). Superior-dreta: taller sobre la fauna secreta dels rius a festa de la Ciència de la UB de l'any 2018 (fotografia: Sabrina Menéndez). Inferior: estudi al riu Besòs amb el programa 'Ciència Ciutadana a les Escoles' 2020-21 de l'Ajuntament de Barcelona i el Consorci d'educació, amb l'alumnat de l'Institut Josep Comas i Solà.

Les tasques de divulgació de la ciència, entenent-la com una branca de la comunicació científica, s'han anat popularitzant, són demandades per la societat i hi ha diferents opcions en formació i per dedicar-s'hi professionalment. Aquí, en canvi, es vol parlar d'aquesta divulgació feta des dels mateixos equips que realitzen la recerca, que és una feina que es realitza de forma voluntària, no sempre dins de projectes de recerca, sovint no remunerada, però que genera satisfacció personal en formar part d'un procés d'alfabetització científica de la societat i que, a més, possiblement estarà potenciant les carreres STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) entre la ciutadania més jove. En estudis sobre el tema, com el de Woitowich et al. (2022), més d'un 90% dels científics enquestats que duen a terme tasques de divulgació, ho feien per pròpia iniciativa, per propi gaudi, i, de nou, més d'un 90% amb l'objectiu de millorar l'alfabetització científica de la societat. I és que cada cop més la divulgació de la ciència és una tasca imprescindible en l'àmbit de la recerca. El problema aquí rau en la mateixa dinàmica dels centres de recerca, on el temps, i com no, els recursos, són limitats. En aquest mateix estudi, els principals impediments considerats per no fer encara més tasques de divulgació fou justament la falta de temps i recursos. De totes maneres quan es pot treballar amb un equip prou gran i divers com el grup FEHM, amb professors, investigadors en formació i personal tècnic que fan recerca sobre els ecosistemes aquàtics, les motivacions solen acabar guanyant als impediments i es poden generar iniciatives que acaben traspasant les fronteres de la divulgació.

## La ciència ciutadana

Un cop es lliga la investigació científica en el camp de l'ecologia de rius, la presentació clara i intuïtiva de resultats a la societat, així com la creació d'activitats lúdiques en tallers, s'arriba a la culminació que fou el desenvolupament d'una aplicació destinada a permetre a qualsevol individu conèixer l'estat de salut d'un riu. Aquest procés, tot i la proximitat conceptual, requereix una inversió significativa de temps i esforç. L'èxit d'aquesta empresa implica la convicció en la seva viabilitat, la presència d'un equip motivat, recursos econòmics adients i una dedicació extensa a la prova, assaig, tallers, formació, així com la validació de dades i metodologies.

És a dir, si hi ha aquestes ganes i motivació per explicar la ciència a altres persones, el pas natural que segueix a les iniciatives de transferència científica a la societat és la d'implicar activament a la societat en la recerca. Així doncs, en aquest cas del grup FEHM, es va optar per generar dades científiques sobre l'estat dels rius s'ha fet amb una aplicació per mòbils anomenada **RiuNet**. RiuNet fou imaginada per la Dra. Rieradevall i el Dr. Prat, a partir de materials anteriors, i va començar a ser una realitat gràcies a un ajut de la FECYT. RiuNet com a aplicació per telèfons, apareixia el 2015 (**Figura 4**), i se'n parlarà extensament durant tota aquesta memòria. Un cop creada l'eina, s'iniciava el projecte de ciència ciutadana RiuNet, del que he format part des del seu inici.



**Figura 4.** Anvers i revers de la primera postal promocional del projecte RiuNet del grup FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management), aleshores FEM (Freshwater Ecology and Management), creada el 2015.

I com es defineix a la ciència ciutadana? Trobar una definició amb la qual tothom que fa ciència ciutadana quedi content és quasi impossible. La varietat d'actors, activitats i objectius que poden formar part de la ciència ciutadana la fan difícil de definir (Eitzel et al. 2017), però, en general, fa referència a la participació del públic en algun aspecte de la recerca científica. Hi ha moltes maneres de fer ciència ciutadana i alguns autors proposen classificacions per acotar-la o fragmentar-la de cara a millorar el mateix concepte (p. ex. Roy et al. 2012; Hecker i Taddicken 2022).

A la **taula 1** es resumeix aquesta informació sobre els tipus de ciència ciutadana fent referència a la manera com la ciutadania es relaciona amb el projecte. Aquesta classificació, proposada per Haklay (2013) és en una de les més utilitzades.

A la ciència ciutadana, doncs, a l'hora de plantejar un projecte concret pot considerar diferents tipus de relacions amb la ciutadania que hi participarà. A més, en aquesta classificació hi ha, intrínseca, una gran distinció entre els projectes de ciència ciutadana formulats i dissenyats exclusivament des dels centres de recerca i els que es formulen i dissenyen conjuntament amb la ciutadania, o que, fins i tot, sorgeixen de la ciutadania. Utilitzant terminologia anglosaxona

aplicada a la presa de decisions i la gestió de projectes, es parla de projectes "top-down" i de projectes "bottom-up". En un projecte "top-down", doncs, les directrius i els protocols podrien ser establerts per científics professionals i després implementats pels participants de la ciutadania. A la classificació de la **taula 1**, els projectes dels nivells 1 i 2 entrarien en aquesta visió "top-down". En canvi, en un projecte "bottom-up", la ciutadania té més participació en la definició dels temes de recerca, les preguntes formulades o fins i tot en el desenvolupament dels protocols d'investigació. A la **taula 1**, els projectes del nivell 3 i 4 serien els que clarament tenen una aproximació "bottom-up". Ambdues aproximacions poden ser vàlides en diferents contextos i depenen dels objectius i les necessitats del projecte específic.

**Taula 1.** Tipus de projectes de ciència ciutadana segons la relació amb la ciutadania

<b>Tipus</b>	<b>Relació ciutadania - projecte</b>	<b>Casos més habituals d'aplicació</b>
Nivell 1: <b>Col·laboració ciutadana</b>	La ciutadania és la generadora de dades amb les seves observacions, les seves pròpies dades o fan de sensors que recullen dades de forma automàtica.	Observacions meteorològiques, mediambientals o de biodiversitat. Recollida de dades biomèdiques o dades sobre moviments o comportaments humans.
Nivell 2: <b>Intel·ligència ciutadana</b>	La ciutadania és la generadora de dades però aquestes impliquen un cert grau d'interpretació o processat cognitiu.	Interpretació de realitats o imatges astronòmiques, meteorològiques, mediambientals. Generació de dades sobre comportament humà, benestar social o malalties mentals.
Nivell 3: <b>Ciència participativa</b>	La ciutadania, a part de generar les dades, ha participat en la definició la pregunta científica, així com en la interpretació de resultats.	Recerca de conflictes socials o de la relació entre societat-entorn-medi ambient.
Nivell 4: <b>Ciència ciutadana extrema</b>	La ciutadania participa activament en qualsevol de les tasques del projecte, o decideix en quina part participar. Els rols ciutadania i científics es desdibuixen i poden passar a ser intercanviats. Fins i tot poden ser els ciutadans qui busquen científics per dur a terme una idea o projecte.	Problemàtiques de convivència o de relacions entre ciutadania – administracions o qualsevol altre tipus de proposta sorgida íntegrament des de la ciutadania.

En resum, doncs, RiuNet genera dades que són importants per la gestió i la recerca, de les que se'n parlarà al CAPÍTOL 1. Al mateix temps, al CAPÍTOL 2, es determinarà la utilitat de RiuNet com a eina educativa en la sostenibilitat. Finalment, s'explicarà com amb RiuNet i Projecte Rius es poden engegar processos participatius innovadors que impliquin l'acadèmia, l'administració i la societat com el que exemplifica el CAPÍTOL 3.

Abans, però, s'aprofitarà aquesta introducció general per parlar dels mètodes dels dos projectes de ciència ciutadana que són el centre d'aquesta tesi: RiuNet i Projecte Rius, metodologia que és comuna a tota la tesi doctoral, així com fer un resum de l'estat de la ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials.

## El projecte RiuNet

RiuNet és una aplicació dissenyada per a telèfons mòbils intel·ligents per ser utilitzada per la ciutadania, i que permet l'avaluació de l'estat hidrològic i ecològic dels rius mitjançant un mètode simplificat que segueix les directrius de la DMA. És a dir, aplica un mètode modificat dels protocols de monitoratge de l'estat ecològic oficial. RiuNet és la culminació de les diferents metodologies que el grup FEHM ha anat dissenyant des del 1979. Primer en documents en blanc i negre, després en publicacions variades, seguit d'una fase on es va fer servir el CD com a suport i finalment el disseny de l'app que en el seu moment va ser pionera en aquest tipus d'aplicacions als ecosistemes aquàtics (vegeu **Annex 1**). La versió actual de RiuNet ha anat millorat des de la primera versió del 2014 i en tot aquest procés hi he fet una aportació important en el disseny, generació i revisió de mètodes, textos, imatges, i en la seva promoció.

En l'aplicació actual, es guia als usuaris en una sèrie de tasques per completar l'avaluació de l'estat ecològic d'un tram de riu seleccionat (100-200 m), que s'expliquen detalladament al Manual de RiuNet (grup FEHM-UB 2018) i que es resumeixen en els següents passos:

1. **Formulari de localització.** Cal indicar el nom del riu, la seva conca i el municipi o localització on ens trobem. En aquest primer pas, el dispositiu mòbil agafa automàticament les coordenades geogràfiques per adquirir la ubicació del tram del riu.
2. **Determinació de la Fase Aquàtica i el Règim Hidrològic.** Els estats aquàtics es defineixen com un conjunt d'hàbitats aquàtics que es poden produir en un riu en el seu cicle humit-sec (Prat et al. 2014; Gallart et al. 2016). A RiuNet, la fase aquàtica és una descripció simplificada de les condicions de l'aigua observades en el moment del mostreig. I són tres, l'aigua està corrent, hi ha basses desconnectades o la llera del riu està sense aigua. En el moment del mostreig, la fase aquàtica determinarà si es pot fer una valoració biològica del riu mitjançant l'aplicació. Per altra banda, el règim hidrològic indica si un riu és permanent o temporal. En el cas dels rius temporals, també indica el nivell i la durada del cabal d'aigua. Per determinar el règim hidrològic d'un riu, hem de conèixer la freqüència i el moment del cabal d'aigua en diferents èpoques de l'any. Conèixer el règim hidrològic és necessari perquè influeix en el nivell de desenvolupament de les comunitats biològiques, de manera que les metodologies utilitzades per RiuNet per avaluar l'estat ecològic dels rius variaran.
3. **Selecció del tipus de riu.** La biota dels rius en bon estat ecològic pot ser molt diferent segons els tipus de rius (p. ex., diferents espècies es troben de forma natural als rius de gran altitud i, en canvi, no a les rambles mediterrànies, i viceversa). RiuNet ajuda l'usuari a seleccionar el tipus de riu amb fotos i descripcions de propietats físiques (altitud sobre el nivell del mar, mida, profunditat, pendent).





Figura 5. Infografia dels passos a seguir per fer un estudi amb l'app RiuNet.

Un cop l'app RiuNet sap on es farà l'estudi, quin estat i règim hidrològic i de quin tipus de riu es tracta, procedeix a mostrar quins tests es poden realitzar per avaluar l'estat hidrològic i ecològic.

- Determinació de l'estat hidrològic. La temporalitat als rius es produeix no només per condicions climàtiques i geològiques específiques, sinó també per accions humanes. El cabal del riu pot disminuir a causa de les extraccions directes o la baixada del nivell de les aigües subterrànies per extraccions de pous i fonts (Prat et al. 2014). Amb aquestes observacions, es pot indicar si la hidrologia fluvial està més o menys afectada per l'acció humana i el resultat que mostra RiuNet es categoritza en tres estats: bon estat (hidrologia natural), estat alterat (hidrologia mitjanament afectada) i estat pèssim (hidrologia molt afectada).
- Determinació de la qualitat hidromorfològica. La qualitat hidromorfològica del tram d'un riu es determina amb RiuNet fent vuit preguntes relacionades amb les propietats físiques de la zona de ribera i la llera del riu. De nou, aquesta prova és una simplificació de les metodologies estàndard per determinar la qualitat del bosc de ribera (Prat, Solà, i Munné 1998) i els hàbitats aquàtics d'un riu (Pardo et al. 2002). Amb les seves respostes, els usuaris determinen la cobertura forestal de ribera, la seva connectivitat amb el paisatge adjacent i el grau d'impacte humà a la zona de ribera. A més, s'avaluen les característiques de l'hàbitat del canal fluvial mitjançant l'observació d'àrees amb diferents velocitats i profunditat de l'aigua, presència i classes de substrats durs (per exemple, blocs, còdols, graves...) i orgànics (és a dir, fulles, branques, arrels dels arbres, algues i molses). El resultat d'aquestes avaluacions s'utilitza per calcular una puntuació de qualitat que correspon a una classe de qualitat hidromorfològica i que es classifica en cinc rangs: molt bona, bona, moderada, pobre o molt pobre. Així, un tram de riu amb una qualitat hidromorfològica molt bona, tindrà un bosc de ribera poc alterat i una heterogeneïtat d'hàbitats fluvials molt alta. Per contra, una qualitat pèssima serà la que es trobi en trams amb un bosc de ribera molt alterat i un hàbitat

fluvial empobrit. Aquestes cinc classes de qualitat venen representada per colors (blau, verd, groc, taronja i vermell, respectivament).

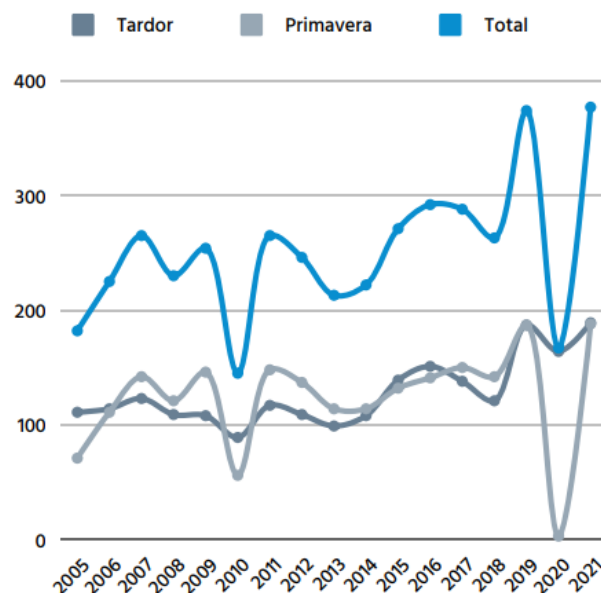
6. Determinar la qualitat biològica fent servir macroinvertebrats com a indicadors biològics i el seu grau de tolerància a la contaminació i l'alteració del riu (Alba-Tercedor i et al. 2002). Per fer-ho, RiuNet ofereix un tutorial de mostreig amb informació i consells de com recollir mostres dels invertebrats aquàtics de forma segura, tant per a l'usuari com per a l'ecosistema. També guia en la manipulació i observació dels animals, així com en la seva identificació a nivell de família, mitjançant una clau dicotòmica, descripcions i imatges dels macroinvertebrats a tenir en compte. Un cop finalitzada la identificació, RiuNet dona una puntuació d'1 al 10 i es classifica en una de les cinc classes de qualitat biològica. De nou, com en el cas de la qualitat hidromorfològica, aquesta qualitat es representa amb un color (blau, verd, groc, taronja i vermell, respectivament).
7. Avaluació de l'estat ecològic; combinant les puntuacions de les proves de qualitat hidromorfològica i biològica, RiuNet dona una classe de qualitat per a l'estat ecològic representada també per colors.
8. Fotografia del tram d'abast del riu avaluat. RiuNet demana a l'usuari que faci una foto del riu. Aquesta foto és important per després poder fer una validació de les dades.
9. Compilació d'altres dades. RiuNet disposa d'un formulari complementari en el qual es poden incloure dades fisicoquímiques (temperatura, pH, oxigen, compostos nitrogenats, sals...), indicar els serveis ecosistèmics socioculturals que es realitzen en el tram d'estudi, així com incorporar dades sobre altra fauna i flora observada o qualsevol altre comentari o observació referent a l'estudi realitzat.
10. Enviament dels resultats. Finalment, cal enviar les dades als responsables del projecte RiuNet, actualment el grup de recerca FEHM de la Universitat de Barcelona. Un cop l'estudi ha estat validat, aquest acaba formant part de la base de dades col·laborativa de RiuNet. Aquestes dades es publiquen semestralment en un mapa en línia que pot ser consultat i utilitzat de forma pública per investigadors, gestors, estudiants o qualsevol persona interessada en el tema.

Per altra banda, RiuNet no només existeix com a eina de recollida de dades sinó que al seu voltant s'hi construeix un projecte on hi ha involucrades diverses persones, totes del grup de recerca FEHM de la Universitat de Barcelona que duen a terme la resta de tasques que el fan possible, com són els processos posteriors de validació i publicació de dades, la comunicació amb la ciutadania, sigui per resoldre dubtes, sigui per fer-los arribar informes de resultats. A part, aquest equip coordinador també s'encarrega del manteniment i actualització de la mateixa aplicació i del servidor on s'allotgen les dades i la pàgina web del projecte ([www.riunet.net](http://www.riunet.net)).

## El Projecte Rius

El Projecte Rius és una iniciativa de l'Associació Hàbitats ([www.projecterius.org](http://www.projecterius.org)), una entitat sense afany de lucre que, des del 1997, treballa per apropar les persones als rius i les rieres de Catalunya. Els seus orígens, entre finals dels anys noranta i principis dels 2000, fou iniciativa de l'Associació Hàbitats que van comptar amb la Dra. Rieradevall i el Dr. Prat que van fer el disseny inicial de la utilització dels indicadors i també van seleccionar les persones que van implementar el projecte mitjançant els materials que ells havien elaborat. També hi va tenir una aportació important la Generalitat de Catalunya (Marina Mir) que en va fer possible la seva creació mitjançant el finançament inicial i la metodologia del grup de recerca FEHM en fos la base (Associació Hàbitats 2021). La metodologia de Projecte Rius és molt similar a la de RiuNet, però amb dues clares diferències. D'una banda, Projecte Rius requereix una formació prèvia de la ciutadania que formarà un grup de voluntaris i voluntàries. D'altra banda, aquest grup es compromet a fer els estudis dos cops l'any, a la primavera i la tardor, en un mateix tram de riu que s'assigna de mutu acord. Aquestes dues diferències fan que Projecte Rius i RiuNet siguin complementaris, ja que mentre Projecte Rius és molt interessant per ser un projecte de seguiment a llarg termini d'una mateixa localitat amb un compromís de la ciutadania que el duen a terme, RiuNet permet a la ciutadania científica moure's per tot el territori i realitzar estudis en el moment que es desitgi.

El compromís de l'Associació Hàbitats amb els seus grups de voluntariat científic ha resultat enormement exitós i no ha deixat de créixer en els prop de vint anys del seu funcionament (**Figura 6**). En el darrer informe de resultats anuals (Associació Hàbitats 2022) s'havien batut els rècords de participació assolits juntament abans de la pandèmia amb prop de 200 grups de voluntaris de tot Catalunya estudiant el seu tram de riu dos cops l'any.



**Figura 6.** Evolució del nombre d'inspeccions, anys 2005-2021. Font: figura original de Ass. Hàbitats (2022).

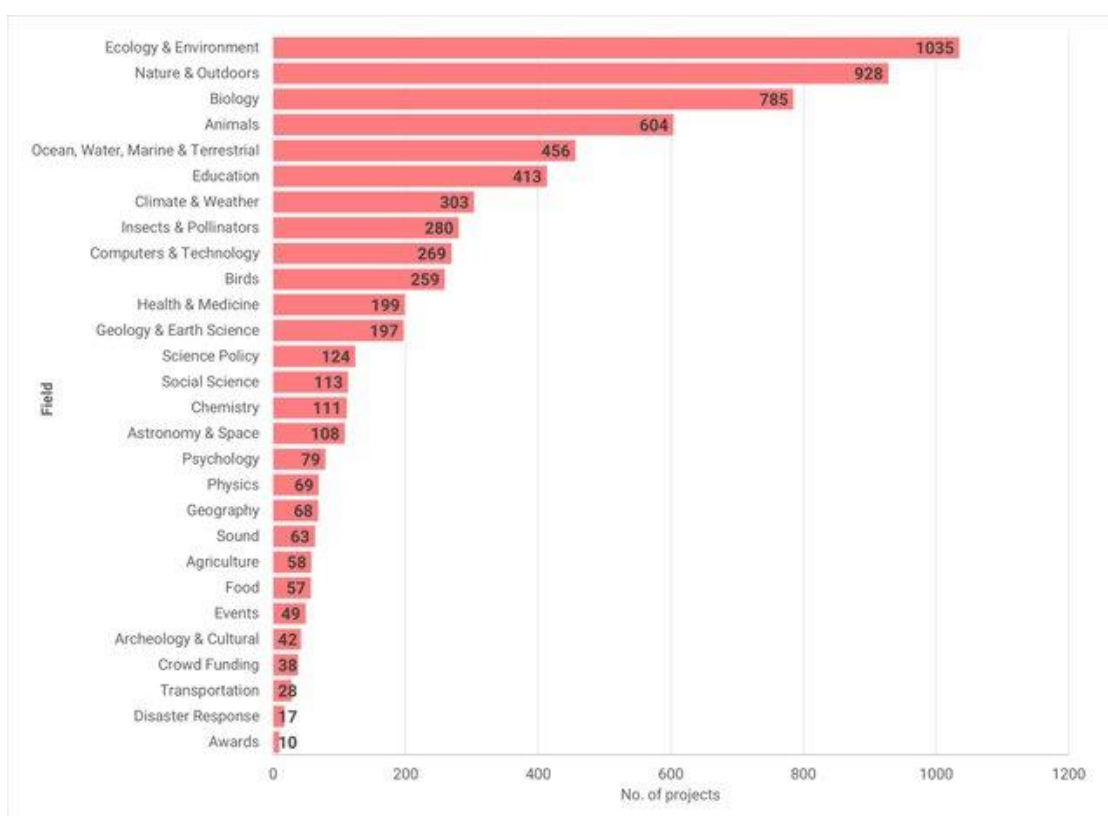
A més, Projecte Rius ha tingut una gran difusió per tot el territori Espanyol, Europeu i Llatinoamèrica i ha generat nous nuclis de coordinació i grups de voluntariat científic (**Annex 2**). Així, seguint la metodologia Projecte Rius i adaptant-la a cada regió i tipus d'ecosistemes fluvials,

han creat diverses xarxes de voluntariat que ha generat una quantitat ingent d'informació sobre l'estat del medi aquàtic. Aquesta informació és la que també s'espera poder avaluar en un futur pròxim seguint les indicacions que resulten d'aquesta tesi doctoral.

Finalment, cal comentar també, que Projecte Rius i RiuNet actualment fan servir una mateixa aplicació per mòbils per entrar les dades, que va anomenar-se RiuApp, des d'on la ciutadania pot accedir als formularis de dades d'ambdós projectes.

### L'estat de la ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials

Els projectes de ciència ciutadana sobre recollida de dades del medi ambient i de caràcter mediambiental són molts i molt variats (Bautista Puig et al. 2023; Pelacho et al. 2020) (**Figura 7**). El món científic requereix moltes dades, i l'observador humà resulta encara imprescindible en molts casos per detectar, identificar, mesurar o retratar un animal, planta, fong o qualsevol aspecte o característica complexa relacionada amb el medi natural. I és que no tot poden ser sensors automàtics. Així la recerca mediambiental i la ciència ciutadana encaixen perfectament, i d'aquí que aquestes temàtiques representin una majoria dintre dels projectes de ciència ciutadana. Per descomptat, dintre d'aquesta tipologia de projectes s'hi inclouen també els que estudien els rius, tant des d'un punt de vista hidrològic com ecològic o, fins i tot, socioecològic.



**Figura 7.** Distribució del nombre de projectes de ciència ciutadana presents a SciStarter per temàtiques. Font: Bautista et al., 2023.

En aquest apartat, doncs, es presenta una fotografia del moment actual de la ciència ciutadana respecte a l'estudi dels ecosistemes aquàtics continentals, i concretament en els que posen el focus en l'estudi de rius i rieres, però també es farà un repàs a les iniciatives de col·laboració amb altres projectes que s'han donat des del naixement de RiuNet. Així, entre 2014,

quan s'iniciava el projecte RiuNet, i avui dia, s'han anat generant relacions entre grups de recerca, entitats i administracions que promouen la ciència ciutadana, tan en general com en concret sobre els ecosistemes fluvials. Totes les iniciatives i projectes de què es parla en aquest apartat es poden consultar a **Annex 2** on també es faciliten els enllaços a les seves pàgines web.

Iniciant aquest repàs de projectes que coincideixen en el temps amb RiuNet des del més proper i local fins a projectes més llunyans i global a Catalunya, a part de RiuNet i Projecte Rius, es troben altres propostes, alguns d'ells molt clarament vinculades als rius. Primer cal parlar de **Flood-up**, un projecte sobre els riscos d'inundació que sorgeix de la facultat de física de la Universitat de Barcelona. L'altre, més recent, és **Pescadors de Plàstics**, de la Universitat de Vic, que té com a objectius l'estudi dels plàstics que són transportats pels rius cap al mar, i que va adreçat sobretot a centres educatius. Durant aquests anys també s'ha entrat en contacte amb projectes que ara mateix ja han acabat, com **BeWater**, on participava el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). En aquest projecte, es va crear un model de participació per establir plans de conca, i a Catalunya la zona d'estudi fou la conca de la Tordera, o **PLASTICOPYR**, un projecte, de nou, sobre plàstics en ambients aquàtics, en aquest cas, centrats en rius i llacs d'alta muntanya. També cal parlar de **1000 punts d'aigua** de Territoris Vius, que cerca i monitoritza l'estat d'hàbitats aquàtics continentals, fent un èmfasi als espais relativament petits amb aigua com són les fonts, estanys, abeuradors, pous, basses o aiguamolls.

Molts dels projectes sobre inventariat de biodiversitat poden tenir una relació estreta amb els rius i rieres. Un exemple clar seria el projecte **QuiroRius**, del Museu de Ciències Naturals de Granollers, en el que s'estudia l'estat dels rius fent servir els ratpenats com a bioindicadors de qualitat de l'ecosistema. Un altre projecte relacionat amb l'aigua dolça, i no tant amb rius, és el projecte **MosquitoAlert** que va iniciar-se des del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB) i el CREAF. Amb aquests, i altres projectes no relacionats amb aigua dolça, ràpidament es van crear sinergies per tal de potenciar i donar a conèixer el potencial de la ciència ciutadana. Aquests vincles es van formalitzar en xarxes de treball com l'**Oficina de Ciència Ciutadana de Barcelona** ([web](#)) que es promou des de l'Ajuntament de Barcelona, amb la intenció de cercar fonts de finançament conjuntament, compartir recursos i espais, i a més, fer estudis conjunts per potenciar l'ús de la ciència ciutadana en àmbits com pot ser en l'educació primària i secundària (Perelló et al. 2016) o l'aprenentatge servei (de la Cerda et al. 2020). A nivell de tot Catalunya, també existeixen xarxes de treball similars, com la gestionada des del departament de Medi Ambient i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, des d'on s'ha publicat una guia sobre ciència ciutadana catalana relacionada amb el medi ambient (Garcia, Sala, i Xifra 2022) i des d'on s'ha creat un **Aparador virtual d'iniciatives de Ciència Ciutadana i Natura** des d'on es promocionen els projectes actius a nivell català.

A nivell espanyol, hi ha diverses iniciatives de monitoratge participatiu sobre ecosistemes fluvials algunes anteriors i altres sorgides de Projecte Rius de les que s'ha parlat al subapartat anterior. Tots aquests projectes, sovint nascuts abans del mateix terme ciència ciutadana, han generat milers de dades que sovint són públiques a través de les seves planes web, però amb les que no es coneix que s'hagi realitzat cap mena de proposta per poder-les incorporar en la presa de decisions. Així, un dels passos futurs per continuar amb aquest projecte de recerca és precisament el fet de poder donar-los-hi el valor a nivell de gestió i recerca.

Posteriorment, amb l'explosió de la ciència ciutadana de mitjans de la dècada de 2010, es creen també diverses xarxes de treball en l'àmbit espanyol i ibèric des d'on diferents projectes entren en contacte per explicar-se les seves experiències, crear recursos i estructures organitzatives que no són més que un símptoma de bona salut que segueix avui en dia. La més

important és el **Observatorio de la Ciencia Ciudadana** de la Fundació Ibercivis i de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Des d'aquest nucli d'acció s'entra en contacte, doncs, amb altres iniciatives relacionades amb el vector aigua dolça, com per exemple, el **Observatorio Ciudadano de la Sequía** de la sevillana Universidad Pablo de Olavide, **AquaCoLab-Burgos** de la Universidad de Burgos, que és una iniciativa que utilitza diverses eines de ciència ciutadana, entre elles el mateix RiuNet per estudiar l'estat dels rius de Castella i Lleó, la seva biodiversitat i els impactes més importants que pateixen. Altres aproximacions serien, per exemple, el projecte **Lagunas de Sierra Nevada** de la Universitat de Granada, que empra fons fotogràfics de llacs de muntanya com a evidències de canvis ambientals, el projecte **FuenAragón**, que és molt similar a 1000punts d'aigua, però amb una visió més centrada en la qualitat de l'aigua.

Des de la EFFF (European Federation for Freshwater Sciences) també s'ha iniciat un suport clar per les iniciatives de ciència ciutadana i s'ha creat un grup de treball en el qual s'està participant. A més, en els congressos recents, com el SEFS12 de Dublín, es van proposar sessions especials dedicades a la ciència i la participació ciutadana, en les que s'hi va ser present presentant alguns dels resultats provisionals que ara formen aquesta tesi i des d'on s'han generat sinergies amb altres projectes. A nivell europeu existeixen plataformes de promoció de la ciència ciutadana, com la **EU-Citizen.Science**, que va sorgir de la línia de treball 'Ciència amb i per a la Societat' (SwafS, per les seves sigles en anglès) del programa Horizon 2020. En aquesta plataforma s'hi exposen centenars d'iniciatives i projectes de tot Europa, entre els quals hi ha RiuNet i altres projectes relacionats amb els ecosistemes d'aigua dolça com són els següents:

**Crowdwater**, que està enfocat a l'estudi d'inundacions i sequeres o **DRYRivers**, una eina per mapejar l'estat aquàtic dels rius temporals a escala global. Un altre projecte emblemàtic és **BarrierTracker**, una iniciativa per mapejar col·laborativament les barreres artificials dels rius de tot el món. Altres exemples, més enfocats a la captura de biodiversitat associada als rius arriba des d'Àustria, **Home River Bioblitz**, és a dir, encoratja a universitats i ciutadania a organitzar Bioblitz sobre els rius i ambients aquàtics continentals. Altres aproximacions a l'estudi de la biodiversitat d'aigua dolça, en aquest cas de petites basses, és el projecte hongarès **MyPond - Az én kistavam**. Parlant de biodiversitat d'animals relacionats amb aigua dolça és parlar dels Odonats, el grup de macroinvertebrats aquàtics més vistosos, quan són adults, i que més iniciatives de ciència ciutadana dediquen al seu estudi. Per exemple, existeix el **Dragonfly Ireland**, tot i que els projectes i les eines de mapatge de la biodiversitat, com **iNaturalist** o **Ornitho**, tenen projectes amb milers de dades sobre aquest ordre d'insectes.

A Europa també han anat apareixent multitud de projectes sobre gestió de les deixalles en rius, ja sigui per fotografiar-la, ja sigui per organitzar campanyes de neteja. Un dels més emblemàtics és la iniciativa holandesa **Schone Rivieren** o la iniciativa global **Plastic Pirates**, que té la seva versió catalana amb Pirates de Plàstics.

Sobre la mateixa valoració de la qualitat de l'aigua també existeixen alguns projectes que se centren en el color i la transparència de l'aigua. Però tornant als projectes que estudien l'estat ecològic utilitzant bioindicadors, existeixen tants projectes i iniciatives com regions, rius o unitats de gestió de l'aigua hi ha. En alguns països, les propostes de monitoratge participatiu de rius tenen envergadura nacional, com la irlandesa **Local Authority Waters Programme** que ha desenvolupat un dels índexs de qualitat biològica de l'aigua més simplificats, i que només usa 6 famílies de macroinvertebrats gràcies al suport d'investigadors del University College Dublin i University College Cork. En altres casos, les iniciatives tenen un abans més regional fins i tot a nivell de conca, com la proposta anglesa **Citizen Crane**, del riu Crane, un dels tributaris del

Tàmesi. Parlant del Regne Unit, disposa d'una de les propostes més sòlides sobre ciència ciutadana amb rius, **Anglers' Riverfly Monitoring Initiative**, coordinada des de la The Riverfly Partnership, que sorgeix des del món de la pesca sense mort en rius, un dels actors i promotors d'iniciatives sobre monitoratge i conservació de rius en els països on aquesta pràctica és molt estesa, com al Regne Unit o els Estats Units. En altres regions anglosaxones, com són Austràlia i Sud-àfrica existeixen projectes nacionals com **The National Waterbug Blitz** i **MiniSASS**, respectivament. En aquests països que tenen certes zones de clima mediterrani, tot i les diferències a nivell de fauna i flora, existeixen moltes coincidències amb els nostres ecosistemes aquàtics. Per exemple, la tipologia dels rius, el tipus de règims hidrològics, els impactes i pressions, els reptes de futur i, no cal dir-ho, la relació de la ciutadania amb ells. Així, tant RiuNet com Projecte Rius tenen en ells exemples per comparar fàcilment el seu funcionament i les solucions aportades.

Com s'observa, i com s'ha anat comentant, en tota la introducció d'aquesta tesi, les propostes sobre monitoratge participatiu d'ecosistemes aquàtics són centenars arreu del món. A les plataformes de projectes de ciència ciutadana que existeixen (com les ja anomenades: Oficina de ciència ciutadana de Barcelona, l'Aparador virtual d'iniciatives de Ciència Ciutadana i Natura, Observatorio de la Ciencia Ciudadana EU-Citizen.Science) s'hi troben sempre projectes d'aquesta índole, igual com sempre s'hi troben projectes sobre seguiment d'ocells, papallones o altres tipus de recollida de dades sobre biodiversitat.

Per exemple, a plataforma **SciStarter** (<https://scistarter.org>), que és possiblement la que té un major nombre de projectes de ciència ciutadana del món (1439 projectes), hi ha fins a 130 projectes de ciència ciutadana relacionats amb els rius i la seva qualitat, i 31 projectes que tenen macroinvertebrat com a paraula clau i que serien projectes anàlegs a RiuNet o Projecte Rius. SciStarter inclou sobretot projectes dels Estats Units, Austràlia o Regne Unit, països amb molta tradició en voluntariat ambiental i molta afició a la captura de biodiversitat i, per tant, que han estat pioners també a l'hora de definir i crear propostes de ciència ciutadana. Del món anglosaxó sorgeixen propostes amb la intenció de recollir dades sobre estat ecològic dels rius globalment, com és la **FreshWater Watch** o la **Global Water Watch**. Tot i això, el seu impacte global és relatiu perquè acaben recollint dades locals i regionals de la ubicació on han estat creades o promocionades. Per exemple, FreshWater Watch presenta quasi 40.000 registres de dades al seu web, però pràcticament no té presència a Espanya, Sud-àfrica, Austràlia o els Estats Units. Es podria dir, doncs, que tenen poc impacte que en països o regions on ja existeixen projectes establerts de biomonitoratge amb ciència ciutadana. Una altra possibilitat seria que plataformes com FreshWater Watch acabin postulant com un repositori global de dades de biomonitoratge en rius en el que altres projectes hi vinculin les seves dades recollides. Això també permetria definir uns barems de la qualitat de dades recollides que comportaria la realització d'un exercici de validació de metodologies.

Per finalitzar en aquest repàs de la temàtica a nivell mundial, cal també parlar de les iniciatives que arriben des dels països llatinoamericans. La relació del grup de recerca FEHM amb les universitats i centres de recerca americans ha estat, i continua sent molt estreta, i d'aquesta relació han emergit propostes de participació ciutadana en el monitoratge dels rius. Una de les primeres iniciatives, i que fou clau per potenciar la participació ciutadana en rius del continent sud-americà, fou el **CERA-S** (Encalada et al. 2011), un protocol per avaluar l'estat ecològic dels rius de la zona alta Andina de forma col·laborativa, que fou ideat entre el grup de recerca FEHM i investigadores de la Universitat San Francisco de Quito (Equador).

Actualment, s'han identificat fins a 21 iniciatives actives a Amèrica Llatina, una tasca que ha estat realitzada en la revisió recentment publicada per Walteros-Rodríguez (2023). Algunes de les més destacables són les següents. Mèxic és el país amb més propostes i on es pot participar en projectes com per exemple, **Global Water Watch-México**. Destaca també la costarriquenya associació ANAI i el seu **Stream Biomonitoring Program** que fa més de vint anys que recull dades de qualitat biològica. Colòmbia també disposa d'exemples exitosos com el programa **PIRAGUA** de la Universitat d'Antioquia, actiu des de 2011, o iniciatives sorgides de les empreses privades, en aquest cas de la producció de cafè, com és **Manos al Agua**. A Argentina hi ha iniciatives com **BIOMCI**, de moment ubicada a la conca del Río Negro (nord del país), que per la seva robustesa poden ser el germen des d'on desplegar propostes a escala nacional.



## OBJECTIUS GENERALS

En els més de quaranta-cinc anys que el FEHM porta estudiant els rius, s'han anat desenvolupant molt projectes de recerca i s'han generat múltiples instruments per fer difusió del projecte i que es tinguessin eines per avaluar la qualitat biològica de l'aigua, primer, i de l'estat ecològic (en incorporar el bosc de ribera i la hidrologia) després. Jo he participat en aquest procés al llarg de vint anys i, en aquest temps, he acumulat experiència que reuneixo en aquesta tesi doctoral i que té els següents objectius.

L'objectiu principal és el d'analitzar i reforçar la relació entre la recerca, la gestió i la ciutadania per tal d'optimitzar l'avaluació de l'estat ecològic dels rius mediterranis segons les directrius de la DMA.

Per fer-ho, s'ha prioritzat actuar sobre les relacions més febles entre els tres actors, la de l'administració amb la ciutadania, i la de l'acadèmia amb la ciutadania. En el primer cas, i que ocupa el CAPÍTOL 1 d'aquesta tesi, s'han fet valdre les dades recollides durant quasi vint anys per les diferents iniciatives de voluntariat ambiental i de ciència ciutadana relacionades amb l'avaluació de l'estat ecològic dels rius de Catalunya, és a dir Projecte Rius i RiuNet. S'ha revisat si la informació sobre la qualitat biològica dels rius aportada pels estudis fets des de la ciutadania té prou validesa per a ser inclosa efectivament en els plans de seguiment i control oficials. L'objectiu ha estat, doncs, fer un exercici de validació global de les dades recollides i de la seva metodologia i generar propostes de modificació per ajustar les dades i fer-les fiables per a l'administració i la recerca.

En el segon cas, del que se'n parla al CAPÍTOL 2, l'estratègia ha anat enfocada a analitzar com les eines de ciència ciutadana influeixen a la ciutadania enfortint la seva educació ambiental i en la gestió sostenible de recursos. Això ha permès donar un valor encara més gran d'aquesta relació bilateral entre la recerca i la ciutadania. El segon objectiu, doncs, ha consistit a determinar com una activitat amb RiuNet genera canvis en la percepció dels rius, els ecosistemes fluvials i l'aigua com a recurs a gestionar de forma sostenible.

Finalment, al CAPÍTOL 3, i a tall de model d'acció que afecta a tots els actors i totes les interrelacions entre ells, el tercer objectiu d'aquesta tesi, pretén presentar una metodologia creada per tal que la ciutadania s'eduqui ambientalment mentre realitza tasques de ciència ciutadana i, gràcies a aquests nous coneixements, es proposin accions de millora sostenible, que l'administració pública local entomarà per fer-les realitat.

Paral·lelament a aquests objectius, s'han assolit altres fites com són la recopilació i harmonització de dades de ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials a nivell de Catalunya que permetrà seguir amb més comoditat la generació de nous estudis. A més a més, un dels objectius implícits en aquesta tesi ha estat fomentar la comunicació amb altres grups i centres que porten a cap tasques sobre ciència ciutadana i educació ambiental. En aquest sentit, s'ha generat una xarxa de projectes sobre ciència ciutadana en rius a nivell Ibèric (en el marc de la Associació Ibèrica de Limnologia) i s'ha passat a formar part del grup de treball sobre ciència ciutadana a nivell europeu (en el marc de la European Federation for Freshwater Sciences). Així mateix, s'ha complert amb un darrer objectiu, més personal, que és el de poder donar el valor que té a tota la tasca de transferència que duu a terme el grup FEHM i, en particular, la del seu fundador i codirector d'aquesta tesi, el Dr. Prat. Sota la seva direcció s'han escrit desenes de tesis doctorals sobre ecologia d'ambients aquàtics continentals, però aquesta és la primera d'elles que gira entorn de aquestes tasques de difusió i de democratització de la ciència.

The image features a vibrant watercolor background with a light blue base. Overlaid on this are various washes of color: soft pinks, purples, greens, and oranges. Two prominent, dark, wavy lines, resembling ribbons or streams, meander across the composition. In the center, a white rectangular box contains the text 'un riu d'emocions' written in a dark, cursive script. At the bottom left of this box, the text 'Ona - 1 any' is printed in a smaller, simple font.

un riu  
d'emocions

Ona - 1 any

CAPÍTOL 1. Avaluació de la qualitat biològica dels rius realitzada per la ciutadania. Revisió i comparació amb les dades oficials.



## RESUM

Les iniciatives de voluntariat ambiental i de ciència ciutadana sobre l'estat dels rius tenen una llarga tradició a Catalunya, on participen milers d'estudiants, professors, entitats i ciutadania. N'és un exemple RiuNet ([www.riunet.net](http://www.riunet.net)), un projecte de ciència ciutadana, iniciat el 2015, que utilitza una aplicació de mòbil que permet a qualsevol persona fer una avaluació de la qualitat biològica dels rius. Un altre exemple és Projecte Rius ([www.projecterius.cat](http://www.projecterius.cat)), un programa de voluntariat ambiental que va començar l'any 1997. Tots dos tenen una clara finalitat educativa, i molta gent s'ha iniciat en l'ecologia de l'aigua dolça, l'avaluació biològica i la gestió fluvial a través d'ells. Aquests grups de persones han generat fins a 2876 conjunts de dades sobre macroinvertebrats i índexs biològics des de 2004 fins a 2019. La pregunta principal és si aquestes dades són fiables per a gestors i investigadors i es poden tenir en compte per proporcionar una capa addicional d'informació per millorar la presa de decisions relacionades amb la gestió dels rius. Des de l'any 2000, les dades oficials recollides per experts de les agències de l'aigua estan disponibles, seguint els requisits de la Directiva Marc de l'Aigua. Per respondre la pregunta plantejada, hem comparat informació sobre índexs biològics obtinguts de 269 masses d'aigua de Catalunya, on les dades van ser recollides per persones no expertes (RiuNet i Projecte Rius), i expertes (Agència Catalana de l'Aigua i la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre). Els resultats mostren que els estudis de la ciutadania tendeixen a subestimar la biodiversitat i qualitat biològica en comparació amb les dades oficials. Es considera que aquest desajust pot ser degut a diverses limitacions en els protocols de mostreig realitzats per la ciutadania i es proposen solucions tecnològiques i metodològiques per salvar-les. També es conclou que és necessari un exercici d'intercalibració de dades per fer-les vàlides per als òrgans gestors.

## INTRODUCCIÓ

El terme "ciència ciutadana" és relativament nou i en el nostre territori es començà a parlar-ne amb la massificació d'eines tecnològiques i de comunicació ocorreguda entre la dècada dels 2000 i 2010. No per ser un terme nou significa que abans que aparegués no existia, i és que hi ha moltes maneres en què la ciutadania no professional participa d'alguna manera en projectes que busquen obtenir resultats científics.

Per exemple, a Catalunya, es poden trobar nombroses iniciatives que avui dia s'inclouen dins de la categoria de "ciència ciutadana", però que nasqueren abans de l'existència del concepte. Això inclou voluntaris que recullen informació meteorològica, alguns dels quals mantenen sèries històriques que abasten centenars d'anys (actualment coneguda com la Xarxa d'Observadors Meteorològics) (Busto i Naviné 2023). També s'inclouen observacions sobre biodiversitat com les realitzades per aficionats a les aus (Institut Català d'Ornitologia), papallones (Catalan Butterfly Monitoring Scheme), vertebrats (Programa de Seguiment de Ratpenats, Seguiment dels petits mamífers comuns d'Espanya), així com la fenologia de plantes i animals migradors (Xarxa Fenològica de Catalunya). Aquesta ciutadania ha recopilat informació sobre la biodiversitat de Catalunya durant dècades, de manera desinteressada i precisa. A partir d'aquestes dades, es poden dur a terme anàlisis per extreure conclusions, ja que els mètodes són reproduïbles i, per tant, les dades són comparables (p. ex. Arrizabalaga et al., 2022).

Aquesta mateixa dinàmica es pot observar en els estudis sobre l'estat dels rius. Els mètodes actuals per a la seva avaluació, basats en la normativa de la DMA (European Commission 2000), se centren en la diagnòsi de la qualitat biològica a partir d'informació

proporcionada per organismes bioindicadors i la diagnosi de l'estat hidromorfològic de les riberes. Això ha permès dissenyar propostes metodològiques simplifiades per involucrar la ciutadania en la generació de dades. Un exemple d'això és el Projecte Rius ([www.projecterius.cat](http://www.projecterius.cat)), que va sorgir a la dècada de 1990. Aquestes propostes tenien un clar enfocament en l'educació ambiental sobre ecosistemes fluvials, per més tard també implicar activament la societat en la conservació i restauració dels rius amb projectes de custòdia (Associació Habitats 2009). Però, paral·lelament, el voluntariat de Projecte Rius estava creant un conjunt de dades que descriu semestralment l'estat dels ecosistemes fluvials catalans des de 2003 fins avui en dia. Així, gràcies al treball de compilació i custòdia de dades realitzat per l'Associació Habitats, l'entitat sense ànim de lucre que promou el Projecte Rius, aquests resultats poden passar a considerar-se dades de ciència ciutadana per què totes elles han estat recollides per ciutadania formada i amb la mateixa metodologia derivada dels mètodes oficials.

Posteriorment, durant la dècada del 2000 i 2010, amb la popularització dels telèfons mòbils intel·ligents i els altres dispositius informàtics portàtils com les tauletes, la ciència ciutadana agafa embranzida (Cooper 2016), ja que tot ciutadà pot tenir a la seva disposició tot el conjunt d'eines per la recollida de dades que sorgeixen de les entitats promotores d'iniciatives. Aprofitant aquests avenços tecnològics, apareix RiuNet, una eina de recollida de dades sobre l'estat ecològic dels rius que de nou proposa un mètode derivat de treballs de recerca fets pel grup FEHM. RiuNet, des del seu origen, s'articula com a projecte de ciència ciutadana també perquè al darrere hi ha un equip d'investigadors que recull, valida i genera una base de dades científiques sobre l'estat hidrològic i ecològic dels rius mediterranis. En aquest cas, les del projecte CARIMED que estudia l'ecologia i la biodiversitat dels ecosistemes fluvials amb programes de seguiment a llarg termini.

Així, tots dos conjunts de dades ciutadanes (en endavant, dades CC), Projecte Rius i RiuNet, es troben disponibles per poder ser analitzats i extreure'n conclusions o contribuir a la presa de decisions per millorar la gestió dels ecosistemes fluvials. Tanmateix, abans d'utilitzar les dades obtingudes amb ciència ciutadana és necessari efectuar un exercici de validació (Penrose i Call 1995; Engel i Voshell 2002; Roy et al. 2012). En el nostre cas, la validació es realitza amb un volum de dades ciutadanes molt gran, tal com recomana a (Albus, Thompson, i Mitchell 2019), un dels darrers treballs de revisió sobre la validació de les dades, i al fet que també hi ha disponibles les dades professionals sobre l'avaluació de l'estat ecològic dels rius.

Per altra banda, s'usaran dades de centres de recerca que estudien l'ecologia i la biodiversitat dels ecosistemes fluvials amb programes de seguiment a llarg termini, com és el projecte CARIMED (en endavant, dades CARIMED) del grup FEHM de la Universitat de Barcelona que té el suport de la Gerència de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. Respecte a les dades oficials, es faran servir les generades pels programes de seguiment i control per les confederacions o agències de l'aigua que gestionen els recursos i els ecosistemes aquàtics de Catalunya, seguint les directrius de la DMA (en endavant, dades DMA).

Així doncs, la pregunta que es vol respondre amb aquest estudi és si les dades de la qualitat biològica dels rius recollides des de la ciutadania són comparables a les recollides de forma professional. Per fer-ho, s'han fet servir dades dels dos projectes de ciència ciutadana, Projecte Rius i RiuNet, i s'han comparat amb dades oficials. Aquesta comparació porta implícit aquest exercici de validació metodològica de la ciència ciutadana sobre rius, per poder determinar si la simplificació del mètode oficial per fer-lo més senzill i poder ser aplicat per la ciutadania, proporciona dades vàlides sobre l'estat dels ecosistemes aquàtics del territori català.

## OBJECTIUS

1. Esbrinar quina és l'estructura de les dades CC de Projecte Rius i RiuNet, així com les seves peculiaritats respecte a dades recollides des de programes de seguiment com les dades CARIMED.
2. Determinar si les dades CC sobre la qualitat biològica dels rius generades per Projecte Rius i RiuNet assolixen els mateixos resultats de qualitat biològica que a les dades DMA, proporcionades pels organismes de conca.
3. En el cas que no ho fossin, desenvolupar propostes per fer-les més comparables, i en conseqüència, puguin ser utilitzades per prendre decisions a nivell de gestió mediambiental.

## METODOLOGIA

### Recollida de mostres, identificació dels organismes i càlcul dels indicadors biològics.

Els mètodes reconeguts per la DMA que s'utilitzen per recollir professionalment dades de qualitat biològica venen dictats per les instruccions del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013) i queden recollides en el protocol ML-Rv-I-2013, que ahora es basen en treballs previs fets des del grup de treball del projecte Guadalmed (Jáimez-Cuéllar et al. 2002), en el que l'equip del grup FEHM d'aquell moment va participar activament. Així, tant les dades DMA, de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) i la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (CHE), com les del projecte CARIMED (i els seus antecessors) es basen en aquests mètodes oficials, i que queden recollits de forma sintètica a (Fortuño et al. 2023).

Els mètodes de recollida de mostres dels dos projectes de ciència ciutadana queden detallats en els manuals que poden ser consultats a les respectives pàgines web ([www.riunet.net](http://www.riunet.net) i [www.projecterius.cat](http://www.projecterius.cat)) i, en ambdós casos, són modificacions del mètode oficial per tal que persones no professionals i sense equipament ni infraestructures puguin obtenir dades sobre la qualitat del riu observant la fauna invertebrada que hi viu. A la **Taula 1. 1** s'hi ha detallat les diferències principals dels tres tipus de dades analitzades.

La primera de les tasques acomplertes per poder fer aquest exercici de comparació és la compilació de les sèries de dades. De dades n'hi ha de dos grans tipus, les dades recollides per mètodes oficials de la DMA, en les que també s'inclouran les del projecte CARIMED, i les recollides per la ciutadania (dades CC).

Les dades oficials, sobre la qualitat biològica han estat obtingudes seguint les directrius de la DMA (dades **DMA**), i són disponibles als portals informatius de l'ACA per les conques internes, de la CHE per a la conca de l'Ebre, i per a la Confederació hidrogràfica del Xúquer (CHX) per al cas del riu Sénia. Per altra banda, s'ha utilitzat la base de dades de taxons del projecte **CARIMED** que està disponible al repositori del GBIF (Fortuño, Bonada & Prat, 2023) com a model de dades faunístiques aconseguides d'un programa de seguiment de l'estat dels rius. En aquest capítol, aquestes dues fonts de dades recollides amb els mètodes oficials seran anomenades dades DMA i dades CARIMED.

**Taula 1. 1.** Característiques diferencials dels tres projectes que proporcionen les dades comparades sobre la qualitat biològica dels rius.

Característica	Mètodes oficials	Projecte Rius	RiuNet
<b>Operaris/es</b>	Professionals	Ciutadania amb formació prèvia	Ciutadania sense formació prèvia
<b>Estris de mostreig</b>	Xarxa estàndard de 500 µm	Xarxa no estàndard - sovint casolana (coladors, material d'aquariofília o de pesca amateur)	
<b>Zona d'estudi</b>	Totes les zones	Zones poc profundes i de velocitats mitjanes i baixes	
<b>Esforz de mostreig</b>	Alt (10 – 20 unitats de mostreig en diversos hàbitats)	Moderat – Baix (fins a recollir uns quants individus d'invertebrats)	
<b>Processament de mostres</b>	Camp: observació organismes vius. Laboratori: separació d'individus morts.	Camp - observació individus vius	
<b>Identificació de taxons</b>	Camp: observació organismes vius. Laboratori - Lupa binocular	Camp – ull nu o lupa de mà	
<b>Càlcul d'índexs biològics</b>	IBMWP	3 famílies amb major sensibilitat a la contaminació.	Matriu 2 famílies més sensibles i núm. taxa
<b>Validació de les identifications</b>	Sí	Parcial (fotografies)	Parcial (fotografies)

Les **dades de la ciència ciutadana (CC)** de Projecte Rius han estat facilitades per l'equip tècnic de l'Associació Hàbitats i les de RiuNet, per l'equip coordinador del grup de recerca FEHM de la Universitat de Barcelona. Les dades de Projecte Rius analitzades en aquest treball abasten fins a quinze anys, de 2004 fins a 2019. Les de RiuNet es comencen a recollir el 2015 i s'han tingut en compte, també, fins a 2019.

Per tal de **descriure les característiques peculiars de les dades CC**, d'una banda, s'ha dut a terme un control per identificar les àrees del territori amb més dades. Posteriorment, es discuteixen les famílies de macroinvertebrats observades amb més freqüència per la ciutadania i es destaquen les diferències observades respecte a les dades recopilades pel projecte CARIMED. A més, ja que cada conjunt de dades CC proporciona un valor de qualitat biològica, s'analitzen també els indicadors de riquesa més rellevants per a la determinació de la qualitat obtinguda. Aquesta informació serà valuosa a l'hora de proposar modificacions en els mètodes, en el cas que sigui necessari.

Els indicadors de riquesa considerats són el nombre total de taxa (S), el nombre d'Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT), el nombre d'Odonats, Coleòpters i Heteròpters (OCH), el nombre de Dípters (D) i el nombre de Mol·luscs (M). Així, es determina quins d'aquests indicadors mostren diferències significatives per a cada combinació de rangs de qualitat biològica mitjançant la prova U de Mann-Whitney, una prova no paramètrica utilitzada per comparar dues



mostres independents quan no es compleixen les condicions de normalitat, com és el cas en aquest estudi. Per tant, es considera que un indicador és clau per determinar la qualitat si es troben diferències significatives entre totes les combinacions de rangs de qualitat. A la inversa, si les mostres amb diferents rangs de qualitat no presenten diferències significatives en almenys dos dels rangs, l'indicador no es considera determinant per a la qualitat biològica.

De la mateixa manera, s'ha calculat la freqüència per cada conjunt de dades de dos trets biològics que poden influenciar de forma clara la capacitat de detectar certes famílies per part de la ciutadania, com és la mida de l'animal i la seva forma de locomoció. És a dir, es considera, que un animal pot ser més fàcilment detectat en una mostra viva i a ull nu, si aquest animal és de mida més gran i si té un comportament que el faci més vistós, com pot ser un moviment actiu. Per fer-ho, s'han tingut en compte dades sobre trets de la fauna macroinvertebrada europea (Tachet H. et al. 2000) que es presenten a nivell d'espècie o gènere segons les afinitats de cada taxa. Com que en aquest estudi s'ha treballat a nivell taxonòmic de família, per tal d'obtenir el valor de cada tret, s'ha tingut en compte el valor mitjà dels gèneres o espècies respectius (vegeu **Annex 1. 1**).

Per a les **comparacions sobre la qualitat biològica**, en el cas de les dades DMA, es tracta del valor de l'índex IBMWP de cadascuna de les masses d'aigua de tipus riu (Agència Catalana de l'Aigua 2005) i la seva correspondència amb un rang de qualitat segons les bases dictades pel Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2013) i que es resumeix a la **Taula 1. 2** per a les tipologies de riu existents a Catalunya. Així doncs, un valor de IBMWP es transforma en un dels cinc valors de qualitat, que se solen representar amb un codi de colors del blau al vermell, passant pel verd, el groc i el taronja. Pel que fa a les dades CC, tant Projecte Rius com RiuNet també obtenen un resultat de qualitat biològica en 5 rangs de qualitat amb els mateixos colors.

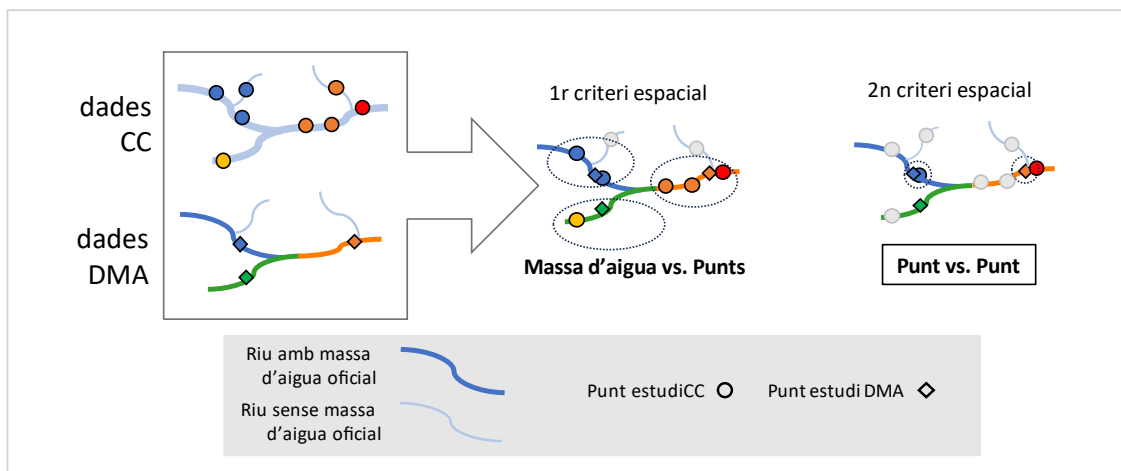
**Taula 1. 2.** Valors de referència i dels talls de la qualitat de les tipologies de les masses d'aigua tipus riu de Catalunya. MB: Molt Bona qualitat biològica; B: Bona, M: moderada; D: Deficient; P: Pèssima.

Tipologia	REF	Talls de qualitat			
		MB / B	B / M	M / D	D / P
Eixos mediterranis continentals mineralitzats.	136	117.0	70.7	42.2	17.7
Grans eixos en ambient mediterrani.	107	84.5	51.4	3	16.1
Rius de muntanya humida calcària.	204	179.5	108.1	63.2	26.5
Rius de muntanya humida silícia.	217	154.1	95.5	56.4	23.9
Rius de muntanya mediterrània calcària.	186	152.5	93.0	55.8	22.3
Eixos mediterranis-continentals poc mineralitzats.	172	118.7	72.2	41.3	17.2
Rius de muntanya mediterrània silícia.	193	158.3	96.5	57.9	23.2
Rius mineralitzats de baixa muntanya mediterrània.	189	158.8	96.4	56.7	24.6
Rius de baixa muntanya mediterrània silícia.	159	98.6	60.4	35.0	14.3
Rius costaners mediterranis.	78	64.0	39.0	22.6	10.1
Rius mediterranis amb influència càrstica.	141	98.7	60.6	35.3	15.5
Rius d'alta muntanya.	168	146.2	89.0	53.8	21.8

Per tant, es disposa de dos conjunts de dades que ens proporcionen resultats de qualitat biològica de l'aigua i per tal de poder comparar si les dades CC són coincidents amb les dades DMA cal relacionar-les geogràficament i temporalment.

## Criteris de comparació

S'han establert dos criteris per la relació entre els dos conjunts de dades (**Figura 1. 1**). En el primer cas, s'inclouran tots els resultats dels punts estudiats per la ciutadania que es trobin dintre d'una massa d'aigua del mateix tipus amb les dades DMA de la mateixa massa. En una segona comparació, s'han restringit les només s'han comparat els resultats CC que es troben en un radi de 250 metres d'un punt d'estudi DMA. Amb aquesta restricció, tot i que es redueix el nombre de dades CC, aquesta és més representativa del punt de mostreig DMA. És a dir, s'ha volgut evitar possibles efectes de l'heterogeneïtat de condicions que es poden trobar dintre d'una massa d'aigua. Això es fa perquè les masses d'aigua dels rius tenen normalment més de 10 quilòmetres de longitud (European Commission, 2000), tot i que la seva qualitat biològica ve definida per les dades preses en un tram d'estudi d'uns 100 metres. En canvi, la mostra de CC pot estar molt allunyada del punt DMA i, per tant, pot estar afectada per alguna pertorbació local.



**Figura 1. 1.** Esquema dels criteris utilitzats en aquest treball per la comparació entre dades CC i DMA. Un cop aplicats els criteris, els cercles de colors representen punts d'estudi CC que es compararan amb un punt d'estudi DMA i els cercles en gris, són els que no compleixen el criteri i, per tant, no seran comparats.

A nivell temporal, es considerarà que dues dades es poden comparar si s'han realitzat en un mateix any i en la mateixa estació de l'any, que sempre coincideix amb la primavera, ja que les dades DMA són preses sempre durant aquesta època de l'any. Així doncs, no s'empraran les dades CC preses durant l'estiu, tardor o hivern.

Per testejar diferències entre les dades DMA i les CC s'ha usat el test de McNemar, una prova estadística no paramètrica per avaluar dades categòriques aparellades. Aquest test permet la comparació de dades amb dues categories, i, en aquest cas, serà la dicotomia entre qualitat acceptable (molt bona i bona qualitat) i no acceptable (qualitat moderada, dolenta o pèssima).

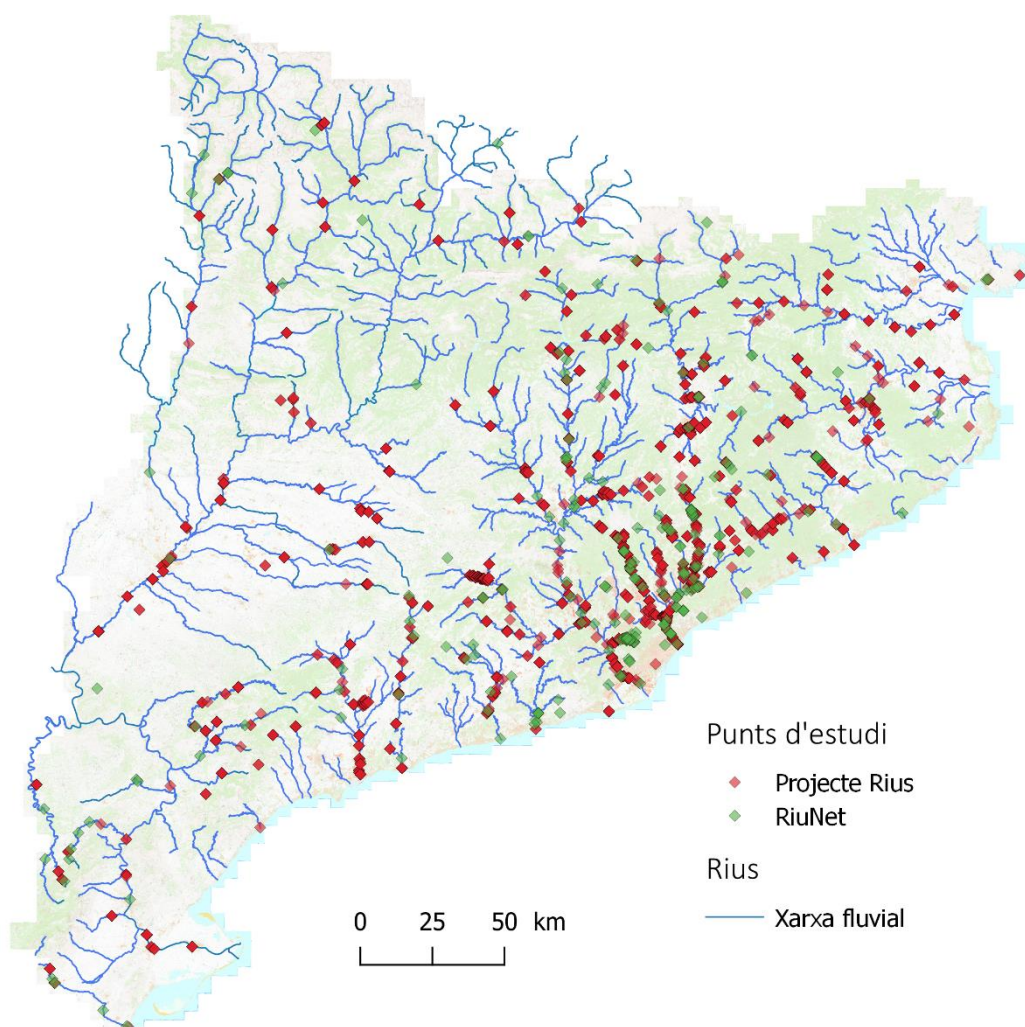
Les anàlisis geogràfiques s'han portat a cap amb el programa QGIS, per visualitzar gràficament els resultats s'ha utilitzat el programa MSEXcel, i les proves estadístiques s'han fet amb R-Studio.

## RESULTATS

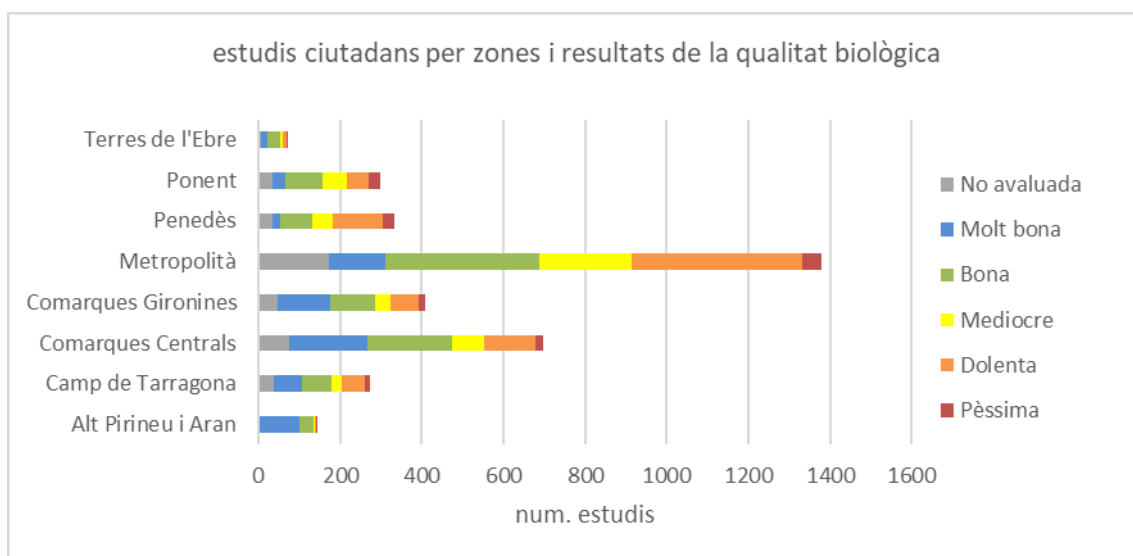
### Descripció de les dades de ciència ciutadana.

Des de 2004 fins a 2019, Projecte Rius ha recopilat 1705 dades de 481 punts de mostreig, és a dir, cada punt de mostreig ha estat estudiat almenys 1 vegada, però una gran majoria d'ells tenen dades d'estudis de diferents anys i èpoques de l'any. Per la seva part, RiuNet, des de 2015 fins a 2019 ha estudiat 179 punts més. En total, doncs, en aquest període de temps i només pel territori català, s'han recollit 2876 conjunts de dades de CC de qualitat biològica (**Figura 1. 3**).

En el mateix període, des de l'ACA, la CHE i la CHX s'han recopilat 2339 dades DMA sobre qualitat biològica, 1701 de les masses d'aigua de les conques internes i 638 de les masses de la conca de l'Ebre. I amb el projecte CARIMED, s'han realitzat fins a 404 estudis sobre biodiversitat aquàtica als rius de la província de Barcelona des de 2012 fins a 2019, i hi ha implicats quasi 15000 registres de fauna invertebrada.



**Figura 1. 2.** Mapa amb la ubicació dels punts d'estudi de Projecte Rius i RiuNet del període 2004-2019.



**Figura 1. 3.** Gràfic de barres apilades amb els estudis de Projecte Rius i RiuNet del període 2004-2019 segons la seva zona geogràfica proposada a l'informe RiusCat (Ass. Hàbitats, 2022) i la qualitat biològica obtinguda.

Com es pot veure a la **Figura 1. 2** i **Figura 1. 3**, les zones més poblades de Catalunya són les que tenen una densitat de punts d'estudi més grans. A la zona metropolitana de Barcelona (Barcelonès, Baix Llobregat, Vallès Oriental i Occidental; Maresme i Garraf) s'hi concentren prop d'un 40% dels estudis, seguit per les comarques centrals (Anoia, Osona, Bages, Berguedà i Moianès) amb prop del 20%. A les comarques de Girona s'hi ha fet un 11% dels estudis, al Penedès un 9%, a Ponent i el camp de Tarragona un 8%, a l'Alt Pirineu un 4% i a les Terres de l'Ebre, poc menys d'un 2%. Sobre la qualitat biològica resultada de l'estudi, prop d'un 50% de les dades obtenen una molt bona o bona qualitat (20 i 30%, respectivament), un 13% tenen una qualitat moderada.

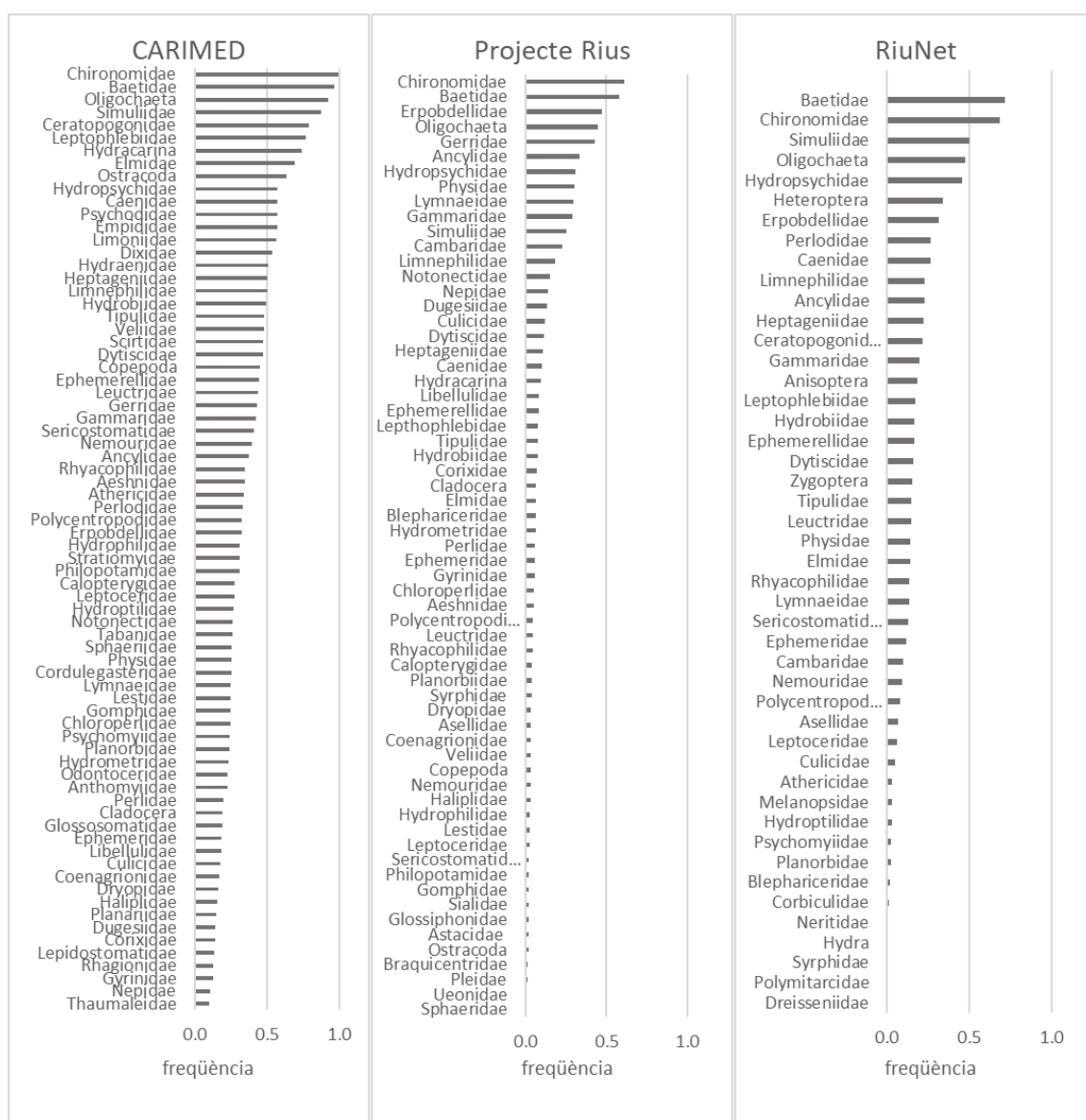
Les famílies i grups de macroinvertebrats que més freqüentment (**Taula 1. 3** i **Figura 1. 4**) han estat recollides i identificades en estudis de Projecte Rius i RiuNet són els Chironomidae i els Baetidae, totes dues, apareixen en més del 50% dels llocs estudiats. Dintre de les següents 10 famílies més freqüents (23% o més) s'hi troben, en tots dos conjunts de dades, els Ancyliidae, Erpobdellidae, Gerridae i Heteroptera, Hydropsychidae, Limnephilidae, Oligochaeta i Simuliidae.

Si ho comparem amb les dades del CARIMED (**Taula 1. 3** i **Figura 1. 4**), les dues famílies més freqüents, Chironomidae i Baetidae, coincideixen. En canvi, de les 10 famílies següents, només coincideixen amb Oligochaeta, Simuliidae i Hydropsychidae.

També cal comentar que, en general, en els estudis realitzats per la ciutadania, les freqüències són més baixes que les dels estudis fets amb metodologia DMA, i sobretot s'observa com hi ha una certa diferència en la freqüència de les famílies que coincideixen, com els Chironomidae, Baetidae, Simuliidae o Oligochaeta. En canvi, les dades CC de Projecte Rius mostren haver trobat moltes més sangoneres de la família Erpobdellidae que en els altres dos casos. A la ciutadania li costa molt més trobar famílies de dípters de petita mida, a vegades poc abundants com els Ceratopogonidae o els Psychodidae o també els efemeròpters Leptophlebiidae o els coleòpters de la família Elmidae a vegades difícils de classificar i absents dels llocs més contaminats que sol freqüentar la ciutadania de la zona metropolitana.

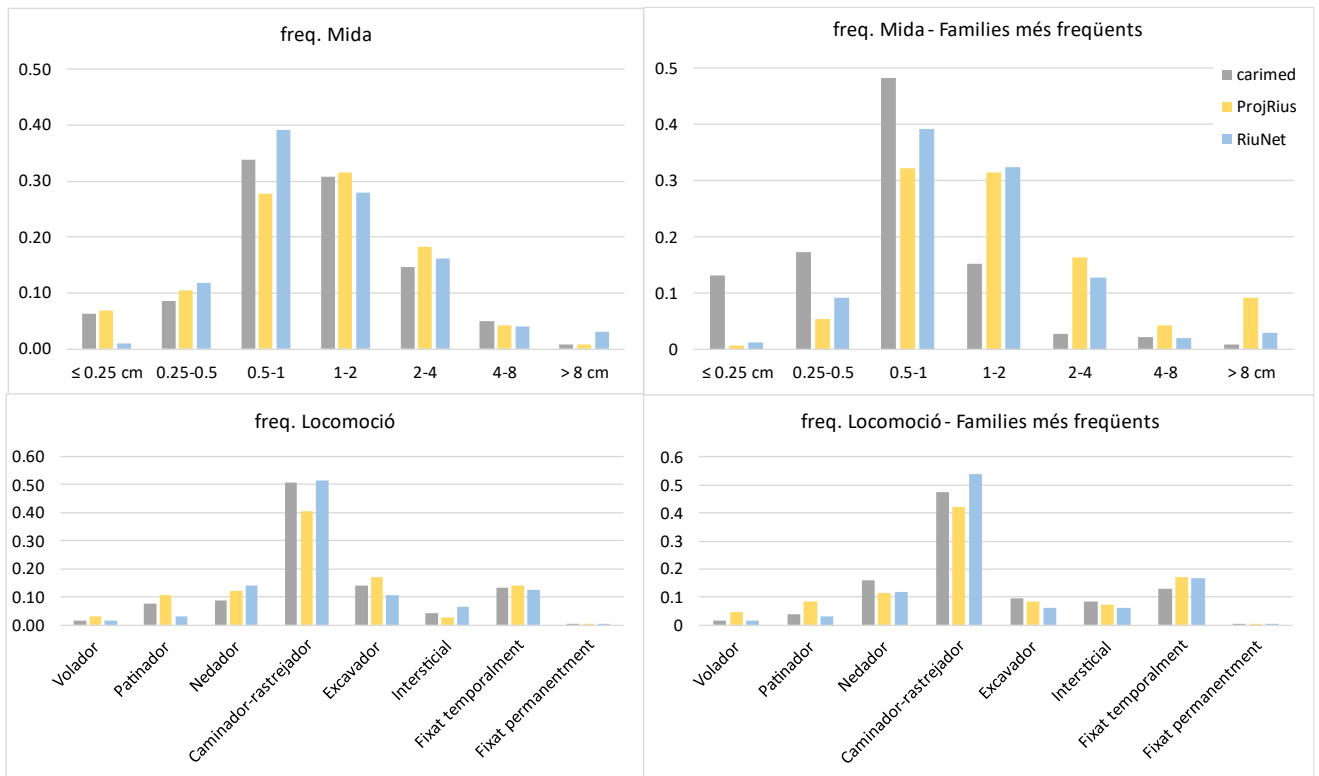
**Taula 1. 3.** Dotze (2+10) famílies presents més freqüentment en els estudis del projecte CARIMED, Projecte Rius i RiuNet, i la seva freqüència d'aparició.

CARIMED		Projecte Rius		RiuNet	
Família	Freq.	Família	Freq.	Família	Freq.
Chironomidae	0.99	Chironomidae	0.61	Baetidae	0.72
Baetidae	0.96	Baetidae	0.58	Chironomidae	0.69
Oligochaeta	0.92	Erpobdellidae	0.47	Simuliidae	0.50
Simuliidae	0.87	Oligochaeta	0.45	Oligochaeta	0.48
Ceratopogonidae	0.79	Gerridae	0.43	Hydropsychidae	0.46
Leptophlebiidae	0.76	Ancyliidae	0.34	Heteroptera	0.34
Hydracarina	0.74	Hydropsychidae	0.31	Erpobdellidae	0.32
Elmidae	0.69	Physidae	0.30	Perlodidae	0.27
Ostracoda	0.63	Lymnaeidae	0.30	Caenidae	0.26
Psychodidae	0.57	Gammaridae	0.29	Ancyliidae	0.23
Caenidae	0.57	Simuliidae	0.25	Limnephilidae	0.23
Hydropsychidae	0.57	Cambaridae	0.23	Heptageniidae	0.23



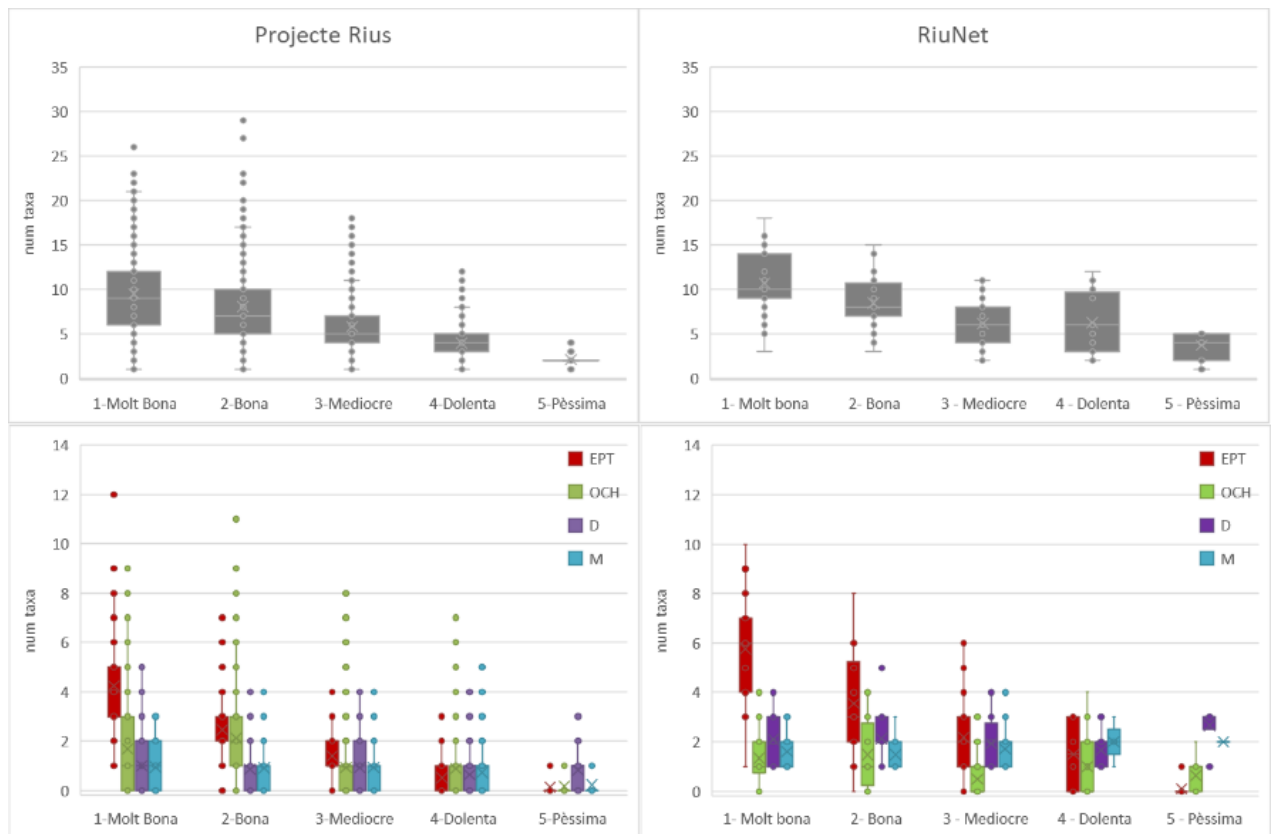
**Figura 1. 4.** Gràfic de barres amb la freqüència d'aparició de les famílies de macroinvertebrats als estudis del projecte CARIMED, Projecte Rius i RiuNet. Les dades del gràfic del CARIMED no estan completes, ja que, per tal de millorar la seva visualització, s'han obviat les famílies que apareixen menys d'un 1% de casos.

Segons els dos trets característics analitzats, la mida màxima i la locomoció, de cada família, s'observa com pels tres conjunts de dades (**Figura 1. 5**), les mides més freqüents són les de 0.5-1 cm i 1-2 cm. La locomoció més freqüent, és la caminadora o rastrejadora. Quan es fa el mateix exercici amb les 12 famílies més freqüents de cada projecte (**Taula 1. 3**), es veuen uns resultats similars, tot i que, sobretot en la categoria de les mides, tant a Projecte Rius com a RiuNet, la proporció de les mides més grans (a partir d'1 cm) és superior a la que es veu a CARIMED.



**Figura 1. 5.** Gràfic de barres amb la freqüència d'aparició de les categories dels trets de mida potencial i locomoció i relació amb el substrat als estudis del projecte CARIMED (gris), Projecte Rius (groc) i RiuNet (blau). Els dos gràfics de l'esquerra mostren els resultats per tota la comunitat observada i els gràfics de la dreta mostren els resultats per les 2+10 famílies més freqüentment observades de cada projecte (Taula 1. 1).

Incorporant el rang de la qualitat biològica al conjunt de dades CC, per determinar variacions en la composició taxonòmica de cada estudi, veiem com el nombre de taxons total (X) decreix amb la qualitat biològica, amb l'excepció de la qualitat moderada i dolenta de RiuNet, que es manté similar (**Figura 1. 6**). A més, és un dels índexs que separa bé els cinc rangs de qualitat de les dades perquè hi ha diferències significatives en totes les combinacions de rangs de qualitat biològica de la **Taula 1. 4**).



**Figura 1. 6.** Gràfics de caixes del nombre de taxa per cada rang de qualitat biològica. A la part superior amb el nombre total de famílies, i a la part inferior, amb el nombre de famílies de Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT), Odonats, Coleòpters i Heteròpters (OCH), Dípters (D) i Mol·luscs (M).

Amb els taxons separats en els grups més diversos, com són els ordres d'insectes dels Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT), Odonats, Coleòpters i Heteròpters (OCH) i Dípters (D) i també els Mol·luscs (M), s'observa com són els EPT els que més canvien amb la qualitat biològica, tant amb les dades de Projecte Rius com amb les de RiuNet. El valor dels EPT, doncs, igualment que el nombre total de taxa (X) resulta un bon indicador, ja que tots els rangs de qualitat tenen diferències significatives entre ells (**Taula 1.4**). En canvi, s'observa que els OCH podrien no poder separar bé els rangs mediocre i dolent. Els nombre de Dípters i Mol·luscs tampoc són un valor indicador per determinar la qualitat biològica de l'aigua de les mostres perquè no mostren diferències significatives entre diversos dels rangs de qualitat.

**Taula 1. 4.** p-valor de la prova U de Mann-Whitney dels valors de taxa total (S), EPT, OCH, Dípters i Mol-luscs per les comparacions entre els rangs de qualitat de les dades CC. Es marquen en taronja les combinacions amb diferències significatives (p-valor > 0.05) i en verd les combinacions sense diferències significatives.

<b>S</b>	Molt bo	Bo	Med.	Dolent	Pèssim
Molt bo	NA	0.000	0.000	0.000	0.000
Bo		NA	0.000	0.000	0.000
Mediocre			NA	0.000	0.000
Dolent				NA	0.000
Pèssim					NA

<b>EPT</b>	Molt bo	Bo	Med.	Dolent	Pèssim
Molt bo	NA	0.000	0.000	0.000	0.000
Bo		NA	0.000	0.000	0.000
Mediocre			NA	0.000	0.000
Dolent				NA	0.000
Pèssim					NA

<b>OCH</b>	Molt bo	Bo	Med.	Dolent	Pèssim
Molt bo	NA	0.000	0.000	0.000	0.000
Bo		NA	0.000	0.000	0.000
Mediocre			NA	0.176	0.000
Dolent				NA	0.000
Pèssim					NA

<b>Dípters</b>	Molt bo	Bo	Med.	Dolent	Pèssim
Molt bo	NA	0.070	0.562	0.000	0.161
Bo		NA	0.064	0.000	0.426
Mediocre			NA	0.000	0.227
Dolent				NA	0.000
Pèssim					NA

<b>Mol-luscs</b>	Molt bo	Bo	Med.	Dolent	Pèssim
Molt bo	NA	0.461	0.925	0.001	0.000
Bo		NA	0.335	0.006	0.000
Mediocre			NA	0.000	0.000
Dolent				NA	0.000
Pèssim					NA

## Comparació de la qualitat biològica entre les dades CC i les dades DMA

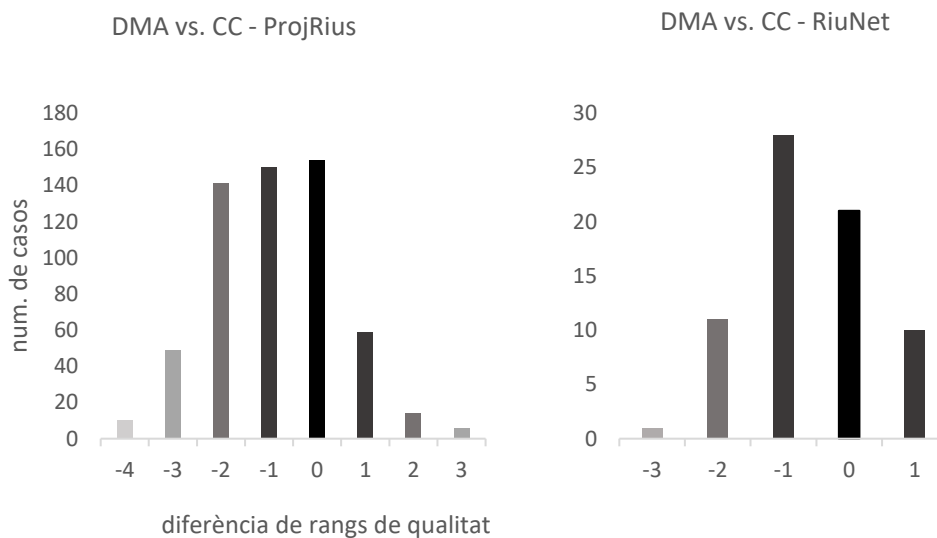
Aplicant els primers criteris geogràfics (totes les dades CC d'una massa d'aigua DMA) el nombre total de dades CC que poden ser comparades amb les de les DMA, passen a ser 643, que és poc més del 22% de la informació proporcionada per la ciutadania, ja que la resta són dades en llocs i èpoques diferents de les recollides de forma oficial. I quan restringim el criteri espacial a les dades properes en l'espai (dades CC properes al lloc d'estudi DMA), el conjunt de resultats comparables representen només un 2% (**Taula 1. 5**) i només es poden tenir en compte les dades de Projecte Rius perquè cap dada del RiuNet compleix les restriccions temporals i espacials emprades.

**Taula 1. 5.** Nombre de dades utilitzades en aquest treball segons els criteris de comparació establerts.

	<b>Nombre de dades</b>	<b>Font</b>
<b>Dades DMA</b>	2339	1701 ACA - 638 CHE
<b>Dades CC</b>	2876	2705 Proj. Rius - 171 RiuNet
<b>Dades CC comparables per massa d'aigua i temporalment</b>	643	583 Proj. Rius – 60 RiuNet
<b>Dades CC comparables per punt i temporalment</b>	69	69 Proj. Riu - 0 RiuNet



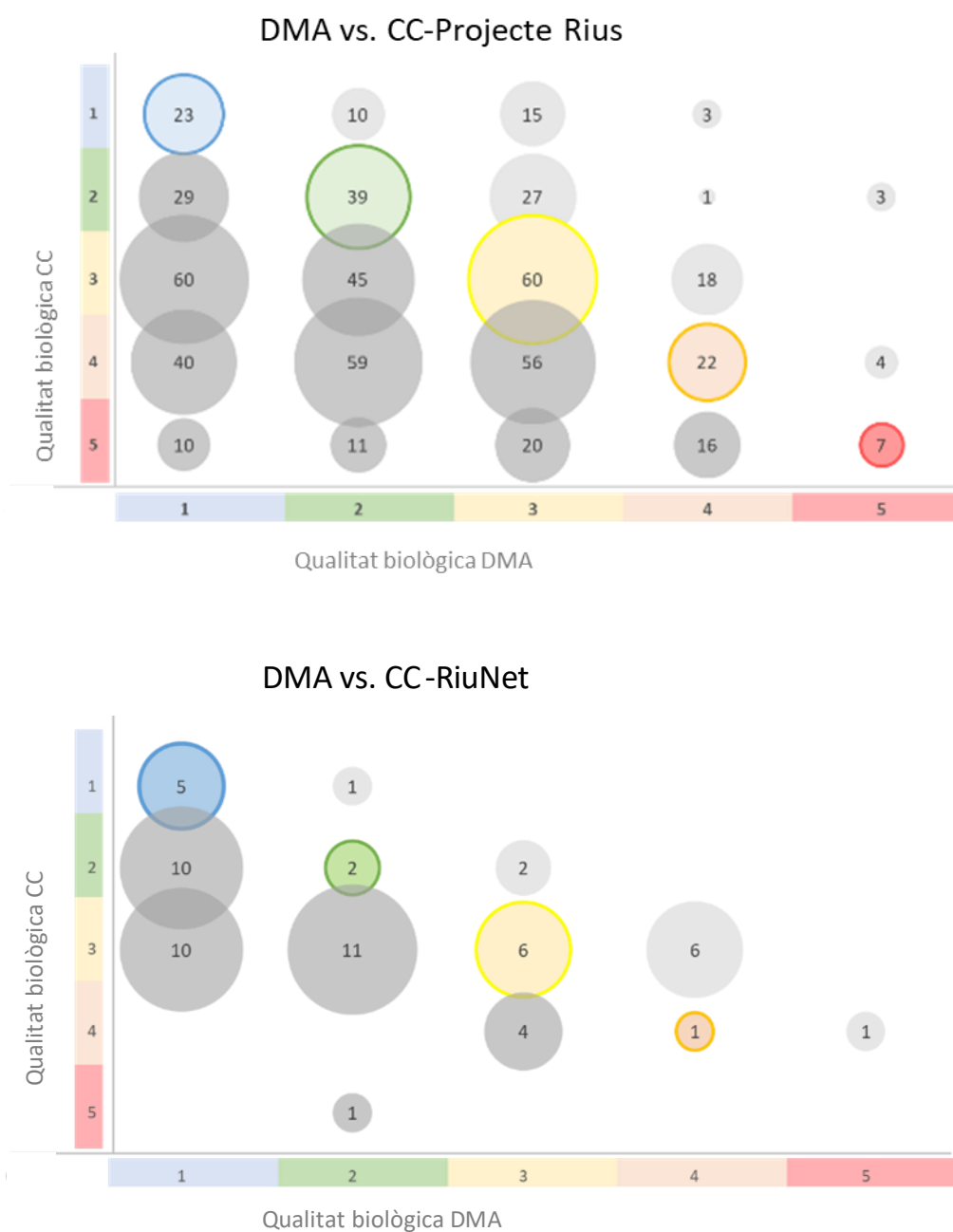
Els resultats de la comparació de les dades amb el primer criteri espacial, és a dir, considerant tots els punts CC que es troben dintre d'una massa d'aigua DMA, mostra com tant Projecte Rius com RiuNet coincideixen entre un 26 i un 30% dels casos, sobreestimen la qualitat en un 14% i la subestimen entre un 56 i un 60%. Com es pot veure a la **Figura 1. 7**, la subestima és sobretot d'un rang o dos de qualitat (aproximadament un 50%) però arriba a representar fins a tres o quatre rangs de qualitat inferior a la que consta com a oficial de la massa d'aigua, tot i que ocorre en poques ocasions, un 8% i un 1%, respectivament. La sobreestima d'un rang de qualitat és un 10%, la de dos rangs és un 3% i la de tres rangs un 1%.



**Figura 1. 7.** Gràfics de barres on es representen el nombre de parelles de dades que coincideixen temporalment i espacialment dintre d'una mateixa massa d'aigua i que tenen el mateix rang de qualitat (0 rangs de diferència) o les que presenten qualitat diferent segons el nombre de rangs que s'allunyen de les coincidents.

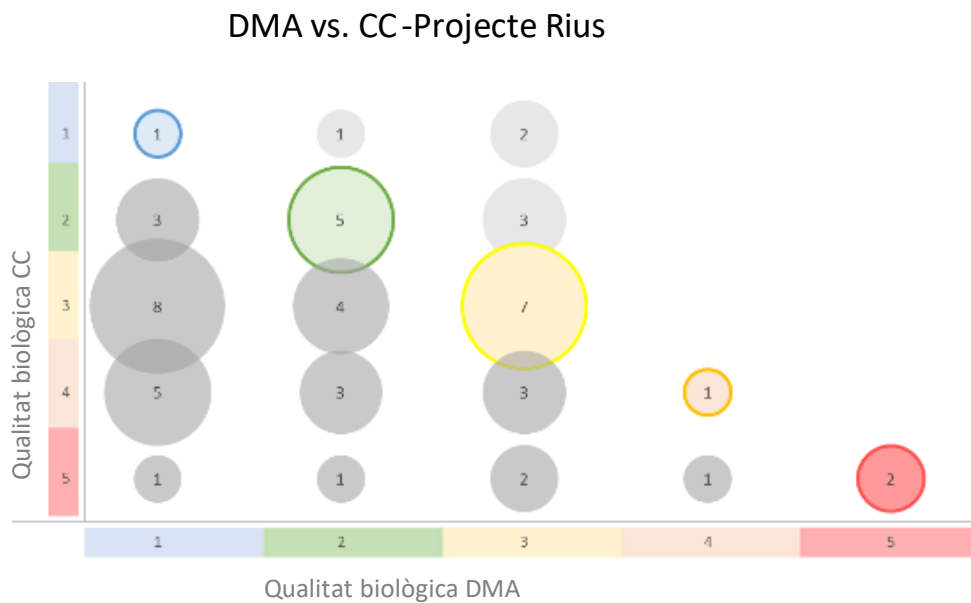
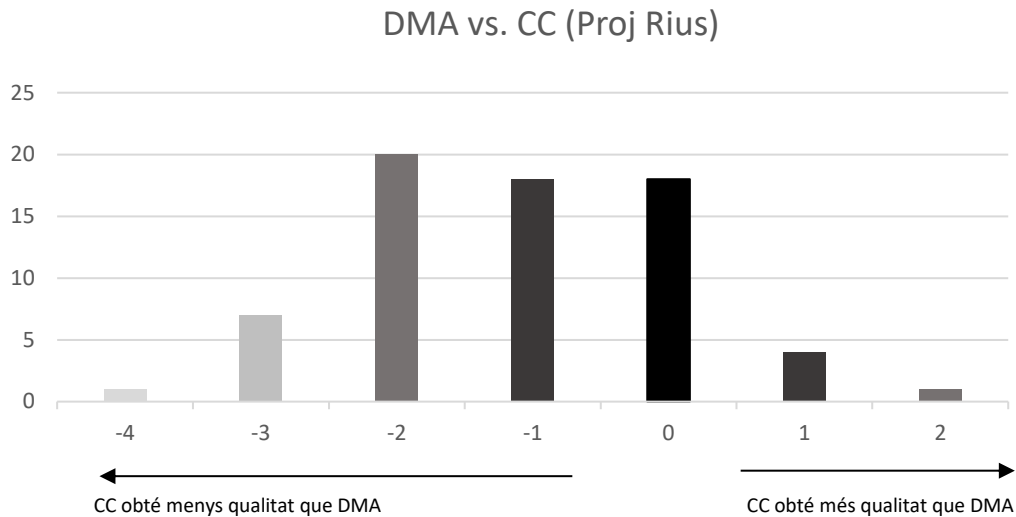
Una manera de visualitzar millor aquests resultats incorporant-hi el rang de qualitat concret de cada parell de dades, com es mostra a la **Figura 1. 8**, on es veu amb més detall com es distribueixen les coincidències i els desajustos per cadascun dels rangs de qualitat. En tots els rangs i per als dos projectes de ciència ciutadana, la majoria de les seves dades no coincideix exactament amb la dada oficial i es confirma la tendència a subestimar l'observada per als rangs molt bo, bo i moderat. També es veu (part superior dreta de les gràfiques) com quan hi ha molta bona qualitat segons les dades DMA, poques vegades la CC dona valors de molta baixa qualitat. Amb RiuNet, a més, també es compleix la inversa, és a dir, poques dades DMA de mala qualitat donen valors de CC d'alta qualitat (part inferior esquerra del gràfic).

El test de McNemar ratifica aquestes diferències quan les dades són classificades en acceptables (qualitat molt bona i bona) i no acceptables (qualitat moderada, dolenta i pèssima), tant per a les dades de Projecte Rius (McNemar's chi-squared = 124.01, df = 1, p-value < 2.2e-16) com per les de RiuNet (McNemar's chi-squared = 16, df = 1, p-value = 6.334e-05).



**Figura 1. 8.** Gràfics de bombolles en els que es compara el rang de qualitat de cada parella de dades que coincideixen temporalment i espacialment dintre d'una mateixa massa d'aigua amb les dades CC- Projecte Rius (dalt) i les dades CC de RiuNet (baix). El diàmetre de la bombolla és proporcional al nombre de dades que representa. Les bombolles de la diagonal central representen el nombre de dades coincidents i s'han representat amb els cinc colors de la qualitat. Les bombolles gris fosc, que se situen sota la diagonal, són les dades ciutadanes que subestimen la qualitat i les bombolles gris clar, situades sobre la diagonal, són les que la sobreestimen.

En el segon supòsit, o sigui restringint les condicions espacials a escala de punt de mostreig (**Figura 1. 9**), s'observen uns percentatges de coincidències, subestima i sobreestima molt similars a l'exercici anterior. Tenen el mateix rang en un 30% dels casos, un 11% són dades sobreestimades i un 59% subestima la qualitat biològica. També es veu com valors elevats de DMA no donen mai dades CC de qualitat biològica molt baixa.



**Figura 1. 9.** Comparació de dades DMA i de CC amb coincidència espacial propera i temporal. A dalt, gràfic de barres on es representen el nombre de parelles de dades que coincideixen (0 rangs de diferència) i el nombre de dades que no coincideixen, indicant el seu nombre de rangs de desajust. A baix, gràfic de bombolles en els que es compara el rang de qualitat de cada parella de dades que coincideixen temporalment i espacialment en un punt de mostreig DMA. El diàmetre de la bombolla és proporcional al nombre de dades que representa. Les bombolles de la diagonal central representen el nombre de dades coincidents i s’han representat amb els cinc colors de la qualitat. Les bombolles gris fosc, que se situen sota la diagonal, són les dades ciutadanes que subestimen la qualitat i les bombolles gris clar, situades sobre la diagonal, són les que la sobreestimen.

## DISCUSSIÓ

El volum de dades CC recollides per les dues iniciatives de ciència ciutadana (Projecte Rius i RiuNet) entre 2004 i 2019 supera les recollides per les agències de l’aigua de les respectives conques, i no para d’engrandir-se any rere any (Associació Hàbitats 2022). Això és gràcies als centenars de grups de voluntaris de projecte Rius i les desenes de persones que recullen dades puntuals amb l’aplicació RiuNet, així com a les entitats i persones promotores i coordinadores dels projectes de ciència ciutadana. Els resultats mostren com el nombre de punts estudiats és

clarament més gran en les zones molt poblades, com l'àrea metropolitana de Barcelona, ja que és on hi ha més possibilitats que s'organitzin grups de persones amb aficions i inquietuds similars. Tot i això, hi ha dades de pràcticament tots els territoris i tipus de riu, i amb valors de qualitat biològica de tots els rangs. Aquest estudi de les dades ciutadanes sobre fauna macroinvertebrada aquàtica i qualitat biològica de les masses d'aigua de Catalunya aporta una comparació amb un gran volum de dades recollides amb dues metodologies de ciència ciutadana. Això el diferencia d'estudis similars fets en àrees geogràfiques més petites (p. ex. Engel i Voshell 2002; Krabbenhoft i Kashian 2020; Moolna et al. 2020), o que analitzen conjunts de dades menors (Moffett i Neale 2015; Peeters et al. 2022). També té la particularitat que les dades CC han estat recollides de forma independent a les dades DMA, fet que el diferencia dels treballs que han fet estudis especialment dissenyats per validar i comparar una metodologia de ciència ciutadana amb dades oficials generades en el mateix moment i al mateix espai (p. ex. Nerbonne i Vondracek 2003; Krabbenhoft i Kashian 2020; Reid i Tippler 2016).

En comparar les dades DMA amb territori a Catalunya i les de les dues metodologies de CC emprades, s'observa que la gran majoria de dades ciutadanes aporten informació nova a la de les dades oficials, ja sigui perquè s'han fet en una època diferent o en un lloc diferent. D'aquesta manera, en incloure més llocs i amb més freqüència fa que el volum d'informació nova proporcionada per la ciutadania sigui molt gran (un 75% del total) i superi amb escreix la informació que podríem considerar duplicada (un 25%). Aquesta és una de les grans potencialitats de la ciència ciutadana en general (Cooper 2016), i que es manifesta també en el cas del monitoratge de la qualitat de l'aigua dels rius (Kelly-Quinn et al. 2023; Gurnell et al. 2019).

### La tendència a la subestimació de la qualitat de les dades CC.

Un dels problemes que podria haver-hi en la comparació de les dades seria que la ciutadania identificqués de forma errònia les famílies de macroinvertebrats o no fossin capaços de localitzar certes famílies. En general, això no és així, ja que tant, les dades CC com les del CARIMED mostren que les famílies Chironomidae i Baetidae són les que s'han observat més freqüentment. Són dues de les famílies més ubiqües i diverses que hi ha als rius i altres ecosistemes aquàtics continentals tant de Catalunya com de la majoria dels territoris de tot el món (Armitage, Cranston, i Pinder 1995; Gattolliat i Nieto 2009). La resta de famílies que més sovint s'han identificat per la ciutadania respecte a la proporció que apareixen al CARIMED, tendeixen a ser animals de mida més gran, com són el cranc de riu (Cambaridae), els sabaters o escorpins d'aigua (Heteròpters), les sangoneres (Erpobdellidae), els cucs (Oligochaeta) o les cuques de caps de la família Hydropsychidae. Això és clarament a causa del fet que la ciutadania veu directament els macroinvertebrats amb una petita lupa mentre que les dades dels organismes oficials ho fan després d'analitzar-los a la lupa estereoscòpica. Aquest fet ja és considerat en la metodologia RiuNet i de Projecte Rius en fer les classes de qualitat biològica, però segons aquests resultats, caldria fer-hi una revisió per tal de millorar l'encaix de les dades de CC a les DMA. En la comparació faunística de les dades CC i el CARIMED, s'hi troben també altres casuístiques que poden ser explicades per la ubicació geogràfica de la majoria de les mostres de CC recollides. Per exemple, el cas més interessant és el de la família Leptophlebiidae. Aquesta família d'Efemeròpters és un molt bon indicador de qualitat dels rius i que es troba entre les 10 famílies determinades en les dades del CARIMED i no en les de CC. Això podria ser degut al fet que el conjunt de dades ciutadanes estan molt influenciades per les mostres de l'àrea metropolitana que en gran manera tenen qualitats moderades o baixes i, per tant, no solen tenir aquesta

família. Alternativament, podria ser que la ciutadania tingués problemes en classificar aquesta família o la confonguessin amb una altra, en aquest cas caldria una millor formació dels grups de voluntaris.

A més, en analitzar la composició faunística, surten a la llum alguns trets rellevants dels macroinvertebrats més freqüentment trobats i identificats. Es veu com la ciutadania tendeix a identificar amb més facilitat els animals que tenen mecanismes de fixar-se al substrat, com poden els Gasteròpodes (Ancyliidae, Physidae o Lymnaeidae) els Simuliidae i, de nou, les sangoneres (Erpobdellidae). També els hi és fàcil fer-ho amb els animals que patinen per la superfície de l'aigua, com els Sabaters (Gerridae) i altres famílies d'Heteròpters. Tots aquests grups són considerats indicadors de poca qualitat biològica, el que pot, de nou, donar més explicacions a la subestimació observada en les dades CC sobre qualitat biològica. Altres estudis similars de comparació entre dades oficials i ciutadanes mostren diferències entre uns i altres resultats en un sentit similar, ja que els organismes més petits i de mobilitat menys evident solen ser menys identificats per la ciutadania que els més grans i vistosos (Fore, Paulsen, i O'Laughlin 2001; Engel i Voshell 2002; Nerbonne i Vondracek 2003; Krabbenhoft i Kashian 2020).

Aquests resultats respecte a les famílies més vistoses quan es comparen les dades CC i CARIMED, juntament amb la preponderància de les dades de la zona metropolitana, són també part de la causa. Per això, la comparació de les dades CC sobre la qualitat biològica amb les dades DMA permet veure una tendència clara i general infravaloració de la qualitat des dels projectes de ciència ciutadana, fet descrit també en l'estudi de Engel i Voshell (2002).

### Les raons de la subestimació

Aquestes diferències en els resultats, les atribuïm al fet que per poder fer una avaluació de la qualitat biològica d'un riu per la ciutadania, les metodologies usades per la DMA han de ser modificades per adaptar-les a allò que és possible analitzar per la ciutadania en el medi. Podem categoritzar les possibles raons de les diferències en (1) efecte del mètode de mostreig, (2) efecte del mètode d'identificació i (3) efecte de la seguretat de la persona que mostreja.

En el primer cas, l'esforç de mostreig així com l'esforç d'identificació són dues de les característiques més diferents entre els mètodes oficials i els de Projecte Rius i RiuNet. Com es mostrava a la **Taula 1. 1**, el mostreig oficial segueix unes indicacions estandarditzades que impliquen un esforç molt més gran amb la intenció de no perdre cap de les famílies de macroinvertebrats que formen la comunitat d'un punt de mostreig. El mètode de Projecte Rius i RiuNet, tot i que també busca conèixer tota aquesta comunitat, no exigeix, ni pot exigir, un esforç tan gran de mostreig i, per tant, alguna de les famílies poden no recollir-se. Aquesta seria una de les raons de la subestimació que hem trobat de forma majoritària en els resultats d'aquest treball. Llavors, en un riu amb una determinada comunitat de macroinvertebrats que indica, per exemple, que hi ha una bona qualitat biològica, la ciutadania serà capaç d'arribar a trobar aquesta mateixa comunitat i, per tant, determinar aquesta bona qualitat? Evidentment, el que s'observarà és una subestima d'aquesta qualitat biològica, i és el que s'ha vist de forma majoritària en els resultats d'aquest treball. De totes maneres, les dades de RiuNet (que es va dissenyar molt més tard que el sistema del Projecte Rius) donen menys falsos positius (Dades CC altes i dades DMA baixes) que les del Projecte Rius i totes dues metodologies donen poc falsos negatius (dades de CC baixes enfront de dades DMA altes). També cal tenir en compte que el llistat de famílies considerades per ambdós projectes de CC (unes -50-60 famílies) són una síntesi

del llistat total de famílies de macroinvertebrats presents en els rius catalans (més de 140 famílies). S'ha seleccionat justament les famílies més ubiqües, i s'han obviat, en la mesura del possible, les famílies molt semblants entre elles o de mides molt petites. Aquesta selecció, però cal que sigui revisada per millorar l'ajust de la qualitat biològica calculat des de la CC amb el que realment tenen els rius.

La segona raó, la identificació a ull nu de la CC, implica que algunes de les famílies menys vistoses, sobretot les de talles petites i que tenen menys mobilitat, puguin ser obviades. A més, com la identificació es realitza per una ciutadania que no té per què ser experimentada en entomologia o identificació d'invertebrats, tot i que hi ha un procés de formació prèvia, es poden generar errors o confusions entre famílies semblants.

Finalment, una tercera raó que cal tenir en compte és que en els mètodes oficials, les persones que mostregen són professionals que utilitzen equipament de seguretat (botes altes, protecció tèrmica, calçat adequat...). Això permet poder arribar a prospectar àrees del riu que no solen ser accessibles per a persones sense aquest equipament. En general, la recollida d'invertebrats amb les metodologies de la ciència ciutadana sol veure's limitada a zones poc profundes i amb velocitat de l'aigua mitjana o baixa. I és que, com és lògic, la seguretat de les persones és prioritària i, per tant, des de Projecte Rius i RiuNet s'indica que mai s'entri en zones profundes (> 50 cm), i sobretot si aquestes porten aigua amb una certa velocitat o tenen un substrat sense estabilitat (acumulacions de matèria orgànica, llims, fangs...).

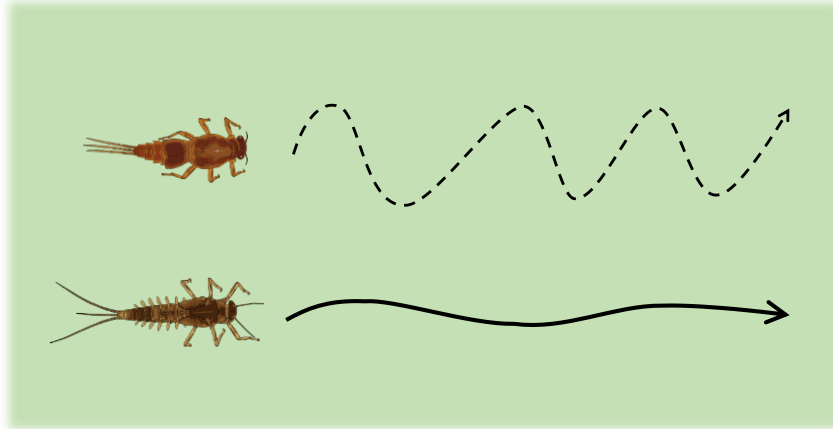
## Possibles solucions

Per corregir el biaix a la baixa de les dades de CC, es poden albirar diferents maneres de millorar els resultats i fer-los més fiables respecte a la versió oficial. El recomanable seria fer un exercici d'intercalibració com el realitzat per (Engel i Voshell 2002) els índexs biològics usats en CC amb les dades DMA. Aquest exercici són molt comuns per tal de fer conjunts de dades comparables, i s'ha realitzat, per exemple, per calibrar els diferents índexs biològics emprats en els països de la comunitat europea (p. ex: Munné i Prat 2009). Aquest exercici no només permetria millorar el mètode de cara a la generació de noves dades ciutadanes, sinó que també aconseguiria ajustar els resultats ja recollits amb els nous criteris. Aquest tipus d'exercici requereix un volum de dades alt i amb elevada variabilitat, però això és justament del que es disposa amb els conjunts de dades de Projecte Rius i RiuNet. A més, sovint conclouen en la necessitat per desenvolupar nous índexs biològics que descriguin millor la qualitat biològica de l'aigua siguin el tipus de riu que siguin i es trobin en la situació hídrica que es trobin. Aquesta tasca es podrà portar a cap amb més garanties coneixent algun dels resultats observats en aquest estudi, com per exemple, que el ciutadà tendeix a reconèixer millor animals grans i de comportaments vistosos. També seria important que la ciutadania conegués el lloc a on es prenen les mostres de la DMA, ja que d'aquesta manera podrien disposar d'una dada sobre la qual comparar i calibrar les dades recollides per la CC.

Paral·lelament a aquest exercici d'intercalibració, també es poden aplicar altres propostes de millora dels mètodes de la ciència ciutadana sobre l'estat dels rius i rieres, com l'aplicació de nous punts de vista per classificar macroinvertebrats o noves eines tecnològiques per ajudar la ciutadania en la seva identificació.

Per exemple, proposem generar guies taxonòmiques utilitzant característiques dels macroinvertebrats visibles quan s'observen vius (**Figura 1. 10, Annex 1. 2**). Les dificultats per

reconèixer els macroinvertebrats en viu amb les claus de trets anatòmics es pot complementar amb la utilització de trets del moviment i del comportament de les famílies de macroinvertebrats quan es troben en una safata o recipient amb aigua, que és com s'observen tant amb RiuNet com amb Projecte Rius.



**Figura 1. 10.** Dues famílies d'Efemeròpters anatòmicament semblants, però que tenen una velocitat i una trajectòria de desplaçament molt diferents i que és una manera senzilla de reconèixer-los en viu.

Altres solucions més tecnològiques, però molt fàcilment aplicables en ciència ciutadana, estan sorgint de la identificació automàtica d'imatges (Manderfield 2022) que ha avançat molt en els darrers anys gràcies a les tecnologies d'aprenentatge automàtic (2021) i que ja comencen a aplicar en iniciatives com al projecte miniSASS de Sud-àfrica (Taylor et al. 2021).

Totes dues propostes es poden incorporar fàcilment a les eines actuals de recollida de dades com ara l'aplicació RiuApp, des d'on ja hi ha l'opció de validar les identificacions mitjançant l'enviament de fotografies adjuntes. Malgrat això, és un recurs poc utilitzat pels usuaris i, que a més, requereix un esforç humà important per l'equip coordinador dels projectes.

Amb tot, aquestes possibles solucions permetran disposar d'unes dades de CC que tinguin la garantia de ser vàlides i permetria a les administracions de l'aigua conèixer possibles afectacions puntuals de contaminació a una massa d'aigua. A més, les sèries de dades llargues que proporciona la CC també podrien ser dades útils per veure la variabilitat temporal del mateix punt al llarg de períodes de temps més sec i més humit. Si, per exemple, hi hagués grans diferències entre èpoques, voldria dir que, encara que a l'estiu anterior hagués estat amb poc cabal, sense cabal o totalment sec, el punt estudiat té un alt grau de resiliència, ja que és capaç de recuperar la qualitat a la primavera següent (Soria et al. 2017).

## CONCLUSIONS

Els rius i rieres de Catalunya han estat i continuen sent un lloc d'interès per moltes persones i entitats que aprenen mentre avaluen el seu estat de salut utilitzant els macroinvertebrats com a bioindicadors. Els milers de dades recollides durant aquests darrers vint anys són la millor evidència. El valor de les dades és indiscutible tant per la seva dispersió geogràfica com temporal i genera una capa d'informació addicional a les que s'obtenen des de les administracions públiques o centres de recerca. Aquesta capa d'informació cal tenir-la en compte amb una sèrie de consideracions, com són la tendència a subestimar tant la biodiversitat aquàtica com la qualitat biològica que se'n deriva. Això és degut a les limitacions intrínseques, com ciència

ciutadana que són, dels mètodes de Projecte Rius i RiuNet. Per tal de saltar aquestes limitacions es proposa enriquir RiuApp, l'app de recollida de dades de Projecte Rius i RiuNet, d'eines tecnològiques actuals i noves claus per ajudar la ciutadania en una de les tasques més delicades a realitzar, la de la identificació d'organismes. Així mateix, es recomana iniciar un exercici d'intercalibració de les dades de ciència ciutadana sobre la qualitat biològica dels rius per tal que aquesta capa tan valuosa d'informació sigui integrada efectivament pels òrgans gestors de l'aigua, el territori i el medi ambient.

Finalment, cal tenir en compte que tant a Projecte Rius com a RiuNet la qualitat biològica és només una de les dades que es recullen. Potser és la dada més important i més complexa d'obtenir, però la ciutadania també recull dades de l'estat hidrològic del riu, del cabal, la terbolesa, la temperatura de l'aigua, el pH i paràmetres fisicoquímics. Així com de la qualitat del bosc de ribera, la heterogeneïtat de l'hàbitat fluvial i els usos socials detectats. Aquest conjunt de dades que acompanyen a la qualitat biològica encara donen molt més valor a les dades ciutadanes.

## Agraïments

Aquest treball fa valdre les dades recollides, i les que es recolliran, pels milers de voluntaris de Projecte Rius i RiuNet. Una reivindicació que va a part de la gran feina feta d'aquests projectes en àmbits com l'educació ambiental, la transferència científica, la custòdia del territori o participació ciutadana. Així, amb aquest treball, es reivindiquen també el valor i utilitat de les dades ciutadanes en processos de presa de decisions sobre els ecosistemes fluvials catalans, sigui per entendre'ls millor, ja sigui per engegar processos de recuperació i restauració o ja sigui per definir mesures per conservar-los. També es reconeix tant la col·laboració de les Administracions implicades en proporcionar les dades així com la col·laboració de tots els membres del grup de recerca FEHM que durant tants anys han recollit dades.



## En aquest capítol hi ha col·laborat:

<sup>1,4</sup>Narcís Prat., <sup>1,2,5,6</sup> Maria Soria., <sup>1,2</sup>Núria Bonada, <sup>3</sup> Estela Anglada, <sup>3</sup>Marina Codina & <sup>3</sup>Tomàs Padrosa.

<sup>1</sup>Grup de Recerca FEHM (Freshwater Ecology, Hydrology and Management) - Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals - Universitat de Barcelona, Spain.

<sup>2</sup>Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Diagonal 643, Barcelona, 08028 Spain.

<sup>3</sup> Projecte Rius - Associació Hàbitats, Spain.

<sup>4</sup> Institut de Recerca de l'Aigua (IdRA) - Universitat de Barcelona, Spain.

<sup>5</sup> Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya, Museu del Ter, Plaça de les dones del Ter 1, 08560 Manlleu, Spain

<sup>6</sup> Aquatic Ecology Group - Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya, Carrer de la Laura, 13, 08500 Vic, Spain



Olivier - 4 años

CAPÍTOL 2. Què és un riu? Impacte del programa de ciència ciutadana RiuNet en els models mentals dels usuaris.



## RESUM

Els rius són ecosistemes complexos des d'una perspectiva estructural i funcional. Tanmateix, molta ciutadania encara té una noció simplificada d'ells, cosa que pot conduir a una major degradació i l'ús de criteris caducats a l'hora de conservar o restaurar-los. Per tant, és necessari desenvolupar i avaluar eines pedagògiques que promoguin un canvi en els models mentals dels rius de les persones perquè aquests s'apropin més al model complex que representa un ecosistema fluvial. Una d'aquestes eines és l'aplicació RiuNet, una eina de ciència ciutadana que guia la ciutadania per determinar la qualitat hidrològica (extraccions d'aigua), hidromorfològica (heterogeneïtat de bosc de ribera i hàbitat fluvial) i biològica (amb la comunitat de macroinvertebrats) dels rius d'una manera senzilla, i recopila dades que es poden disponible per a finalitats científiques i de gestió. Així doncs, aquest estudi pretén avaluar l'aplicació RiuNet com a eina pedagògica. Per fer-ho, s'ha analitzat el model mental d'alumnes de Batxillerat abans i després de realitzar una activitat pràctica amb RiuNet segons els dibuixos i les definicions d'un riu de l'alumnat amb què, posteriorment es van definir deu models mentals. Els resultats mostren que la complexitat del model va augmentar significativament abans i després de l'activitat cap a una millor caracterització dels ecosistemes fluvials. Després de l'activitat, l'alumnat va incorporar nous elements com substrats durs, matèria orgànica, organismes vius o el bosc de ribera. Aquest estudi demostra la utilitat de l'aplicació RiuNet per dur a terme activitats d'educació ambiental relacionades amb els ecosistemes fluvials.

## INTRODUCCIÓ

Durant les darreres dècades, la gestió de l'aigua ha experimentat un canvi de paradigma cap a la sostenibilitat, un procés que requereix temps i esforç i que continua evolucionant. Aquest canvi ha implicat superar visions simplistes sobre els recursos hídrics i adoptar una comprensió més integral dels rius com a ecosistemes complexos. Un exemple d'aquest canvi es pot veure en els moviments socials com la Nova Cultura de l'Aigua (Martínez Gil 2003) que, durant la dècada dels anys noranta al nostre país, van confrontar les polítiques antropocèntriques en la gestió de l'aigua. Actualment, a més, aquest és un dels pilars de la normativa europea sobre estat dels ecosistemes aquàtics, la DMA (European Commission 2000).

De la mateixa manera, la percepció de què és un riu varia segons el punt de vista, ja sigui des de la perspectiva dels experts o professionals fins a la visió més general que pot tenir la ciutadania. O dit d'una altra manera, es pot parlar dels models conceptuals, que descriuen detalladament un procés o un sistema des del punt de vista científicotècnic (Greca i Moreira 2000), i es pot parlar de models mentals, que són representacions pròpies i individuals d'un objecte, esdeveniments o escenari que corresponen a quelcom extern (Vosniadou i Brewer 1992). Per exemple, inicialment, un riu podria considerar-se conceptualment com un curs d'aigua explotable com a recurs humà, i en conseqüència, es crea un model mental general que destaca el fet que tota l'aigua que flueix cap al mar és un recurs desaprofitat (Ladrera i Prat 2016).

No cal dir-ho, el concepte de riu s'ha anat tornant més complex a nivell teòric. Conceptes com el "river continuum" (Vannote et al. 1980) o el paper del riu com a ecosistema i proveïdor de serveis ecosistèmics (Thorp et al. 2010) han introduït estratègies de gestió dels recursos hídrics molt diferents, i en aquest context de canvi, és crucial incorporar eines que continuïn fomentant no només la comprensió d'aquesta, sinó també la participació ciutadana. De fet, el

projecte RiuNet va néixer d'una necessitat d'implicar a qualsevol ciutadà i poder fer de forma senzilla i alhora estandarditzada - seguint la DMA - i avaluar l'estat hidrològic i ecològic dels rius.

Tot i que RiuNet ha estat dissenyat com una eina per avaluar l'estat hidrològic i ecològic dels rius (Rieradevall et al. 2016), aquest treball sorgeix de la necessitat d'explorar el potencial de RiuNet com a oportunitat d'aprenentatge i eina pedagògica per abordar els conceptes ecològics fonamentals amb especial èmfasi als ecosistemes hídrics. Aquesta perspectiva busca fomentar una millora en la percepció del riu i promoure una gestió més sostenible dels recursos hídrics. És un gran repte ja que malgrat els clars impactes de la ciència ciutadana en ciència, societat, economia i medi ambient (Hecker et al. 2018; Roche et al. 2020), l'avaluació del seu impacte, especialment en les actituds, comportaments i coneixements dels participants, sovint peca d'una simplicitat excessiva (Somerville i Wehn 2022).

L'objectiu, doncs, és desenvolupar una avaluació pre- i post- activitat RiuNet i poder mesurar els canvis generats després d'haver experimentat l'activitat pedagògica. La combinació d'enfocaments quantitius i qualitius pot proporcionar una imatge més completa de l'impacte del projecte de ciència ciutadana en la comunitat estudiantil. En aquest estudi, després de dissenyar un exercici creatiu i una enquesta, s'han comparat els models mentals de riu d'estudiants abans i després de l'experiència RiuNet, així com els coneixements respecte al concepte ecosistèmic de riu i la seva gestió. Com a hipòtesi de partida s'espera que millorin la comprensió dels rius com a elements ecològics complexos i eventualment promoure una gestió més sostenible dels recursos hídrics.

En aquest estudi, els models mentals s'entenen com a representacions del món, d'un sistema, esdeveniment o procés natural (Nersessian 2013) i volen descriure conceptes complexos, inclosos principis i conceptes científics (Rapp 2005). Els models mentals són essencials en l'aprenentatge de la ciència, ja que proporcionen informació valuosa sobre el marc conceptual que té la comunitat estudiantil sobre estructures de coneixement subjacents (Vosniadou i Brewer 1992). Així, poder captar els models mentals és una manera d'entendre el contingut i l'estructura del coneixement dels conceptes científics de l'alumnat.

## OBJECTIUS

1. Identificar models mentals de riu entre l'alumnat d'educació secundària, abans de qualsevol intervenció educativa.
2. Avaluar l'interès pedagògic de l'aplicació RiuNet en l'estudi dels ecosistemes fluvials.
3. Determinar si l'aplicació RiuNet genera un canvi en el model mental de l'alumnat, afavoreix el coneixement ecosistèmic dels rius i l'aposta per models de gestió fluvial més sostenibles.

## MÈTODES

### Disseny de l'enquesta i l'exercici

Es van dissenyar una enquesta i un exercici per determinar els coneixements d'estudiants d'educació secundària sobre el concepte d'ecosistema fluvial i la seva gestió sostenible. Cada estudiant va respondre abans i després de realitzar l'activitat pràctica de l'estudi d'un tram fluvial amb l'app RiuNet, guiats per un professor. Aquesta activitat pràctica es descriurà al següent

subapartat. Hi van participar un total de 60 alumnes, 32 d'ells de dos grups de 4t d'ESO (15 – 16 anys) i 28 alumnes de dos grups de 1r de batxillerat (16-17 anys), tots del mateix centre de la ciutat de Logronyo (IES Comercio, Logronyo, La Rioja-Espanya).

L'enquesta es va basar en estudis anteriors (Ladrera et al. 2017; 2020) i ha estat validada per experts en ecologia fluvial i pedagogia de les ciències experimentals i constà de deu preguntes tancades de tipus test (vegeu **Annex 2. 1**). Totes tenien cinc opcions de resposta, excepte la pregunta 5 que tenia una opció més. Cinc preguntes eren preguntes de resposta única (preguntes 3, 4, 5, 7 i 8), mentre que les altres eren preguntes de resposta múltiple, és a dir, l'alumnat podia marcar més d'una resposta (preguntes 1, 2, 6, 9 i 10). Com s'ha dit abans, l'enquesta es va centrar en dos temes: el concepte d'ecosistema fluvial (Preguntes 1-5 i 10) i la gestió sostenible dels rius (Preguntes 6-9). Les preguntes sobre el concepte d'ecosistema incloïen aspectes relacionats amb els components biòtics i abiòtics dels rius i amb l'avaluació de l'estat de conservació dels rius, mentre que les de gestió sostenible tractava temàtiques com les polítiques de gestió del risc d'inundacions, o com evitar problemes d'escassetat d'aigua. A més, la pregunta 10 feia referència explícita als rius temporals per saber si l'alumnat reconeixia aquest tipus de rius com a ecosistemes fluvials encara que no sempre tinguin aigua corrent.

L'exercici tractava que l'alumnat dibuixés i descrigués un riu. En el dibuix, havien de traçar un riu, i podien afegir unes paraules per identificar elements o processos difícils de dibuixar o que fossin de difícil interpretació. La descripció és un exercici obert en què l'alumnat havia d'escriure amb les seves pròpies paraules, el què significa un riu per a elles i ells. Amb aquesta combinació de dibuix i descripció escrita, es pretén integrar les diferents destreses o habilitats de l'alumnat per tal de poder determinar amb millor concreció el seu model mental. Així doncs, el dibuix i la descripció del riu s'han utilitzat per determinar què entén l'alumnat quan pensa en un riu. Per tant, amb l'anàlisi posterior es van obtenir els diferents models mentals d'un riu, que foren classificats segons el nombre d'elements representats i la seva complexitat. La determinació dels elements representats fou establerta per un equip de 4 persones i cada alumne fou analitzat per dues persones de l'equip investigador. En els casos en els quals no hi havia una coincidència d'opinions per la falta de claredat en el dibuix o la descripció, es discutia entre l'equip fins a arribar a un únic model mental per cada alumne.

### Realització de l'activitat

El professor que va realitzar l'activitat pràctica va ser el professor de Biologia y Geologia de tots els grups d'alumnes. Cap dels grups havia tractat prèviament temes relacionats amb els ecosistemes aquàtics o la gestió sostenible dels rius en els seus respectius cursos, i no coneixia l'aplicació RiuNet abans d'iniciar l'activitat pràctica al riu. Així, tot l'alumnat van començar l'activitat un cop van arribar al riu Iregua i va obrir l'app RiuNet.

Cal recordar (vegeu text d'introducció de la Tesi) que mètode que utilitza RiuNet és una simplificació dels mètodes oficials establerts a l'estat espanyol i que es basen en resultats obtinguts en projectes de recerca (GUADALMED) o de seguiment de la qualitat de les aigües de la província de Barcelona. Aquestes metodologies fan ús de diferents mètriques que inclouen la qualitat del bosc de ribera (Prat, Solà, i Munné 1998), la heterogeneïtat de l'hàbitat fluvial (Pardo et al. 2002), la qualitat biològica i l'estat ecològic dels rius mediterranis (Alba-Tercedor et al. 2002), així com en l'avaluació de l'estat hidrològic proposat per Prat et al. (2014).

El riu a on es va fer l'activitat és el riu Iregua. Aquest riu és un afluent del marge dret del riu Ebre, amb una longitud de 62 km i una conca de 660 km<sup>2</sup>. Neix al parc natural Serra de Cebollera, en ple Sistema Ibèric i es dirigeix cap al Nord, fins a desembocar al riu Ebre a Logronyo. El tram més baix i proper a la desembocadura, que és on es va dur a terme l'estudi, es considera un riu de caràcter semi urbà, amb cabals molt alterats per la regulació hidrològica per a regs i amb una zona de ribera amb gran intervenció humana, amb àmplies zones enjardinades i amb presència puntual d'esculleres i altres defenses artificials. Ho confirma el document IMPRESS de 2020 on el risc i les pressions d'aquesta massa d'aigua són considerades moderades (Confederación Hidrogràfica del Ebro 2020). Tot i això, manté una estreta banda de bosc de ribera a bona part del tram. Aquesta diversitat d'elements naturals i antròpics, juntament amb una bona qualitat de l'aigua i la proximitat als centres educatius de la ciutat de Logronyo, converteixen aquest tram en un lloc excel·lent per poder desenvolupar activitats d'educació ambiental al voltant del riu, com la presentada en aquest capítol. També el fet que el professor que va realitzar l'activitat és un membre del grup de recerca FEHM i, per tant, bon coneixedor de la metodologia i les eines que s'utilitzen a RiuNet.

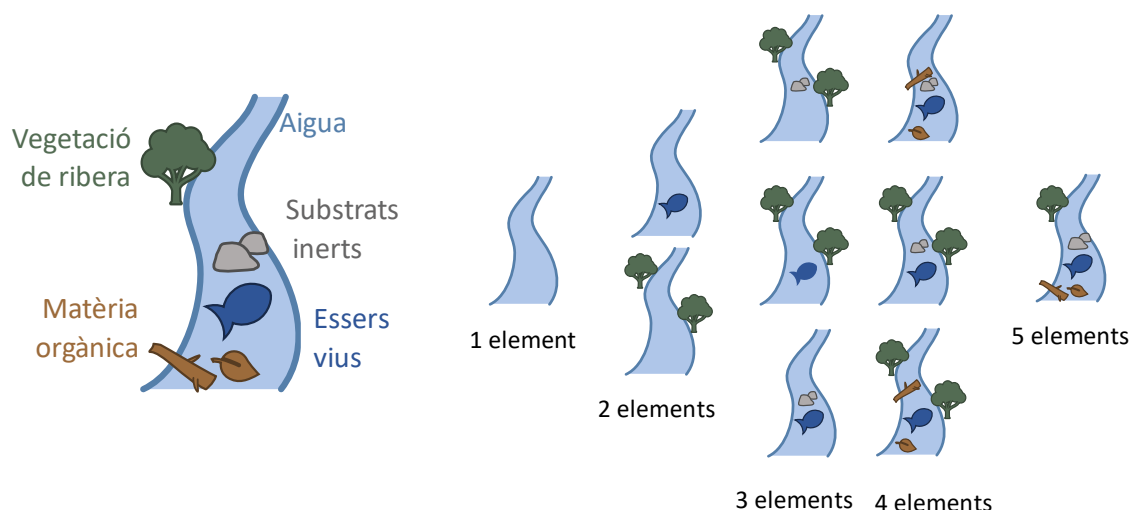
### Construcció i utilització dels models mentals

L'anàlisi del dibuix i la descripció per definir els models mentals fou duta a terme de forma inductiva, és a dir, foren els mateixos dibuixos i descripcions la base des d'on es van definir una sèrie de models mentals segons els elements que hi havia representats. Aquests elements són l'aigua, els substrats inerts, la vegetació de ribera, els éssers vius i la matèria orgànica. Posteriorment, i per elucidació directa tal com es fa (Jones et al. 2011), quatre investigadors categoritzaren les respostes de l'alumnat enumerant la presència o absència dels cinc elements clau (**Figura 2. 1**) sigui en el dibuix sigui en la descripció.

- **L'aigua** és l'element clau bàsic i es considerarà present sempre que l'estudiant l'hagi anomenat a la descripció o l'hagi representat en el dibuix.
- Els **substrats inerts** es consideraran si s'han descrit o representat blocs, pedres, graves, sorres o llims a dins de l'aigua. Aquests elements donen a entendre que l'estudiant inclou en el seu model mental, el concepte de medi físic, juntament amb l'aigua, que interrelaciona i proporciona habitat i heterogeneïtat a l'ecosistema fluvial.
- La **vegetació de ribera** fa referència, sobretot, a considerar que un riu té una àrea d'influència més enllà de la llera on es pot desenvolupar un ecosistema diferenciat. Ve representada per arbres, arbustos o herbes que estiguin presents a la zona a la ribera
- **Éssers vius**. Es considera que es representa aquest element quan hi ha dibuixat o descrit qualsevol **ésser viu** dintre o prop de l'aigua. Així, es tenen en compte tant la fauna (peixos, ocells, amfibis, invertebrats...) com la flora (algues, macròfits, hidròfits...), els fongs, o els microorganismes.
- Finalment, la **matèria orgànica** fa referència a qualsevol representació de fullaraca o fusta, troncs o branques dintre de l'aigua. La presència d'aquest element en el model mental d'un riu denota el concepte de riu com a via de descomposició i de transport de la matèria que un cop ha estat viva. I també que aquesta matèria és font d'aliment per als organismes aquàtics així com un hàbitat que proporciona heterogeneïtat.

Els models mentals doncs poden variar des dels més simples, en què un riu només és considerat com un flux d'aigua, fins als més complexos, que contenen els cinc elements clau. Es van descartar els models les combinacions dels quals no foren representades per cap alumne i es van obtenir els 10 models que es poden observar a la **Figura 2. 1**.





**Figura 2. 1.** A l'esquerra, els 5 elements claus utilitzats per definir els models mentals. A la dreta, els deu casos de models mentals segons el seu grau de complexitat que s'han tingut en compte en aquest estudi.

Cal considerar també, que per definir aquests models mentals d'un riu es va optar per excloure dos elements addicionals que s'havien determinat prèviament a l'exercici, que són les relacions humanes amb el riu (serveis ecosistèmics i infraestructures construïdes) i la menció del fet que els rius són ecosistemes naturals amb relacions i interaccions entre els diferents elements clau. Aquests dos elements es van excloure per simplificar la comparació entre el model mental d'abans de l'activitat pràctica amb RiuNet i el de després, que es presenta com a resultat principal, tot i que foren tinguts en compte en els resultats complementaris.

### Anàlisi de l'enquesta sobre ecosistemes fluvials i gestió sostenible

Les respostes de l'enquesta foren analitzades de la mateixa manera com en els estudis previs on s'ha aplicat (Ladrera et al. 2020), així que no es van considerar correctes o incorrectes. El que es pretén és avaluar si la comunitat estudiantil té un concepte ecosistèmic dels rius i si es dedueix una preferència per una gestió sostenible o no sostenible. Finalment, es van interpretar els resultats a partir de la literatura científica sobre aquest tema i la legislació ambiental vigent.

A partir dels coneixements previs, es va considerar que el concepte del riu com ecosistema i no una simple via d'aigua s'associa a les respostes següents: (i) la identificació dels cinc tipus d'éssers vius proposats a la pregunta 1; (ii) la selecció de sediments, boscos de ribera i fusta morta com a elements positius per biodiversitat, ja que qualsevol d'ells afavoreix l'aparició de nous hàbitats (Pregunta 2, Respostes de l'enquesta a, c i d); (iii) indicadors biològics com a millor metodologia per avaluar l'estat de conservació dels rius perquè integren més informació sobre l'estat de l'ecosistema (Pregunta 4, Resposta de l'enquesta d); i (iv) imatges de transectes fluvials sense elements antròpics que alterin clarament els ecosistemes fluvials (imatges d i e de la pregunta 5). D'altra banda, l'objectiu de la pregunta 3 era saber com l'alumnat percep diferents impactes antròpics. La idea era obtenir una informació usant diferents elements sobre la seva percepció general de com eren els ecosistemes fluvials.

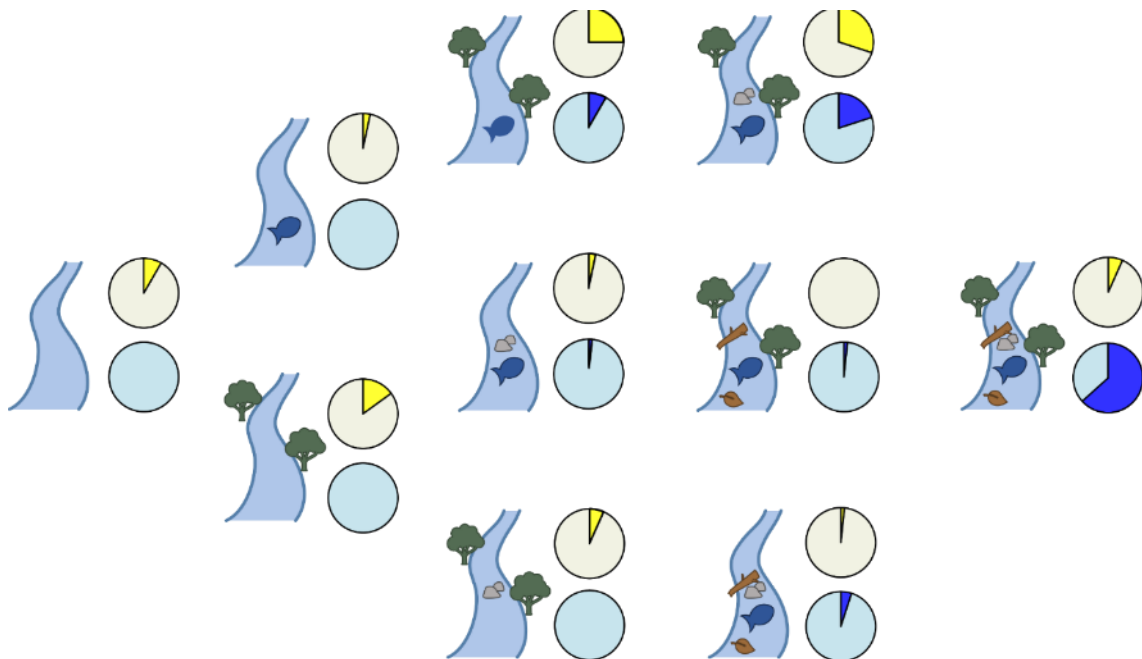
Pel que fa a la gestió fluvial, de les respostes obtingudes es considera la gestió fluvial sostenible seria afavorida amb (i) la reducció del consum d'aigua, segons l'escenari climàtic

actual (Pregunta 6, Respostes de l'enquesta b i d); (ii) models de gestió del risc d'inundacions que promoguin una correcta ordenació del territori i la renaturalització dels rius (Pregunta 7, Respostes de l'enquesta c i e); (iii) gestió fluvial adequada o sigui projectes que intentin mantenir algun dels elements proposats a la pregunta 8; (iv) que els models que afavoreixen la dinàmica natural dels rius, i redueixen el consum d'aigua i la contaminació siguin els seleccionats (Pregunta 9, Respostes de l'enquesta c, d i e).

## RESULTATS

### Models mentals

Abans de l'activitat amb RiuNet (**Figura 2. 2**, del total de 60 estudiants participants, un 8% tenien el model mental de riu amb un sol element, l'aigua. Un 18% d'ells tenien un model simple amb 2 elements, l'aigua i els éssers vius o l'aigua i la vegetació de ribera. El model amb 3 elements fou representat per un 35 % de l'alumnat, sent majoritari el model amb aigua, éssers vius i vegetació de ribera. Un 32% d'estudiants van representar un model mental d'un riu amb 4 elements, sent el més comú, el de l'aigua, els éssers vius, la vegetació de ribera i els substrats inerts, amb un 32% d'alumnes. Finalment, el model amb els 5 elements fou representat per un 7%.



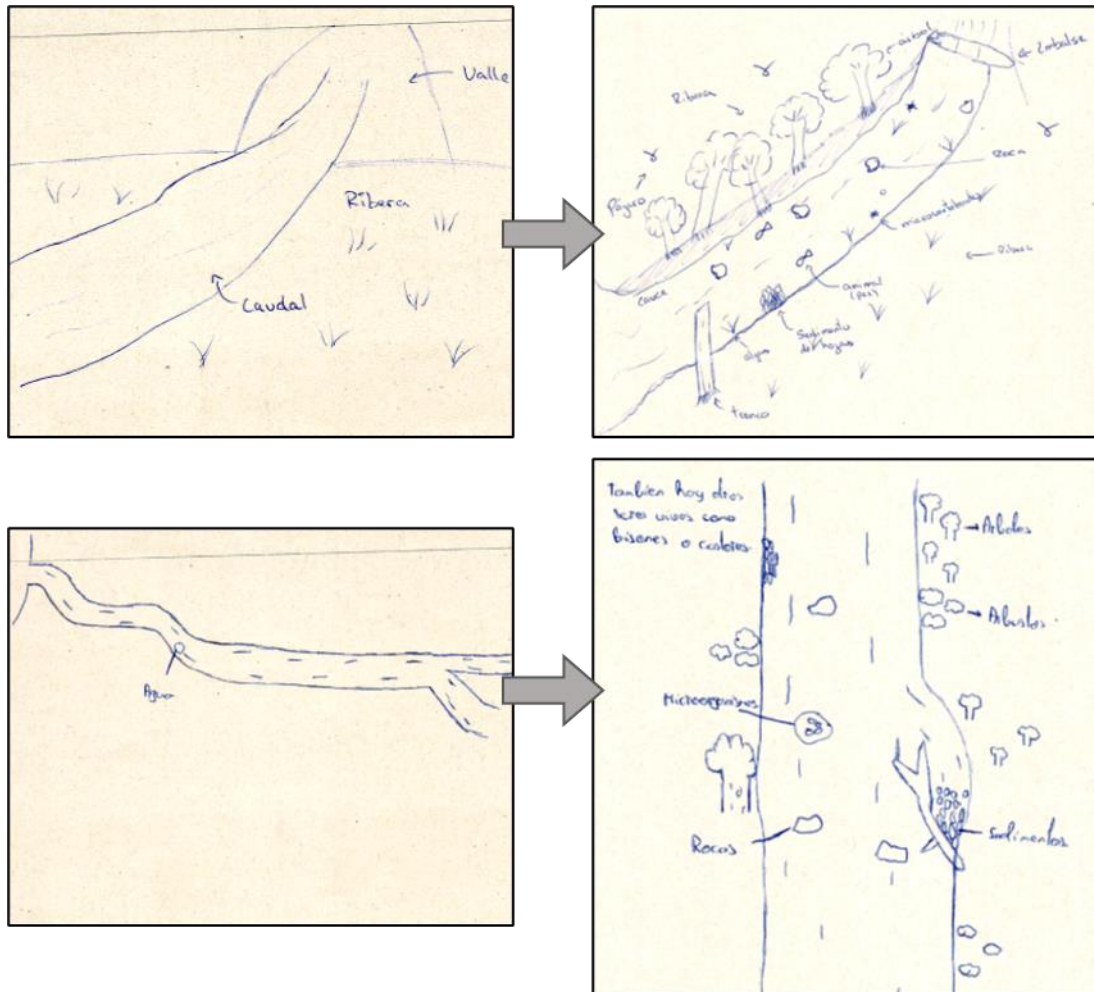
**Figura 2. 2.** Els 10 models mentals del concepte de riu que ha definit l'alumnat amb una descripció i un dibuix. Els gràfics grocs representen la proporció del model abans de l'activitat pràctica amb RiuNet i els gràfics blaus els de després de l'activitat.

Un cop feta l'activitat amb RiuNet, el model mental de l'alumnat participant es fa més complex en tots els casos (exemples a la **Figura 2. 3**). Els models mentals més simples, amb 1 o 2 elements desapareixen i els de 3 elements representen el 10% del casos. Un 27% d'alumnes representen models mentals amb 4 elements, i l'alumnat que mostra el model mental més complex, amb els 5 elements, passen a ser el 63% del total.

És remarcable com l'alumnat abans de l'activitat obviava, sobretot, la matèria orgànica com un element d'un riu i, en canvi, un cop realitzada l'activitat és considerada com un element

present en el seu model en fins al 70% dels casos. També és notori com el 100 % de l'alumnat ha incorporat els éssers vius en el seu model després de l'activitat pràctica.

Complementàriament, sobre els models mentals, cal comentar com han canviat els dos elements exclosos per poder simplificar la interpretació dels resultats, la presència humana o de infraestructures i si s'havia considerat que el riu forma un ecosistema amb interrelacions entre tots els elements. En el primer cas, una bona part, fins a un 38% de l'alumnat incorpora a l'ésser humà o les seves infraestructures com a un element en el seu model de riu. A l'enquesta posterior a l'activitat, el nombre és de 32%. Per contra, els enquestats que consideren que un riu és un ecosistema amb interaccions entre els elements, pugen i passen del 7% al 22%.



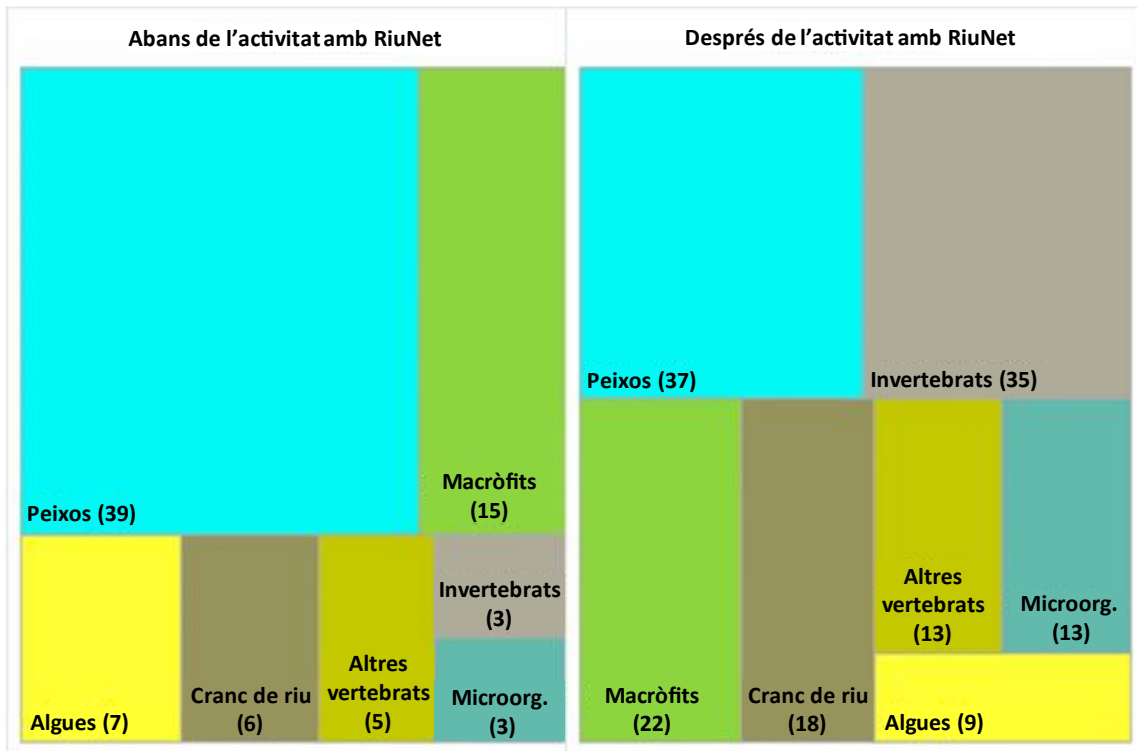
**Figura 2. 3.** Dos exemples de dibuix d'un riu fets abans (part esquerra) i després (part dreta) de l'activitat pràctica amb RiuNet en els que la complexitat del model augmenta molt. A dalt, s'observa el canvi des d'un model mental de 2 elements (aigua i ribera) a un de 5. A baix, el model passa d'1 element (aigua) als 5 elements.

A banda de l'augment en la complexitat en el model mental, també s'han detectat altres canvis que és interessant descriure.

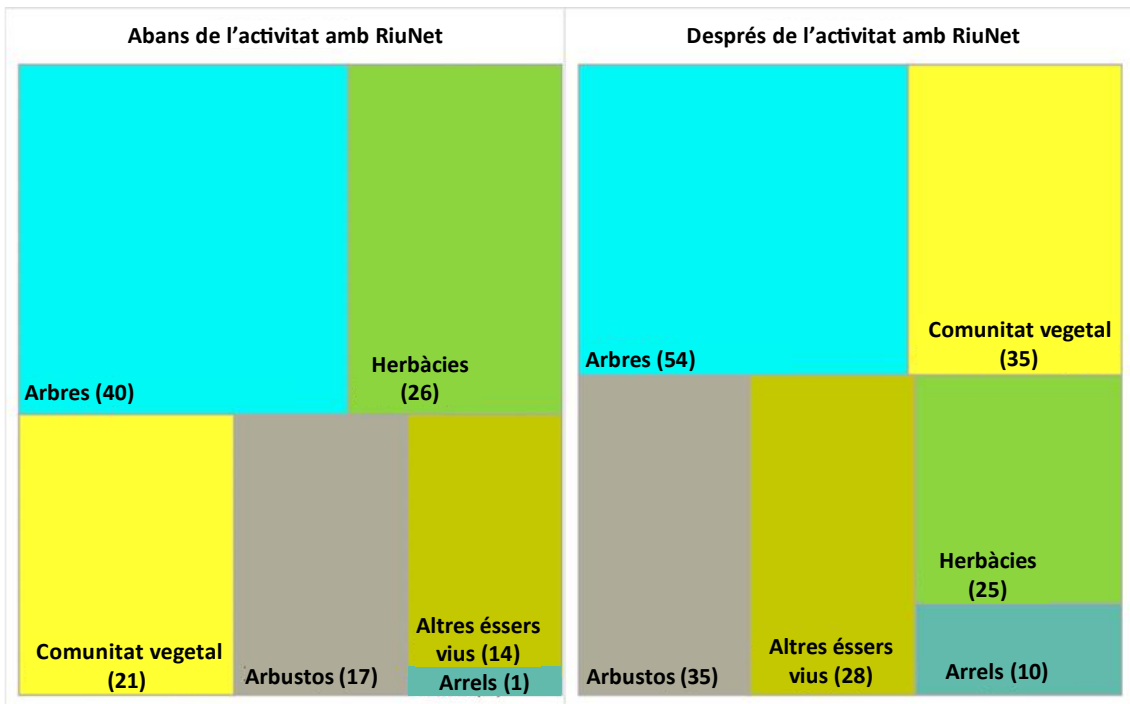
Per exemple, sobre quins tipus d'éssers vius viuen en un riu segons els enquestats (**Figura 2. 4**), una gran majoria incorpora els peixos com a habitats del riu abans de dur a terme l'activitat, però pocs o molt pocs tenen en compte els invertebrats, el cranc de riu, les algues, altres vertebrats (amfibis, mamífers, aus...) o els macròfits. En canvi, un cop feta l'activitat, tots els

diferents elements milloren el nombre d'enquestats que els tenen en compte i, alguns d'ells, com els invertebrats, passen a ser tinguts en compte per la majoria.

Un altre canvi substancial ha estat la manera com veuen el bosc de ribera, com s'interrelaciona amb el riu i quina diversitat té (**Figura 2. 5**). Aquí s'observa com molts dels enquestats ja inclouen algun tipus d'element vegetal al costat del riu, com arbres aïllats o alguns brins d'herba (**Figura 2. 3**). Després, aquest bosc de ribera és present a la gran majoria de models, i a més, aquest passa a ser més divers (hi ha arbres diferents, arbustos i mates o se'l descriu com una comunitat d'espècies vegetals), aporta hàbitats al mateix riu amb les arrels i, a més, és el suport de moltes altres espècies.



**Figura 2. 4.** Taxons d'éssers vius aquàtics considerats per l'alumnat en el seu dibuix i/o definició de riu. Els diferents tàxons es representen en polígons amb colors diferents. L'àrea de cada polígon és proporcional al percentatge amb què va ser assenyalat cada taxó respecte al total. S'indica en parèntesi el nombre d'alumnes que van considerar cada taxó.



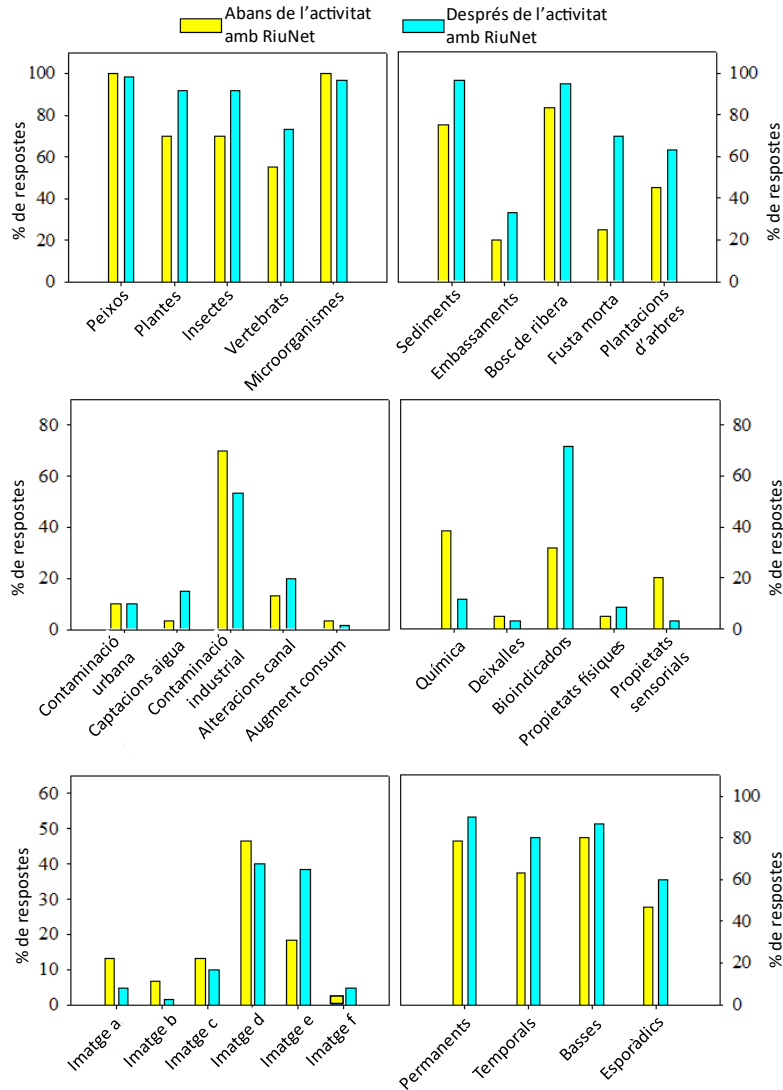
**Figura 2. 5.** Components de la ribera considerats per l'alumnat en el seu dibuix i/o definició de riu. Els diferents elements es representen en polígons amb colors diferents. L'àrea de cada polígon és proporcional al percentatge amb què va ser assenyalat cada element respecte del total. S'indica en parèntesi el nombre d'alumnes que van considerar cada component.

## Resultats de l'enquesta

Els resultats de les preguntes tipus test també mostren canvis importants i informen com han canviat els punts de vista sobre el concepte ecosistèmic dels rius i sobre la gestió sostenible dels cursos d'aigua.

### Preguntes sobre el concepte d'ecosistema fluvial

A les 6 preguntes sobre el concepte d'ecosistema fluvial (**Figura 2. 6**), les respostes seleccionades pels enquestats indiquen una millora en la comprensió de qui viu en un riu i quins hàbitats hi ha presents en un riu que fan que sigui més o menys heterogeni. Pel que fa als impactes més greus que tenen actualment els rius, tot i que l'opció majoritària és la dels abocaments industrials, tant abans com després de l'activitat, les extraccions d'aigua i els impactes hidromorfològics augmenten després de l'activitat. També es veu clarament com l'activitat amb RiuNet ha fet canviar la percepció sobre el mètode més idoni per estudiar el nivell de conservació dels rius, decantant-se majoritàriament pels bioindicadors. Així mateix, és interessant veure com canvia la selecció de la fotografia del riu millor conservat, i com després de l'activitat, molts dels enquestats seleccionen la imatge on hi ha presents arbres caiguts de forma natural al llit del riu. A la pregunta sobre els rius temporals, també s'observa un augment en el nombre de respostes seleccionades després de l'activitat pràctica.



**Figura 2. 6.** Percentatge d'alumnes que van triar cada resposta de les 6 preguntes referides a la concepció ecosistèmica del riu.

### Preguntes sobre la gestió sostenible de l'aigua

A les 4 preguntes sobre la gestió sostenible dels rius, s'hi veu (**Figura 2. 7**) com canvia molt la percepció del que caldria fer per millor un riu, és a dir, el que els enquestats consideraven com brossa o elements perillosos en un ecosistema fluvial, sobretot pel que fa a la fusta morta. Per altra banda, s'observa com després de l'activitat, els enquestats en ser preguntes sobre els problemes d'escassetat d'aigua, es decanten per evitar els usos intensius de tipus lúdic i baixen el nombre que optarien per construir infraestructures (embassaments, transvasaments o tancs de pluja), tot i que també decreixen els que optarien per reduir el consum d'aigua. A la banda contrària, per evitar els problemes de les inundacions, augmenten els que opten per evitar construccions a les lleres del riu. L'opció de renaturalització i recuperació de l'espai d'inundació natural és la que més enquestats han elegit, tant abans com després de l'activitat. A la darrera pregunta, més general sobre estratègies a nivell espanyol per gestionar els rius en el futur, tot i que l'opció més popular continua sent la de reduir l'ús de fertilitzants i pesticides en l'agricultura, agafa molt protagonisme l'opció dels plans de renaturalització de cabals.

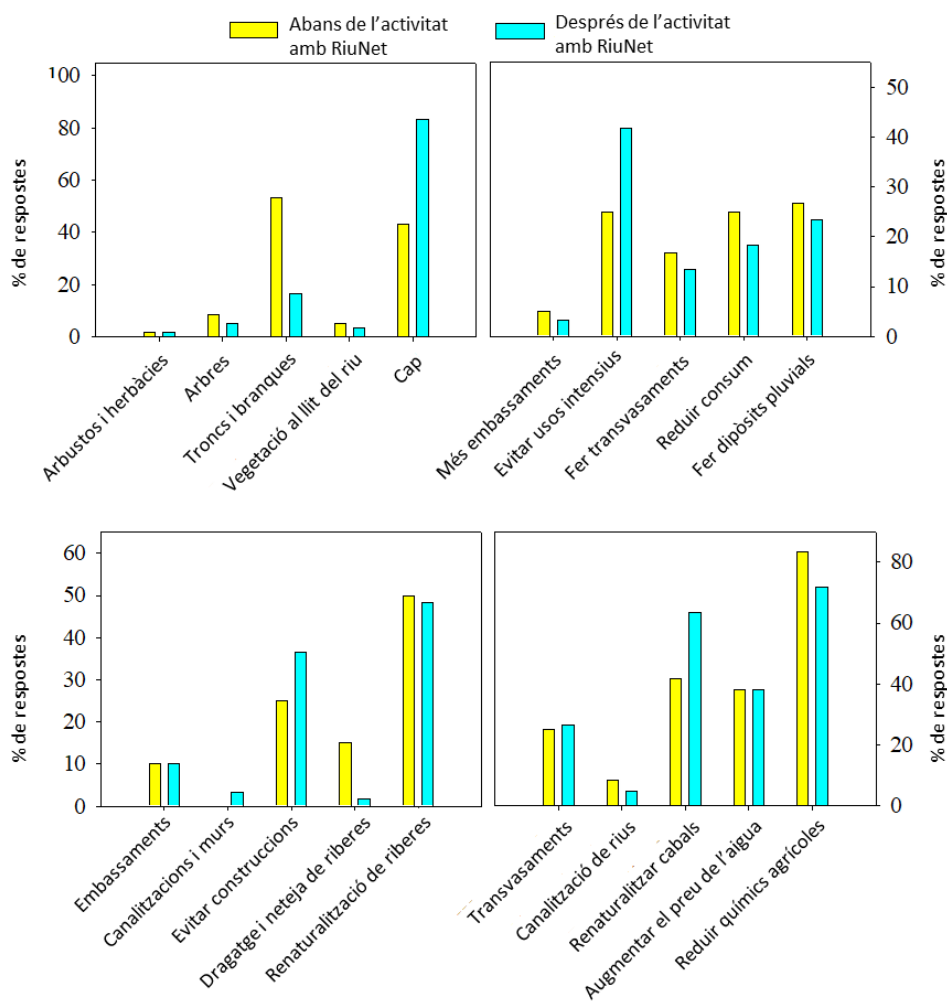


Figura 2. 7. Percentatge d'alumnes que van triar cada resposta de les 4 preguntes referides a la gestió sostenible de l'aigua.

## DISCUSSIÓ

### Canvis en els model mentals d'un riu després de RiuNet

El resultat de l'exercici de la determinació dels models mentals basant-se en el dibuix i la descripció d'un riu ha permès analitzar molt bé la idea que tenen la comunitat estudiantil sobre el concepte de riu i la seva complexitat segons els elements que han descrit o incorporat a la il·lustració. Això ha permès interpretar si aquest model mental ha canviat un cop realitzada l'activitat pràctica de l'avaluació de l'estat hidrològic i ecològic d'un tram de riu amb la metodologia de l'aplicació RiuNet. D'aquesta manera com ja s'ha experimentat en treballs anteriors (Judson 2011; Dentzau 2021), la utilització de la metodologia dels models mentals permet avaluar l'impacte i el canvi que causen activitats pràctiques de caràcter mediambiental com la duta a terme.

Els resultats de l'anàlisi del model mental de l'alumnat participant en aquest estudi indica, com abans de l'exercici, una majoria han obviat elements clau del concepte de riu com ecosistema és a dir, el model que contempla la presència dels cinc elements proposats en

l'exercici, aigua, bosc de ribera, substrats durs, matèria orgànica en descomposició i éssers vius. L'element més obviat ha estat el de la matèria orgànica (només un 8 % de l'alumnat). Per contra, aquest és l'element que més ha canviat un cop realitzada l'activitat, fins a arribar a ser part del model mental del riu d'un 70% dels enquestats. Aquesta manca de consideració per la fusta morta, la fullaraca i la resta de matèria orgànica morta com un element clau per un ecosistema fluvial ja ha estat observada en altres estudis (Ladrera et al. 2020), i fins i tot ha estat considerada com un element negatiu en treballs tant amb estudiants com amb la població general (Ruiz-Villanueva et al. 2018; Piégay et al. 2005). Com era d'esperar, l'aigua ha estat tinguda en compte pel 100% dels participants tant abans com després de l'activitat. La resta d'elements, els éssers vius, el bosc de ribera i els elements inorgànics, milloren el seu percentatge fins a assolir un 100% en el cas dels éssers vius aquàtics, un 96% pel bosc de ribera i un 87% pels substrats inerts. Queda provat que la utilització de RiuNet ha fet canviar la concepció del riu i ha fet augmentar la complexitat del model mental que tenen els participants sobre el concepte de riu, acostant-se millor a considerar el riu com un ecosistema viu.

El canvi d'actitud en la comunitat estudiantil provocat per l'activitat amb RiuNet, ha fet que el nombre de tipus d'organismes vius que formen part del model mental dels participants s'hagi diversificat molt, ja que abans de l'activitat la gran majoria de participants només hi tenien en compte els peixos, mentre que després, es comprèn millor el concepte de biodiversitat. Cal dir, que en ser RiuNet una eina que utilitza els macroinvertebrats aquàtics com a bioindicadors de l'estat ecològic del riu, és natural que sigui aquest grup d'organismes el que hagi mostrat un canvi més important, possiblement si s'haguessin usat els peixos o les algues com a element de mesura de la biodiversitat, s'haguessin vist més ressaltats aquests elements. De totes maneres les activitats amb els peixos solen donar un nombre molt petit d'espècies de forma natural pel que la utilització dels peixos s'ha de fer amb altres criteris i també cal dir que la complexitat del seu mostreig és molt gran.

Respecte als canvis observats en com el bosc de ribera es considerat per part de l'alumnat, també s'hi veu un impacte positiu, ja que ha augmentat el nombre d'estrats d'altura tinguts en compte (arbres, arbustos, herbàcies...), mostrant com el model de bosc de ribera deixa de ser un element paisatgístic i passa a ser un element important de l'ecosistema que s'interrelaciona amb el mateix medi aquàtic mitjançant les arrels i la matèria orgànica morta. Probablement, el canvi de la consideració del bosc de ribera és un dels elements més importants per tal que l'alumnat entengui que un riu no és només un ecosistema d'aigua sinó un sistema integral on l'aigua és l'element central per donar sentit a tot l'ecosistema de què en depèn.

Aquesta evolució en el model mental d'un riu que té l'alumnat és el que l'apropa molt al model ecosistèmic. Aquesta visió obtinguda amb l'exercici de camp, queda corroborada per les respostes a les 6 preguntes del qüestionari que fan referència a aquest tema. Així, els enquestats que tenen respostes molt similars als resultats observats pels estudis fets amb aquestes mateixes preguntes (Ladrera et al. 2020) abans de realitzar l'activitat. És a dir, una visió simplificada de l'ecosistema fluvial, una percepció general sobre que els abocaments d'aigua contaminada són la problemàtica més gran que els afecta i que, la millor manera d'avaluar la seva qualitat és fent servir analítiques fisicoquímiques de l'aigua. Les respostes a aquestes preguntes un cop feta l'activitat mostren com l'alumnat passa a tenir una visió més complexa del riu, com aquests no només tenen impactes i pressions que provenen dels abocaments urbans, agrícoles o industrials i com el mètode més indicat per avaluar el seu estat passa a ser l'ús de bioindicadors. Així doncs, d'aquest canvi en les respostes, es pot deduir que el mètode que utilitza RiuNet per estudiar l'estat ecològic dels rius ha resultat suficient perquè els enquestats identifiquin els bioindicadors



com un mètode vàlid per conèixer l'estat dels rius i no només la qualitat de l'aigua. Precisament l'exercici al camp amb RiuNet és el que diferencia aquest treball del de Ladrera et al. (2020).

### L'ésser humà, el riu com a ecosistema i la gestió de l'aigua

La presència d'infraestructures o persones fent activitats al riu en el dibuix, o haver-ho tingut en compte en la descripció, no és majoritari ni abans ni després de l'activitat pràctica. Potser és tan obvi que l'humà ha estat i és molt present en els rius, que fins i tot ha pogut ser obviat per moltes de les persones enquestades. En la metodologia de RiuNet per avaluar les alteracions en el riu, no s'explicita si els impactes que ha patit el riu en fer l'avaluació biològica és deguda a una llista de diferents activitats humanes. Incloure aquesta llista amb els seus impactes sobre el riu i el seu entorn podria servir per millorar la resposta dels enquestats. A RiuNet, com hem dit suara, les respostes de moltes de les preguntes que fa l'aplicació RiuApp a l'hora d'avaluar, sobretot els aspectes hidromorfològics del tram de riu estudiat, tenen implícita una afectació causada pels humans. Així, es pot respondre que la zona de ribera té pocs arbres, o que el riu està canalitzat, però aquests impactes han estat i són d'origen antròpic, tot i que no està explicada la relació causa-origen. Incorporar en el model mental d'un riu l'ésser humà com un element més que el pot alterar, utilitzar el recurs o gaudir dels seus serveis socioculturals milloraria la percepció de l'alumnat de l'activitat humana.

En canvi, s'observa un canvi en el nombre d'estudiants que han integrat el concepte de xarxa tròfica o algun tipus de relació entre els elements que han dibuixat o descrit. Així, el mètode RiuNet sí que semblaria que millora el model mental dels usuaris enquestats, no només per fer-lo més complex i complet, afegint-hi més elements, sinó que també hi afegeix el flux d'energia i matèria (que fa que l'ecosistema sigui funcional) i que l'ajuda a veure el riu com un ecosistema amb l'home com un altre element. Cal, tenir en compte que només el 37% dels participants han tingut en compte aquesta característica un cop feta l'activitat, tot i que abans de fer-la, només fou un 7%. Això vol dir que cal millorar aquest aspecte en estudis futurs de model mental

Finalment, parlant de la gestió dels rius, es veu el clar impacte que ha tingut en l'alumnat la percepció dels troncs i branques com a elements naturals dels rius, és a dir, que han passat a considerar-se ser elements naturals del riu i no com a brossa. En aquest cas, doncs, hi ha un canvi positiu gràcies a les preguntes del test hidromorfològic on es bonifica l'estat del riu si aquest té presència de troncs i branques. A més, en realitzar la recollida de macroinvertebrats, un dels hàbitats aquàtics importats que cal revisar són justament la matèria orgànica en descomposició que pugui haver-hi en el tram d'estudi. Amb les darreres tres preguntes sobre quins mètodes de gestió es veuen més idonis per solucionar problemes com l'escassetat d'aigua, les inundacions o l'estat general dels rius espanyols (que el mètode RiuNet no tracta de forma directa), sí que es dedueix que en realitzar l'activitat, els participants poden extreure noves conclusions respecte a com gestionar de forma diferent i a favor de la naturalesa els ecosistemes fluvials. A més, durant l'activitat, el personal formador no es dedica exclusivament a seguir els passos que proposa RiuNet, sinó que pot promoure debats entre l'alumnat sobre altres temes relacionats, com és la gestió de l'aigua, tant en el riu estudiat com en general.

Tot plegat fa que l'activitat amb RiuNet ha impactat en l'alumnat especialment en tres qüestions: evitar els usos intensius de l'aigua per a l'ús humà per poder gestionar millor la quantitat de recurs, evitar les construccions a les lleres i ribera del riu per evitar els efectes de

les inundacions, i recuperar els cabals naturals, com una estratègia general per millorar l'estat dels rius en general. Són les tres solucions sostenibles que passaren a ser més defensades entre els participants i que, a la vegada coincideixen amb un ampli consens des del món científicotècnic dedicat als ecosistemes fluvials i la gestió sostenible de l'aigua.

## CONCLUSIONS

Es demostra, un cop més, com conceptes àmpliament acceptats pel món científic i tècnic de l'ecologia, la gestió sostenible dels recursos hídrics no han arribat a impregnar a la societat en general, i als estudiants de secundària i universitaris, en particular. Així, fent servir eines pràctiques com RiuNet durant les activitats formatives s'observa com hi ha un canvi real en com s'entenen els rius i, de retruc, es comprenen millor quines són les estratègies més eficients i respectuosos per gestionar els recursos i els ecosistemes que sustenten. Així, RiuNet, com a projecte de ciència ciutadana que ha adaptat dels mètodes oficial de diagnòsi actuals, passa a tenir una funció addicional a la de purament generar dades, sinó que es converteix en un aliat per l'educació ambiental exercida des de centres educatius.

També es pot concloure d'aquest estudi que la metodologia dels models mentals és molt útil tant per avaluar els coneixements previs com per determinar els aprenentatges adquirits dels participants. A més, s'espera seguir aplicant aquesta metodologia d'enquestes pre i post activitat per determinar el seu impacte, en altres sectors de la societat, com són nens i nenes d'educació primària o els ciutadans adults organitzats des de entitats municipals.

## En aquest capítol hi ha col·laborat:

Rubén Ladrera<sup>3</sup>; Pablo Rodríguez-Lozano <sup>4</sup>; Iraima Verkaik<sup>1, 2, 5</sup>; Núria Bonada<sup>1, 2</sup>; Narcís Prat<sup>1, 2</sup>

1 Freshwater Ecology, Hydrology and Management (FEHM) Research Group, Barcelona, 08028 Catalonia, Spain.

2 Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Diagonal 643, Barcelona, 08028 Catalonia, Spain.

3 Area of Didactics of Experimental Sciences, Department of Agriculture and Food, University of La Rioja, 26006 Logroño, Spain

4 Department of Geography, University of the Balearic Islands, 07122 Palma, Spain

5 CREA, Cerdanyola del Vallès, 08193 Spain

Naia  
9 anys



CAPÍTOL 3. Llegim el Riu: una iniciativa participativa per avaluar i millorar els rius urbans mitjançant la ciència ciutadana.



## RESUM

La participació ciutadana s'ha demostrat pot millorar les propostes de gestió dels rius, creant solucions resilents i sostenibles per a aquests ecosistemes, les quals seran una manera d'adaptar-nos als reptes del canvi global. Hi ha diverses estratègies i mecanismes de participació ciutadana que poden ajudar a integrar millor els coneixements, habilitats i perspectives de les comunitats locals en els plans de gestió que proposa l'administració.

Llegim el Riu és una iniciativa de participació ciutadana que té com a objectiu fomentar l'estudi dels rius propers zones urbanes dels diversos municipis de la conca del Llobregat per suggerir o millorar els sistemes d'avaluació i de gestió que s'estableixen per part de les administracions. Per aquests propòsits s'utilitza l'eina de ciència ciutadana RiuNet. Amb aquest propòsit, en el present treball, el marc conceptual emprat va incloure (a) un lideratge col·laboratiu entre els participants, (b) la implicació de les totes parts que poguessin estar interessades, tant en l'etapa d'estudi i avaluació com en la cocreació de mesures de gestió per a aquests ecosistemes, (c) l'ús de diferents mecanismes de participació, (d) la inclusió d'escenaris futurs de canvi global i el concepte de serveis ecosistèmics en el procés, i (e) l'avaluació final del projecte que es proposa o es revisa. Els resultats han estat valorats positivament pels participants, tant per la informació extreta en forma de dades sobre l'estat dels rius, com per la millora en la formació de comunitats interessades en el cicle de l'aigüal, per l'apropament del món científic i gestor a la ciutadania, i per les propostes sorgides del procés.

Al final l'activitat, en una primera fase, ha tingut lloc en 23 municipis. El nombre de participants totals ha estat de 345 persones. La coordinació científica ha implicat la presència de fins a 8 formadors. En el projecte han participat de forma important alguns equipaments municipals (especialment biblioteques) que han fet de creol de l'activitat. Les conclusions s'han fet arribar a diferents administracions que les han considerat positivament, algunes s'han realitzat i altres tenen plans d'acció per portar-les a terme.

## INTRODUCCIÓ

La participació ciutadana ha demostrat que pot incidir i millorar les actuacions que es proposen per la gestió dels rius. La ciutadania és convidada a suggerir solucions sostenibles per a aquests ecosistemes, les quals seran importants enfront dels reptes futurs derivats del canvi global (Pahl-Wostl et al. 2008; Dunham et al. 2018; Anderson et al. 2019). Durant dècades, el riu s'ha vist només com a font de recurs per a ús industrial, agrícola i domèstic, cosa que ha eclipsat les seves múltiples funcions i els serveis ecològics que se'n deriven, i la conseqüència ha estat la degradació d'aquests ecosistemes, amb conseqüències pel benestar tant de l'entorn com de les societats humanes que en depenen (Postel 2000), i les possibilitats de restauració dels sistemes aquàtics al bon estat tal com proposa la DMA. A mesura que els desafiaments del canvi global exigeixen una aproximació de gestió dels rius adaptativa i holística, la implicació de la ciutadania pot ajudar molt a l'administració en les seves propostes d'actuació incloent estratègies que permetin la retroalimentació en temps real i condicions canviants (Anderson et al. 2019) (European Commission i Directorate-General for Environment 2003).

Les persones properes als rius sovint són les primeres a detectar i respondre als canvis, i la seva implicació en la recopilació de dades possibilita una detecció i resposta més ràpides als problemes que es generen per inundacions, degradació d'hàbitats, espècies invasores o canvis

en la qualitat de l'aigua dels rius, entre d'altres (p. ex. Wehn et al. 2015; Crowley, Hinchliffe, i McDonald 2017; Krabbenhoft i Kashian 2020). A més, les comunitats involucrades en les iniciatives de gestió dels rius tenen més possibilitats d'advocar per pràctiques sostenibles als gestors, i donar suport als esforços de conservació promoguts per particulars o l'administració i els apoderen per participar en iniciatives per mitigar els efectes del canvi global (Gray et al. 2017), (Anderson et al. 2019). La implicació de la ciutadania en aquestes iniciatives va molt més enllà dels aspectes ambientals si no que també contribueix a construir resiliència social i fomenta un sentiment de pertinença i anima a promoure la custòdia cap a aquests ecosistemes (Tippett et al. 2005; Pahl-Wostl, Kabat, i Möltgen 2008).

Hi ha diverses estratègies i mecanismes a considerar en la promoció de la participació ciutadana en iniciatives de gestió dels rius que poden ajudar a integrar millor els coneixements, habilitats i perspectives de les comunitats locals a les propostes i actuacions de les administracions per arribar a resultats sostenibles i resilents, en el sentit clàssic, és a dir, que els ecosistemes puguin recuperar la seva funcionalitat un cop aplicades les mesures. Algunes de les estratègies que han demostrat ser útils en les iniciatives de la ciutadania inclouen (1) intentar involucrar totes les parts interessades, des de les comunitats locals i les ONG fins a les agències governamentals i el sector privat, (2) poder dotar els participants amb les habilitats necessàries per participar activament en els esforços de monitoratge, conservació i restauració, (3) que es puguin reconèixer i incorporar els valors culturals i els coneixements tradicionals als rius dins de la comunitat, (4) poder utilitzar mecanismes que facilitin el diàleg obert i afavoreixen la creació d'associacions per abordar les diverses perspectives i interessos de qui hi participa, (5) establir canals de comunicació transparents per difondre coneixement i mantenir la comunitat informada i afavorir el seu compromís (p. ex., reunions comunitàries, butlletins, mitjans de comunicació social, bases de dades en línia), i (6) la introducció, incentius o recompenses per a les pràctiques sostenibles que fomentin en els participants un sentiment d'orgull i pertinença entre ells i les comunitats afectades (Tippett et al. 2005; Mostert et al. 2007; Porter i Birdi 2018). Tot i que és cert que totes aquestes estratègies promouen una participació ciutadana més activa i responsable, la manca d'un cos organitzat de coneixement en aquest àmbit podria ser una barrera per a afavorir la implicació comunitària (Porter i Birdi 2018; Puzyreva et al. 2022).

En alguns casos, el fet d'establir comitès o consells basats en la comunitat que col·laborin amb les autoritats (Lieverink, Wiering, i Uitenboogaart 2011) o la professionalització de la implicació comunitària en la gestió dels rius (Puzyreva et al. 2022) pot resultar en una millora de la coordinació dels diferents actors, alinear les activitats amb les prioritats dels gestors i de la mateixa ciutadania i fomentar el sentiment d'afiliació comunitària que permeti mantenir l'esforç i realitzar les mesures proposades. En altres casos aquestes estratègies poden tenir problemes de realització, ja que les propostes poden implicar un excés en el requisit de finançament públic o privat, assolir els límits dels objectius de la participació i obstaculitzar l'accés més ampli del públic a la gestió dels rius (Puzyreva et al. 2022). Una solució a aquests problemes és avaluar regularment l'èxit de les propostes generades i implicar la comunitat en la revisió i en la millora de les aproximacions als problemes abordats (Pahl-Wostl, Kabat, i Möltgen 2008; Mostert et al. 2007).

Pel que fa als mecanismes o eines per promoure la participació ciutadana, algunes de les més utilitzades en les iniciatives de gestió dels rius són les entrevistes, les enquestes, els tallers, la difusió de la ciència (p. ex., seminaris i programes de divulgació), o altres activitats d'educació ambiental o emprar projectes de ciència ciutadana que siguin adequats als propòsits dels



participants (Kallis et al. 2006). Les diferents formes de fer educació ambiental o ciència ciutadana, han demostrat ser molt efectives en la integració de les iniciatives ciutadanes (Videira et al. 2006; Soria et al. 2021). El cas de la ciència ciutadana, la seva efectivitat és molt elevada, ja que, permet l'establiment ràpid de programes de monitoratge liderats per la comunitat per avaluar l'impacte dels plans de gestió dels ecosistemes aquàtics i les propostes d'actuació derivades (Wehn et al. 2015; Gray et al. 2017; Krabbenhoft i Kashian 2020).

Com s'ha comentat, la ciència ciutadana ha demostrat ser útil per augmentar la consciència i el coneixement sobre els rius, i ha permès involucrar de manera més activa la ciutadania en iniciatives de monitoratge i gestió dels rius més enllà de les activitats de seguiment per part de gestors d'aigua i/o centres de recerca (Krabbenhoft i Kashian 2020; Soria et al. 2021; Jordan, Ballard, i Phillips 2012; Turrini et al. 2018). A la literatura hi troben molts exemples d'estudis que utilitzen projectes de ciència ciutadana per involucrar les persones en la conservació dels ecosistemes aquàtics (Gray et al. 2017; Cook, Abolfathi, i Gilbert 2021), gestió del risc d'inundacions (Wehn et al. 2015) o gestió de la qualitat de l'aigua, incloent-hi rius urbans (Mukhtarov, Dieperink, i Driessen 2018; Krabbenhoft i Kashian 2020) i rius intermitents (Conallin, Wilson, i Campbell 2018; Soria et al. 2021). Els avenços tecnològics i la necessitat que tenen les administracions d'implicar la ciutadania en processos de participació per la legislació (DMA) fa que cada cop existeixen més iniciatives i projectes que, tot i que encara no tenen estudis publicats, tenen un gran potencial. Alguns d'ells tenen una llarga història de mobilització d'un gran nombre de persones i recopilació d'una gran quantitat de dades que ofereixen en obert a les seves plataformes web (Vegeu **Annex 2**).

La iniciativa Llegim el Riu vol abordar la problemàtica dels rius urbans i proposa actuacions i eines de gestió amb una solucions de ciència ciutadana, com RiuNet, això ha estat possible gràcies al suport de tres actors clau: la universitat, l'administració pública i la ciutadania. Aquest projecte participatiu ciutadà té com a objectiu millorar l'avaluació dels rius propers a zones urbanes dels diversos municipis de la província de Barcelona i contribuir a la seva gestió proposant mesures d'actuació o maneres diferents o complementàries de gestionar els rius. Utilitzant RiuNet com a eina de ciència ciutadana, Llegim el Riu encarna un compromís per involucrar activament les comunitats locals en la comprensió i cura dels seus ecosistemes aquàtics. Conceptualment, segons (Soria et al. 2021), Llegim el Riu destaca per (a) el seu lideratge col·laboratiu, (b) la participació dels interessats tant en les etapes d'avaluació com en les propostes de mesures per a aquests ecosistemes, (c) l'ús de diversos mecanismes de participació més enllà de la ciència ciutadana, (d) la consideració d'escenaris futurs de canvi global, (e) la incorporació del concepte de serveis ecosistèmics i (f) l'avaluació de la satisfacció dels participants amb el disseny del procés i el seu impacte real en la gestió de les mesures. D'aquesta manera la iniciativa Llegim el Riu pot assolir els objectius que els seus promotors (la Diputació de Barcelona) desitjaven, implicar la ciutadania en l'estudi i la gestió activa dels rius en el marc de les activitats relacionades amb el cicle de l'aigua que porta a terme aquesta administració de serveis als ens locals, així com promocionar projectes de ciència ciutadana entre els usuaris de les biblioteques.

En aquest capítol es presenten els resultats de la primera i segona edició de Llegim el Riu, realitzades de la tardor de 2021 a la primavera de 2023 a la conca del riu Llobregat i les lliçons apreses i que podran ser aplicades en futures edicions. Amb tot, Llegim el Riu intenta ser un referent en la implicació comunitària en l'estudi i la participació en la gestió dels ecosistemes fluvials. Així, a més, aquesta activitat s'alinea clarament amb diversos objectius de

desenvolupament sostenible (ODS) de l'agenda 2030 (Organització de les Nacions Unides. 2015), com són (6) Aigua neta i sanejament, (11) Ciutats i comunitats sostenibles, (13) Acció pel clima i (17) Aliances per aconseguir objectius.

## OBJECTIUS

1. Presentar la metodologia de la iniciativa Llegim el Riu com a exemple de bones pràctiques en participació i ciència ciutadana.
2. Aplicar la metodologia del projecte RiuNet per obtenir dades de l'estat dels trams de riu analitzats per i avaluar els resultats obtinguts.
3. Descriure les accions sorgides per millorar l'estat dels rius i determinar el seu grau de compliment.
4. Avaluar la satisfacció de la ciutadania i dels equips tècnics municipals que han participat i extreure'n recomanacions per a futures edicions de Llegim el Riu.

## MÈTODES

### Llocs de mostreig

Tots els llocs de mostreig foren a la conca del Llobregat, 15 trams al mateix riu Llobregat, 1 al riu Cardener, 1 a la Riera de Rajadell i 3 al riu Anoia, 1 a la riera de Rubí, 1 al riu Calders i 1 a Riudebitlles. En total, doncs, hi han participat 23 municipis, (**Figura 3. 1**).



**Figura 3. 1.** Mapa amb la situació dels 23 municipis participants de Llegim el Riu. En groc són els 15 municipis de la primera edició (2021-2022) i En blau els 8 municipis de la segona edició (2022-2023). Mapa Base: ESRI World Imagery.

Tots els municipis tenen en comú del fet que disposen d'una biblioteca municipal, però no tots tenen prou capacitat per a disposar de personal tècnic dedicat exclusivament a medi

ambient. En aquests casos el tàndem s'ha configurat de forma amb altre personal de l'ajuntament o representants de la ciutadania (alcaldia, regidoria de medi ambient...). Això fou el cas, de Gironella, Balsareny, Sant Pere de Riudebitlles i Navarcles. En tots els casos la participació dels municipis fou voluntària. Cal destacar que tots els municipis contactats s'interessaren en ser candidats a formar part de Llegim el Riu quan es va proposar el projecte al conjunt de municipis amb biblioteca municipal de la conca del Llobregat.

Els municipis participants se centren en part a la comarca del Baix Llobregat, amb fins a 11 localitats, on el riu Llobregat té pressions i impactes molt importats i coneguts, com són una zona de ribera molt modificada per les vies de comunicació, col·lectors i gasoductes, zones urbanitzades, zones d'esbarjo (camins i corriols de passeig) i també zones agrícoles o grans extensions de vegetació exòtica. També és conegut que l'aigua del Llobregat pateix els vessaments industrials i miners, alguns molt rellevants com la de les zones de les mines de sal del Bages. Les de Súria afecten el riu Cardener i les de Sallent al riu Llobregat. Així, els únics punts on no trobaríem els efectes de la mineria de la sal són els situats aigua amunt, que al riu Llobregat són Balsareny, Puig-reig i Gironella. Al riu Cardener no hi ha cap municipi situat per sobre de la mina de Súria. No es pot descartar l'existència altres fonts de contaminació com poden ser els abocaments urbans i industrials (tractats o no) que eleven molt el risc d'eutrofització per nutrients o de toxicitat deguda a altres compostos, especialment en rius més petits, com poden ser la riera de Rubí, el riu de Calders, el riu Anoia o el riu de Bitlles.

Finalment, també cal tenir en compte que la conca del riu Llobregat té moltes infraestructures hidràuliques que modifiquen el règim hidrològic natural i el cabal circulant per la llera del riu. A les capçaleres del Cardener i del Llobregat existeixen tres grans embassaments, i en tota la resta de la conca, fins a una centena de minicentrals hidroelèctriques que deriven molta quantitat d'aigua per fer-la passar per les seves turbines. Tal com ha comentat Prat en alguns dels seus treballs, de l'eix principal del Llobregat (158 km) només 12 estan lliures de tota influència de minicentrals originades en el segle XIX per les Fàbriques de Riu, moltes d'elles també conegudes com a colònies industrials (Serra Rotés 2011). També existeixen captacions importants d'aigua per ser potabilitzada, sobretot a Abrera i a Sant Joan Despí (fins a 6 m<sup>3</sup>/s) per abastar tota la zona metropolitana de Barcelona. A part, aigües amunt, cada municipi sol tenir la seva pròpia captació directa o indirecta (pous) per als usos domèstics, industrials i agrícoles, i per tant el cabal del riu canvia molt segons el tram. Per altra banda, també cal contemplar que cada municipi té la seva estació depuradora d'aigües residuals (EDAR), i, en conseqüència, torna un cert volum d'aigua al riu, tot i que és de pitjor qualitat que la recollida (Munné et al. 2012; Prat i Rieradevall 2006; Muñoz et al. 2009). Els afluents, com el riu Anoia, la riera de Rajadell, el riu de Calders o el riu de Bitlles són rius una mica menys impactats hidrològicament, però com les seves conques de drenatge són molt més petites i tenen un caràcter marcadament mediterrani, en èpoques de sequera, la quantitat d'aigua del riu és molt menor i, per tant, l'impacte dels abocaments o la contaminació difosa es fa molt més greu. El conjunt dels embassaments de la conca fan de reguladors de cabal i l'ACA fa una gestió dels cabals per tal que, en moments sense pluja, s'ajusti perquè arribin a la zona metropolitana entre 5 i 6 m<sup>3</sup>/s, de manera que aigües avall de la planta potabilitzadora de Sant Joan Despí hi circula sempre un cabal migrat d'aigua, excepte quan plou.

## Lideratge de l'activitat

Llegim el Riu és una iniciativa promoguda per la Diputació de Barcelona i específicament liderat per la Gerència de Serveis de Biblioteques i la Gerència de Serveis de Medi Ambient. Amb l'objectiu de fomentar i millorar la interacció entre la ciència, la societat i les polítiques de recerca, aquesta iniciativa ha incorporat un lideratge col·laboratiu i transversal entre la Diputació Provincial de Barcelona, el grup de recerca FEHM de la Universitat de Barcelona i l'Associació Hàbitats (Projecte Rius). A cadascun dels municipis també s'ha promogut el lideratge col·laboratiu, i s'hi han incorporat com a mínim dos serveis municipals que han format els "tànquens locals", integrats per dues persones, una per part de la biblioteca, una per part de l'oficina mediambiental municipal. La primera s'encarrega de proporcionar l'espai de les reunions i d'aprovisionar de materials als participants, mentre que la segona organitza i coordina l'execució del Llegim el Riu al seu municipi. La missió principal d'aquests tònquens locals és la de convocar els interessats finals (ciutadania i entitats locals) i activar la seva participació efectiva en l'activitat, així com recollir les propostes sorgides.

## Desenvolupament de l'activitat. Estructura, conceptes i programació

En aquest projecte, tots els interessats han estat involucrats tant en el diagnòstic del tram del riu com en la posterior cocreació de mesures per contribuir a la millora d'aquest ecosistema, utilitzant diferents mecanismes segons l'etapa del projecte, mecanismes derivats de l'experiència en participació ciutadana del grup FEHM en un projecte europeu anterior (Soria et al., 2021). Concretament, el disseny del projecte inclou 5 etapes que es van dur a terme en 2 ocasions: la primera vegada en una formació inicial, on els facilitadors eren investigadors del grup FEHM i/o membres de l'Associació Hàbitats, i la segona vegada com a reforç de l'activitat, on el tònquem local passa a ser el facilitador (**Figura 3.3**).

1. En la primera etapa es prepara el grup local de cada municipi, el tònquem local va rebre formació sobre el seu paper en el projecte i se'ls va formar en la utilització de les eines del projecte (RiuNet). Un element clau per l'èxit del projecte és aconseguir una bona participació de persones, i per això es va demanar que promocionessin el projecte al seu municipi per construir un grup de voluntaris (és a dir, ciutadania i entitats locals) que seran els que realitzaran l'activitat.
2. En segon lloc, es fa la diagnosi. Això es fa mitjançant una sortida de camp (**Figura 3. 2 a i b**) amb tots els interessats per estudiar la secció del riu o riera utilitzant RiuNet. Aquesta eina consisteix en un conjunt de preguntes que permeten a la ciutadania avaluar l'estat hidrològic (sensu Gallart et al., 2016) i l'estat ecològic (sensu European Commission, 2000) d'una secció del riu. Aquestes eines s'han presentat de forma extensa en capítols anteriors d'aquesta tesi. A cada municipi participant, es va fer entrega d'un conjunt de material, eines i recursos per tal de facilitar al màxim la participació i poder fer l'activitat al camp de manera adequada. Es va anomenar 'Kit Llegim el Riu' (**Figura 3. 2 f**), que s'ha dipositat a cada biblioteca com a material de préstec per a tot el públic. Aquest material (es compon d'estrís de seguretat, com botes d'aigua altes, desinfectant i guants, eines de treball com xarxes, safates, glaçoneres, pinces i lupes i altres recursos, com algunes guies d'identificació de macroinvertebrats. En una segona entrega de material, aquests kits foren ampliat amb un conjunt de recursos, molts d'ells derivats de treballs de recerca i difusió del grup FEHM com

s'ha mostrat a la introducció d'aquesta memòria. Per exemple, es va fer entrega del que va passar a anomenar-se "Bitxoteca" (Figura 3. 2 g), un seguit de vials amb els macroinvertebrats més comuns dels rius mediterranis fixats amb etanol. Així doncs, es pot practicar en la seva identificació des de la biblioteca.



**Figura 3. 2.** Fotografies de diferents sessions de treball al camp, a la biblioteca (cocreació), de capacició dels tàndems municipals i d'alguns dels materials proporcionats per poder fer les activitats i practicar en la identificació dels macroinvertebrats.

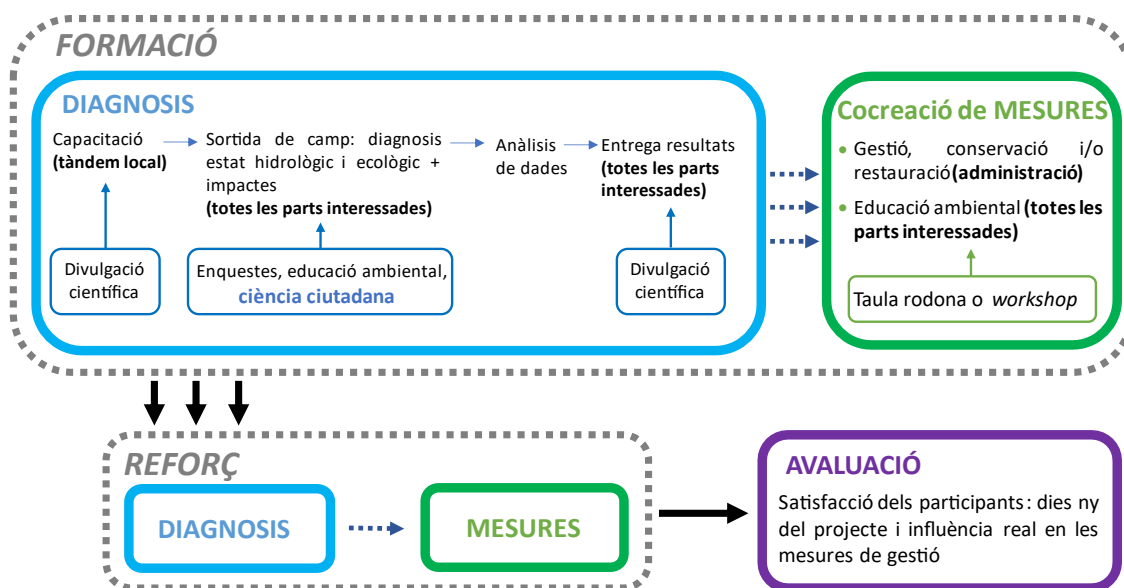


Figura 3. 3. Esquema de les etapes i passos seguits en l'execució del projecte Llegim el Riu. La diagnòstic s'obté amb les etapes 1 i 2 descrites en el text.

- En tercer lloc, els investigadors de FEHM van recopilar dades de l'estat hidrològic i ecològic de lloc de mostreig situat en cada municipi, utilitzant dades de diverses fonts. Es van fer servir les dades recopilades durant la sortida de camp amb l'aplicació RiuApp i les existents de l'Agència de l'Aigua (ACA) que es troben a la seva web, les dades del projecte de recerca CARIMED ([www.ub.edu/barcelonarius](http://www.ub.edu/barcelonarius)) i les del Projecte Rius. Són algunes de les dades fetes servir en els dos capítols anteriors d'aquesta tesi. A més, es va elaborar una llista que incloïa els grans impactes antropogènics coneguts (abocaments de grans zones urbanes, industrials i mineres, extraccions o derivacions d'aigua, etc.) per ajudar a conduir els següents passos i etapes del projecte. Aquestes dades estan recollides en el document IMPRESS de l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua, 2019) o provenien de les mateixes observacions dels participants o de dades municipals. Aquesta anàlisi de les dades recopilades es va compartir amb tots els participants mitjançant un informe de resultats com el que es mostra a l'**Annex 3.1**. Aquesta anàlisi tenia com a objectiu posar a disposició de la gent les dades existents per tal que poguessin comparar els seus resultats amb els existents i així veure els possibles canvis que hi ha hagut en el temps en la massa d'aigua del seu municipi.
- La quarta etapa de l'activitat Llegim el Riu, implicava de nou al tècnic ambiental del tàndem local. Se li va demanar que preparés les mesures que el municipi havia fet o feia per gestionar el cicle de l'aigua i afavorir la conservació millora del estat ecològic. Eren mesures que ja estaven implementades al municipi, o aquelles planificades a curt i mitjà termini (1-3 anys). Incloïa una valoració del pressupost de les accions i els recursos disponibles per adoptar (si fossin possibles) les mesures dissenyades entre tots els participants en l'activitat Llegim el Riu.
- El cinquè i darrer pas, va consistir a organitzar un taller a cada comunitat local per presentar i explicar els resultats a partir dels quals, s'iniciava un procés de cocreació (**Figura 3. 2 c i d**) de mesures per conservar i/o restaurar la seva secció d'estudi, o per realitzar-hi activitats d'educació ambiental amb l'objectiu de conscienciar i augmentar el coneixement entre la resta de la ciutadania del municipi. La cocreació es va desenvolupar de forma que un cop

presentats els resultats locals, es proposava fer una selecció de dos temes principals per participant (mitjançant votació en línia anònima) sobre els quals treballar en les següents fases del projecte. És a dir, tot i que en un ecosistema fluvial tots els possibles problemes i solucions poden tenir una gran interrelació, per qüestions pràctiques, es va fer una votació entre els assistents per tal d'eleger els 2 temes més interessants per treballar a l'hora de cocrear les primeres solucions als problemes detectats en l'activitat.

Durant el procés de cocreació, es van incorporar escenaris futurs de canvi global i el concepte de serveis ecosistèmics per dissenyar les mesures que fossin més adaptades als canvis que tindran lloc en anys que venen en el cicle de l'aigua. Específicament, es van utilitzar escenaris futurs que consideren el canvi global juntament amb un augment en tots els impactes antropogènics enumerats en cada municipi per codissenyar mesures que millorin l'estat hidrològic i/o ecològic dels llocs d'estudi. Les mesures es van dividir en aquelles que requereixen un cert pressupost i/o han de ser implementades per l'administració (p. ex., retirada de preses, instal·lació d'un sistema de retenció de residus grollers als col·lectors municipals) i aquelles que no requereixen un pressupost gran i/o poden ser portades a terme pels interessats (p. ex., conscienciació mitjançant activitats d'educació ambiental o canvi en l'ús recreatiu de l'espai fluvial). A més, només es van considerar aquelles mesures que poden ser implementades pel municipi a curt o mitjà termini (1-3 anys), és a dir, aquelles que queden sota la competència d'altres administracions o necessiten terminis llargs per la seva realització. És a dir, no es van tenir en compte propostes si ja eren contemplades en el Programa de Mesures del Pla de conca del Districte Hidrològic de les conques Internes de Catalunya de l'ACA. Un any després, es va fer un seguiment per comprovar quines de les mesures codissenyades resultants del projecte Llegim el Riu es van implementar, quines estaven en procés i quines es van ser desestimades i per què. Tots els resultats es van enviar i publicar al lloc web de Llegim el Riu ([www.diba.cat/es/web/mediambient/llegim-el-riu](http://www.diba.cat/es/web/mediambient/llegim-el-riu)).

Un cop enllestides les cinc etapes de la primera ronda de treball de camp, amb l'anàlisi de resultats i propostes de mesures; els participants de tots els municipis, així com els tàndems locals, van completar una enquesta sobre la seva satisfacció amb el projecte (**Annex 3. 2** i **Annex 3. 3**). Posteriorment, mesos després i de mutu acord amb els municipis, l'equip dinamitzador de Llegim el Riu, facilitava una nova ronda de diagnosi amb l'acompanyament dels coordinadors de RiuNet i una sessió de debat conduïda pel tàndem per valorar les mesures preses, el seu estat d'excussió i revisar els compromisos presos per cadascuna de les parts.

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### Avaluació de la participació dels municipis

Dels 23 municipis participants, 15 varen completar totes les tasques i, avui en dia, continuen formant part de la comunitat i continuen promocionant el projecte als seus municipis respectius. D'aquests 15, s'ha valorat el seu èxit segons el grau de compliment amb els objectius de participació i continuïtat de la iniciativa Llegim el Riu, i s'ha puntuat usant un valor del 3 al 0, sent el 3 els casos que es considera un millor desenvolupament de tota la iniciativa Llegim el Riu i 0 els casos on no hi ha hagut èxit.

- **3 punts.** En 4 municipis (Gironella, Pallejà, Sant Vicenç de Castellet i Sant Joan de Vilatorrada) es considera que Llegim el Riu va engegar i completar la seva activitat i, al final de l'activitat realitzada s'ha vehiculat un grup d'interès de veïnes i veïns, entitats i consistori municipal gràcies, l'embrió del qual ha estat l'espai de trobada creat per Llegim el Riu. A més, mitjançant l'activitat duta a terme han aflorat altres inquietuds mediambientals i de gestió sostenible del territori i dels recursos naturals. Aquest és un dels resultats que es considera més remarcable de Llegim el Riu perquè garanteix un dels principals objectius del projecte, i que és la seva continuació de forma autònoma per continuar generant més dades i propostes de millora de forma comunitària. A Pallejà, fins i tot han iniciat el seguiment d'un nou punt d'estudi en un petit afluent del Llobregat, el torrent de les Rovires, que és una zona local d'interès mediambiental i lúdic.
- **2 punts.** Altres casos d'èxit són municipis on ja existien grups veïnals i entitats de caràcter mediambiental que estaven fent accions d'estudi, sovint com a grups de voluntariat de Projecte Rius, i millora dels seus ecosistemes fluvials, i que, amb les accions de Llegim el Riu, s'ha generat un nou impuls a les seves tasques i s'ha permès anar un pas més enllà amb propostes d'acció consensuades entre totes les parts. Aquest tipus de resultat s'ha donat a 7 municipis (Puig-Reig, Abrera, Sant Pere de Riudebitlles, Rubí, Hospitalet de Llobregat, Manresa i Sant Boi de Llobregat). A més, en certs casos, Llegim el Riu, de nou, en crear aquest espai de debat igualitari entre societat i administració, ha permès reconduir vells desacords i conflictes del passat que no havien estat resolts.
- **1 punt.** En altres municipis, s'ha completat tot el cicle de tasques de Llegim el Riu, però no ha sorgit aquest grup d'interès amb intenció de continuar incorporant els mètodes de Llegim el Riu a les seves accions. Això s'ha observat a 4 municipis (Navarcles, Olesa de Montserrat, Cornellà i Sant Feliu de Llobregat).
- **0 punts.** En canvi, 8 municipis (Balsareny, St. Fruitós del Bages, Igualada, Vilanova del Camí, Martorell, el Papiol, Santa Coloma de Cervelló i el Prat de Llobregat) no han seguit tot el procés i, en general, només es va treballar amb ells fins a la primera sessió de cocreació de mesures. Tot i això, en algun d'aquests municipis on es considera que no hi ha hagut èxit perquè no s'ha completat tot el projecte, es coneix que s'han realitzat accions paral·leles alineades amb les propostes de millora sorgides de les converses entre l'equip facilitador (personal del grup FEHM i Associació Habitats), el veïnat i el personal tècnic municipal. Els motius de deixar de participar en Llegim el Riu són diversos i, sovint múltiples, però coneixent els casos un a un, es poden agrupar en les següents 5 categories:
  - Sobrecàrrega de feina d'alguna persona del tàndem - 3 municipis.
  - Descoordinació del tàndem local - 2 municipis.
  - Dedicions polítiques del consistori no-alineades amb Llegim el Riu - 1 municipi.
  - Falta de mobilització ciutadana - 1 municipi.
  - Falta de confiança ciutadana en el consistori municipal - 1 municipi.

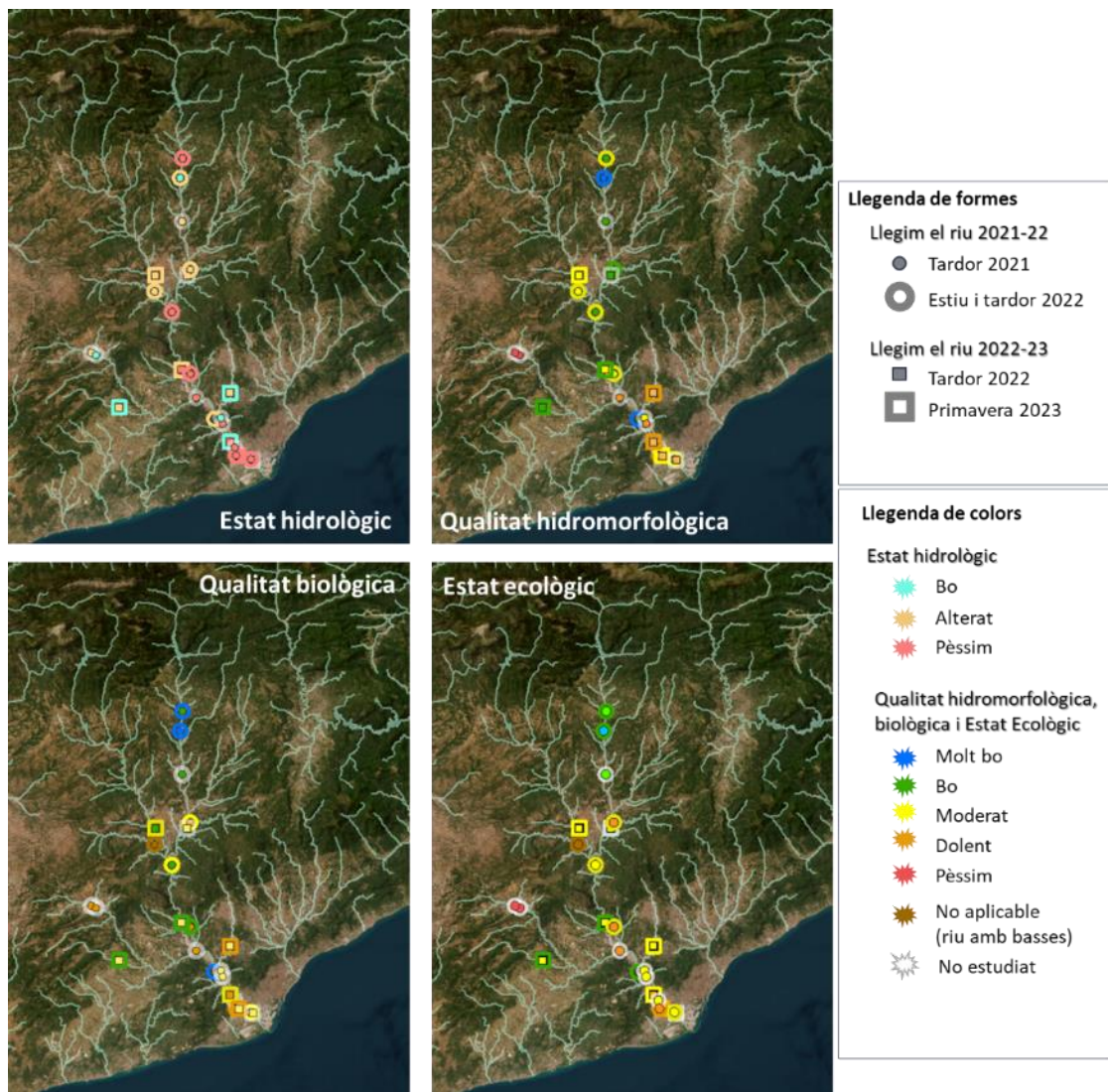
### Estat de l'ecosistema fluvial

Els resultats de l'estat hidrològic i ecològic obtinguts es mostren detalladament a la **Figura 3. 4** i són similars al que mostren les dades oficials de l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua 2020).



L'estat hidrològic, que possiblement és el test de RiuNet que mostra unes variacions més grans entre diferents municipis i també amb les dades oficials. Així, punts molt propers geogràficament i, per tant, amb impactes hidrològics semblants, han estat determinats amb un estat hidrològic molt diferent.

La qualitat hidromorfològica també mostra força diferències entre punts propers. Això té sentit perquè en aquest cas, com s'avalua l'alteració del bosc de ribera i la heterogeneïtat de l'hàbitat aquàtic en un ram de 100 metres, aquesta pot variar en cosa de pocs centenars de metres de diferència com s'ha mostrat en estudis on s'ha avaluat la qualitat hidromorfològica en continu (grup FEHM-UB 2023). Igualment, s'observa clarament com la qualitat tendeix a ser molt bona, bona i moderada a les parts més altes de les conques i moderada i dolenta a les parts més baixes. Cal tenir en compte la excepció del Riu Anoia, on la pràcticament nul·la existència de bosc de ribera i els hàbitats aquàtics poc heterogenis, resulta en la qualitat pèssima observada. I també s'observa l'excepció del torrent de les Rovires, a Pallejà, que té un bosc de ribera ben estructurat i una bona heterogeneïtat d'hàbitats.



**Figura 3. 4.** Mapes de resultats dels diferents elements de qualitat avaluats en l'activitat de Llegim el Riu de la conca del Llobregat (2021-2023).

La qualitat biològica (**Figura 3. 4**) mostra clarament el gradient de pressions i impactes comentats, amb una zona alta amb molta bona i bona qualitat, per anar passant a ser moderada

o dolenta com més aigua avall se situa el municipi respecte a la conca hidrogràfica. De nou, cal comentar l'excepció del riu Anoia, on per culpa de la sequera, l'impacte de les aigües residuals i la contaminació difosa eren paleses i així ho indicà baixa biodiversitat de macroinvertebrats observada. Altres observacions a destacar han estat l'aparició de certes famílies que es consideren sensibles a la contaminació per sals en localitats on es coneix que hi ha aquest tipus d'impacte (aigua avall de Súria i Sallent). Així, per exemple, van observar-se molts exemplars de la família Ephemeridae a Abrera, Olesa de Montserrat o, fins i tot, a Sant Feliu de Llobregat. També es va trobar la família Heptageniidae a l'altura de Sant Joan de Vilatorrada. Aquestes dues famílies de l'ordre dels Efemeròpters són bons indicadors de la qualitat de l'aigua i va generar controvèrsia el fet de trobar-los en trams mitjans i baixos del Cardener i del Llobregat, justament en un període de sequera tan prolongat com el de 2021 fins a l'actualitat 2023. Posteriorment, es va conèixer que molt possiblement s'estava detectant una millora de la qualitat de l'aigua del Cardener perquè s'havien enllestit obres de millora en l'aïllament dels runams salins de la Botjosa, així com la seva retirada, a les mines de potassa de Súria (Regió7 2023).

L'estat ecològic segueix una tendència semblant als dos indicadors que el defineixen, la qualitat hidromorfològica i la qualitat biològica, amb unes parts altes amb un estat que arriba a ser molt bo fins a Puig-Reig, però que ràpidament mostra com la conca del Llobregat presenta estats entre moderats i dolents. La salinitat es mostra com un dels factors més rellevant, com es coneixen dels estudis realitzats en els darrers anys (Cañedo-Argüelles, Kefford, i Schäfer 2018; Gutiérrez-Cánovas et al. 2019). En el cas dels pèssims resultats del riu Anoia a Igualada i Vilanova del Camí, la salinitat no és un factor tan important sinó el migrat cabal del riu que no pot absorbir les descàrregues de les aigües depurades que acaben sent la major part de l'aigua circulant, cosa que s'ha agreujat amb la sequera.

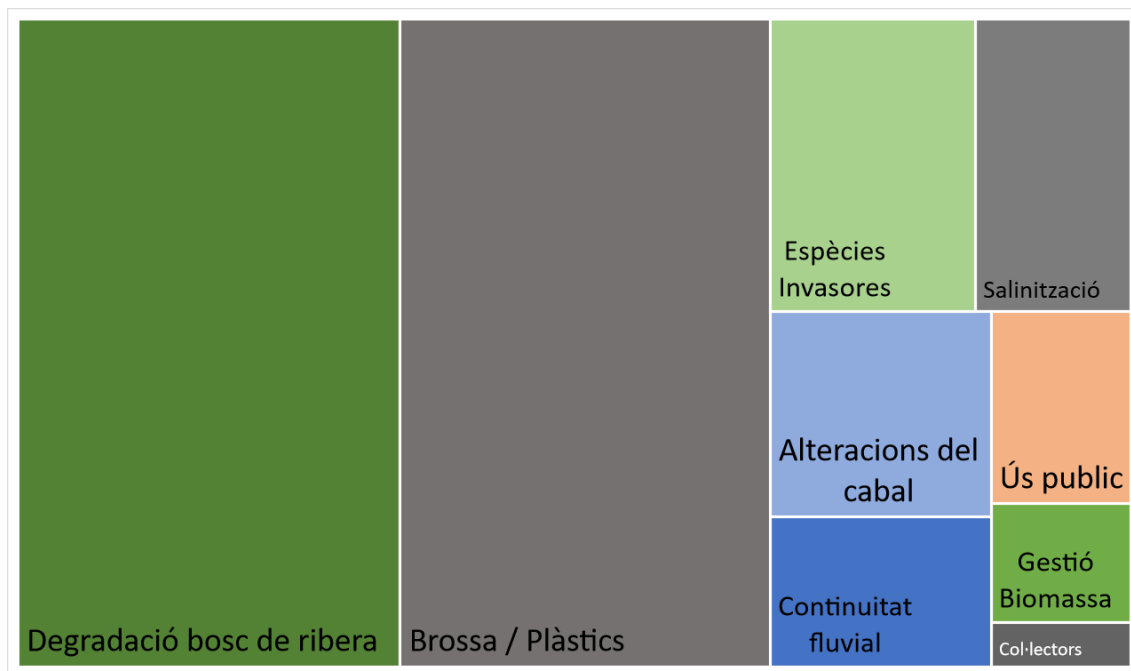
Llegim el Riu resulta, doncs, ser una iniciativa que demostra que amb un bon coixí de ciència i una bona programació d'activitats la ciutadania pot produir coneixement científic i diagnosticar l'estat de rius i rieres, en aquest cas de rius urbans. Moltes vegades la ciutadania pot aportar dades de rius no formen part de les xarxes de monitoratge de les administracions d'aigua, o que es fan monitoratge es realitza en llocs i/o temps diferents (Silvertown 2009), (Jordan, Ballard, i Phillips 2012). Els resultats de Llegim el Riu mostren, tal com també es conclou al capítol 1 d'aquesta tesi, que aquestes dades poden ser de molta utilitat a les administracions, ja que els poden proporcionar informació que desconeixen, detectar punts crítics i, alhora proposar trobar solucions específiques per mitigar el seu impacte.

### Participació de la ciutadania, i propostes derivades de l'activitat realitzada

En les dues edicions de Llegim el Riu han arribat a participar fins a 345 persones que han estat presents en almenys en una de les sessions programades en cada municipi. Segons les enquestes, el 41% foren dones, 44% homes i un 15% no va respondre. La via per on més freqüentment s'ha assabentat del projecte Llegim el Riu és per butlletins informatius, xarxes socials o per correu electrònic de la biblioteca (44%) o de l'ajuntament (14%). Altres vies han estat a través d'entitats municipals (17%), o per coneguts (14%). La ciutadania participant en les sessions de retorn fou aproximadament de la meitat del total, amb 174 persones.

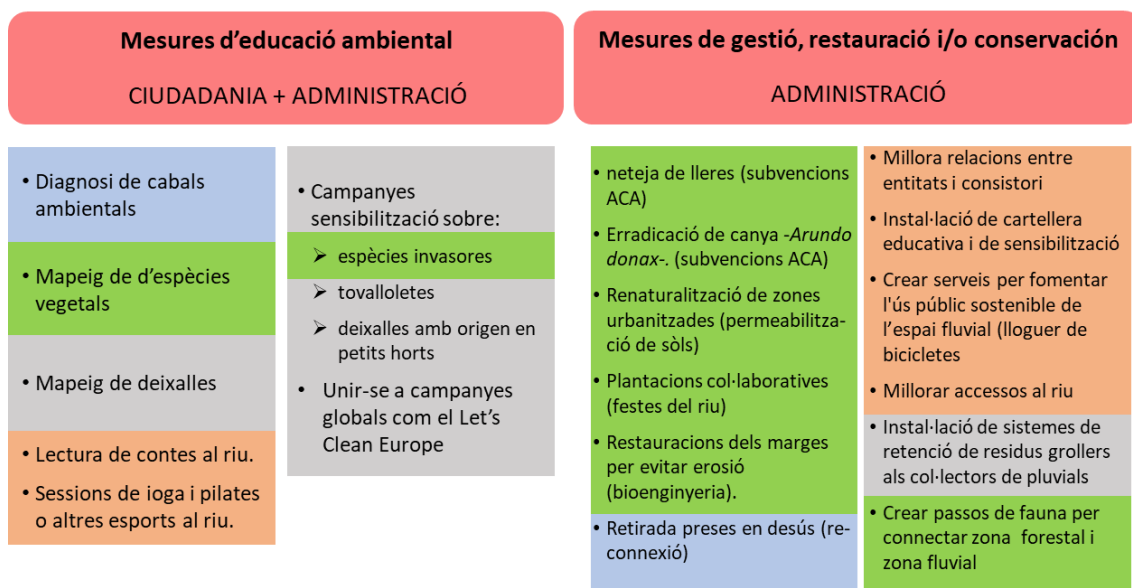
En aquestes sessions de retorn, la proporció dels vots sobre les dues problemàtiques més importants a treballar es mostren a la **Figura 3. 5**, on es veu com clarament una de les principals

preocupacions dels participants fou la degradació de l'entorn del riu, ja sigui per la poca qualitat del bosc de ribera, sigui per la presència de moltes espècies invasores o per una manca de gestió de la biomassa forestal. Altres temes recurrents foren la presència de brossa i deixalles al llit i la llera del riu, especialment pel que fa a les tovallolletes, així com la contaminació de l'aigua (color i olor), les alteracions hidrològiques per la presència de moltes barreres i assuts que trenquen la continuïtat longitudinal de l'hàbitat fluvial i, també es va reclamar millores sobre com regular l'ús públic de l'ecosistema.



**Figura 3. 5.** Gràfic de proporcions dels diferents grans impactes més votats en les sessions de cocreació. Els tons de color verd representen els temes relacionats amb el bosc de ribera, els tons en blau són per temes de la hidrologia o la fragmentació d'hàbitat aquàtic per barreres, els tons de color gris són per temes relacionats amb abocaments i el color taronja per als temes més relacionats amb l'ús social dels espais fluvials.

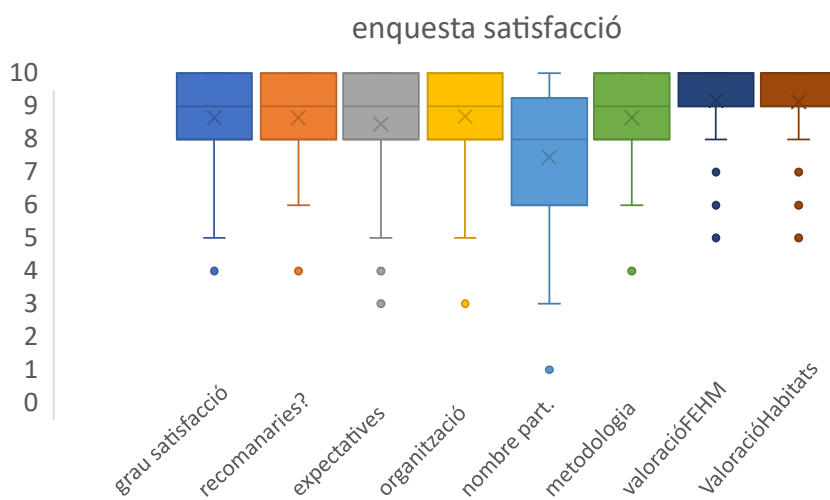
A les sessions de cocreació es va conduir una dinàmica de debat sobre les dues temàtiques més votades a cada municipi. Per cadascuna es van presentar exemples de casos similars, debatre les possibilitats de generar un canvi real des del nucli de participants en Llegim el Riu, presentar idees, conèixer quines opcions existeixen a nivell de recursos econòmics d'altres administracions, per finalment intentar concretar accions a realitzar en el futur pròxim. Fruit d'aquest exercici, van sorgir una sèrie d'accions detallades a la **Figura 3. 6.**



**Figura 3. 6.** Esquema resum de les propostes sorgides en les sessions de cocreació. S'han classificat segons si són propostes que es poden executar des de la mateixa ciutadania amb el suport de l'administració, o si són propostes que es fan des de la ciutadania i que l'administració pot entomar per executar-les. Els tons de color verd representen els temes relacionats amb el bosc de ribera, els tons en blau són per temes de la hidrologia o la fragmentació d'habitat aquàtic per barreres, els tons de color gris són per temes relacionats amb abocaments i deixalles i el color taronja per als temes relacionats amb l'ús social dels espais fluvials.

Amb el seguiment posterior fet des del grup coordinador de Llegim el Riu, s'ha fet un control de les mesures efectivament dutes a terme per cada municipi. Molts dels municipis han fet valdre accions que ja es duen a terme de forma periòdica des del consistori municipal, com la neteja de lleres amb ajuts de l'ACA en la qual es retira, sobretot, canya *Arundo donax*, així com el seu rizoma. En altres, s'ha vinculat la participació de Llegim el Riu amb la realització d'obres programades, com són les accions de millora de la connectivitat fluvial amb la retirada d'una presa a Manresa (Ajuntament de Manresa 2022), i la instal·lació de xarxes de retenció de residus grollers a les sortides de col·lectors a Igualada (Regió7 2022). En diversos dels municipis participants, com a Puig-Reig, Sant Joan de Vilatorrada (Ajuntament de Sant Joan de Vilatorrada 2023) i Sant Pere de Riudebitlles (Ajuntament de Sant Pere de Riudebitlles, 2023), s'han creat exposicions físiques o virtuals sobre els valors del riu o la denúncia dels impactes més visibles. Una de les temàtiques recurrents són les deixalles abocades o arrossegades, fent un èmfasi especial als residus que provenen sovint de les llars, com són les tovalloletes humides que es tiren al vàter. En alguns municipis com a Puig-Reig, Sant Vicenç de Castellet, Rubí i Pallejà, Llegim el Riu ha generat o afavorit la creació de grups persones amb interès naturalista que han estat promocionant i organitzant, entre altres, les accions fruit de Llegim el Riu. Algunes d'aquestes accions promogudes des de entitats locals i ciutadania són la repetició d'estudis anteriors fets dins del Projecte Rius i RiuNet. També altres accions paral·leles, com són la neteja de deixalles amb Let's Clean Up i Mountain Waste Collection (Ajuntament de Sant Boi 2023).

Finalment, amb la revisió de les enquestes de satisfacció de la ciutadania participant, a la **Figura 3. 7** es pot veure com la valoració dels diferents aspectes consultats tenen una alta qualificació, amb mitjanes de 9 o superior. Només a la pregunta si el nombre de participants havia estat l'adequat, s'ha obtingut valoracions una mica menors, molt probablement a què la participació, sobretot a la sessió de retorn a la biblioteca, fou considerada baixa en força municipis.



**Figura 3. 7.** Gràfic de caixes amb els resultats de les 8 preguntes de l'enquesta de valoració de Llegim el Riu feta a la ciutadania participant un cop acabada la primera ronda de diagnosi i debat (veure Annex 3. 3).

La baixa participació o la dificultat d'engrescar a ciutadanes i ciutadans perquè hi participessin són dues de les qüestions més comentades en les valoracions realitzades als tàndems de cada municipi. També hi ha diversos municipis que han comentat que per tal de continuar promovent el projecte es requereix més suport tant des de la Diputació, com del grup FEHM i de l'Associació Habitats. En aquest cas, doncs, les sessions de formació i capacitació del tàndem no han estat prou efectives com perquè el tàndem es mostri capacitat per dur a terme el projecte per si sols. Altres dificultats comentades ha estat la gestió de frustracions o desencants de la ciutadania quan les problemàtiques a abordar no poden ser executades des d'un grup petit de persones tot i tenir el suport d'entitats i de l'administració local.

Justament, aquesta gestió de la frustració és un dels grans oblidats dels processos participatius (Fernández-Martínez, García-Espín, i Jiménez-Sánchez 2020). És a dir, quan les idees, suggeriments i mesures parlades en els tallers i activitats de participació ciutadana topen amb els límits de la gestió participativa. Sovint les idees no es poden tirar endavant per motius tècnics, econòmics o socioculturals. De vegades, però, les solucions implicarien canvis tan grans i profunds en la complexa interrelació entre administracions públiques i privades que gestionen l'aigua i els ecosistemes fluvials, que tot i que serien el veritable objectiu a assolir, queden lluny de les capacitats i desitjos d'un projecte com Llegim el Riu.

Caldria contemplar transformacions substancials i àmplies en la gestió dels recursos naturals, especialment en relació amb l'aigua. Aquesta transformació implica un consum d'aigua genuïnament responsable i sostenible, la reducció de la petjada hídrica en tots els processos de producció mitjançant pràctiques d'estalvi i reutilització, així com la prioritització de la conservació ambiental per sobre del creixement econòmic continu des de les instàncies de presa de decisions.

Qüestions d'aquesta naturalesa, sovint percebudes com a utòpiques i allunyades, han estat temes recurrents en moltes de les activitats participatives. En aquest context, han sorgit de la mateixa ciutadania participant, i no s'han desestimat com a objectius impossibles, sinó que s'han concebut com una direcció desitjable cap a la qual la societat podria evolucionar. Així doncs, els anhels i les expectatives de la ciutadania no s'han considerat inabastables, sinó més aviat com un destí construït mitjançant accions locals, específicament basades en una diagnosi

emprada amb eines de ciència ciutadana. Amb tot, Llegim el Riu és un exemple de projecte on la combinació de ciència ciutadana, educació ambiental i participació ciutadana ha generat canvis reals, partint d'una sinceritat i coordinació entre tres actors participants, el món de la recerca, el de la gestió i el de la ciutadania i és en aquest sentit on es creu que caldria enfocar els esforços per futurs projectes similars, tal com també s'extreu d'estudis d'avaluació de projectes com Soria et al. (2021), Turrini et al. (2018) i Porter i Birdi (2018).

## CONCLUSIONS

Llegim el Riu és un projecte de participació activa de la ciutadania en el que s'han utilitzat enquestes, divulgació científica, tallers d'educació ambiental, activitats de ciència ciutadana i tallers per fomentar el debat (taula rodona o tallers). De tots ells, la ciència ciutadana és un dels mecanismes en els quals s'ha posat més èmfasi amb l'objectiu de fomentar una retroalimentació entre la ciutadania (aporten dades i coneixement local), la comunitat científica (aporten coneixements teòrics i mètodes) i l'administració (aporta gestió dels recursos i el medi ambient).

La inclusió de tots els participants en la fase de diagnosi del projecte ha ajudat a augmentar el seu coneixement sobre la biodiversitat i el valor ecològic d'aquests ecosistemes i, alhora, que se sentin apoderats per poder participar més activament en la fase de cocreació de mesures. Cal destacar que hi ha municipis on la participació en la fase de cocreació de mesures ha disminuït respecte a la fase de diagnosi. A més, el conjunt de dades obtingut té un gran valor, ja que la ciutadania pot produir coneixement científic fiable i detectar símptomes de millora o empitjorament ambiental en trams o rius que no formen part de les xarxes de monitoratge de les administracions d'aigua o que no s'estan monitorant contínuament.

Durant la fase de formació de Llegim el Riu, en els municipis on ja estaven planificades certes mesures vinculades a la gestió o restauració del riu (p. ex., Manresa i la demolició d'una resclosa en desús) o ja es tenien presents (p. ex., Igualada i la instal·lació d'un sistema de retenció de deixalles gruixudes), aquest projecte ha servit per potenciar-les i afegir-ne d'altres noves. En altres municipis, el projecte ha derivat a la creació de grups estables de seguiment de l'estat del riu i/o per impulsar, sobretot, mesures vinculades a l'educació ambiental (p. ex., ioga al riu, lectura de contes, campanyes de sensibilització sobre diversos aspectes).

La satisfacció general amb el projecte, tant dels tàndems coordinadors, com de la ciutadania participant, és excel·lent. Tot i això, de les respostes de les enquestes es poden extreure certes mancances en els mètodes de capacitació i formació dels tàndems locals, així com una sèrie de dificultats a l'hora de trobar ciutadania motivada per entrar a participar en el projecte i de gestionar les possibles altes expectatives de la ciutadania per evitar casos de frustració.

Projectes com Llegim el Riu ajuden a fer el camí cap a una gestió sostenible de l'aigua i dels ecosistemes fluvials del nostre territori, ja que ha generat accions locals per donar visibilitat als valors naturals de trams de riu de la conca del Llobregat, ha proposat millores per minvar les agressions que sofreixen i, alhora que ha generat dades que se sumen als milers d'altres dades sobre l'estat dels rius recopilades des d'altres grups de ciutadanes científiques.

## En aquest capítol hi ha col·laborat:

Núria Bonada<sup>1, 2</sup>, Marina Codina<sup>3</sup>, Jeymmy Milena Walteros-Rodríguez<sup>4</sup>, Jose Luís Herrera<sup>5</sup>, Montserrat Álvarez<sup>6</sup>, Nieves Rodríguez-López<sup>1,2,7</sup>, José Maria Fernández-Calero <sup>1,2,7</sup>, Carlota Sánchez-Campaña <sup>1,2</sup>, Estela Anglada<sup>3</sup>, Narcís Prat<sup>1,8</sup>, Maria Soria<sup>1,2,9,10</sup>

1. FEHM-Lab (Freshwater Ecology, Hydrology and Management). Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Diagonal 643, 08028 Barcelona, Catalonia/Spain pfortuno@ub.edu, bonada@ub.edu, nlopezro@ub.edu, josefernandezcalero@ub.edu, sanchezcc@ub.edu, nprat@ub.edu, mariasoria@ub.edu

2. Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio). University of Barcelona. Spain.

3. Projecte Rius - Associació Hàbitats, Spain. marina.codina@associaciohabitats.cat, projectes@associaciohabitats.cat

4. Grupo de Investigación Ecología, Ingeniería y Sociedad. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia jeymmy.walteros@utp.edu.co

5. Oficina Tècnica d'Educació i Promoció Ambiental. Gerència de Serveis de Medi Ambient. Àrea d'Acció Climàtica. Diputació de Barcelona. Spain herreralj@diba.cat

6. Gerència de Serveis de Biblioteques. Diputació de Barcelona. Spain alvarezmm@diba.cat

7. SHE2 group (Surface Hydrology, Ecology and Erosion), Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA, CSIC), Jordi Girona, 18-26, 08034 Barcelona, Spain carhse@cid.csic.es

8. Institut de Recerca de l'Aigua (IdRA), University of Barcelona. Spain.

9. Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya, Museu del Ter, Plaça de les dones del Ter 1, 08560 Manlleu, Catalonia, Spain

10. Aquatic Ecology Group - Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya, Carrer de la Laura, 13, 08500 Vic, Catalonia, Spain



Núria - 9 anys



## DISCUSSIÓ GENERAL

La ciència ciutadana avui dia és present a tot l'espectre de la recerca, amb exemples de projectes i iniciatives en tots els camps o disciplines (ciències naturals, socials, de la salut, matemàtiques, humanes, històriques...) (Kullenberg i Kasperowski 2016) però és especialment important en la recerca mediambiental (Bautista Puig, Orduna-Malea, i Mongeon 2023). A més, el propi concepte de ciència ciutadana encara està en procés d'evolució (Pelacho et al. 2020; Eitzel et al. 2017) i el creixement de publicacions que tenen la ciència ciutadana com a eix central de la recerca continua sent més elevat que el creixement general de totes les publicacions científiques (Kullenberg i Kasperowski 2016). Cal tenir en compte, també, que el terme ciència ciutadana apareix molt lligat, en la literatura científica a altres paraules clau, com són l'educació ambiental i la participació ciutadana en la presa de decisions (Turrini et al. 2018).

La ciència ciutadana és, doncs, avui en dia, un aliat ideal per generar vincles entre els actors que vehiculen la societat (administració pública, universitats, entitats, empreses i ciutadania), ja que aporta informació i té capacitat de generar una societat més educada i connectada a la presa de decisions i la recerca. I encara pren més rellevància quan es tracta de temes mediambientals.

En el cas concret dels ecosistemes fluvials, les afirmacions anteriors són igualment certes i aquesta tesi doctoral aporta un marc de treball centrat en la ciència ciutadana per enfortir les relacions entre la ciutadania, la universitat i l'administració pública que gestiona el riu. Fent-hi un especial incís en els punts més febles d'aquestes relacions, amb la defensa d'una ciutadania generadora de dades útils per a la gestió i la recerca, i que alhora rep nous coneixements, se sent millor capacitada, i, per tant, té més capacitat de dedicació per intervenir en processos participatius que aportin a canvis innovadors de gestió mediambiental en la sostenibilitat.

### L'estat i els reptes de la ciència ciutadana sobre ecosistemes fluvials a Catalunya

El voluntariat ambiental, el monitoratge participatiu i tota la resta d'iniciatives relacionades en apropar la ciutadania als rius tenen representació global des de fa dècades, especialment les que utilitzen els macroinvertebrats com a bioindicadors de la qualitat de l'aigua. Es podria dir que hi ha tantes propostes i projectes diferents com conques hidrogràfiques, regions o rius al món (vegeu **Annex 2**). En tot el món, doncs, han aparegut durant les darreres dècades, grups de persones preocupades o encuriosides pel que passava al seu riu que s'han organitzat, o han estat organitzades des de entitats públiques o privades, per avaluar l'estat de l'ecosistema fluvial emprant aproximacions als mètodes clàssics del biomonitoratge.

En el cas de Catalunya i en l'estudi de l'estat dels rius, es destaquen les iniciatives ciutadanes Projecte Rius i RiuNet. Els seus participants, ciutadania, entitats, escoles, instituts, famílies, grups de gent interessada o amant de la natura i un llarg etcètera, han recollit una gran quantitat de dades, superant les que es recullen de forma oficial, i que és un dels grans punts forts de la ciència ciutadana (Hegarty et al. 2021). A més, malgrat que la concentració més gran d'estudis es dona en zones molt poblades com l'àrea metropolitana de Barcelona, s'han recopilat dades de gairebé tots els territoris i tipus de rius, amb alta diversitat taxonòmica i de qualitat biològica. El grau d'informació nova és també molt alt, de fins al 75% de les dades de localitats i/o temps diferents de les que es recullen oficialment. Així, es constata el fort potencial de la ciència ciutadana relacionada amb l'avaluació de qualitat biològica fluvial a Catalunya.

Amb aquesta afirmació sota el braç, es pretén que aquest volum d'informació pugui ser tinguda en consideració en l'àmbit professional de la gestió del territori. Abans, però, és necessari revisar els resultats obtinguts per fer-los efectivament complementaris als que s'obtenen de forma oficial, tal com es realitza en processos similars en altres àmbits o territoris (Fore, Paulsen, i O'Laughlin 2001; Gurnell et al. 2019; Krabbenhoft i Kashian 2020; Moffett i Neale 2015). Fent aquest exercici, a més, s'està generant un retorn des de la recerca cap a la ciutadania, ja que una de les principals motivacions a l'hora de participar en projectes de ciència ciutadana és saber que les dades recollides seran útils. És a dir, contribuiran a augmentar el coneixement i, podran ser tingudes en compte per prendre decisions (Land-Zandstra, Agnello, i Gültekin 2021; Roy et al. 2012).

En el cas que ocupa aquesta tesi, l'exercici comparatiu mostra un biaix clar. Hi ha una tendència a la subestimació de la qualitat biològica i l'estat dels rius per part dels projectes de ciència ciutadana. Alhora, l'anàlisi dels mètodes i com la ciutadania es relaciona amb ells, proporciona evidències de les possibles causes del biaix. Coneixent-les, es recomana aplicar fórmules de correcció, tant per dotar de fiabilitat a les dades ja recollides, com per revisar els mètodes utilitzats per tal que les dades futures siguin creïbles.

Aquí apareixen dues paraules clau d'aquesta tesi, la fiabilitat i la credibilitat de la ciència ciutadana. Existeix una resistència a confiar en la ciència ciutadana entre el món científic i gestor professional (Kosmala et al. 2016; Bonney et al. 2014; Figueiredo et al. 2018). Aquest és un punt feble, i a la vegada un dels pilars, de la ciència ciutadana. És a dir, els projectes de ciència ciutadana normalment requereixen un pas complementari que la ciència experimental pot obviar, i és que cal demostrar que les dades són prou fiables. En el cas dels equips de recerca, ja s'ha fet el procés de validació ja que les dades han estat recollides de forma adequada, i han estat validades no només per l'equip investigador i coordinador dels projectes, sinó per l'equip de referents que ha examinat el treball quan s'ha enviat a publicar a una revista científica. Per tant la ciència ciutadana requereix el seu procés de validació tant de la metodologia com de les dades recollides (Balázs et al. 2021). En aquesta tesi s'ha posat fil a l'agulla per complir amb ella en el cas de Projecte Rius i RiuNet amb la comparativa de dades que s'ha fet amb dades oficials

Com s'ha tractat al Capítol 1, en el cas de Projecte Rius i RiuNet, algunes de les tasques a realitzar per donar fiabilitat a les dades, a part de la intercalibració dels resultats de qualitat biològica, és la de proposar ajustos en les metodologies per corregir els biaixos.

Com a fruit d'aquest treball, es suggereixen noves aproximacions per millorar la identificació de les famílies de macroinvertebrats per part de la ciutadania. Una d'elles es la d'utilitzar la locomoció diferencial entre unes famílies i altres, una solució que recurrentment s'està aplicant en jornades o tallers de formació. És a dir, fent estudis en un riu amb ciutadans en procés de formació, pot passar que els animals recol·lectats solen ser petits i es complica d'observar-los-hi clarament els caràcters anatòmics que proposen les claus dicotòmiques clàssiques. Una de les estratègies que es fan servir per facilitar aquesta identificació és la d'utilitzar les diferències en la seva forma de nedar, i és que tant a Projecte Rius com a RiuNet, l'observació de la fauna és in-situ i amb la fauna viva dintre d'un recipient amb aigua on es van movent. Això és especialment útil en aquells organismes que tenen formes allargades, cossos lineals o aparences molt similars.

També es proposa la integració d'eines de reconeixement automàtic de fotografies i d'intel·ligència artificial que poden acotar les opcions i, per tant, ajudar en la selecció de famílies (Manderfield, 2022). Aquestes eines s'han desenvolupat molt recentment i estan, ràpidament,

donant solucions pràctiques, per exemple, el reconeixement d'insectes que provoquen plagues (p. ex. Batz, et al. 2022, De Cesaro & Rieder, 2020). Una altra de les tecnologies que facilitaria aquesta tasca són les tècniques moleculars del barcoding, que són una alternativa a la identificació morfològica feta per experts. Tot i que encara no ha arribat al gran públic, almenys per ser utilitzada com un mètode d'identificació d'invertebrats, cal preparar-se per fer-les servir en un futur immediat. Pel que fa a les solucions del reconeixement automàtic d'imatges, en l'actualitat hi ha multitud d'opcions, entre elles Google Lens, Microsoft Office Lens Prizmo Go, Seek o Picture Insect, totes gratuïtes i compatibles amb la majoria dels telèfons mòbils. Totes aquestes tecnologies es podrien integrar fàcilment a l'eina actual de recollida de dades, que és la app RiuApp, des d'on la ciutadania pot accedir tant al formulari de RiuNet com al de Projecte Rius.

## Impacte de la ciència ciutadana en l'educació i la sostenibilitat ambiental

La ciència ciutadana i l'educació han estat molt lligades des dels seus inicis (Roche et al. 2020) i també és una gran eina en la pràctica de l'educació ambiental en la sostenibilitat (Jordan, Ballard, i Phillips 2012). RiuNet i el seu equip de treball han estat des del seu origen lligats a projectes pensats per enfortir vincles entre l'educació i la ciència ciutadana com "Ciència Ciutadana: Educació i Recerca" (Perelló et al. 2016) i el seu successor, encara en actiu, "Ciència ciutadana a les escoles" ([web del projecte](#)). En els resultats de l'avaluació del funcionament d'aquesta convergència, s'hi destil·laven qüestions clau com són la desmitificació de la ciència, la minimització d'estereotips o l'augment en l'interès per la ciència en general, tant de l'alumnat com del professorat.

Després de constatar l'èxit de la ciència ciutadana en l'establiment de vincles entre l'àmbit educatiu i la recerca, i considerant les oportunitats evidents que la ciència ciutadana mediambiental ofereix per abordar els objectius de desenvolupament sostenible (Liu i Kobernus 2017), l'equip de RiuNet ha mantingut la continuïtat en la implementació del projecte en institucions educatives. A més, aquesta interacció no és un procés unidireccional, ja que les institucions educatives no només proporcionen les dades generades amb RiuNet, sinó que també contribueixen amb informació relativa al funcionament del mateix projecte, contribuint a l'evolució i millora dels continguts pedagògics que utilitza, així com al desenvolupament de l'equip tècnic i de formació de RiuNet. Des del grup de recerca FEHM ja s'han fet treballs (Ladrera et al. 2017; 2020) en aquest sentit que han estat ampliat en aquesta tesi.

En aquest context, doncs, es plantejava l'exercici del capítol 2, una avaluació dels aprenentatges adquirits d'un grup d'alumnes que realitzen una diagnosi del tram de riu proper al seu institut fent servir RiuNet. Una avaluació que s'ha realitzat utilitzant mètodes que van més enllà de l'enquesta "pre i post" (Ladrera et al. 2020) ja que han permès avaluar com ha canviat el mateix concepte que l'alumnat té del que és un riu. Per fer-ho, s'ha emprat els models mentals, és a dir una representació cognitiva particular d'una realitat externa, que a més permet generar inferències respecte a situacions futures. La utilització dels models mentals per avaluar els efectes de la ciència ciutadana és encara poc habitual, però té un gran potencial (Egorova, van den Driesche, i Bevelander 2022) i estan desenvolupant-se sinergies entre el camp científic de la pedagogia o la modelització cognitiva i la ciència ciutadana en general (Driesche i Kerklaan 2022) i també per la mediambiental relacionada amb l'aigua continental (Halbe, Pahl-Wostl, i Adamowski 2017).

Com a instrument de recopilació de dades, RiuNet adopta una metodologia adaptada de les metodologies oficials, posant l'èmfasi en qüestions de rellevància que delineen la comprensió dels ecosistemes aquàtics des d'una perspectiva sostenible. Aquesta sostenibilitat, sovint absent o no implementada pels responsables del territori i els gestors dels recursos, ha contribuït a situacions d'alteració significativa en molts rius i rieres, mentre que altres es troben en risc imminent de degradació (Moss 1998). Les percepcions generalment simplificades d'un ecosistema fluvial, àmpliament compartides, s'observen també entre la població juvenil (Ladrera et al. 2020). No obstant això, a través d'aquest estudi, es posa de manifest la possibilitat de canvis en aquestes perspectives gràcies a la participació en ciència ciutadana i educació ambiental centrada en la sostenibilitat.

Així, es pot corroborar com mitjançant RiuNet és pot posar el focus sobre característiques i elements de l'ecosistema fluvial que sovint són obviades o mal considerades (Ruiz-Villanueva et al. 2018), fins i tot en els llibres de text (Ladrera i Prat 2016; Benarroch et al. 2022). Un bosc de ribera madur, fusta morta dintre de l'aigua, la heterogeneïtat de l'hàbitat aquàtic, l'existència de planes d'inundació i garantir la continuïtat longitudinal dels hàbitats són alguns dels punts de vista nous que ajuden a entendre que és la sostenibilitat i que proporcionen resiliència tant als ambients aquàtics com als serveis ecosistèmics que ens proporcionen els ambients fluvials a les persones (Anderson et al. 2019).

A través d'aquest estudi, es reforça un dels vectors essencials del model triangular presentat a la introducció de la tesi, concretament el que connecta l'acadèmia amb la ciutadania. Aquest vincle es consolida mitjançant la transferència de coneixements, utilitzant enfocaments d'educació ambiental que simultàniament generen dades de ciència ciutadana en sentit invers. L'increment del coneixement ciutadà, al seu torn, fomenta relacions més fonamentades amb els àmbits empresarials i de l'administració pública, alineant-se amb els objectius de desenvolupament sostenible (Organització de les Nacions Unides, 2015). Per tant, la ciència ciutadana contribueix a reforçar aquests vincles de manera recíproca. És rellevant destacar que la mateixa existència de la humanitat està intrínsecament lligada a l'aigua i a la salut dels ecosistemes aquàtics continentals. En conseqüència, és imperatiu dedicar tots els esforços possibles a abordar els reptes que la societat enfronta per garantir la qualitat d'ambdues dimensions (Vörösmarty et al. 2010).

## La ciència ciutadana com a clau de volta per treballar de forma conjunta

Després de reforçar la relació entre recerca i gestió, i entre ciutadania i acadèmia, la relació més fràgil del triangle era la de la ciutadania amb la gestió. Per donar-li la solidesa bidireccional utilitzant la ciència ciutadana com a eina central, el projecte Llegim el Riu ha obtingut uns resultats molt encoratjadors que el fan un candidat per proposar com un model a seguir.

Utilitzant la, ja clàssica, escala de participació ciutadana que proposava Arnstein (1969), Llegim el Riu queda situat entre els escalons més alts dels set nivells existents, ja que la ciutadania ha estat informada, consultada, implicada, ha col·laborat creant propostes i, fins i tot, les ha executat per ella mateixa o amb col·laboració de les autoritats municipals, provincials i la biblioteca. Situar-se prop de la part superior de l'escala és fruit del propi disseny de la iniciativa Llegim el Riu, que promociona que existeixi aquesta participació d'alt nivell. Però cal tenir en compte que el genera una intercomunicació per igual entre els actors que intervenen en aquesta iniciativa, és l'ús de la ciència ciutadana (Conrad i Hilchey 2011). És a dir, les opinions,

experiències, inquietuds, interessos o suposicions han de quedar referendats per les dades científica generades des de la col·laboració entre els diferents actors. Finalment el resultat obtingut pren el protagonisme de tot el procés, i a més, tot i que el resultat acaba sent un punt d'un color que dona idea d'una qualitat (blau, verd, groc, taronja o vermell), aquesta manera de mostrar els resultats inclou molts aspectes, tot i que s'origina avaluant les diferents característiques de l'ecosistema fluvial una a una, acaba en una sola dada que informa de forma clara de la situació de l'estat del riu.

Es constata, doncs, que Llegim el Riu ha creat un espai participatiu òptim en el qual s'ha posat en pràctica la interacció de tot el triangle conceptual de la nostra tesi, amb la ciència ciutadana al centre, i fomentant les vies de comunicació bidireccionals, que són les que generen aquest model innovador en el temps (Carayannis i Campbell 2009). El valor afegit de Llegim el Riu és que a més, ha creat solucions consensuades i que tenen el compromís de les parts que seran seguides i avaluades..

## Les necessitats i les solucions de la ciència ciutadana

La ciència ciutadana, en trobar-se en un espai que es situa entre el món de la recerca, l'educació ambiental i la participació ciutadana, és més complicat que es porti a terme, ja que requereix que el projecte o la iniciativa tingui un temps de vida més llarg que el que sol atorgar un determinat ajut econòmic en forma de projecte o subvenció. D'aquestes demandes se'n parla incisiva i sintèticament al WHITE PAPER ON CITIZEN SCIENCE FOR EUROPE (Socientize 2015). Destil·la les necessitats que emergeixen de la ciència ciutadana i, alhora fa una sèrie de propostes i mesures que, en aquest cas, les institucions europees haurien d'entomar per garantir l'existència d'una ciència ciutadana en plenes facultats. Una ciència ciutadana que pot fer de pont entre administració, universitats, empreses i ciutadania, però que requereix suport institucional en forma de recursos. Sigui amb ajuts dirigits especialment per a ella, ja sigui incloent la ciència ciutadana en programes de treball ja existents. En el cas del grup FEHM, hi ha hagut des de fa anys un suport d'una Institució, la Diputació de Barcelona, que ha permès mantenir un esforç continuat per consolidar la recerca en l'ecologia de rius i la seva aplicació en la difusió de resultats i l'elaboració de nous materials i eines. RiuNet, com a projecte de ciència ciutadana en el camp de l'estudi del riu i la gestió de l'aigua ha pogut ser una realitat i mantenir la seva estructura de funcionament fins avui dia gràcies a aquest recolzament.

En el cas concret de la ciència ciutadana que es realitza des de Catalunya sobre el monitoratge de l'estat dels rius, també es requereix un suport i uns recursos estables des d'on poder expressar tot el seu potencial. Aquest potencial ve proporcionat per sèries de dades extenses en el temps, dades en localitats i moments que les fan molt valuoses i també en el potencial d'una ciutadania científica que hi participa que coneix molt bé el territori i les seves peculiaritats i que guanya en coneixements gràcies a la mateixa participació en les iniciatives de ciència ciutadana. Així, es recomana que els projectes de ciència ciutadana acabin formant part dels plans i programes de seguiment de les agències de l'aigua i els gestors de l'aigua en general. Per descomptat, a canvi, la ciència ciutadana proporciona unes dades validades i fiables, una societat més educada i una via de comunicació oberta per fer més efectiva la participació ciutadana en el moments que cal activar-se.

Els beneficis de tenir projectes de ciència ciutadana en actiu, com demostra aquesta tesi, són múltiples i rellevants per totes les parts de la societat. Les persones que acompanyem els

projectes requerim el suport de les nostres entitats per seguir fent-los funcionar, i les entitats requereixen els recursos per mantenir el seu equip de treball. Aquí, doncs, apareix una de les grans demandes dels projectes de ciència ciutadana que una vegada i una altra són expressades en reunions, tallers, taules rodones, cursos i congressos on ens reunim els equips de persones que estem al darrere dels projectes.

Sense un finançament correcte, la ciència ciutadana està en perill. L'esforç realitzat per l'equip de qualsevol projecte de ciència ciutadana és tan gran que pot implicar la dedicació de diverses persones. Cal dur a terme la creació de les plataformes tecnològiques, la validació de dades, la relació amb la ciutadania ja sigui per revisar les dades produïdes, ja sigui per comunicar els resultats, formular propostes per engrescar més públic i, per descomptat, organitzar i portar a cap tallers i cursos de formació per a la ciutadania interessada en el projecte, però que necessita una empenta per animar-se a ser part de la ciutadania científica. A més, tots els productes en forma d'eina de recollida de dades des d'aparells tecnològics requereixen un manteniment continuat per tal de no quedar-se obsolets amb l'aparició de models més nous i amb més funcionalitat. I com no, l'equip darrere dels projectes de ciència ciutadana també ha de continuar fent ciència, per produir resultats en forma de publicacions, informes o solucions científicotècniques que es vagin adequant als avenços científics i tecnològics. Tant RiuNet com Projecte Rius requereixen una infraestructura bàsica per continuar funcionant que fins ara han estat suficients, però no tan seguits i nombrosos com seria necessari, i una gran part de la feina ha estat proporcionada pel voluntariat no només dels ciutadans sinó dels tècnics i científics implicats en el projecte.

S'espera que els resultats d'aquest treball ajudin a donar visibilitat no ja del potencial sinó dels resultats obtinguts i permetin un finançament més continuat i a llarg termini lluny de les incerteses a què alguns projectes es veuen sotmesos. Caldria no només donar visibilitat de la utilitat de la ciència ciutadana en general, sinó potenciar la creació de recursos i eines conjuntes. De vegades, diferents projectes acaben desenvolupant tecnologies i formes de treball iguals en un procés mancat d'eficàcia. Un sistema que permetés a tots els grups no haver de començar de zero el seu projecte seria molt útil per garantir la participació de la ciutadania científica en fer un cicle de l'aigua veritablement sostenible.



Elsa .9.

## CONCLUSIONS

1— La ciència ciutadana que estudia i avalua l'estat dels ecosistemes aquàtics de Catalunya disposa de dues propostes consolidades, Projecte Rius i RiuNet, dues iniciatives sorgides en un mateix espai, el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona al llarg d'un temps de més de 40 anys. Iniciat pel Dr. Narcís Prat, un entusiasta dels ecosistemes aquàtic, i un practicant molt actiu de la divulgació científica i de l'activisme ambiental, ha trobat al llarg del temps la col·laboració de tots aquells que han format part del grup de recerca FEHM al qual s'han afegit molts altres acadèmics i professionals. Tots plegats han arribat a dissenyar un sistema propi i adaptat als nostres rius amb perspectiva de sostenibilitat i en concordança amb la política d'aigües definida per la DMA

2— Projecte Rius i RiuNet han generat un volum enorme de dades de l'estat dels rius i la seva qualitat biològica gràcies a la participació de milers de persones durant els darrers prop de 20 anys. A més, han inspirat iniciatives similars en altres llocs d'Espanya i altres parts del món, sorgides precisament de tots aquells que s'han format dins del grup de recerca FEHM.

3— S'ha constatat que les dades recollides tant per Projecte Rius com per RiuNet tenen un biaix a la baixa respecte a les dades recollides de forma professional i en aquesta tesi es proposen aplicar-hi modificacions per fer-les encara més fiables per al seu ús en gestió i recerca. Les modificacions s'enfoquen en dues direccions, una de caràcter científicotècnic mitjançant una intercalibració entre les dades recollides amb els mètodes oficials i els resultats dels grups de ciutadans, que permetrà millorar les dades ja recollides. L'altra s'enfoca cap a l'ús de nous enfocaments i noves tecnologies de reconeixement d'imatges per superar una de les limitacions detectades, que és la dificultat en la identificació de la fauna que serveix de bioindicador de la qualitat de l'aigua per part de la ciutadania i provoca el biaix de molts resultats.

4 — La utilització dels models mentals ha demostrat que la ciència ciutadana genera una ciutadania més formada i més preparada per als reptes del futur en gestió de recursos hídrics i gestió mediambiental en la sostenibilitat. Utilitzant el marc teòric dels models mentals sobre la idea de riu i després de conduir activitats pràctiques amb el projecte de ciència ciutadana RiuNet, s'ha demostrat com els models sobre que és un riu i quins components el formen canviaven substancialment cap a models més complexos i actuals del que és un ecosistema fluvial. A més, aquest és un aspecte molt important que pot tenir un potencial multiplicador si els participants ho expliquen a altres ciutadans.

5 — Llegim el Riu, tot i ser una iniciativa molt recent, ha resultat tenir un èxit considerable, ja que a part dels resultats obtinguts, pot emprar-se com un model d'acció per reforçar les relacions entre els diferents actors que gestionen, usen i gaudeixen dels recursos i els serveis ecosistèmics que proporcionen els cursos fluvials. La ciència ciutadana, des de aquesta perspectiva, és la peça central d'un model que resulta útil no només per generar participació ciutadana activa sinó per fer responsables a les autoritats locals, regional i nacionals en la millora del estat de les aigües. També millora la consciència de la ciutadania per passar del 'riu recurs o perill' al 'riu ecosistema' que amb els seus serveis ens ajuda en el camí cap a la sostenibilitat.

6 — Per tot, es recomana, doncs, que des dels centres de recerca, universitats i acadèmia en general, les administracions i des de la mateixa ciutadania, es fomentin les iniciatives de ciència ciutadana referents a l'estat dels rius. No només pel valor de les dades generades, com pel efecte formatiu en valors que permeti a una ciutadania millor preparada, emprendre els reptes del futur des d'un punt de vista de la sostenibilitat i ajudi a la resiliència dels ecosistemes i de les societats,



que és un dels principals objectius de l'Agenda 2030 de les Nacions Unides. Es constata que en l'actualitat els esforços encara estan basats molt en la participació voluntària d'acadèmics i ciutadans i que, tot i que existeix un finançament consolidat per part d'algunes institucions (per exemple, la Diputació de Barcelona) falta molt encara perquè la ciència ciutadana aplicada a la gestió de l'aigua esdevingui un objectiu de país.



2 anys  
IBANA

## REFERÈNCIES

- > Agència Catalana de l'Aigua i Agència Catalana de l'Aigua. 2020. «Document IMPRESS 2019 Annexes». [https://aca.gencat.cat/web/.content/30\\_Plans\\_i\\_programes/10\\_Pla\\_de\\_gestio/document\\_IMPRESS/IMPRESS-2019-annexes-ca.pdf](https://aca.gencat.cat/web/.content/30_Plans_i_programes/10_Pla_de_gestio/document_IMPRESS/IMPRESS-2019-annexes-ca.pdf).
- > Ajuntament de Manresa. 2022. «S'inicia l'enderroc de la resclosa de la riera de Rajadell, dins el projecte de renaturalització de Can Poc Oli per a la recuperació de la biodiversitat - Ajuntament de Manresa». 2022. <http://www.manresa.cat/web/noticies/10724-s%27inicia-l%27enderroc-de-la-resclosa-de-la-riera-de-rajadell-dins-el-projecte-de-renaturalizacio-de-can-poc-oli-per-a-la-recuperacio-de-la-biodiversitat>.
- > Ajuntament de Sant Boi. 2023. «Sortida de camp: Recollida deixalles al riu Llobregat». <https://agendasb.info/esdeveniment/recollidariu/>.
- > Ajuntament de Sant Joan de Vilatorrada. 2023. «Inauguració de l'exposició "Llegim el Riu"». <https://www.santjoanvilatorrada.cat/ca/actualitat/agenda/inauguracio-de-lexposicio-llegim-el-riu>.
- > Ajuntament de Sant Pere de Riudebitlles. 2023. «Exposició Riudebitlles Territori d'Art: "Molta merda"». <https://www.santperederiudebitlles.cat/actualitat/agenda/3465-exposicio-riudebitlles-territori-dart-molta-merda.html>.
- > Alba-Tercedor, Javier, Pablo Jáimez-Cuéllar, Maruxa Alvarez, Juan Avilés, Núria BONADA, J. Casas, Andrés Mellado-Díaz, et al. 2002. «Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP')». *Limnetica* 21 (deseembre). <https://doi.org/10.23818/limn.21.24>.
- > Albus, Kelly, Ruthanne Thompson, i Forrest Mitchell. 2019. «Usability of Existing Volunteer Water Monitoring Data: What Can the Literature Tell Us?» 4 (1): 28. <https://doi.org/10.5334/cstp.222>.
- > Anderson, Elizabeth P., Sue Jackson, Rebecca E. Tharme, Michael Douglas, Joseph E. Flotemersch, Margreet Zwartveen, Chicu Lokgariwar, et al. 2019. «Understanding Rivers and Their Social Relations: A Critical Step to Advance Environmental Water Management». *WIREs Water* 6 (6): e1381. <https://doi.org/10.1002/wat2.1381>.
- > Armitage, Patrick D., Peter S. Cranston, i L. C. V. Pinder, ed. 1995. *The Chironomidae*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0715-0>.
- > Arnstein, Sherry R. 1969. «A Ladder Of Citizen Participation». *Journal of the American Institute of Planners* 35 (4): 216-24. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>.
- > Arrizabalaga, A., Páramo, F., Stefanescu, C., Ubach, A. 2022. *Cynthia*. Butlletí del Butterfly Monitoring Scheme a Catalunya. No16 – any 2019-2020 ISSN: 2696-8614. Granollers.
- > Associació Habitats. 2009. *Manual d'adopció de rius. Eines per a la implicació social en la gestió dels espais fluvials*. 2a ed. Barcelona: Associació Hàbitats.
- > Associació Hàbitats. 2021. «Manual d'Inspecció de Rius». Associació Hàbitats. Manual d'Inspecció de Rius.
- > Associació Hàbitats. 2022. «Informe Riuscat 2021». Barcelona. <https://www.projecterius.cat/storage/pdf/Informe-RiusCat-2021.pdf>.
- > Balázs, Bálint, Peter Mooney, Eva Nováková, Lucy Bastin, i Jamal Jokar Arsanjani. 2021. «Data Quality in Citizen Science». En *The Science of Citizen Science*, editat per Katrin Vohland, Anne Land-Zandstra, Luigi

- Ceccaroni, Rob Lemmens, Josep Perelló, Marisa Ponti, Roeland Samson, i Katherin Wagenknecht, 139-57. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_8).
- > Bautista Puig, Núria, Enrique Orduna-Malea, i Philippe Mongeon. 2023. *The participation of public in knowledge production: a citizen science projects overview*.
  - > Batz Philipp, Will Torsten, Thiel Sebastian, Ziesche Tim Mark, Joachim Christoph. 2022. From identification to forecasting: the potential of image recognition and artificial intelligence for aphid pest monitoring. *Frontiers in Plant Science* 14 DOI=10.3389/fpls.2023.1150748
  - > Benarroch, Alicia, Freddy Castro-Velásquez, Vilma Cuervo, i Alejandra Ramírez-Segado. 2022. «La cultura del agua en los libros de texto». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19 (gener): 1-16. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2022.v19.i1.1501](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1501).
  - > Bonney, Rick, Jennifer L. Shirk, Tina B. Phillips, Andrea Wiggins, Heidi L. Ballard, Abraham J. Miller-Rushing, i Julia K. Parrish. 2014. «Next Steps for Citizen Science». *Science* 343 (6178): 1436-37. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>.
  - > Busto i Naviné, Montserrat. 2023. «L'observatori meteorològic del Turó de l'Home». *Butlletí d'Arqueologia Industrial i de Museus de Ciència i Tècnica*, 1 gener 2023.
  - > Cañedo-Argüelles, Miguel, Ben Kefford, i Ralf Schäfer. 2018. «Salt in freshwaters: Causes, effects and prospects - Introduction to the theme issue». *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 374 (desembre). <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0002>.
  - > Carayannis, Elias G., i David F.J. Campbell. 2009. «“Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem». *International Journal of Technology Management* 46 (3-4): 201-34. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>.
  - > Cerda, Maribel de la, Josep Perelló, Santi Escartín, Frederic Bartumeus, Ariadna Peña, Gemma Agell, Luís F. Ruiz-Orejón, et al. 2020. «Ciència ciutadana i aprenentatge servei», juny. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3924270>.
  - > Cesaro Júnior, T., Rieder, R., Di Domênico, J. R., Lau, D. (2022). InsectCV: a system for insect detection in the lab from trap images. *Ecol. Inform.* 67, 101516. doi: 10.1016/j.ecoinf.2021.101516
  - > Chargaff, Erwin, Stephen Zamenhof, i Charlotte Green. 1950. «Human Desoxyribose Nucleic Acid: Composition of Human Desoxyribose Nucleic Acid». *Nature* 165 (4202): 756-57. <https://doi.org/10.1038/165756b0>.
  - > Cohn, Jeffrey P. 2008. «Citizen Science: Can Volunteers Do Real Research?» *BioScience* 58 (3): 192-97. <https://doi.org/10.1641/B580303>.
  - > Conallin, John, Emma Wilson, i Josh Campbell. 2018. «Implementation of Environmental Flows for Intermittent River Systems: Adaptive Management and Stakeholder Participation Facilitate Implementation». *Environmental Management* 61 (març). <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0922-4>.
  - > Confederación Hidrográfica del Ebro. 2020. «Actualización del análisis de presiones, impactos y riesgos en aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Tomo 1 – Inventarios de presiones. Año 2020. Ficha a la massa d'aigua 275, corresponent al riu Iregua:» [http://iber.chebro.es/sitebro/data/impress\\_2020/275.pdf](http://iber.chebro.es/sitebro/data/impress_2020/275.pdf).
  - > Conrad, Cathy C., i Krista G. Hilchey. 2011. «A Review of Citizen Science and Community-Based Environmental Monitoring: Issues and Opportunities». *Environmental Monitoring and Assessment* 176 (1): 273-91. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>.

- > Cook, Sarah, Soroush Abolfathi, i Nathalie Gilbert. 2021. «Goals and approaches in the use of citizen science for exploring plastic pollution in freshwater ecosystems: A review». *Freshwater Science* 40 (setembre). <https://doi.org/10.1086/717227>.
- > Cooper, Caren. 2016. *Citizen Science: How Ordinary People are Changing the Face of Discovery*. Abrams Press; 1st edition.
- > Crowley, Sarah L., Steve Hinchliffe, i Robbie A. McDonald. 2017. «Invasive Species Management Will Benefit from Social Impact Assessment». *Journal of Applied Ecology* 54 (2): 351-57. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12817>.
- > Dahm, Ralf. 2005. «Friedrich Miescher and the discovery of DNA». *Developmental Biology* 278 (2): 274-88. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2004.11.028>.
- > Dentzau, Michael. 2021. «Student Mental Models of the Longleaf Pine Ecosystem». *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education* 17 (4): e2254. <https://doi.org/10.21601/ijese/10972>.
- > Driesche, Karin van den, i Sarah Kerklaan. 2022. «The value of visual co-analysis models for an inclusive citizen science approach. Inspired by co-creation methods from design thinking». *fteval JOURNAL for Research and Technology Policy Evaluation*, setembre, 51-60. <https://doi.org/10.22163/fteval.2022.571>.
- > Dunham, Jason, Paul Angermeier, Shelley Crausbay, Amanda Cravens, Hannah Gosnell, Jamie McEvoy, Max Moritz, Nejem Raheem, i Todd Sanford. 2018. «Rivers are social-ecological systems: Time to integrate human dimensions into riverscape ecology and management». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 5 (abril): e1291. <https://doi.org/10.1002/wat2.1291>.
- > Egorova, Ekaterina, Catharina van den Driesche, i Kirsten E. Bevelander. 2022. «The Role of Mental Models in Citizen Science». En *Proceedings of Engaging Citizen Science Conference 2022 — PoS(CitSci2022)*, 418:118. SISSA Medialab. <https://doi.org/10.22323/1.418.0118>.
- > Eitzel, M. V., Jessica L. Cappadonna, Chris Santos-Lang, Ruth Ellen Duerr, Arika Virapongse, Sarah Elizabeth West, Christopher Conrad Maximilian Kyba, et al. 2017. «Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms» 2 (1): 1. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>.
- > Encalada, A. C., M. Rieradevall, B. Ríos, N. García; N. Prat. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos (CERA-S). Quito, 86 pp.
- > Engel, Sarah R., i J. Reese Voshell Jr. 2002. «Volunteer Biological Monitoring: Can It Accurately Assess the Ecological Condition of Streams?» *American Entomologist* 48 (3): 164-77. <https://doi.org/10.1093/ae/48.3.164>.
- > Etzkowitz, Henry, i Loet Leydesdorff. 2000. «The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations». *Research Policy* 29 (2): 109-23. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4).
- > European Commission. 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*. OJ L. Vol. 327. <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng>.
- > European Commission i Directorate-General for Environment. 2003. *Public participation in relation to the water framework directive. Guidance document No 8*. Publications Office.
- > Fernández-Martínez, José Luis, Patricia García-Espín, i Manuel Jiménez-Sánchez. 2020. «Participatory Frustration: The Unintended Cultural Effect of Local Democratic Innovations». *Administration & Society* 52 (5): 718-48. <https://doi.org/10.1177/0095399719833628>.

- > Figueiredo, Do Nascimento Susana, Jose Miguel Rubio-Iglesias, Roger Owen, Sven Schade, i Lea Shanley. 2018. «Citizen Science for Policy Formulation and Implementation». JRC Publications Repository. 14 novembre 2018. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC103892>.
- > Fore, Leska, Kit Paulsen, i Kate O'Laughlin. 2001. «Assessing the performance of volunteers in monitoring streams». *Freshwater Biology* 46 (gener): 109-23. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2001.00640.x>.
- > Fortuño, P; Bonada, N; Prat, N. 2023. «Efectos Del Cambio Ambiental En Las Comunidades de Organismos de Los Ríos Mediterráneos». <https://doi.org/10.15470/yt2uex>.
- > Fortuño, Pau, Raúl Acosta, Núria BONADA, Miguel Cañedo-Argüelles, Daniel Castro-López, Núria Cid, David Pineda-Morante, et al. 2019. *La disminució de les extraccions d'aigua millora l'estat hidrològic i ecològic del torrent de la Vall d'Horta*.
- > Fortuño, Pau, Maria Soria, Raúl Acosta, i i altres. 2023. «Efectes del Canvi Ambiental en les comunitats d'organismes dels Rlus MEDiterranis (CARIMED). Informe 2022». 31. Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; Barcelona. <https://www.ub.edu/barcelonarius/web/index.php/informe-2022>.
- > Franklin, Rosalind E., i R. G. Gosling. 1953. «Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate». *Nature* 171 (4356): 740-41. <https://doi.org/10.1038/171740a0>.
- > Gallart, F., P. Llorens, J. Latron, N. Cid, M. Rieradevall, i N. Prat. 2016. «Validating alternative methodologies to estimate the regime of temporary rivers when flow data are unavailable». *Science of The Total Environment* 565 (setembre): 1001-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.116>.
- > Garcia, V, J Sala, i M Xifra. 2022. «Ciència ciutadana i natura: un repte per a l'educació per a la sostenibilitat». Servei d'Educació Ambiental, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. [https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/educacio\\_i\\_sostenibilitat/educacio\\_per\\_a\\_la\\_sostenibilitat/ciencia-ciutadana-natura/natura-a-laula/Guia-Ciencia-Ciutadana.pdf](https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/educacio_per_a_la_sostenibilitat/ciencia-ciutadana-natura/natura-a-laula/Guia-Ciencia-Ciutadana.pdf).
- > Gattolliat, Jean-Luc, i Carolina Nieto. 2009. «The family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera): synthesis and future challenges». *Aquatic Insects* 31 (sup1): 41-62. <https://doi.org/10.1080/01650420902812214>.
- > Gray, Steven, Rebecca Jordan, Alycia Crall, Greg Newman, Cindy Hmelo-Silver, Joey Huang, Whitney Novak, et al. 2017. «Combining participatory modelling and citizen science to support volunteer conservation action». *Biological Conservation*, The role of citizen science in biological conservation, 208 (abril): 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.037>.
- > Greca, Ileana Maria, i Marco Antonio Moreira. 2000. «Mental models, conceptual models, and modelling». *International Journal of Science Education* 22 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>.
- > Grup FEHM-UB. 2018. «RiuNet 'El Manual' per consultar els continguts de l'app i poder fer una avaluació sense l'ús del mòbil.» [https://www.ub.edu/fem/docs/Riunet/RiuNet\\_manual\\_CAT.pdf](https://www.ub.edu/fem/docs/Riunet/RiuNet_manual_CAT.pdf).
- > Grup FEHM-UB. 2023. «Diagnosi de l'estat ecològic, hidrològic i de conservació de la fauna aquàtica de la riera de Vallvidrera - INFORME FINAL».
- > Gurnell, Angela M., Judy England, Lucy Shuker, i Geraldene Wharton. 2019. «The Contribution of Citizen Science Volunteers to River Monitoring and Management: International and National Perspectives and the Example of the MoRPh Survey». *River Research and Applications* 35 (8): 1359-73. <https://doi.org/10.1002/rra.3483>.
- > Gutiérrez-Cánovas, Cayetano, Paula Arribas, Luigi Naselli-Flores, Nard Bennis, Marta Finocchiaro, Andrés Millán, i Josefa Velasco. 2019. «Evaluating anthropogenic impacts on naturally stressed

- ecosystems: Revisiting river classifications and biomonitoring metrics along salinity gradients». *Science of The Total Environment* 658 (març): 912-21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.253>.
- > Haklay, Muki. 2013. «Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation». En *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*, editat per Daniel Sui, Sarah Elwood, i Michael Goodchild, 105-22. Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7).
  - > Halbe, Johannes, Claudia Pahl-Wostl, i Jan Adamowski. 2017. «A Methodological Framework to Support the Initiation, Design and Institutionalization of Participatory Modeling Processes in Water Resources Management». *Journal of Hydrology* 556 (setembre). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.024>.
  - > Hecker, Susanne, Muki Haklay, Anne Bowser, Zen Makuch, Johannes Vogel, Aletta Bonn, i Margaret Gold. 2018. *Citizen Science – Innovation in Open Science, Society and Policy*. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>.
  - > Hecker, Susanne, i Monika Taddicken. 2022. «Deconstructing Citizen Science: A Framework on Communication and Interaction Using the Concept of Roles». *Journal of Science Communication* 21 (1): A07. <https://doi.org/10.22323/2.21010207>.
  - > Hegarty, Susan, Anna Hayes, Fiona Regan, Isabel Bishop, i Ruth Clinton. 2021. «Using citizen science to understand river water quality while filling data gaps to meet United Nations Sustainable Development Goal 6 objectives». *Science of The Total Environment* 783 (agost): 146953. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146953>.
  - > Jáimez-Cuéllar, Pablo, Soledad Vivas, Núria Bonada, i et al. 2002. «Protocolo GUADALMED (PRECE)». *Limnetica* 21 (2): 187-204. <https://doi.org/10.23818/limn.21.25>.
  - > Jones, Natalie A., Helen Ross, Timothy Lynam, Pascal Perez, i Anne Leitch. 2011. «Mental Models: An Interdisciplinary Synthesis of Theory and Methods». *Ecology and Society* 16 (1). <https://www.jstor.org/stable/26268859>.
  - > Jorda-Capdevila, Dídac, Beatriz Rodríguez-Labajos, i Mònica Bardina. 2016. «An integrative modelling approach for linking environmental flow management, ecosystem service provision and inter-stakeholder conflict». *Environmental Modelling & Software* 79 (maig): 22-34. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.01.007>.
  - > Jordan, Rebecca C, Heidi L Ballard, i Tina B Phillips. 2012. «Key Issues and New Approaches for Evaluating Citizen-Science Learning Outcomes». *Frontiers in Ecology and the Environment* 10 (6): 307-9. <https://doi.org/10.1890/110280>.
  - > Judson, Eugene. 2011. «The Impact of Field Trips and Family Involvement on Mental Models of the Desert Environment». *International Journal of Science Education* 33 (juliol): 1455-72. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.495758>.
  - > Kallis, Giorgos, Nuno Videira, Paula Antunes, Ângela Guimarães Pereira, Clive L Spash, Harry Coccossis, Serafin Corral Quintana, et al. 2006. «Participatory Methods for Water Resources Planning». *Environment and Planning C: Government and Policy* 24 (2): 215-34. <https://doi.org/10.1068/c04102s>.
  - > Kelly-Quinn, M., J. N. Biggs, S. Brooks, P. Fortuño, S. Hegarty, J. I. Jones, i F. Regan. 2023. «Opportunities, Approaches and Challenges to the Engagement of Citizens in Filling Small Water Body Data Gaps». *Hydrobiologia* 850 (15): 3419-39. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04973-y>.
  - > Kosmala, Margaret, Andrea Wiggins, Alexandra Swanson, i Brooke Simmons. 2016. «Assessing Data Quality in Citizen Science». *Frontiers in Ecology and the Environment* 14 (10): 551-60. <https://doi.org/10.1002/fee.1436>.

- > Krabbenhoft, Corey A., i Donna R. Kashian. 2020. «Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers». *Ecological Indicators* 116 (setembre): 106476. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106476>.
- > Kullenberg, Christopher, i Dick Kasperowski. 2016. «What Is Citizen Science? – A Scientometric Meta-Analysis». *PLOS ONE* 11 (1): e0147152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>.
- > Ladrera, Rubén, i Narcís Prat. 2016. *Las políticas europeas y el consenso científico en materia de gestión y conservación de aguas no llegan a la escuela*.
- > Ladrera, Rubén, Pablo Rodríguez-Lozano, Iraima Verkaik, Narcís Prat, i José Ramón Díez. 2020. «What Do Students Know about Rivers and Their Management? Analysis by Educational Stages and Territories». *Sustainability* 12 (octubre): 8719. <https://doi.org/10.3390/su12208719>.
- > Ladrera, Rubén, Iraima Verkaik, Narcís Prat, i J. Díez. 2017. «Ideas Del Alumnado Relativas a Los Ecosistemas Fluviales y Su Gestión. Una Visión Latitudinal.» En .
- > Land-Zandstra, Anne, Gaia Agnello, i Yaşar Selman Gültekin. 2021. «Participants in Citizen Science». En *The Science of Citizen Science*, editat per Katrin Vohland, Anne Land-Zandstra, Luigi Ceccaroni, Rob Lemmens, Josep Perelló, Marisa Ponti, Roeland Samson, i Katherin Wagenknecht, 243-59. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_13).
- > Liefferink, Duncan, Mark Wiering, i Yukina Uitenboogaart. 2011. «The EU Water Framework Directive: A multi-dimensional analysis of implementation and domestic impact». *Land Use Policy* 28 (4): 712-22. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.12.006>.
- > Liu, Hai-Ying, i Mike Kobernus. 2017. «Citizen Science and Its Role in Sustainable Development: Status, Trends, Issues, and Opportunities». En *Analyzing the Role of Citizen Science in Modern Research*, 147-67. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0962-2.ch007>.
- > Maddox, Brenda. 2003. *Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA*. Harper Perennial.
- > Manderfield, Morgan. 2022. «Seek, Picture Insect, Google Lens: An Analysis of Popular Insect Identification Apps Using Photos of Realistic Quality».
- > Martínez Gil, Francisco Javier. 2003. «La Nueva Cultura del Agua». *Naturaleza aragonesa: revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, núm. 11: 41-60.
- > Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. «Organismos invertebrados bentónicos en ríos. Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables. ML-Rv-I-2013». [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/ML-Rv-I-2013\\_Muestreo%20y%20laboratorio\\_Fauna%20bentónica%20de%20invertebrados\\_%20Ríos%20vadeables\\_24\\_05\\_2013\\_tcm30-175284.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/ML-Rv-I-2013_Muestreo%20y%20laboratorio_Fauna%20bentónica%20de%20invertebrados_%20Ríos%20vadeables_24_05_2013_tcm30-175284.pdf).
- > Moffett, ER, i MW Neale. 2015. «Volunteer and professional macroinvertebrate monitoring provide concordant assessments of stream health». *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 49 (3): 366-75. <https://doi.org/10.1080/00288330.2015.1018913>.
- > Moolna, Adam, Mike Duddy, Ben Fitch, i Keith White. 2020. «Citizen science and aquatic macroinvertebrates: public engagement for catchment-scale pollution vigilance». *Écoscience* 27 (4): 303-17. <https://doi.org/10.1080/11956860.2020.1812922>.
- > Moss, Brian. 1998. *Ecology of Fresh Waters: Man and Medium, Past to Future*. 3rd ed. Oxford: Blackwell.



- > Mostert, Erik, Claudia Pahl-Wostl, Yvonne Rees, Brad Searle, David Tàbara, i Joanne Tippett. 2007. «Social Learning in European River-Basin Management: Barriers and Fostering Mechanisms from 10 River Basins». *Ecology and Society* 12 (1). <https://www.jstor.org/stable/26267838>.
- > Mukhtarov, Farhad, Carel Dieperink, i Peter Driessen. 2018. «The influence of information and communication technologies on public participation in urban water governance: A review of place-based research». *Environmental Science & Policy* 89 (novembre): 430-38. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.015>.
- > Munné, Antoni, i Narcís Prat. 2009. «Use of macroinvertebrate-based multimetric indices for water quality evaluation in Spanish Mediterranean rivers: An intercalibration approach with the IBMWP index». *Hydrobiologia* 628 (juliol): 203-25. <https://doi.org/10.1007/s10750-009-9757-1>.
- > Munné, Antoni, Carolina Solà, Lluís Tirapu, Carlos Barata, Maria Rieradevall, i Narcís Prat. 2012. «Human Pressure and Its Effects on Water Quality and Biota in the Llobregat River». En *The Llobregat: The Story of a Polluted Mediterranean River*, editat per Sergi Sabater, Antoni Ginebreda, i Damià Barceló, 297-325. The Handbook of Environmental Chemistry. Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/698\\_2012\\_149](https://doi.org/10.1007/698_2012_149).
- > Muñoz, Isabel, Julio C. López-Doval, Marta Ricart, Marta Villagrasa, Rikke Brix, Anita Geiszinger, Antoni Ginebreda, et al. 2009. «Bridging Levels of Pharmaceuticals in River Water with Biological Community Structure in the Llobregat River Basin (Northeast Spain)». *Environmental Toxicology and Chemistry* 28 (12): 2706-14. <https://doi.org/10.1897/08-486.1>.
- > Organització de les Nacions Unides. 2015. Objectius de Desenvolupament Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/2> .
- > Nerbonne, Julia Frost, i Bruce Vondracek. 2003. «Volunteer Macroinvertebrate Monitoring: Assessing Training Needs through Examining Error and Bias in Untrained Volunteers». *Journal of the North American Benthological Society* 22 (1): 152-63. <https://doi.org/10.2307/1467984>.
- > Nersessian, Nancy. 2013. «Mental Modeling in Conceptual Change». *International Handbook of Research on Conceptual Change*, gener.
- > Pahl-Wostl, Claudia, Pavel Kabat, i Jörn Möltgen, ed. 2008. *Adaptive and Integrated Water Management*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75941-6>.
- > Pardo, Isabel, Maruxa Alvarez, J. Casas, Jose Luis Moreno, Soledad Vivas, Núria BONADA, Javier Alba-Tercedor, et al. 2002. «El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat». *Limnetica* 21(2): 115-33. <https://doi.org/10.23818/limn.21.21>.
- > Peeters, Edwin T. H. M., Anton A. M. Gerritsen, Laura M. S. Seelen, Matthijs Begheyn, Froukje Rienks, i Sven Teurlinx. 2022. «Monitoring Biological Water Quality by Volunteers Complements Professional Assessments». *PLOS ONE* 17 (2): e0263899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263899>.
- > Pelacho, Maite, Gonzalo Ruiz, Francisco Sanz, A Tarancón, i Jesús Clemente-Gallardo. 2020. «Analysis of the evolution and collaboration networks of citizen science scientific publications». *Scientometrics* 126 (octubre). <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03724-x>.
- > Penrose, David, i Samuel M. Call. 1995. «Volunteer Monitoring of Benthic Macroinvertebrates: Regulatory Biologists' Perspectives». *Journal of the North American Benthological Society* 14 (1): 203-9. <https://doi.org/10.2307/1467735>.
- > Perelló, Josep, Isabelle Bonhoure, Núria Ferran, Salvador Ferré, i Toni Pou. 2016. «INFORME: Impacte de la Ciència Ciutadana a les Escoles.» [https://ccitadana.files.wordpress.com/2016/05/cic3a8nciaciutadana-recercaeducacic3b3\\_v5.pdf](https://ccitadana.files.wordpress.com/2016/05/cic3a8nciaciutadana-recercaeducacic3b3_v5.pdf).

- > Piégay, Hervé, K. Gregory, Valeriy Bondarev, Anne Chin, Niklas Dahlstrom, Arturo Elosegí, Stanley Gregory, et al. 2005. «Public Perception as a Barrier to Introducing Wood in Rivers for Restoration Purposes». *Environmental management* 36 (desembre): 665-74. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0092-z>.
- > Porter, James J., i Kamal Birdi. 2018. «22 reasons why collaborations fail: Lessons from water innovation research». *Environmental Science & Policy* 89 (novembre): 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.07.004>.
- > Postel, Sandra L. 2000. «Entering an Era of Water Scarcity: The Challenges Ahead». *Ecological Applications* 10 (4): 941-48. <https://doi.org/10.2307/2641009>.
- > Prat, Narcís, Pau Fortuño, Pablo Rodríguez-Lozano, i Maria Rieradevall. 2013. «Efectes de l'extracció d'aigua sobre la comunitat de macroinvertebrats al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt». Xerrada presentat a VIII Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Matadepera, novembre 20. [https://llibreria.diba.cat/cat/ebook/viii-trobada-d-estudiosos-de-sant-llorenç-del-munt-i-l-obac\\_65085](https://llibreria.diba.cat/cat/ebook/viii-trobada-d-estudiosos-de-sant-llorenç-del-munt-i-l-obac_65085).
- > Prat, Narcís, Francesc Gallart, Daniel Von Schiller, Stefano Polesello, Eduardo García-Roger, Jérôme Latron, Maria Rieradevall, et al. 2014. «The MIRAGE TOOLBOX: an integrated assessment tool for temporary streams». *River Research and Applications* 30 (desembre). <https://doi.org/10.1002/rra.2757>.
- > Prat, Narcís, i Antoni Munné. 2014. «Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: lecciones aprendidas». *Limnetica* 29 (setembre). <https://doi.org/10.23818/limn.33.05>.
- > Prat, Narcís, i M. Rieradevall. 2006. «25-Years of Biomonitoring in Two Mediterranean Streams (Llobregat and Besòs Basins, NE Spain)». *Limnetica* 25 (1): 541-50. <https://doi.org/10.23818/limn.25.37>.
- > Prat, Narcís, C. Solà, i A. Munné. 1998. «QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera». *Tecnología del agua*, núm. 175: 20-39.
- > Puzyreva, Kseniia, Zerline Henning, Renate Schelwald, Hannes Rassman, Emanuela Borgnino, Pieke de Beus, Sara Casartelli, i Daniel Leon. 2022. «Professionalization of community engagement in flood risk management: Insights from four European countries». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 71 (març): 102811. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102811>.
- > Rapp, David. 2005. «Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education». En , 43-60. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2\\_4](https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_4).
- > Regió7. 2022. «Igualada col·loca reixes per evitar que les tovallolletes arribin al riu Anoia». Regió7. 24 març 2022. <https://www.regio7.cat/anoia/2022/03/24/igualada-colloca-reixes-per-evitar-64202967.html>.
- > Regió7. 2023. «ICL calcula que pot tenir el runam de la Botjosa de Sallent retirat el 2027 - Regió7». 3 març 2023. <https://www.regio7.cat/bages/2023/08/03/icl-calcula-pot-tenir-runam-90627765.html>.
- > Reid, David, Carl Tippler, Evans, C, i Kotevska S. 2016. «Comparison of stream macroinvertebrate monitoring data from citizen scientists and an aquatic ecologist». En . Leura.
- > Rieradevall, Maria, Pau Fortuño, Rubén Ladrera, Núria BONADA, Iraima Verkaik, Margarita Becerra, Sabrina Menendez, i Narcís Prat. 2016. *LA APLICACIÓN RIU.NET: CIENCIA Y CONCIENCIACIÓN CIUDADANA AL ALCANCE DE TODOS*.
- > Roche, Joseph, Laura Bell, Cecília Galvão, Yaela N. Golumbic, Laure Kloetzer, Nieke Knobon, Mari Laakso, et al. 2020. «Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities». *Frontiers in Sociology* 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsoc.2020.613814>.

- > Roy, Helen, Michael Pocock, C.D. Preston, D.B. Roy, Joanna Savage, i J.C. Tweddle. 2012. «Understanding citizen science & environmental monitoring». *Final Report on Behalf of UK-EOF*, gener. <https://doi.org/10.1002/9781118360989.ch6>.
- > Ruiz-Villanueva, Virginia, Andrés Díez-Herrero, Juan Antonio García, Alfredo Ollero, Hervé Piégay, i Markus Stoffel. 2018. «Does the public's negative perception towards wood in rivers relate to recent impact of flooding experiencing?» *Science of The Total Environment* 635 (setembre): 294-307. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.096>.
- > Serra Rotés, Rosa. 2011. «Les colònies industrials a Catalunya». *Catalan Historical Review*, núm. 4: 241-55. <https://doi.org/10.2436/20.1000.01.63>.
- > Silvertown, Jonathan. 2009. «A new dawn for citizen science». *Trends in ecology & evolution* 24 (agost): 467-71. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>.
- > Simoni, Robert D., Robert L. Hill, i Martha Vaughan. 2002. «The Structure of Nucleic Acids and Many Other Natural Products: Phoebus Aaron Levene». *Journal of Biological Chemistry* 277 (22): e11-12. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(20\)85086-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(20)85086-8).
- > Societize. 2015. «White Paper on Citizen Science». Text. FUTURIUM - European Commission. 1 octubre 2015. <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/white-paper-citizen-science>.
- > Somerwill, Luke, i Uta Wehn. 2022. «Correction: How to measure the impact of citizen science on environmental attitudes, behaviour and knowledge? A review of state-of-the-art approaches». *Environmental Sciences Europe* 34 (desembre). <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00611-5>.
- > Soria, Maria, Núria Bonada, Alba Ballester, Iraima Verkaik, Dídac Jordà-Capdevila, Carolina Solà, Antoni Munné, et al. 2021. «Adapting participatory processes in temporary rivers management». *Environmental Science & Policy* 120 (juny): 145-56. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.005>.
- > Soria, Maria, Catherine Leigh, Thibault Datry, Luis Bini, i Núria BONADA. 2017. «Biodiversity in perennial and intermittent rivers: A meta-analysis». *Oikos* 126 (març). <https://doi.org/10.1111/oik.04118>.
- > Tachet H., Richoux Philippe, Bournaud M., i Philippe Usseglio-Polatera. 2000. *Invertébrés d'Eau Douce. Systématique, Biologie, Écologie*.
- > Taylor, Jim, Mark Graham, Adrienne Louw, Ayanda Lepheana, Bonani Madikizela, Chris Dickens, Deborah V. Chapman, i Stuart Warner. 2021. «Social change innovations, citizen science, miniSASS and the SDGs». *Water Policy* 24 (5): 708-17. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.264>.
- > Thorp, James H., Joseph E. Flotemersch, Michael D. DeLong, Andrew F. Casper, Martin C. Thoms, Ford Ballantyne, Bradley S. Williams, Brian J. O'Neill, i C. Stephen Haase. 2010. «Linking Ecosystem Services, Rehabilitation, and River Hydrogeomorphology». *BioScience* 60 (1): 67-74. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.1.11>.
- > Tippett, J., B. Searle, C. Pahl-Wostl, i Y. Rees. 2005. «Social learning in public participation in river basin management—early findings from HarmoniCOP European case studies». *Environmental Science & Policy, Research & Technology Integration in Support of the European Union Water Framework Directive*, 8 (3): 287-99. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.03.003>.
- > Turrini, Tabea, Daniel Dörler, Anett Richter, Florian Heigl, i Aletta Bonn. 2018. «The threefold potential of environmental citizen science-Generating knowledge, creating learning opportunities and enabling civic participation». *Biological Conservation* 225 (juliol). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024>.
- > Vannote, R.L., G.W. Minshall, Kenneth Cummins, J.R. Sedell, i C.E. Cushing. 1980. «The River Continuum Concept». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37 (gener): 130-37.

- > Videira, Nuno, Paula Antunes, Rui Santos, i Gonçalo Lobo. 2006. «Public and Stakeholder Participation in European Water Policy: A Critical Review of Project Evaluation Processes». *European Environment* 16 (1): 19-31. <https://doi.org/10.1002/eet.401>.
- > Vörösmarty, C., P McIntyre, Mark Gessner, David Dudgeon, Alexander Proussevitch, Pamela Green, Stanley Glidden, et al. 2010. «Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity». *Nature* 468 (novembre): 334. <https://doi.org/10.1038/nature09549>.
- > Vosniadou, Stella, i William Brewer. 1992. «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology* 24 (octubre): 535-85. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W).
- > Walteros-Rodríguez, Jeymmy. 2023. «UNA REVISIÓN SOBRE EL BIOMONITOREO ACUÁTICO PARTICIPATIVO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.» *Acta Biologica Colombiana* 28 (agost): 178-88. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n2.104017>.
- > Watson, J. D., i F. H. C. Crick. 1953. «Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid». *Nature* 171 (4356): 737-38. <https://doi.org/10.1038/171737a0>.
- > Wehn, Uta, Maria Rusca, Jaap Evers, i Vitavesca Lanfranchi. 2015. «Participation in flood risk management and the potential of citizen observatories: A governance analysis». *Environmental Science & Policy* 48 (abril): 225-36. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.12.017>.
- > Wick, Mark R. 2017. «Feulgen, Robert (1884–1955)». En *Pioneers in Pathology*, editat per Jan G. van den Tweel, 175-77. *Encyclopedia of Pathology*. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-41995-4\\_800](https://doi.org/10.1007/978-3-319-41995-4_800).
- > Weitowich, Nicole, Geoffrey Hunt, Lutfiyya Muhammad, i Jeanne Garbarino. 2022. «Assessing motivations and barriers to science outreach within academic science research settings: A mixed-methods survey». *Frontiers in Communication* 7 (agost). <https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.907762>.





Mar - 9 anys

## ANNEXOS

### Annexos Generals

#### Annex 1. 'Del Joc de l'Aigua al Llegim el Riu'.

#### Activitats i accions de transferència, divulgació científica i ciència ciutadana del grup de recerca FEHM

Any	IP	Coautoria principal	Activitat
1979	N Prat		Inici estudis al Llobregat i el Besòs. Primera adaptació dels indicadors biològics.
1982	N Prat		El riu pam a pam. Avaluació qualitat aigua en el joc de rol "El Joc de l'Aigua"
1985	N Prat	M. Rieradevall	Inici estudis riu Foix dins projecte Ecobill
1985	N Prat	M. Rieradevall	El trencaclosques natural. Trobades amb la Ciència. Cirit. Els sistemes naturals de la riera de Balà Els Rius.
1985	N Prat	G. González	El Foix entre la aixutesa i la contaminació. Estudis i Monografies. 11
1986	N Prat	M. Bernal	La Riera de Balà. Sortides de camp. 1er symposium ensenyament ciències Naturals
1986	N Prat	M. Rieradevall	Primers estudis a Sant Llorenç del Munt, la zona on hem fet més recerca i cursos de difusió.
1989	N Prat	M. Rieradevall	Capítol de La Limnologia a la Història Natural dels Països Catalans.
1994	N Prat/MRieradevall		Conveni amb la Diputació. Inici projecte ECOBILL
1995	N Prat/MRieradevall		2on any del Projecte Ecobill
1996	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Inici de la sèrie d'informes: "La Qualitat Ecològica del Besòs i el Llobregat"(LQEBLL)
1996	M. Rieradevall	N. Prat	Les rieres del Bages. Premi Caixa de Manresa
1997	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Volum 2 de LQEBLL
1997	N Prat	A. Munné	Volum 2 de LQEBLL Informe sobre els cabals del Riu Congost.
1997	A. Munné	N. Prat	Cabals i qualitat ecològica del Riu Anoia. Estudis i Monografies, nº 18
1997	N. Prat	A. Munné	Qualitat de les aigües del Riu Ripoll
1998	N Prat	Equip CEA	Vol 3 LQEBLL. Criteris per recuperar les riberes de les capçaleres del Besòs.
1998	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 4 LQEBLL. Índexd QBR. Mètode per l'Avaluació de la qualitat dels ecosistemes de Ribera
1998	N. Prat	A. Munné	Qualitat de les aigües del Riu Ripoll
1999	N Prat	A. Munné	Vol 5 de LQEBLL. Cabals i Qualitat Biològica del Riu Anoia
1999	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 6 de LQEBLLF. S'afegeix al informe els estudis sobre el riu Foix.
1999	N. Prat	A. Munné	Qualitat de les aigües del Riu Ripoll
2000	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 7 de LQEBLLF

Any	IP	Coautoria principal	Activitat
2000	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 8 de LQEBLLF. ECOSTRIMED, Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis
2000	N. Prat	Anbiotek	Cabals Ecològics Riu Llobregat i estudi Riu sorreig
2000	N. Prat	M. Vila-Escalé	Diagnosi Ambiental del riu Ter. Consorci Alba-Ter
2001	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 9 LQEBLLFT. S'afegeix La Tordera als informes
2002	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 10 LQEBLLFT
2002-2006	N. Prat	F. Múrria	Estat Ecològic dels ecosistemes aquàtics de Collserola
2002	N. Prat		El Fluvià. Estudi de les riberes i la seva qualitat
2003	N Prat/MRieradevall	A. Munné	Vol 11 LQEBLLFT. Edició en CD
2003	N Prat/MRieradevall	M. Vila-Escalé	Xarxa Ecostrimed. Coordinació entre participants als estudis del LLBFT
2004	N Prat/MRieradevall	M. Vila-Escalé	Vol 12 LQEBLLFT. Edició en CD
2004	N. Prat	F. Múrria	Estudi de les rieres de Sant Cugat del Vallés
2005	N Prat/MRieradevall	M. Vila-Escalé	Vol 13 LQEBLLFT. Edició en CD
2006	N Prat/MRieradevall	N. Cid	Vol 14 LQEBLLFT. Edició en CD
2007	N Prat/MRieradevall	B. Rios/P. Fortuño	Vol 15 LQEBLLFT. Edició en CD
2008	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe ECOSTRIMED08 - web
2008	N Prat/MRieradevall	L. Puértolas	Els espais fluvials. Manual de Diagnosi Ambiental.
2009	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe ECOSTRIMED09 - web
2009	N Prat/MRieradevall	L.Puértolas	Diagnòstic d'es Torrent de Jondal. Eivissa
2010	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe ECOSTRIMED10 - web
2011	N Prat/MRieradevall	B.Ríos	Protocolo CERAs – Ríos Altoandinos
2011	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe ECOSTRIMED11 - web
2012	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe ECOSTRIMED12 - web
2012	N. Prat	M. Ordeix	Els Espais fluvials. Manual d'Avaluació dels Espais Fluvials. RIBUR
2013	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Informe CARIMED13 - web
2013	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Creació de la APP RiuNet. FECYT
2013-2015	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	Pilots d'Educació i Ciència Ciutadanes - Recercaixa
2014	N. Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED14 - web
2014-actual	N Prat/MRieradevall	P.Fortuño	RiuNet. Creació, modificació i seguiment del projecte de Ciència Ciutadana
2015	N. Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED15 - web
2015	N. Prat	N.Cid/M.Sòria	Participació projecte LIFE-Trivers
2015	N. Prat	N.Cid/M.Sòria	Participació projecte LIFE-Trivers
2015-actual	N. Prat	P.Fortuño	Festes i festivals de la ciència de Ajuntament de Barcelona
2015-actual	N. Prat	P.Fortuño	Festes i Fires científiques de la Universitat de Barcelona
2016	N. Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED16 - web
2016-actual	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño/I.Verkaik/M.Sòria	Ciència Ciutadana a les Escoles
2017	N. Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED17 - web
2017	N. Prat	I.Verkaik/M.Sòria	Recerkids. Apropa't al riu
2018	N. Prat	P.Fortuño	Càpsules sobre cicle de l'Aigua
2018	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Fira Recerca PCB



Any	IP	Coautoria principal	Activitat
2019	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED18 i 19 - web
2019-actual	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Qualitat aigües conca del Besòs. Consorci del Besòs
2020	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED20 -web
2021	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED21-web
2021-actual	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño/M.Sòria	<b>Llegim el Riu.</b> Biblioteques i Medi Ambient DiBa
2022	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Estudi Riera de Vallvidrera
2022	N. Bonada/N.Prat	P.Fortuño	Informe CARIMED22-web
2023	N. Bonada/N.Prat	C.Sanchez/P.Fortuño	Informe CARIMED23-web

Annex 2. Projectes de Ciència ciutadana sobre ecosistemes d'aigua dolça continental.

Projecte	Promotor	Origen	Ambit d'estudi	Enllaç
<b>RiuNet</b>	Universitat de Barcelona	Catalunya	Estat ecològic de rius Mediterranis	<a href="http://www.riunet.net">www.riunet.net</a>
<b>Projecte Rius</b>	Associació Hàbitats	Catalunya	Estat ecològic de rius Catalunya	<a href="http://www.projecterius.cat">www.projecterius.cat</a>
<b>Flood-up</b>	Universitat de Barcelona	Catalunya	Riscos d'inundació Global	<a href="http://www.floodup.ub.edu">http://www.floodup.ub.edu</a>
<b>Pescadors de plàstics</b>	Universitat de Vic	Catalunya	Plàstics als rius de Catalunya	<a href="https://mon.uvic.cat/pescadors-de-plastic/">https://mon.uvic.cat/pescadors-de-plastic/</a>
<b>1000punts d'aigua</b>	Territoris Vius	Catalunya	Petits ambients aquàtics Catalunya	<a href="https://1000punts.cat/ca/home">https://1000punts.cat/ca/home</a>
<b>QuiroRius</b>	Museu de Ciències Naturals de Granollers	Catalunya	Ratpenats de rius de Catalunya	<a href="https://www.ratpenats.org/rius/inici/">https://www.ratpenats.org/rius/inici/</a>
<b>BeWater</b>	CREAF	Catalunya	Conques fluvials Europa	<a href="http://www.bewaterproject.eu">http://www.bewaterproject.eu</a>
<b>PLASTICØPYR</b>	CEAB, UdG, UB, ACA, ...	Catalunya	Plàstics als rius i llacs de muntanya del Pirineu	<a href="https://plastic0pyr.wordpress.com/esp/">https://plastic0pyr.wordpress.com/esp/</a>
<b>Voluntariat Limne</b>	Fundació Limne	Pais Valencià	Estat ecològic de rius de la conca del Xúquer	<a href="http://www.limne.org/index.php/val/hacemos/voluntariado">http://www.limne.org/index.php/val/hacemos/voluntariado</a>
<b>Proxecto Ríos</b>	ADEAGA	Galícia	Estat ecològic de rius de Galícia	<a href="http://www.adega.gal/info.php?id=21&amp;idioma=gl&amp;sec=">http://www.adega.gal/info.php?id=21&amp;idioma=gl&amp;sec=</a>
<b>Proyecto Ríos</b>	Red Camberra	Cantabria	Estat ecològic de rius de Cantabria	<a href="https://redcambera.org/proyecto-rios/">https://redcambera.org/proyecto-rios/</a>
<b>Amigos de los ríos</b>	Gobierno de La Rioja	La Rioja	Estat ecològic de rius de La Rioja	<a href="http://amigosdelosrios.com/programa">http://amigosdelosrios.com/programa</a>

Projecte	Promotor	Origen	Ambit d'estudi	Enllaç
<b>Ibaialde</b>	Eusko Jaurlaritzaren	Euskadi	Estat ecològic de rius d'Euskadi	<a href="http://www.euskadi.eus/web01-a2inghez/es/contenidos/informacion/ibaialde_anual/es_def/index.shtml">http://www.euskadi.eus/web01-a2inghez/es/contenidos/informacion/ibaialde_anual/es_def/index.shtml</a>
<b>Proyecto Ríos</b>	Territorios Vivos	Madrid	Estat ecològic de rius de Madrid	<a href="http://www.territoriosvivos.org/portfolio-items/proyecto-rios">http://www.territoriosvivos.org/portfolio-items/proyecto-rios</a>
<b>Andarriós</b>	Ecotono	Andalucia	Estat ecològic de rius d'Andalusia	<a href="https://ecotonored.es/andarrios">https://ecotonored.es/andarrios</a>
<b>Rios Ciudadanos</b>	IPE	Aragó	Estat ecològic de rius d'Aragó	<a href="https://riosciudadanos.csic.es">https://riosciudadanos.csic.es</a>
<b>FuenAragón</b>	Ibercivis, CITA, IPE	Aragó	Petits ambients aquàtics d'Aragó	<a href="https://www.fuenaragon.com">https://www.fuenaragon.com</a>
<b>AquaCoLab-Burgos</b>	Universidad de Burgos	Castella i Lleó	Estat ecològic de rius de Castellà i Lleó	<a href="https://www.ubu.es/aquacolab">https://www.ubu.es/aquacolab</a>
<b>VAN Ríos</b>	Gobierno de Navarra	Navarra	Estat ecològic de rius de Navarra	<a href="https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/3A6DE236-0688-40C0-9276-5E125B00505D/150004/VANRios32.pdf">https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/3A6DE236-0688-40C0-9276-5E125B00505D/150004/VANRios32.pdf</a>
<b>Lagunas de Sierra Nevada</b>	Universidad de Granada	Andalucia	Llacs d'alta muntanya Andalusia	<a href="https://lagunasdesierranevada.es">https://lagunasdesierranevada.es</a>
<b>Observatorio Ciudadano de la Sequía</b>	Universidad Pablo de Olavide	Espanya	Efectes sequera Espanya	<a href="https://observasequia.es">https://observasequia.es</a>
<b>Proyecto Rios</b>	ASPEA	Portugal	Estat ecològic de rius de Portugal	<a href="https://aspea.org/index.php/pt/projeto-rios">https://aspea.org/index.php/pt/projeto-rios</a>

<b>Projecte</b>	<b>Promotor</b>	<b>Origen</b>	<b>Ambit d'estudi</b>	<b>Enllaç</b>
<b>Drinkable Rivers - Rios Potáveis</b>	Plataforma de Ciència Aberta	Portugal	Qualitat de l'aigua de rius de Portugal	<a href="https://www.plataforma.edu.pt/drinkable-rivers">https://www.plataforma.edu.pt/drinkable-rivers</a>
<b>Home River Bioblitz</b>	River Collective	Austria	Biodiversitat als rius Global	<a href="https://www.homeriverbioblitz.org">https://www.homeriverbioblitz.org</a>
<b>BarrierTracker</b>	Projecte AMBER / AEMS	Europa	Barreres als rius global	<a href="https://amber.international">https://amber.international</a>
<b>Plastic Pirates – Go Europe!</b>	Ecologic Institute	Europa	Plàstics als rius Europeus	<a href="https://www.plastic-pirates.eu/es">https://www.plastic-pirates.eu/es</a>
<b>Crowdwater</b>	Universitat de Zurich	Suïssa	Nivells d'aigua de rius, llacs, canals Global	<a href="https://crowdwater.ch">https://crowdwater.ch</a>
<b>DryRivers</b>	Universitat de Lyon	Europa	Condicions hidrològiques de rius temporals	<a href="https://www.dryver.eu/citizen-science/introduction">https://www.dryver.eu/citizen-science/introduction</a>
<b>MyPond - Az én kistavam</b>	Centre for Ecological Research	Hungria	Biodiversitat de basses	<a href="https://mypond.hu/en/">https://mypond.hu/en/</a>
<b>Dragonfly Ireland</b>	National Biodiversity Data Centre	Irlanda	Biodiversitat d'Odonats d'Irlanda	<a href="https://biodiversityireland.ie/surveys/dragonfly-ireland/">https://biodiversityireland.ie/surveys/dragonfly-ireland/</a>
<b>Schone Rivieren</b>	IVN Natuureducatie i Stichting De Noordzee	Paisos Baixos	Retirada de plàstics en rius	<a href="https://www.schonerivieren.org">https://www.schonerivieren.org</a>
<b>Citizen Crane</b>	The Crane Valley Partnership	Regne Unit	Estat ecològic de la conca del Crane	<a href="https://www.cranevalley.org.uk/citizen-crane/">https://www.cranevalley.org.uk/citizen-crane/</a>
<b>FreshWater Watch</b>	Earthwatch Institute	Regne Unit	Estat ecològic de rius Global	<a href="https://www.freshwaterwatch.org">https://www.freshwaterwatch.org</a>
<b>Global Water Watch</b>	Auburn University Water Resources Center	Estats Units	Estat ecològic de rius Global	<a href="https://aaes.auburn.edu/globalwaterwatch/">https://aaes.auburn.edu/globalwaterwatch/</a>

<b>Projecte</b>	<b>Promotor</b>	<b>Origen</b>	<b>Ambit d'estudi</b>	<b>Enllaç</b>
<b>Anglers' Riverfly Monitoring Initiative</b>	The Riverfly Partnership	Regne Unit	Estat ecològic de rius Regne Unit	<a href="https://www.riverflies.org">https://www.riverflies.org</a>
<b>Citizen Science Stream</b>	Local Authority Waters Programme (LAWPRO)	Irlanda	Estat ecològic de rius d'Irlanda	<a href="https://lawaters.ie/citizen-science/">https://lawaters.ie/citizen-science/</a>
<b>The National Waterbug Blitz</b>	The Waterbug Company	Austràlia	Estat ecològic de rius d'Austràlia	<a href="https://www.waterbugblitz.org.au">https://www.waterbugblitz.org.au</a>
<b>MiniSASS</b>	GroundTruth	Sud-Àfrica	Estat ecològic de rius de Sud-Àfrica	<a href="http://www.groundtruth.co.za/minisass">http://www.groundtruth.co.za/minisass</a>
<b>Global Water Watch - Mèxic</b>	Global Water Watch	Mèxic	Estat ecològic de rius de Mèxic	<a href="http://gww-mexico.org">http://gww-mexico.org</a>
<b>Gaia - Monitoreo de ríos</b>	Gaia	Mèxic	Estat ecològic de rius de Mèxic	<a href="https://gaia.org.mx/?page_id=367">https://gaia.org.mx/?page_id=367</a>
<b>ANAI - Stream Biomonitoring Program</b>	Asociación ANAI	Costa Rica	Estat ecològic de rius de Costa Rica	<a href="https://www.anaicostarica.org/program-history.html">https://www.anaicostarica.org/program-history.html</a>
<b>PIRAGUA</b>	CORANTIOQUIA	Colòmbia	Estat ecològic de rius d'Antioquia	<a href="https://geopiragua.corantioquia.gov.co/red-automatica">https://geopiragua.corantioquia.gov.co/red-automatica</a>
<b>Manos al Agua- Gestión inteligente del Agua</b>	CENICAFE	Colòmbia	Estat ecològic de rius de zones cafeteres de Colòmbia	<a href="https://www.apccolombia.gov.co/taxonomy/term/317">https://www.apccolombia.gov.co/taxonomy/term/317</a>
<b>BIOMCI</b>	CONICET - Universidad Nacional de Río Negro	Argentina	Estat ecològic de rius conca Río Negro	<a href="https://biomci.ar">https://biomci.ar</a>

ANNEXOS PEL PRIMER CAPÍTOL

Annex 1. 1. Valors dels trets de mida potencial i locomoció de cada família de macroinvertebrat

Taxa Group	Family	Mida potencial							Locomoció i relació amb el substrat							
		≤ 0.25 cm	0.25-0.5 cm	0.5-1 cm	1-2 cm	2-4 cm	4-8 cm	> 8 cm	Volador	Patinator	Nedador	Caminador-rastrejador	Excavador	Intersticial	Fixat temporalment	Fixat permanentment
Bivalvia	CORBICULIDAE						1.0	3.0				1.0	4.0			
Bivalvia	DREISSENIDAE						3.0	1.0				1.0	1.0			3.0
Bivalvia	MARGARITIFERIDAE												3.0		1.0	
Bivalvia	SPHAERIIDAE		1.5	1.0	2.0	0.5						1.0	4.0	0.5	2.0	
Bivalvia	UNIONIDAE												3.0		1.0	
Coelenterata	HYDRIDAE			3.0	2.0	1.0				1.0					3.0	
Coleoptera	CHRYSOMELIDAE				3.0					0.3			1.0	3.0	3.0	
Coleoptera	DRYOPIDAE		3.0							1.5			3.0	3.0		
Coleoptera	DYTISCIDAE		1.6	0.6	0.8	0.3				1.0		2.9	3.0		0.1	
Coleoptera	ELMIDAE		2.7	0.3						1.1			3.9	0.4	0.6	
Coleoptera	GYRINIDAE		1.3	2.7						1.0	3.0	3.0	3.0			
Coleoptera	HALIPLIDAE		3.0							1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HELOPHORIDAE		3.0	3.0						1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HYDRAENIDAE		3.0							1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HYDROCHIDAE		3.0							1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HYDROPHILIDAE		1.9	1.0	0.3	0.1	0.2			1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HYDROSCAPHIDAE	3.0								1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	HYGROBIIDAE			3.0						1.0		3.0	3.0			
Coleoptera	NOTERIDAE		3.0							1.0		3.0		3.0		
Coleoptera	PSEPHENIDAE		3.0										5.0			
Coleoptera	SCIRTIDAE	0.4	2.2	0.6									5.0			
Coleoptera	SPERCHEIDAE			3.0						1.0		3.0	3.0			
Crustacea	[Ord:Anostraca]			2.0	3.0	1.0						3.0				
Crustacea	[Ord:Conchostraca]				3.0								3.0	2.0		
Crustacea	ARGULIDAE			3.0	1.0							1.0			3.0	
Crustacea	ASELLIDAE			1.5	1.5								3.0		2.0	
Crustacea	ASTACIDAE											1.0	4.0	1.3		
Crustacea	ATYIDAE					3.0						5.0				
Crustacea	CAMBARIDAE						0.5	3.0				0.5	2.5	1.5		
Crustacea	COROPHIIDAE			3.0								1.0	3.0	1.0		
Crustacea	CRANGONYCITIDAE		2.0	2.0								2.0	3.0		1.0	
Crustacea	GAMMARIDAE				0.7	2.7						1.7	3.0	0.3	1.3	
Crustacea	GRAPSIDAE						3.0	2.0				1.0	3.0	3.0		
Crustacea	POTAMIDAE						3.0						2.0	3.0		
Crustacea	TRIOPSISIDAE						1.0	3.0				2.0	3.0	1.0		
Diptera	ATHERICIDAE				1.5	1.5							5.0		1.0	
Diptera	BLEPHARICERIDAE			3.0									2.0		2.0	0.7
Diptera	CERATOPOGONIDAE		1.3	1.3	1.5							0.5	0.8	3.5	1.0	
Diptera	CHAOBORIDAE			1.5	1.5							0.5	5.0	0.5		
Diptera	CHIRONOMIDAE		0.8	2.6	1.2	0.4						1.6	2.6	1.4	1.0	1.0
Diptera	CULICIDAE		0.5	3.0								4.5	0.5			
Diptera	CYLINDROTOMIDAE				3.0	1.0							2.0	3.0		1.5
Diptera	DIXIDAE			3.0								3.0	1.5	1.0		1.0
Diptera	DOLICHOPODIDAE			3.0									5.0			
Diptera	EMPIDIDAE			3.0									2.0	1.0	1.0	
Diptera	EPHYDRIDAE		1.0	3.0	3.0								2.0	3.0		
Diptera	LIMONIIDAE		0.3	2.7	1.3								1.3	4.0		
Diptera	Anthomyiidae			3.0	1.0								4.0	1.0		
Diptera	PEDICIIDAE				1.0	3.0	2.0						2.0	2.0		
Diptera	PSYCHODIDAE			3.0							1.0		2.0			
Diptera	PTYCHOPTERIDAE					3.0	1.0					1.0	2.0	4.0		
Diptera	RHAGIONIDAE				3.0	1.0							5.0			
Diptera	SCIOMYZIDAE				3.0						2.0			1.0		3.0
Diptera	SIMULIIDAE		1.0	2.0									2.0		1.0	4.0
Diptera	Stratiomyidae			2.0	2.0	1.0	1.0					3.0	3.0			
Diptera	SYRPHIDAE				3.0	1.0						1.0	2.0	3.0		
Diptera	TABANIDAE					3.0	1.0					1.0	2.0	5.0		
Diptera	THAUMALEIDAE				3.0								5.0			
Diptera	TIPULIDAE					3.0	2.0						1.0	4.0		
Ephemeroptera	AMELETIDAE				3.0							5.0	0.5			
Ephemeroptera	BAETIDAE			3.0	0.1							2.7	1.9	0.1	0.1	
Ephemeroptera	CAENIDAE		1.0	3.0									5.0	0.5	0.5	

Taxa Group	Family	Mida potencial							Locomoció i relació amb el substrat							
		≤ 0.25 cm	0.25-0.5 cm	0.5-1 cm	1-2 cm	2-4 cm	4-8 cm	> 8 cm	Volador	Patinador	Nedador	Caminador-rastrejador	Excavador	Intersticial	Fixat temporalment	Fixat permanentment
Ephemeroptera	EPHEMERELLIDAE			3.0						0.5	5.0					
Ephemeroptera	EPHEMERIDAE					3.0					1.0	4.0				
Ephemeroptera	HEPTAGENIIDAE			0.2	3.0					0.8	5.0		0.2			
Ephemeroptera	LEPTOPHLEBIIDAE			2.5	1.2					0.7	3.7	0.3	0.5			
Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE				3.0					1.0	4.0					
Ephemeroptera	POLYMITARCYIDAE				3.0							5.0				
Ephemeroptera	POTAMANTHIDAE				3.0					1.0	4.0	1.0	2.0			
Ephemeroptera	PROSOPISTOMATIDAE		1.0	3.0								5.0				
Ephemeroptera	SIPHONURIDAE				3.0					3.0	1.0					
Gastropoda	ACROLOXIDAE			3.0								1.0	3.0			
Gastropoda	ANCYLIDAE			3.0	3.0							3.0			2.0	
Gastropoda	BITHYNIIDAE			3.0	1.0							3.0	1.0			
Gastropoda	HYDROBIIDAE		2.4	1.0						0.2		2.6	0.8	0.4		
Gastropoda	LYMNAEIDAE				1.4	2.0	0.6			0.4		3.0				
Gastropoda	NERITIDAE			3.0	1.0							3.0			2.0	
Gastropoda	PHYSIDAE			0.3	3.0					1.0		3.3				
Gastropoda	PLANORBIDAE		1.0	1.7	0.8	0.3				0.9		3.0	0.3		0.2	
Gastropoda	VALVATIDAE		2.0	3.0								2.0	3.0			
Gastropoda	VIVIPARIDAE					3.0						3.0	1.0			
Heteroptera	APHELOCHEIRIDAE			2.0	2.0						2.0	3.0	3.0			
Heteroptera	CORIXIDAE	0.3	0.3	2.6	0.3					0.8	0.2	4.5	0.2			
Heteroptera	GERRIDAE			1.0	3.0					3.0	4.0					
Heteroptera	HYDROMETRIDAE			1.0	3.0					1.0	4.0		2.0			
Heteroptera	MESOVELIIDAE		3.0							1.0	4.0		1.0			
Heteroptera	NAUCORIDAE				3.0					0.5	2.0	3.0	1.5			
Heteroptera	NEPIDAE				1.5	2.5						1.0	4.0			
Heteroptera	NOTONECTIDAE			2.0	1.0					2.0	1.3	4.0				
Heteroptera	PLEIDAE	1.0	3.0									5.0				
Heteroptera	VELIIDAE	1.5		1.5						1.0	4.0					
Hirudinea	ERPOBDELLIDAE					2.0		1.0				0.3	3.3	1.0		0.7
Hirudinea	GLOSSIPHONIIDAE			0.4	1.4	1.4	0.4					3.4	0.3		1.0	
Hirudinea	HAEMOPIIDAE						3.0					1.0	4.0	1.0		1.0
Hirudinea	HIRUDINIDAE						3.0	1.0				3.0			2.0	
Hirudinea	PISCICOLIDAE					2.0	3.0					3.0			2.0	
Hymenoptera	AGRIOTYPIDAE			3.0								1.0			1.0	3.0
Lepidoptera	PYRALIDAE			0.6	2.4	1.2						0.2	1.8			1.6
Megaloptera	SIALIDAE				3.0	2.0						1.0	4.0	3.0		
Nematoda	MERMITHIDAE				3.0							1.0	2.0			2.0
Nematomorpha	GORDIIDAE							3.0				1.0	2.0			3.0
Nemertea	TETRASTEMMATIDAE				3.0							2.0				
Odonata	AESHNIDAE					1.5	2.2					0.3	4.8			
Odonata	CALOPTERYGIDAE				1.0	3.0	1.0					1.0	4.0			
Odonata	COENAGRIONIDAE			0.3	3.0	0.4						0.4	4.7			
Odonata	Cordulegasteridae					2.0	3.0						1.0	4.0		
Odonata	CORDULIDAE				0.6	3.0						0.2	2.8	1.6		
Odonata	GOMPHIDAE					3.0							1.8	4.0		
Odonata	LESTIDAE				1.3	2.0						1.3	3.7			
Odonata	LIBELLULIDAE				1.8	1.8						1.4	4.0	0.4		
Odonata	PLATYCNEMIDIDAE				3.0								5.0			
Oligochaeta	Oligochaeta	0.3	0.9	1.2	1.4	0.5	1.0	0.4				0.5		1.0	1.1	0.3
Planipennia	NEURORTHIDAE			3.0	1.0								3.0			
Planipennia	OSMYLIDAE				3.0								5.0			
Planipennia	SISYRIDAE		3.0									2.0	3.0			
Plecoptera	CAPNIIDAE		0.3	3.0									5.0	0.7	0.7	
Plecoptera	CHLOROPERLIDAE			3.0	0.7								4.3	0.3	1.0	
Plecoptera	LEUCTRIDAE			1.3	2.3								5.0	1.7	0.7	
Plecoptera	NEMOURIDAE		0.5	3.0	0.3								5.0			
Plecoptera	PERLIDAE				1.5	1.8							5.0			
Plecoptera	PERLODIDAE			0.1	2.3	1.4							4.9		0.1	
Plecoptera	TAENIOPTERYGIDAE			1.7	3.0								5.0	0.7	0.7	
Porifera	SPONGILLIDAE				0.3	2.8	1.5	1.0				1.0				3.0
Trichoptera	APATANIIDAE			3.0	1.0								5.0			1.0
Trichoptera	BERAEIDAE		0.6	3.0									5.0			0.2
Trichoptera	BRACHYCENTRIDAE		0.3	2.3	1.0								2.3			2.3
Trichoptera	CALAMOCERATIDAE				3.0	1.0							5.0			
Trichoptera	DIPSEUDOPSIDAE			3.0										1.0		
Trichoptera	ECNOMIDAE			3.0									3.0	2.0		1.0
Trichoptera	GLOSSOSOMATIDAE		0.2	3.0	0.2								2.6			2.0

Taxa Group	Family	Mida potencial							Locomoció i relació amb el substrat							
		≤ 0.25 cm	0.25-0.5 cm	0.5-1 cm	1-2 cm	2-4 cm	4-8 cm	> 8 cm	Volador	Patinador	Nedador	Caminador-rastrejador	Excavador	Intersticial	Fixat temporalment	Fixat permanentment
Trichoptera	GOERIDAE			2.3	1.3							4.8			0.8	0.3
Trichoptera	HELICOPSYCHIDAE			3.0								4.0	1.0		1.0	
Trichoptera	HYDROPSYCHIDAE			2.3	1.3	0.3						2.0			3.0	
Trichoptera	HYDROPTILIDAE	0.8	2.6	0.4							0.2	2.8			1.3	
Trichoptera	LEPIDOSTOMATIDAE			2.0	1.3							5.0				
Trichoptera	LEPTOCERIDAE			2.7	1.2						0.8	4.2	0.1			
Trichoptera	LIMNAPHILIDAE			0.4	2.2	1.2						5.0				
Trichoptera	MOLANNIDAE			1.5	2.5							4.5	0.5			
Trichoptera	ODONTOCERIDAE				3.0	1.0						3.0	2.0			
Trichoptera	PHILOPOTAMIDAE			2.3	1.0							2.0			3.0	
Trichoptera	PHRYGANEIDAE				1.5	2.3						5.0				
Trichoptera	POLYCENTROPODIDAE			1.2	2.6	0.4					1.0	1.0			3.0	
Trichoptera	PSYCHOMYIIDAE		0.4	3.0	0.4							2.0			3.0	0.6
Trichoptera	RHYACOPHILIDAE			1.2	2.0	1.2					2.0	3.0			1.0	
Trichoptera	SERICOSTOMATIDAE				3.0							4.8	0.3	0.3		
Trichoptera	UENOIDAE			3.0								3.0			3.0	
Turbellaria	DENDROCOELIDAE					3.0						5.0				
Turbellaria	DUGESIIDAE			1.0	2.0	3.0					1.0	5.0				
Turbellaria	PLANARIIDAE			0.3	2.5	1.3					0.3	4.5		0.8		

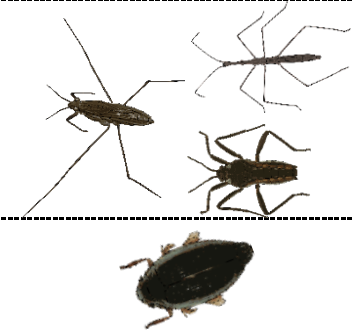


## Annex 1. 2. Proposta de clau d'identificació de macroinvertebrats basada en el moviment i comportament

1. Animals que suren o patinen per la superfície de l'aigua	5
2. Animals que estan dintre de l'aigua i solen estar nedant	8
3. Animals que estan dintre de l'aigua i solen estar caminant o reptant pel fons	31
4. Animals sense moviment aparent	75

### ANIMALS QUE ES MOUEN PER SUPERFÍCIE DE L'AIGUA (PATINADORS)

5. Animals sovint només vistos al riu, ja que són esquius (marxen quan els volem atrapar)	6-7
6. Animals amb potes llargues que caminen o patinen per la superfície de l'aigua.	
	Gerridae, Velidae, Hydrometridae (HETERÒPTERS)
7. Animals que giren veloçment per la superfície de l'aigua. Tenen forma d'escarabat i són negres.	Gyrinidae (COLEÒPTERS)



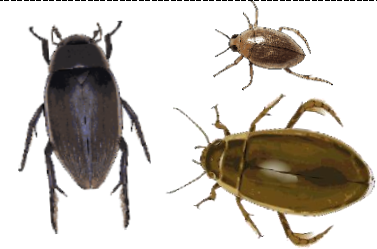
ANIMALS QUE ES MOUEN PER LA COLUMNA D'AIGUA (NEDADORS)

8. Animals de moviments molt ràpids i que resulten molt difícil d'atrapar perquè es desplacen contínuament per la columna d'aigua i la safata de recol·lecció.

9-22

9. Animals en forma d'escarabat, sovint força grans i de colors foscos. Poden tenir tons blanc-i-negres o tornassols verdosos o blaus.

Escarabats nedadors adults:  
Dytiscidae, Hydrophilidae, Haliplidae  
(COLEÒPTERS)



10. Animals en forma de barca i amb sis potes per nedar

11-12

11. Neden d'esquena i també es queden quietes prop de la superfície de l'aigua mentre respiren aire atmosfèric. Poden ser força grans.

Notonecta  
(HETERÒPTERS)



12. Animals petits (menys de 0.5 mm) que es desplacen contínuament nedant linealment o bé en forma de salts.

Corixidae,  
Pleidae  
(HETERÒPTERS)



13. Animals en forma de mitja lluna i que neden de forma lateral. Tenen moltes potes que mouen molt ràpidament quan neden. Sovint de color taronja, ocre o groc fosc.






Gammaridae  
(CRUSTACIS)



14. Animals amb 6 potes per desplaçar-se, i sense cues aparents. Es propulsen a impulsos expulsant aigua per la seva part posterior. Poden ser molt grans, amb uns ulls grossos i se'ls hi solen veure clarament unes fundes dorsals que donaran lloc a les ales.

Anisoptera  
(ODONATS)



15. Animals amb 6 potes, i diverses cues aparents (cercs o lamel·les).	16-17	
16. Animals allargats, amb potes llargues, que es desplacen dibuixant una S lateralment. Solen arribar a ser grans (> 1 cm) o molt grans (> 5 cm) i sovint s'aturen al fons de la safata. Tenen colors foscos, bruns o verds. Tres làmines amples a la part final (brànquies)	Zygoptera (ODONATS)	
17. Animals de natació molt ràpida, amb moviments sobtats i discontinus, sovint en línia recta. Se'ls observen unes prolongacions en forma de fulla petites (brànquies) a lateral del seu abdomen.	Baetidae (EFEMERÒPTERS)	
18. Animals que neden dibuixant una S en vertical.	19-22	
19. Animals que tenen com una petita faldilla al seu abdomen, que són dues plaques que cobreixen les seves brànquies. Com són mals nedadors, solen desplaçar-se caminant pel fons.	Caenidae (EFEMERÒPTERS)	
20. Animals sense aquesta petita faldilla al seu abdomen i, en canvi, se li veuen 5 brànquies al dors de l'abdomen que poden moure. Sovint pleguen els seus cercs al damunt del cos com doblegant-se	Ephemerellidae (EFEMERÒPTERS)	
21. Animals amb uns apèndixs en forma de pèl, sovint dobles, com si fossin una fulla de pi, a banda i banda del seu abdomen.	Leptophlebiae (EFEMERÒPTERS)	

22. Animals amb unes plomes (brànquies) que recobreixen el seu abdomen i que fan moure tota l'estona. Poden arribar a ser grans (> 1 cm) i són de colors clars. A la boca s'observen unes mandíbules cap endavant llargues com de l'amplada del cap.

Ephemeroidea i Polyneura  
(EFEMERÒPTERS)



23. Animals que quan se'ls remou una mica l'aigua, es desplacen d'una banda a l'altra de la safata sense una direcció aparent.

24

24. Animals en forma de larva i sense potes.

25-28

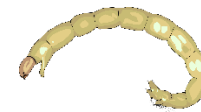
25. Mosquits Larves amb un cap molt gran i amb el cos ple de pèls (sedes). Se solen quedar quietes prop de la superfície de l'aigua de cap per avall, mentre respiren aire atmosfèric per la part posterior del seu abdomen (sifó). Si s'han de moure, ho fan a salts movent el cos en forma de L.

Culicidae  
(DÍPTERS)



26. Tenen un cap visible, però petit, solen ser petits (< 1 cm), tot i que, poden ser de moltes mides i colors (habitualment verdosos o grocs, vermells en llocs amb poca oxigen). Es mouen fent S de forma regular.

Chironomidae  
(DÍPTERS)



27. Larves molt allargades i estretes (com un fil) així que solen ser difícils de veure. Es mouen fent una S com ho faria una serp d'aigua.

Ceratopogonidae  
(DÍPTERS)







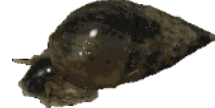




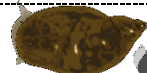




28. Larves sense cap visible i de forma afusada. Solen ser grans (> 1 cm). Es mouen de forma continuada cap a un costat i cap a l'altre.

Athericidae  
(DÍPTERS)



ANIMALS QUE ES TROBEN PEL FONS DE LA SAFATA O RECIPIENT CAMINANT O REPTANT)

29. Animals que fixen fortament al fons amb espines o ventoses o es desplacen lentament amb la seva closca (caragols).			30-42
30. Animals llefiscosos que s'adhereixen al fons de la safata mitjançant una ventosa. També poden nedar i ho fan serpentejant.	Sangoneres: Erpobdellidae (HIRUDINIS)		
31. Larva fosca amb un cap ben diferenciat i un cos en forma d'ampolla que s'eixampla cap a la part posterior. S'adhereixen al fons amb unes espines que s'enganxa a un coixinet que fan ells mateixos que tenen a la part posterior més ampla.	Simuliidae (DÍPTERS)		
32. Larva petita i fosca amb un cap gran i el cos format per 6 segments. S'adhereixen fortament al fons amb un seguit de ventoses ventrals.	Blepharicecidae (DÍPTERS)		
33. Animal amb closca (caragols).			34-42
34. Closca en forma de barret.	Ancylidae (MOL·LUSCS)		
35. Closca en forma d'espiral arrodonida i amb unes línies transversals corbades.	Neritidae (MOL·LUSCS)		
36. Closca en forma d'espiral plana.	Planorbidae (MOL·LUSCS)		
37. Closca en forma d'espiral cònica.			40-42
38. Animal molt gran, de diversos centímetres. Tenen un opercle dur a l'entrada	Melanopsidae (MOL·LUSCS)		

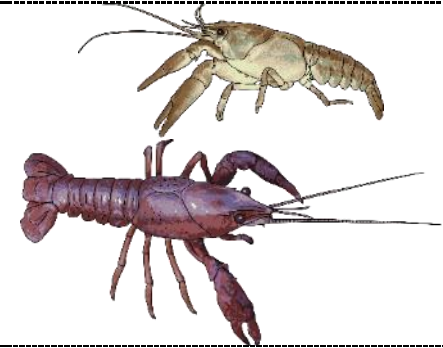
39. Animal molt petit i de closca molt caragolada (4-5 voltes). També tenen opercle, però no és fàcil de veure a causa de la seva mida.	Hydrobiidae (MOL·LUSCS)	
40. Closca amb la primera volta molt més gran que les altres i amb una obertura gran en forma de llàgrima. No tenen opercle dur		41-42
41. Espiral levogira (obertura a l'esquerra).	Physidae (MOL·LUSCS)	
42. Espiral dextrogira (obertura a la dreta).	Lymnaeidae (MOL·LUSCS)	
43. Animals que es mouen reptant o caminant pel fons sense possibilitats de fixar-se fortament i sense closca		44-47
44. Cucs allargats sense cap ni potes ni cap apèndix, sovint rosats o bruns, i que repten pel fons. Poden ser molt petits i prims o grans i gruixuts.	Lumbricidae (OLIGOQUETS)	
45. Larves sense potes ni cap aparent, però amb alguna estructura diferenciada o apèndix a la part posterior del cos.		46-47
46. Larva gran i sovint fosca que queda al fons de la safata i es mou reptant. Té unes protuberàncies al final del seu abdomen.	Tipulidae (DÍPTERS)	
47. Larva gruixuda i tova amb un llarg apèndix posterior que sembla una cua. Cuques cua de rata	Syrphidae (DÍPTERS)	
48. Animals amb potes caminadores		49-72
49. Animals amb més de 10 potes, sense cap aparent i de mida petita (menys d '1 cm). Les	Assellidae (CRUSTACIS)	

---

primeres potes mai estan transformades en pines.







---

50. Animals amb 8 potes, amb un cap i dues pines a la part davantera i de mida gran (més de 2 cm i fins a 15 cm). Quan volen desplaçar-se ràpidament per l'aigua, ho fan plegant l'abdomen veloçment per propulsar-se.



Crancs de riu:  
Cambaridae i Astacidae (CRUSTACIS)

---

51. Animals amb 6 potes caminadores. (Insectes excepte els Dípters)	52-72	
52. Animal amb les primeres potes semblants a les d'un escorpí i un llarg apèndix posterior en forma de cua.	Escorpí d'Aigua: Nepidae (HETERÒPTERS)	
53. Animals en forma d'escarabat. Solen ser petits (> 0.5 cm) i negres.	Elmidae adult (COLEÒPTERS)	
54. Animals amb un cos molt aplanat, de cap ample i dos ulls molt grans. Caminen pel fons i poden fer ventosa amb tota la seva zona ventral.	Heptageniidae (EFEMERÒPTERS)	
55. Animals caminadors amb dos apèndixs llargs posteriors en forma de cues.	56-58	
56. Animals grans (> 1 cm) i fins i tot molt grans (> 5 cm) i de coloracions i dibuixos variats a tota la seva part dorsal del cap, tòrax i abdomen. Neden molt poc, però quan ho fan es mouen dibuixant S amb tot el seu cos. A vegades també els podem observar fent flexions amb el cos per renovar l'aire d'entre les brànquies.	Perles: Perlidae i Perlodidae (PLECÒPTERA)	
57. Animals petits i allargats, de colors bruns clars o taronja. També poden nedar i ho fan dibuixant una S amb tot el seu cos. Tenen unes fundes alars rectes.	Leuctridae (PLECÒPTERA)	
58. Animals petits i rabassuts, sovint de colors foscos i peluts. Tenen unes fundes alars divergents cap a fora	Nemouridae (PLECÒPTERA)	



59. Larves amb un abdomen allargat que no acaba amb cues aparents, tot i que hi tenen unes ungles o ganxos més o menys aparents.

60-61

60. Animals que es mouen molt, amb unes mandíbules grans i visibles. Poden ser molt grans (> 1 cm)

Dytiscidae larva  
(COLEÒPTERS)



61. Animals que quasi no es mouen, solen ser molt petits (< 0.5 cm) i difícils de veure. De forma allargada o triangular

Elmidae larva  
(COLEÒPTERS)



62. Larves amb un abdomen molt allargat acabat en dos ganxos. Solen tenir el cap d'un color més fosc i viu que la resta del cos. (Tricòpters). Poden viure o no en un estoig

63-64

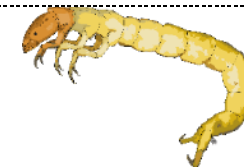
63. Primer parell de potes més gruixudes que la resta. Cap i potes de color marró. Només el primer segment és de color fosc i dur. Abdomen clar

Phychomyiidae  
(TRICÒPTERS)



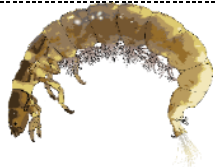





64. Primer parell de potes igual que les altres. Cap, potes i cos de color groc i poden tenir el cap groc i ple de taques semblants a pigues. Només el primer segment més fosc i dur.

Polycentropodidae  
(TRICÒPTERS)


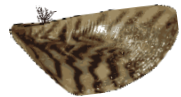

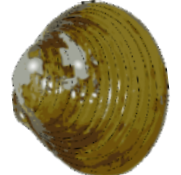


65. Larves amb un abdomen molt allargat acabat en dos ganxos. També hi tenen unes brànquies en forma de pèl que mouen en fer espasmes de costat a costat per la columna d'aigua.

66-67

66. Les brànquies són blanques i se situen només a la part ventral. Tres primers segments més foscos i durs	Hydropsychidae (TRICÒPTERS)	
67. Les brànquies se situen només a la part lateral de l'abdomen. Solen ser animals de color verdós. Només el primer segment més fosc i dur	Rhyacophilidae (TRICÒPTERS)	
68. Larves amb un estoig que els recobreix tot l'abdomen.	69-72	
69. Animals grans (> 1 cm), amb estoigs cilíndrics de pedres de mida mitjana o elements vegetals fetes de forma irregular.	Limnephilidae (TRICÒPTERS)	
70. La seva caseta està feta de granets de sorra petits, totalment cilíndrica i molt ben feta. L'entrada és més ampla i el final és ben recte.	Sericostomatidae (TRICÒPTERS)	
71. Caseta cilíndrica feta d'elements vegetals com fulles, petits troncs, algues i algun petit gra de sorra. Tenen les potes llargues i sobresurten molt davant del cap.	Leptoceridae (TRICÒPTERS)	
72. Caseta en forma de llavor o petxina, feta de seda, grans de sorra molt petits o a vegades d'algues. Animals molt petits (< 0.5 cm).	Hydroptilidae (TRICÒPTERS)	

ANIMALS SENSE MOVIMENT APARENT

73. Animals sèssils, molt petits i quasi transparents. Amb sis tentacles	Hydridae (CNIDARIS)	
74. Animals amb closca.		75-78
75. Closca en forma de musclo, sovint amb bandes clares i fosques.	Musclo zebra: Dreissenidae (MOL·LUSCS)	
76. Closca en forma de petxina.		77-78
77. Animal molt petit (< 0.5 cm), quasi transparent, la closca és fràgil i de color blanc.	Sphaeridae (MOL·LUSCS)	
78. Animal mitjà o gran (> 0.5 cm), de closca dura i colors bruns o grocs.	Corbiculidae (MOL·LUSCS)	



## ANNEXOS DEL SEGON CAPÍTOL

### Annex 2. 1. Exercicis i enquesta feta a l'alumnat (traduïda al català)

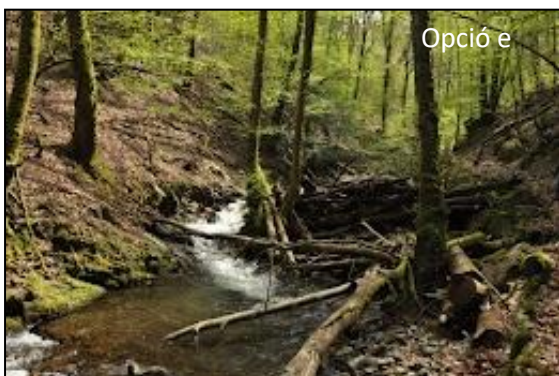
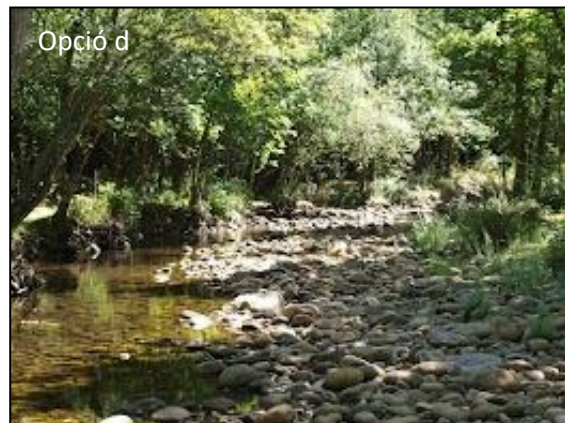
#### EXERCICIS

1. Dibuixa un riu. Si tens dificultats per dibuixar algun element que vulguis incloure, pots posar el seu nom en lloc de dibuixar-lo.
2. Què és un riu? Defineix-ho.

#### ENQUESTA

3. Indica els tipus de éssers vius que viuen en un riu (marca totes les respostes que consideris):
  - a. Peixos.
  - b. Arbres, arbustos, herbes...
  - c. Insectes.
  - d. Aus, mamífers o altres vertebrats.
  - e. Microorganismes (bacteris, fongs...).
4. Indica quins dels següents elements són positius per a la biodiversitat d'un riu (marca totes les respostes que consideris):
  - a. Sediment de diferents tipus (pedres, gravetes, sorra, fang...).
  - b. Petites preses i embassaments al llarg del curs.
  - c. Boscos a la riba dels rius.
  - d. Fusta morta al llit del riu.
  - e. Plantacions d'arbres a les ribes dels rius.
5. Entre les opcions següents, assenyala quina consideres que és l'impacte més gran pels rius en l'actualitat (marca una resposta):
  - a. Contaminació produïda pels pobles i ciutats per on passa.
  - b. Reducció de la quantitat d'aigua del riu per utilitzar-la en agricultura, jardins, piscines...
  - c. Contaminació per vessaments procedents de les fàbriques i indústries.
  - d. Alteracions del llit del riu amb murs, esculleres o preses.
  - e. Augment del consum d'aigua per la sobrepoblació.
6. Entre els següents mètodes d'anàlisi, indica quin és el que ens aporta una informació més completa de l'estat de conservació del riu (marca una resposta):
  - a. Analitzar els compostos químics presents a l'aigua.
  - b. Analitzar la quantitat de brossa que té un riu.
  - c. Utilitzar bioindicadors o indicadors biològics.
  - d. Estudiar les propietats físiques: temperatura, densitat, calor específica...
  - e. Estudiar sensorialment l'aigua: color, sabor, olor, viscositat...

7. Quin creus que és el tram de riu millor conservat? (marca una resposta):



8. ¿Un riu sempre porta aigua? (marca totes les respostes que consideris):

- a. Hi ha rius que sempre porten aigua.
- b. Hi ha rius que poden assecar-se totalment.
- c. Hi ha rius on l'aigua pot deixar de fluir i només queda en basses o bassals.
- d. Hi ha rius que només porten aigua quan plou molt.

9. Entre els següents elements assenyala quins eliminaries en una neteja del riu de la teva comarca (marca totes les respostes que consideris):

- a. Matolls i altres plantes petites de la vora.
- b. Arbres de major mida de la vora.

- c. Acumulació de branques i troncs.
- d. Vegetació al llera.
- e. No eliminaria cap dels elements anteriors.

10. ¿Quina consideres que és la millor mesura per evitar problemes d'escassetat d'aigua en èpoques de sequera? (marca una resposta):

- a. Construir més embassaments per evitar que aquesta es perdi al mar.
- b. Evitar construir instal·lacions com piscines i camps de golf en zones amb escassetat d'aigua.
- c. Transvasar aigua mitjançant canals de zones on sigui abundant a altres on hi hagi sequeres habitualment.
- d. Reduir el consum d'aigua amb mesures d'estalvi.
- e. Construir grans dipòsits per emmagatzemar l'aigua de la pluja.

11. ¿Quina consideres que és la millor mesura per evitar problemes d'escassetat d'aigua en èpoques de sequera? (marca una resposta):

- a. Construir més embassaments per evitar que aquesta es perdi al mar.
- b. Evitar construir instal·lacions com piscines i camps de golf en zones amb escassetat d'aigua.
- c. Transvasar aigua mitjançant canals de zones on sigui abundant a altres on hi hagi sequeres habitualment.
- d. Reduir el consum d'aigua amb mesures d'estalvi.
- e. Construir grans dipòsits per emmagatzemar l'aigua de la pluja.

12. ¿Quina creus que seria la millor mesura per reduir el risc provocat per les inundacions? (marca una resposta):

- a. Construir més embassaments i recreixers els existents per controlar el volum d'aigua al riu.
- b. Construir murs a les vores per evitar que desbordi el riu.
- c. Evitar l'assentament de cases i activitats ramaderes o industrials prop del riu, a les planures d'inundació.
- d. Dragar els rius (retirant graves i roques del fons perquè tinguin major profunditat) i netejar-los (eliminant branques, troncs i vegetació del llera).
- e. Buscar una major naturalització del riu, amb un bosc de ribera amb gran amplada i permetent al riu que discorri per la seva llera històrica, amb meandres i corbes.





## ANNEXOS DEL TERCER CAPÍTOL.

Annex 3. 1. Exemples de fitxes de resultats entregades a la primera diagnosi i la segona diagnosi

### Fitxa 1a diagnosi de Sant Joan de Vilatorrada

# Llegim el riu



RIU: Riu Cardener CONCA: Llobregat LOCALITAT: Sant Joan de Vilatorrada

Tipologia de riu: rius petits de parts mitjanes

Règim hidrològic: permanent

Diagnosi realitzada amb RiuNet pels participants de Llegim el riu:


- Coordenades: 41°44'50.0"N 1°48'32.4"E
- Serveis ecosistèmics socioculturals: educació-recerca, bonic-inspirador, senderisme, pesca
- Mostrejos realitzats: 8 d'octubre del 2022 (tardor)

**MOSTREIG TARDOR 2022:**

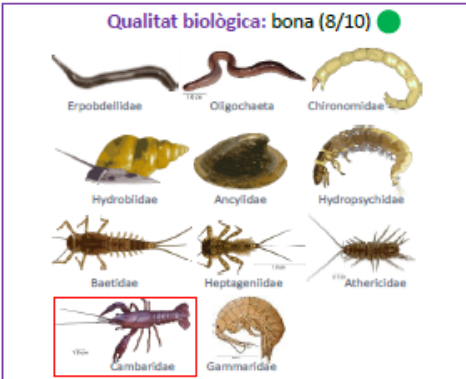
ESTAT HIDROLÒGIC: moderat (7/15) ●

ESTAT ECOLÒGIC: mediocre ● , NO compleix amb la Directiva marc de l'aigua.

Qualitat hidromorfològica: mediocre (24/40) ●



Qualitat biològica: bona (8/10) ●



Diagnosi realitzada per l'agència catalana de l'aigua (ACA)<sup>1</sup>, el projecte CARIMED<sup>2</sup> i el Projecte Rius<sup>3</sup>:

Links webs: (1) [aca-web.gencat.cat/WDMA/](http://aca-web.gencat.cat/WDMA/); (2) [www.ub.edu/barcelonarius/visor/](http://www.ub.edu/barcelonarius/visor/); (3) [www.projecterius.cat/front/consulteu-dades](http://www.projecterius.cat/front/consulteu-dades)

	ACA (1000640)	CARIMED (L39)	Projecte Rius	Llegendes
<b>ESTAT QUÍMIC</b>	●	●	●	→
<b>ESTAT ECOLÒGIC</b>	●	●	●	→
Qualitat fisicoquímica	●	●	● nitrats 5mg/l	→
Qualitat hidromorfològica	●	●	●	→
Qualitat biològica	●	●	●	→
Dades observades a la taula	2015-2018	Primavera 2021	Tardor 2019	
Disponibilitat de dades (anys)	2007-2018	1980-2021	2015-2017 i 2019	
Punts propers	1000700, 1000680	Dades del L39 (41°48'47.3"N 1°45'44.9"E)	Aigües amunt hi ha un altre punt	En gris indica sense dades





## Quins impactes antròpics van detectar els i les participants?

HIDROLÒGICS	HIDROMORFOLÒGICS	BIOLÒGICS	ABOCAMENTS
- Presa	- Brossa d'origen humà	- Espècies exòtiques	- Salinitat
- Assuts	- Paisatge adjacent	- Invasores	
- Pous	- Paisatge transformat		
- Canal de derivació	- Vegetació en taques		
- Extraccions d'aigua per:	- Vegetació discontinua i presència de		
• Petits horts	canya ( <i>Arundo Donax</i> )		

## Llistat de mesures obtingudes del procés de co-creació en el 2022-2023

- 
- 



Diputació  
Barcelona



associació  
habitats



AGENDA  
2030



# Llegim el riu



RIU: Llobregat CONCA: Llobregat LOCALITAT: Gironella (Viladomiu nou)

Tipologia de riu: rius grans de parts mitjanes

Règim hidrològic: permanent

Diagnosi realitzada amb RiuNet pels participants de Llegim el riu:

- Coordenades: 42°00'15.0"N 1°53'19.2"E (tardor 2021) i 42°01'01.5"N 1°52'41.6"E (estiu 2022)
- Serveis ecosistèmics socioculturals: senderisme, bonic-inspirador, pesca, educació-recerca
- Mostrejos realitzats: 8 d'octubre del 2021 (tardor) i 30 de juny del 2022 (estiu)

## MOSTREIG TARDOR 2021:

ESTAT HIDROLÒGIC: **pèssim (4/15)** ●

ESTAT ECOLÒGIC: **bo** ●, compleix amb la Directiva marc de l'aigua

Qualitat hidromorfològica: **bona (30/40)** ●



Qualitat biològica: **bona (7/10)** ●



## MOSTREIG ESTIU 2022:

ESTAT HIDROLÒGIC: **moderat (10/15)** ●

ESTAT ECOLÒGIC: **bo** ●, compleix amb la Directiva marc de l'aigua

Qualitat hidromorfològica: **mediocre (27/40)** ●



Qualitat biològica: **molt bona (9/10)** ●



Diputació Barcelona





## Diagnosi realitzada per l'agència catalana de l'aigua (ACA)<sup>1</sup>, el projecte CARIMED<sup>2</sup> i el Projecte Rius<sup>3</sup>:

Links webs: (1) [aca-web.gencat.cat/WDMA/](http://aca-web.gencat.cat/WDMA/); (2) [www.ub.edu/barcelonarius/visor/](http://www.ub.edu/barcelonarius/visor/); (3) [www.projecterius.cat/front/consulneu-dades](http://www.projecterius.cat/front/consulneu-dades)

	ACA (1000130)	CARIMED (L60c)	Projecte Rius	Llegendes
<b>ESTAT QUÍMIC</b>	●	●	●	→
<b>ESTAT ECOLÒGIC</b>	●	●	●	→
Qualitat fisicoquímica	●	●	● nitrats	→
Qualitat hidromorfològica	●	●	●	→
Qualitat biològica	●	●	●	→
Dades observades a la taula	2015-2018	2017-2019	2017	
Disponibilitat de dades (anys)	2007-2018	1998-2017	2008-2017	
Punts propers	1000160, 1000170	L60a	Riera de la Riba	

*En gris indica sense dades*

## Quins impactes antròpics van detectar els participants?

HIDROLÒGICS	HIDROMORFOLÒGICS	BIOLÒGICS	ABOCAMENTS
- Presa La Baells - Assuts - Pous - Canal de derivació - Extraccions d'aigua per: • Petits horts	- Brossa d'origen humà - Parcialment canalitzat	- Espècies exòtiques invasores	- No hi ha

## Llistat de mesures obtingudes del procés de co-creació

- **Mesures d'educació ambiental:**
  - Realitzar la **Festa del Riu** per a donar a conèixer a més gent el potencial d'aquests ecosistemes i també les seves problemàtiques
  - Unir esforços entre les diverses **entitats vinculades al riu** (pescadors, amics colònies industrials, etc.)
- **Mesures de restauració:**
  - Pressionar per millorar els **cabals ambientals**
  - Que l'ajuntament demani una subvenció per a la **neteja de lleres**



### Annex 3. 2. Preguntes de l'enquesta realitzada al tàndem coordinador de cada municipi.

- Municipi participant
- Nom de la biblioteca participant
- Nom i càrrec de la representant de la biblioteca
- Nom i càrrec de la representant de medi ambient
- Nombre de participants (dones/homes) en la presentació de l'activitat
- Nombre de participants (dones/homes) en la sortida al riu
- Nombre de participants (dones/homes) en la sessió de retorn
- El públic s'ha mostrat participatiu
- Quin és el perfil del públic participant ?
- A banda de la biblioteca, quins agents han participat directament en el projecte? Especificar si és a títol individual o com a representant d'un col·lectiu
- Després d'aquesta experiència , i en el cas de continuïtat, creieu que continuarà la col·laboració entre aquests agents per aquest projecte?
- Després d'aquesta experiència , i en el cas de continuïtat, heu detectat nous agents a involucrar. Quins ?
- Després d'aquesta experiència creieu que continuarà la col·laboració entre els agents per a nous projectes?
- Grau de participació del públic en el projecte
- FEHM i Associació Habitats s'han mostrat col·laboradors a l'hora de fer la programació i en l'organització del projecte?
- Valoreu els professionals que han desenvolupat les sessions segons la PUNTUALITAT
- Valoreu els professionals que han desenvolupat les sessions segons els CONEIXEMENTS DE LA MATÈRIA
- Valoreu els professionals que han desenvolupat les sessions segons l'HABILITAT COMUNICATIVA
- Valoreu els professionals que han desenvolupat les sessions segons la CAPACITAT DE RESPOSTA DAVANT IMPREVISTOS
- La formació rebuda per l'entitat ha estat adequada pel funcionament del projecte?
- Els materials de suport proporcionats per l'entitat pel desenvolupament del projecte han estat adequats?
- Quines accions complementàries de dinamització heu dut a terme a la biblioteca vinculada a aquest projecte? (p. ex., exposicions, guies de lectura, ...)
- Quins canals de difusió heu utilitzat per promoure'l?
- Valoreu el vostre grau de satisfacció general amb el projecte
- En quin grau compleix les vostres expectatives ?
- Quines son les vostres propostes de millora per al projecte ?
- Teniu interès en la continuïtat del vostre tàndem en el projecte? Com us imagineu aquesta continuïtat ?

**Annex 3. 3. Preguntes de l'enquesta realitzada la ciutadania participant**  
**Assenyaleu amb una X, l'opció escollida per a cada pregunta (1'1 és la qualificació més baixa i el 10 la més alta)**

Indiqueu el grau de satisfacció general amb l'activitat	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
La recomanaríeu a un familiar o amic?	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ha acomplert les vostres expectatives	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Valoreu l'organització de l'activitat (informació, horaris)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Valoreu si el nombre de participants ha estat adequat pel bon desenvolupament de l'activitat	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Valoreu la satisfacció amb la metodologia emprada	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Valoreu la satisfacció en la manera en la que el responsable de FEHM de la UB ha conduït l'activitat	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Valoreu la satisfacció en la manera en la que la responsable de l'As. Habitats ha conduït l'activitat	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Creieu que la biblioteca pot ser un espai de trobada per a promoure iniciatives com aquesta?**

Molt / Bastant / Poc / Gens

**Com vau conèixer l'activitat Llegim el Riu ?**

- Anunci a la biblioteca (fulletó, díptic, pòster,...)
- A través de la pàgina web de la biblioteca virtual
- A través de l'app de biblioteques
- A través del butlletí electrònic
- A través d'un conegut o familiar
- A través de les xarxes socials
- Altres

**Llegim el Riu ha donat resposta a les vostres expectatives? Perquè?**

**Quins han estat els punts fots de l'activitat?**

**Què modificaríeu o canviaríeu de cara a properes edicions?**









Pere - 1 any

