



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Facultat de Biologia

Els rius temporals mediterranis i els efectes de la perennialització



Carla van Esso Castellet
Grau en Ciències Ambientals
Tutora: Núria Cid Puey
Departament d'Ecologia.
Grup de recerca Freshwater Ecology and Management
4 de Setembre de 2016

Agraïments

M'agradaria agrair a la Núria Cid, biòloga del departament d'ecologia i tutora d'aquest treball, el suport constant, les hores inverties en ajudar-me i ensenyar-me tot el que se, els consells i el recolzament que he rebut en tot moment, tant en hores de camp, de laboratori com de redacció.

També voldria donar les gràcies a Pau Fortuño, Pablo Rodríguez-Lozano i Raúl Acosta biòlegs de la UB, i membres de l'equip TRivers i del grup de recerca FEM (Freshwater Ecology and Management) del Departament d'Ecologia (UB) per la seva ajuda durant el mostreig al camp i l'anàlisi al laboratori.

Agrair al programa LIFE de la Unió Europea que ha finançat les campanyes i el projecte TRivers.

I per últim agrair a la meva família el suport rebut durant tot el treball.

Moltes Gràcies!

Abstract

Temporary rivers are streams with irregular flow. The regime of these rivers varies as a result of the effect of climate between wet and dry periods. They are one of the most common freshwater ecosystems in the Mediterranean basin and have great ecological interest. Despite its ecological importance they suffer strong anthropogenic impacts, such as changes in the flow regime. One of the reasons of this disorder is the artificial increase of flow due to the implementation of an waste water treatment plant. This disturbance modifies the habitat and river dynamics changing a temporary river into a permanent one. The aim of this study was to analyze the effect of this change on the water quality and on the macroinvertebrate community. The macroinvertebrate community composition, richness and biological quality were studied in each river. Results showed that perennialized rivers presented lower water quality and poorer and homogenized macroinvertebrate communities than the temporal ones with no impacts. Good management practices can minimize these differences and improve water and biological quality of these rivers. However, there is still a need to improve current methods used for the assessment of biological quality of temporary rivers.

Resum

Els rius temporals són corrents d'aigua amb un cabal irregular. El règim d'aquests rius varia per efecte del clima produint una alternança entre períodes secs i humits. Són un dels ecosistemes d'aigua dolça més comuns a la conca mediterrània i tenen un gran interès ecològic. Tot i tenir una gran importància ecològica reben forts impactes antropogènics, com per exemple la alteracions del règim de cabal. Una de les causes d'aquesta alteració és l'augment artificial de cabal, degut a la implantació d'una planta EDAR. En aquest últim cas, la pertorbació produeix un canvi en l'hàbitat i la dinàmica fluvial. D'aquesta manera, un riu que de manera natural era intermitent, passa a ser un riu permanent. L'objectiu d'aquest treball ha estat veure l'efecte que té aquest canvi en el règim hidrològic del riu sobre la comunitat d'invertebrats i la fisicoquímica de l'aigua. Se'n va estudiar la seva composició, la seva riquesa i la qualitat biològica en cada riu. Es va observar que els rius perennilitzats presentaven una qualitat de l'aigua molt més baixa que els temporals i unes comunitats de macroinvertebrats més pobres i homogènies al llarg del temps. Es va observar que una bona gestió pot millorar-ne la qualitat. No obstant, hi ha una necessitat de revisar les eines que tenim per avaluar la qualitat biològica dels rius temporals.

ÍNDEX

1.- Introducció	5
1.1 Els rius temporals i els seus impactes	5
1.2 Normativa	7
1.3 Els macroinvertebrats com a indicadors biològics	8
1.4 Projecte TRivers	9
2.- Objectius i hipòtesis	9
3.- Mètodes	10
3.1 Àrea d'estudi	10
3.2 Mostreig de camp i treball de laboratori	11
3.3 Anàlisi de dades	13
4.- Resultats	15
4.1 Característiques ambientals dels rius	15
4.2 Comunitat de macroinvertebrats i índex biològics	17
5.- Discussió	22
6.- Conclusions	26
7.- Bibliografia	27

1. Introducció

1.1 Els rius temporals i els seus impactes

A la regió mediterrània, el règim dels rius pot variar per efecte del clima, amb períodes humits i secs que s'alternen i generen cursos irregulars d'aigua que anomenem rius temporals. Aquests rius estan sotmesos a una continua interrupció del cabal i fins i tot poden arribar a la seva completa dessecació. Tot i haver estat poc considerats, tant pels científics com pels gestors, són un dels ecosistemes d'aigua dolça més comuns a la conca mediterrània i tenen un gran interès ecològic. Es caracteritzen per tenir una alta biodiversitat en quant a comunitats biològiques, que estan adaptades a condicions hidrològiques extremes (Bonada i Resh, 2013). Alguns articles sostenen que els rius temporals poden arribar a ser més comuns que els perennes arribant a ocupar més d'un 30% de la longitud total de la xarxa fluvial mundial (Datry et al. 2014).

Aquests rius passen per diferents etapes que van des del flux abundant de la primavera, fins a èpoques en què el cabal es redueix i queden basses d'aigua desconnectades, o be què s'arriben a assecar completament. Aquestes etapes s'anomenen estats aquàtics (Gallart et al., 2012) i són els següents (Figura 1):

- **Hyperheic:** Es produeix quan hi ha una crescuda de cabal, una riuada. En aquest cas trobem un desbordament del canal.
- **Eurheic:** Es produeix quan hi ha un flux generalitzat amb ràpids abundants.
- **Oligorheic:** Quan es troben basses connectades per un fil d'aigua.
- **Arheic:** En aquest cas es troben basses desconnectades.
- **Hyporheic:** Amb règim hyporheic trobem bases seques però amb sediment humit.
- **Edaphic:** Per últim, amb règim edaphic el riu està completament sec.

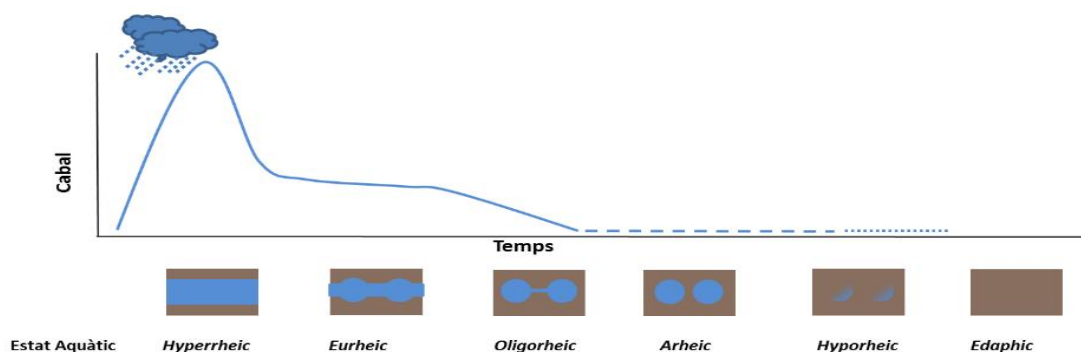


Figura 1. Els diferents estats aquàtics pels quals passa un riu temporal. Font: projecte TRIVERS.

Segons la distribució i durada d'aquests estat aquàtics al llarg de l'any, els rius es poden classificar en quatre règims hidrològics segons l'influència que tenen sobre el

desenvolupament de la vida aquàtica, és a dir, sobre els hàbitats aquàtics i les comunitats biològiques que hi podem trobar, i són els següents: .

- **Permanent o perenne (P):** No hi ha controls periòdics imposats sobre les comunitats biològiques per falta de cabal.
- **Intermitent amb basses (IB):** El cabal intermitent permet cada any un desenvolupament de les comunitats biològiques similar al dels rius permanents. Després de la temporada de pluges el flux d'aigua esdevé discontinu i només queden bases amb comunitats empobrides.
- **Intermittentment sec (IS):** Les corrents, en general, deixen de fluir o s'assequen a l'estiu, però a l'estació humida, les comunitats biològiques s'assemblen a les que es poden trobar en els rius permanents, encara que aquestes pugin variar d'un any a l'altre.

Efímer o episòdic (E): En aquest cas, el flux d'aigua i les bases són de curta duració i només els trobem ocasionalment. És per això que quasi tots els organismes que s'hi troben són oportunistes, és a dir, tenen un cicle biològic adaptat a un ràpid desenvolupament.

En el futur, es preveu que la proporció de rius i cursos fluvials de caràcter temporal augmenti per efectes del canvi global. L'agència Europea del Medi Ambient descriu una tendència força preocupant en relació a l'augment i la prevalença de l'escassetat d'aigua i l'estrès causat als rius. Es preveu que per l'any 2030 això afectarà prop de la meitat de les conques hídriques europees. Per tant, una gestió sostenible dels recursos hídrics europeus és una gran repte pels gestors dels sistemes aquàtics en el context de canvi climàtic i desenvolupament demogràfic en el que ens trobem (TRIVERS, 2014).

Aquests rius, tot i tenir una gran importància ecològica en els processos i funcions dels ecosistemes aquàtics, per a la conservació i la protecció de la biodiversitat, reben forts impactes antropogènics. Dins d'aquests impactes troben les alteracions del règim de cabal, les modificacions de les lleres o canals del riu, l'excés de nutrients o be l'aparició d'espècies invasores (Acuña et al.2014). Pel que fa a l'alteració del règim de cabal, una de les causes més greus és l'extracció d'aigua ja sigui per abastir la població o bé per a utilitzar-la com a aigua de rec (Benejam et al., 2010; Bonada i Resh, 2013). D'altra banda també ens trobem en el cas de l'augment artificial de cabal, degut a la implantació d'una planta EDAR, per exemple. En aquest cas, la pertorbació produeix un canvi en l'hàbitat i la dinàmica fluvial. D'aquesta manera, un riu que de manera natural era intermitent, passa, a causa de l'impacte antropogènic, a ser un riu perenne, és a dir,

passa a rebre aigua durant tot l'any, impedit d'aquesta manera l'assecam total de la massa aquàtica en les estacions més seques (Figura 2).

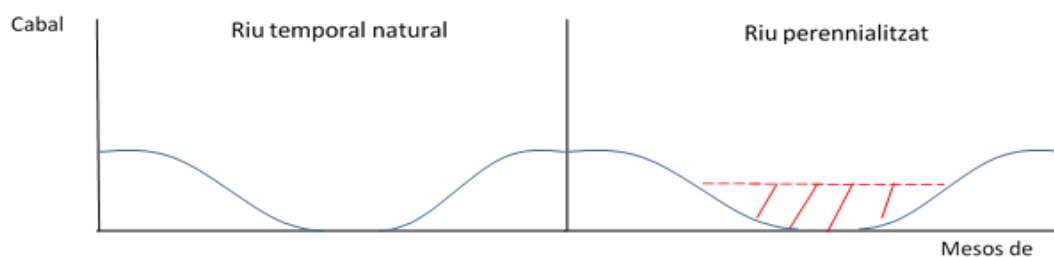


Figura 2. Gràfic de la dinàmica del riu temporal amb règim hidrològic natural amb i perennialitzat degut a l'impacte d'una EDAR. En vermell es representa la part de cabal provinent de l'EDAR.

El fet de rebre aigua de manera artificial afecta a la concentració de nutrients i compostos contaminants provinents de l'EDAR, ja que el fet de tenir un aport constant d'aigua al riu també implica un constant aport de compostos contaminants, el que empitjora la qualitat de la massa d'aigua (Lawrence et al., 2014).

1.2 Normativa

La Directiva Marc de l'Aigua (DMA), estableix un marc legal per protegir i restaurar els ecosistemes aquàtics europeus, i per assegurar l'ús sostenible de l'aigua a llarg termini (EC, 2000). La directiva està enfocada en la gestió de l'aigua a través de les conques hidrogràfiques, que són les unitats geològiques i hidrològiques naturals dels rius, i estableix un marc legal per a l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua mitjançant l'ús d'indicadors biològics. Aquesta avaluació s'anomena biomonitorització, i integra la informació que ens donen els indicadors i la que rebem dels medi en múltiples variables o mètriques, per a poder determinar el nivell de perturbacions d'un ecosistema, tot comparant rius degradats amb rius de referència (Aguilar Ibarra, 2005). La utilització d'indicadors biològics ens aporta certes avantatges; s'integra l'espai i el temps en la informació obtinguda, de tal manera que els resultats no es redueixen tant sols al tram o al moment concret en el que es fa l'estudi, permet observar la capacitat de resposta enfront de diferents tipus de perturbacions (Ladrera et al, 2013). Per a calcular aquests índex s'utilitzen macroinvertebrats i altres essers vius com diatomees, macròfis i peixos. Els macroinvertebrats aquàtics són els organismes més utilitzats en la biomonitorització del impacte humà sobre aigües dolces (Bonada et al., 2006).

1.3 Els macroinvertebrats com a indicadors biològics

Els macroinvertebrats formen el principal component de biomassa en molts trams del riu i tenen un paper molt important en el procés de transferència d'energia des de la base de la cadena tròfica fins als grans vertebrats de l'ecosistema, ja que representen la principal font d'aliment per a aquests últims. L'anàlisi de la presència i l'abundància dels diferents taxons de macroinvertebrats dóna una informació molt rellevant en relació a la qualitat de l'ecosistema fluvial, degut a la resposta ràpida i la tolerància d'aquests organismes a les possibles perturbacions (Bonada et al., 2006). Es pot associar la presència o absència dels diferents grups de macroinvertebrats amb l'existència o no d'una perturbació concreta. A la Península Ibèrica, l'índex biòtic que més s'utilitza en relació als macroinvertebrats és l'anomenat IBMWP (Iberian Biomonitoring Working Party) (Alba-Tercedor et al, 2002). Aquest índex ha demostrat ser compatible amb altres índex multimètrics utilitzats a Europa com el ICM-Star (Munné i Prat, 2009).

No obstant, degut a la variabilitat hidrològica dels rius temporals és molt difícil establir-ne l'estat ecològic, ja que eines d'anàlisi estan desenvolupades per als rius permanents on hi flueix aigua tot l'any. Per tant, valorar quin és l'estat ecològic dels rius de règim no permanent és un dels reptes científics que cal afrontar per millorar la gestió d'aquests sistemes fluvials. El particular règim hidrològic dels rius temporals afecta de manera directa als tipus d'indicadors de qualitat de l'aigua que s'utilitzen per estudiar-los, i obliga a adaptar o desenvolupar metodologies d'estudi específiques. Un dels problemes més importants és saber en quin moment s'ha de mostrejar i on per tal de fer-ho en el moment on encara hi corre l'aigua (Prat et al., 2014).

Un altre problema és la classificació de les tipologies de rius utilitzades en l'avaluació de l'estat ecològic. A Espanya, les masses d'aigua, en les quals s'hi ha de determinar l'estat ecològic, es classifiquen d'acord amb els criteris definits en la legislació espanyola sobre la gestió de la conca del riu, és a dir, seguint la instrucció de planificació hidrològica (IPH) (Ordre ARM / 2656/2008) que correspon a l'actualització de la transposició espanyola de la Directiva Marc de l'aigua (DMA). Aquesta classificació es troba en el sistema B que estableix l'annex II de la DMA, i es basa en 5 variables obligatòries (latitud, longitud, altitud, mida geològica) i d'altres que són opcionals. D'acord amb això, l'IPH defineix 32 tipologies de rius o ecotipus on s'estableixen els objectius ambientals sense fer referència especialment als rius temporals. Vuit d'aquestes 32 tipologies han estat identificades pels experts com a rius amb un alt potencial per esdevenir temporals segons els seus règims de flux natural, però la legislació no els reconeix com a tal.

1.4 Projecte TRivers

El projecte LIFE TRivers és un projecte finançat per la Unió Europea, té com a objectiu principal té l'estudi de la hidrologia i l'ecologia dels rius temporals i proporcionarà a les autoritats de les conques fluvials europees una eina de software (TREHS, Temporary Rivers Ecological and Hydrological Status) que serveixi per determinar si un riu és temporal o no, per avaluar-ne adequadament l'estat ecològic, fer un bon diagnòstic i per millorar-ne la seva gestió d'acord amb els objectius de la DMA. Està liderat per la Universitat de Barcelona (UB), i en el qual participen l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC), l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) i la Confederació Hidrogràfica del Xúquer (CHJ).

2.- Objectius i Hipòtesis

L'objectiu principal d'aquest estudi és veure si hi ha diferències entre els rius temporals naturals i els perennialitzats, en relació a les comunitats de macroinvertebrats i la fisicoquímica de l'aigua.

Per entendre millor les possibles diferències, els objectius concrets són:

- Determinar com varien les condicions ambientals del riu segons l'estat aquàtic en el que es troba i si això empitjora amb la perennialització dels rius.
- Analitzar si diferents tipus de gestió dels rius perennialitzats influeix en el manteniment del règim hidrològic natural i en la qualitat biològica de les masses d'aigua.
- Comprovar si les mesures d'anàlisi de qualitat biològica de les masses d'aigua són adequades per a tots els rius.

En aquest context, s'espera que la perennialització produeixi tant canvis en el règim hidrològic (fent que el riu passi de ser temporal a perenne) com en la qualitat de l'aigua (amb aportes d'efluents de l'EDAR).

En el cas dels rius temporals sense impactes i no perennialitzats, esperem que les comunitats tinguin una riquesa més elevada i mantinguin la dinàmica temporal a la qual els macroinvertebrats que hi viuen hi estan adaptats. S'hi espera observar també canvis en la qualitat biològica segons l'estat aquàtic en el que es trobi el riu. En el cas dels rius perennialitzats, esperem que la comunitat de macroinvertebrats sigui més pobre i homogènia al llarg del temps i amb una qualitat biològica pitjor.

Riu Cèrvol: riu temporal natural, amb un règim hidrològic de tipus intermitent sec. Segons la classificació oficial del ministeri es tracta d'un riu mineralitzat de baixa muntanya mediterrània. Se situa al nord del País Valencià i que travessa les comarques dels Ports i del Baix Maestrat. És un dels pocs rius valencians en què les aigües no han estat regulades mitjançant pantans o preses.

Riera de Talamanca: riu temporal natural, amb un règim hidrològic de tipus intermitent sec. Segons la classificació oficial del ministeri es tracta també d'un riu mineralitzat de baixa muntanya mediterrània. Se situa a la comarca del Bages i neix en els vessants nord-occidentals del massís del Montcau.

Riera de Pineda: és un riu temporal situat de costa mediterrània (comarca del maresme) amb un règim hidrològic de tipus intermitent sec. Neix a uns 500 metres d'altitud, al sot d'en Pica i en alguns trams manté aigua tot l'any. La conca de la riera de Pineda té 11 km de llargada i recull les aigües dels vessants marítics de la part de llevant de la serra del Montnegre, que baixen per diversos torrents i rieres.

Riera de Tossa: és una riera mediterrània, de curt recorregut i de cabals molt variables al llarg de l'any, podent arribar al seu assecatge total en els mesos d'estiu. Aquest moment de dessecació es sol veure accentuat per les extraccions que es produeixen en els pous adjacents a la llera. Aquesta riera consta amb la presència d'una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) la qual, a partir de l'aigua regenerada, ha dut a terme una recàrrega indirecta a la part baixa de la riera la qual cosa li ha permès una certa regeneració.

Torrent del puig: és un riu mineralitzat de baixa muntanya mediterrània, amb un cabal natural intermitent. Aquest riu està afectat per dos impactes, el principal és l'estació EDAR que li provoca un aport constant d'aigua en baixes condicions fisicoquímiques. D'altra banda aquest riu també pateix extraccions d'aigua.

Riu San Miguel: és un riu mineralitzat de baixa muntanya mediterrània, amb un règim de cabal temporal (efímer). Pateix l'impacte d'una estació depuradora d'aigües residuals, i que és l'únic aport d'aigua en el tram de riu estudiat.

3.2 Mostreig de camp i treball de laboratori

El mostreig es va dur a terme en 5 campanyes diferents per a cada riu. La primera campanya correspon al mesos d'abril i maig, la segona campanya es va fer al juny, la tercera es va fer al juliol i agost, la quarta campanya es va fer al setembre i l'última al

mesos de novembre i desembre. Es van mostrejar en diferents mesos per poder observar l'evolució del riu al llarg de l'any, capturar els diferents estats aquàtics pels quals passa el riu.

Per fer el treball de camp s'ha seguit el *protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables* del ministeri (MAGRAMA, 2013).

Per una banda es va dur a terme un mostreig de la comunitat de macroinvertebrats a cada riu, seguint el protocol i amb una xarxa especial per mostrejar macroinvertebrats de 500 µm de llum de malla, que tingués un marc de 0.25m de base i una altura igual o superior i amb un mànec llarg.

El tram a mostrejar depenia de l'amplada del riu, de manera que es va mostrejar una longitud de 20 vegades l'amplada del riu, amb un mínim de 50 m i un màxim de 150 m. Cada unitat de mostreig tenia unes dimensions de 25x50 cm, tal com marca el protocol (MAGRAMA 2013). Tot i això, cal tenir present que les unitats es podien fraccionar d'acord amb el tipus d'hàbitats que hi havia al riu, de tal manera que es podia prendre mitja unitat (25x25 cm) d'un hàbitat i l'altre mitja en un altre, d'aquesta manera es van poder mostrejar tots els hàbitats incloent els més minoritaris.

En rius de menys de 4 m d'amplada, es prenen 10 unitats de mostreig (àrea total mostrejada= 2,5 m²). A la resta es prenen 20 unitats de mostreig (àrea total).

Un cop al riu també es va agafar una mostra d'aigua (1L) per analitzar la fisicoquímica del riu, , es va mesurar el cabal, es va analitzar mitjançant una sonda la quantitat d'oxigen present en la massa d'aigua i es van calcular els índex IHF i QBR.

Per poder calcular l'índex d'hàbitat fluvial es van apuntar un seguit de paràmetres per poder tenir informació sobre els tipus d'hàbitats presents en el riu tot seguint el protocol *Metodologia F.E.M per a l'avaluació de l'estat ecològic dels rius mediterranis*(Protocol F.E.M 2012)

- Substrat durs
- Detritus Vegetal
- Vores amb vegetació
- Macròfits submergits
- Sorra i altres sediments

Les mostres de macroinvertebrats recollides es van guardar amb formol per poder ser observades posteriorment al laboratori.

Al laboratori també es va seguir el protocol del ministeri (MAGRAMA, 2013). Primer es va fer un rentat de la mostra, sota la campana de gasos, per tal d'eliminar tots els restes de formol i netejar la mostra. A continuació amb ajuda d'un tamisat es va rentar la mostra unes quantes vegades de tal manera que va quedar separada per mides, la fracció més gran al primer tamís i així successivament.



Imatge 1. Mostra de macroinvertebrats preparada per mirar amb la lupa

Un cop separada, es va fraccionar la mostra per tal de poder fer la separació dels individus per famílies. Es va observar una fracció de cada part de la mostra. Un cop recollides les dades es van introduir a l'ordinador per crear una bases de dades per poder dur el posterior anàlisi.



Imatge 2. Fotos de les observacions fetes al laboratori

3.3 Anàlisi de dades

L'anàlisi dels resultats va constar de cinc anàlisi de dades i el càlcul de l'índex IBMWP.

En primer lloc, es va dur a terme un anàlisi de components principals o *Principal Components Analysis* (PCA) per a comparar les condicions ambientals dels rius. En aquest cas es va fer un PCA separant els rius segons la seva naturalesa (natural o perennialitzat) i es va fer un altre separant els rius segons el seu estat aquàtic. La comparació dels dos ens va donar informació sobre com varien aquestes condicions en cada riu i quin són els factors que produeixen aquests canvis.

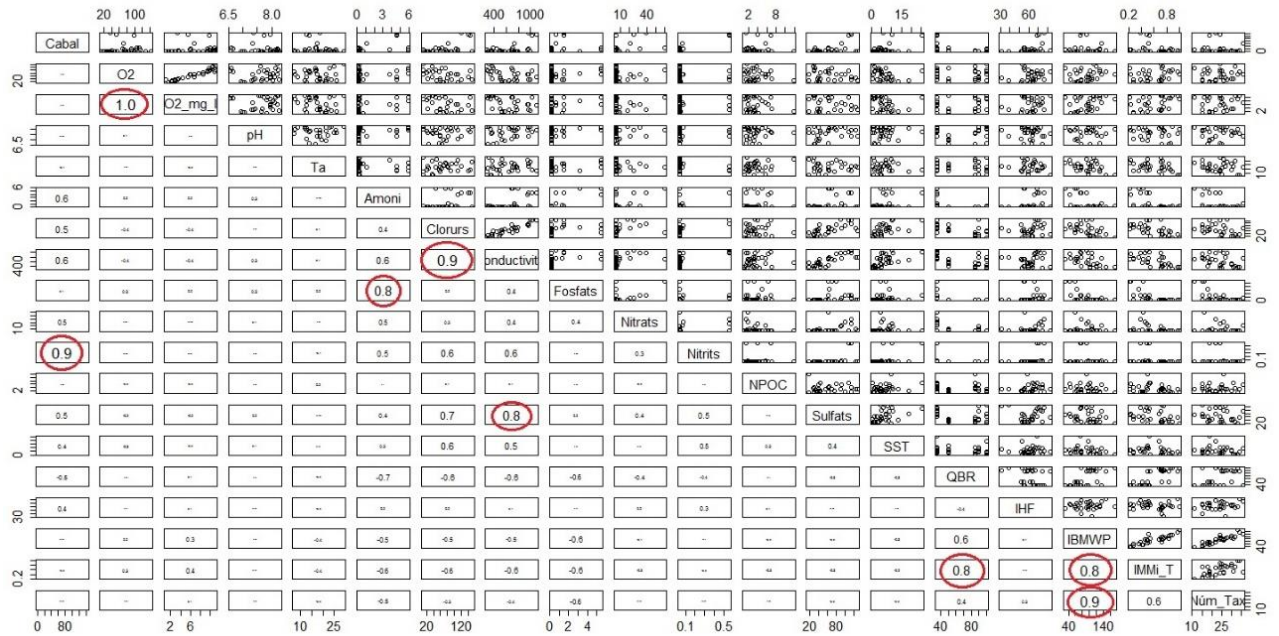


Figura 4. Gràfic de correlacions de les condicions fisicoquímiques

Per tal de veure si algunes de les dades ambientals utilitzades en el PCA eren redundants es va dur a terme un anàlisi de correlacions (Figura 4) i d'acord amb això, es va decidir no incloure en l'anàlisi els clorurs i el % d'oxigen.

D'altra banda per tal de veure si hi havia diferència entre la composició de les comunitats de macroinvertebrats entre els rius temporals i perennialitzats (impactats amb una EDAR) es va dur a terme un anàlisi canònic o *Canonical analysis* (CA). Es va dur a terme un CA entre rius naturals i rius perennialitzats i un altre separant les comunitats per cada riu, per tal de poder observar millor les diferències.

Pel que fa a la composició biològica de les comunitats, es va fer l'*Indicator Value analysis* (IndVal) per tal de saber si hi havia famílies indicadores de les comunitats de rius temporals naturals i dels perennialitzats.

Per últim, per tal de poder avaluar la qualitat biològica dels rius estudiats, es va calcular l'índex biològic (IBMWP) utilitzant el programa MAQBIR, desenvolupat conjuntament pel grup FEM de la universitat de Barcelona i l'Agència Catalana de l'Aigua. Mitjançant un fitxer preparat amb totes les famílies trobades a cada riu, en cada campanya de mostreig, es va calcular una sèrie d'índexos, dels quals el nostre estudi n'ha utilitzat un, l'IBMWP, el qual ens dona informació sobre l'estat ecològic dels rius. (Alba-Tercedor et al., 2002). Per tal de veure si les diferències observades en els anàlisi de la riquesa i l'índex IBMWP segons si és un riu impactat o no i segons el seu estat aquàtic, eren

significatives o no, es va utilitzar el test de Kruskal-Wallis. Per tal de determinar la qualitat biològica amb l'índex IBMWP es va obtenir primer la tipologia a la qual corresponia cada massa d'aigua i es va associar una qualitat per a cada tipologia a partir dels rangs de qualitat establerts per la normativa espanyola (BOE, 2015). Les tipologies dels rius estudiats corresponen a "Rius costaners mediterranis" i a "Rius mineralitzats de baixa muntanya mediterrània".

Per fer l'anàlisi de dades, l'anàlisi de correlacions i el test Kruskal-Wallis es va utilitzar el programa R-Studio amb els paquets `labdsv`, `Ade-4` i `Vegan`.

4.- Resultats

4.1 Característiques ambientals dels rius

L'anàlisi PCA (figura 5) mostra una clara diferència entre els rius naturals i perennialitzats pel que fa a les condicions fisicoquímiques i de qualitat del bosc de ribera (QBR). El primer eix, que explica un 37% de la variança, separa aquelles mostres amb concentració de nitrats, nitrats, fosfats i clorurs més elevats respecte aquelles amb una qualitat del bosc de ribera més bona. Els rius perennialitzats, en aquest cas degut a la implantació d'una planta EDAR, tenien un contingut apreciablement superior d'aquests compostos. El segon eix, que explica un 20 % de la variança, separa aquelles mostres amb elevades concentracions d'oxigen, major cabal i un índex d'hàbitat més elevat, d'aquelles amb més temperatura, carboni orgànic total (NPOC), sòlids en suspensió i conductivitat.

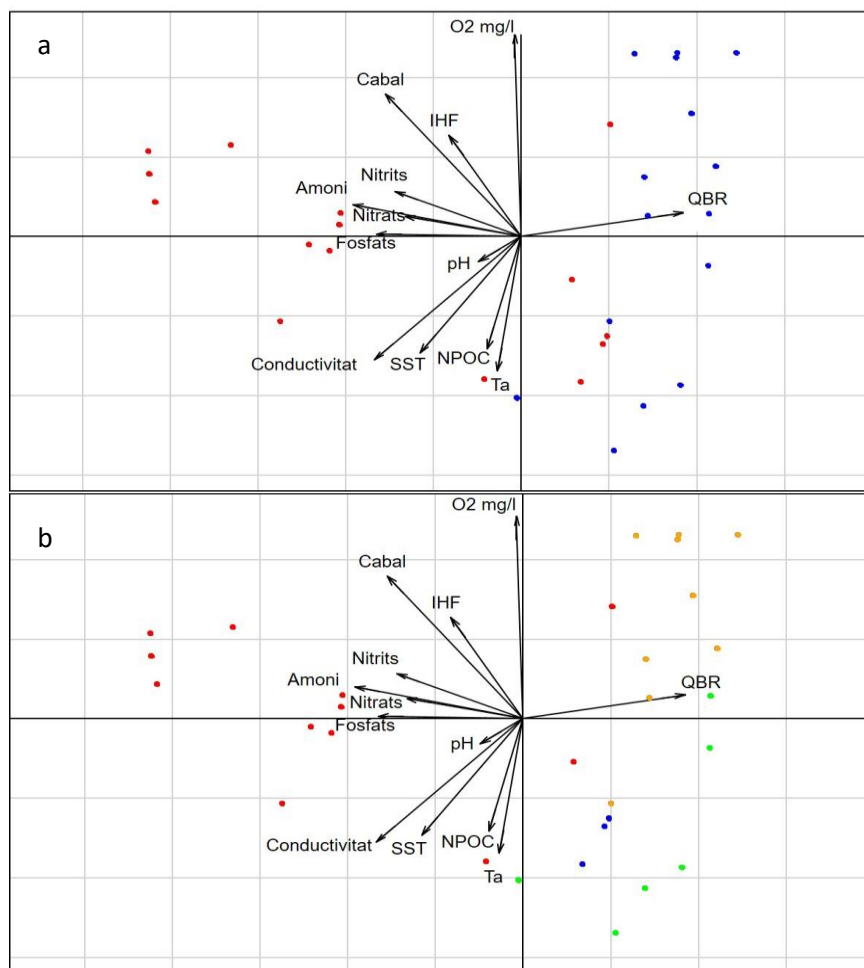


Figura 5. PCA de condicions fisicoquímiques en cada riu i els seus estats aquàtics. a) En vermell els rius perennialitzats (EDAR) i en blau els rius temporals naturals sense impactes. b) En taronja els rius naturals en estat eurheic/oligorheic i en verd els rius naturals en estat arheic (basses desconnectades). El vermell fa referència als rius perennialitzats(impactats amb una EDAR) en estat eurheic/oligorheic i, en blau els rius perennialitzats en estat arheic.

En la figura 5b es pot observar una diferència en les condicions fisicoquímiques segons els estats aquàtics de cada tipus de riu. Els rius temporals naturals en estat eurheic/oligorheic (on sempre hi corre aigua o s'hi troben basses encara connectades) tenien una concentració molt baixa en compostos contaminants (nitrits, nitrats, fosfats i amoni) i molt alta d'oxigen. D'altra banda els rius naturals en estat arheic (basses desconnectades), seguien tenint concentracions baixes en compostos contaminants, però en aquest cas també tenien concentracions baixes d'oxigen, a més d'altres temperatures. L'únic cas on un riu perennialitzat de l'estudi es va desconnectar (estat arheic), les condicions fisicoquímiques s'assemblaven més als rius naturals.

Si ens fixem en l'índex d'hàbitat fluvial s'observa que es més alt en els rius que es troben en estat eurheic o oligorheic ja que aquesta mesura va molt lligada amb la velocitat i quantitat d'aigua.

4.2 Comunitat de macroinvertebrats i índex biològics

Els resultats de l'anàlisi CA en relació a la comunitat de macroinvertebrats mostren una clara diferència entre els rius temporals de referència (els naturals que no reben cap impacte) i els que estan perennialitzats (Figura 6a) . Els resultats indiquen una major dispersió en les mostres de les comunitats dels rius temporals naturals que en els perennialitzats i per tant tenen una variabilitat més gran pel·l que fa a la composició de la comunitat. El primer eix explica un 12% de la variància, en canvi, el segon eix, que separa la dispersió de les comunitats entre rius temporals i perennialitzats, explica el 21% de la variància.

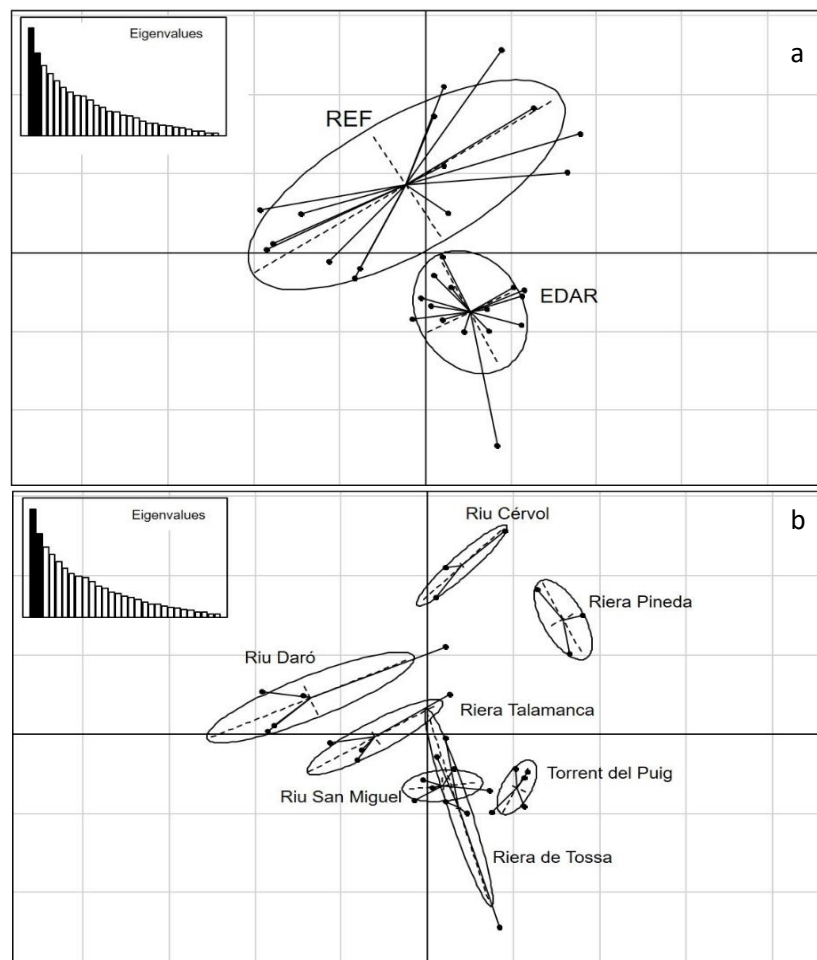


Figura 6. CA de les comunitats de macroinvertebrats classificat segons si el riu està impactat o no (a) i segons el riu estudiat (b). REF: Rius temporals no impactats, EDAR: Rius perennialitzats degut a la presència d'una EDAR. Els rius San Miguel, Torrent del Puig i Tossa representen els rius perennialitzats i el Cèrvol, el Daró, la Riera de Pineda i la Riera de Talamanca els rius de referència.

Tal i com es pot veure a la figura 6b, la Riera de Tossa és la massa d'aigua que més variabilitat presentava. D'altra banda la dispersió en els rius temporals naturals es deguda a la separació de comunitats de cada riu i dels diferents estats aquàtics. Per exemple, la composició de la comunitat de macroinvertebrats del riu Cérvol i Pineda és més semblant que no pas entre els altres rius temporals naturals.

L'anàlisi IndVal indica que en els rius de referència hi predominaven vuit famílies, en canvi, en els rius perennilitzats hi predominaven només quatre (Taula 1). Les famílies indicadores dels rius de referència van ser els Ceratopogonidae (Dípter), Dytiscidae i Haliplidae (Coleòpters), Leptophlebiidae (Ephemeropter) i Nemouridae (Plecòpters) i Gomphidae (Odonats), , en canvi en els rius perennialitzats hi predominaven els oligoquets, Psychodidae (Dípter), Asellidae (Crustaci) i Copèpodes (microcrustacis).

Taula 1. Nivell de significació per cada família amb l'anàlisi IndVal (Indicator Value). Representació de les famílies més importants en les comunitats segons si el riu està impactat o no. La tipologia marca en quin tipus de riu hi predominen, REF: rius de referència i P_EDAR: rius perennialitzats amb l'impacte d'una EDAR.

Nom de la família	p-valor	Riu impactat o de referència
<i>Ceratopogonidae</i>	0.022	REF
<i>Dytiscidae</i>	0.001	REF
<i>Gomphidae</i>	0.020	REF
<i>Haliplidae</i>	0.014	REF
<i>Leptophlebiidae</i>	0.009	REF
<i>Lumbriculidae</i>	0.022	REF
<i>Oligochaeta</i>	0.001	P_EDAR
<i>Psychodidae</i>	0.023	P_EDAR
<i>Asellidae</i>	0.043	P_EDAR
<i>Copepoda</i>	0.012	P_EDAR

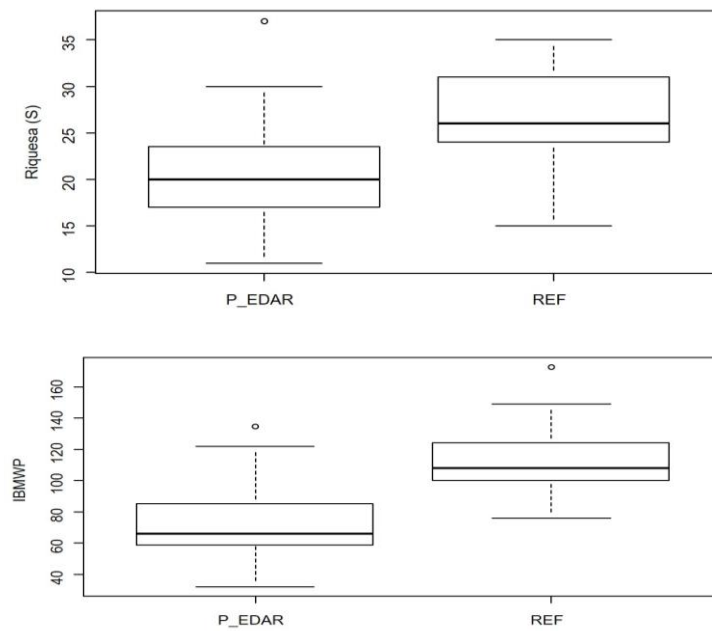


Figura 7. Comparativa de la riquesa de famílies de macroinvertebrats i l'índex IBMWP entre les dues tipologies de riu. REF: Rius naturals, P_EDAR: Rius perennialitzats

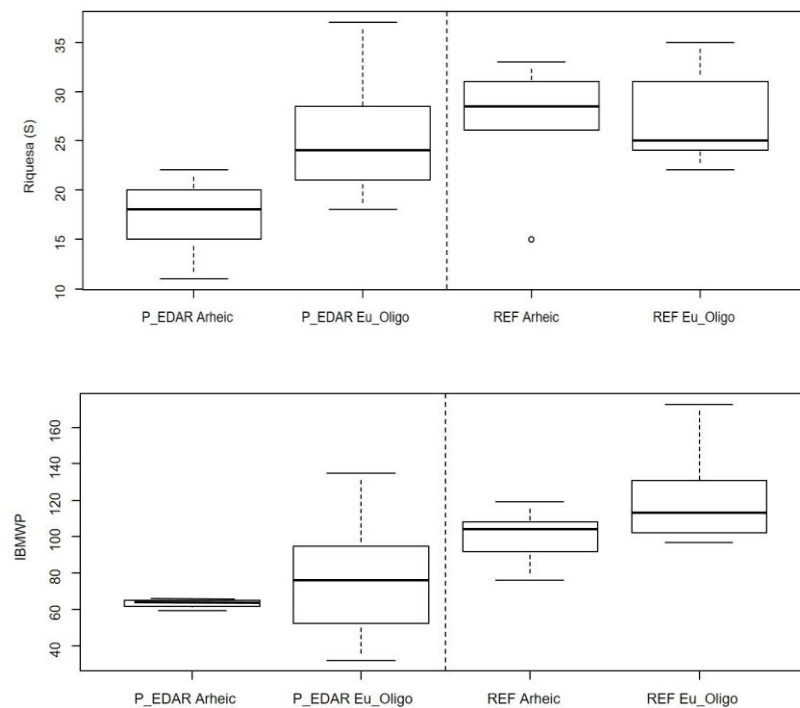


Figura 8. Comparativa de la riquesa de famílies de macroinvertebrats i l'índex IBMWP en cada tipus de riu estudiat. REF: Rius naturals, P_EDAR: Rius perennialitzats, Eu_Oligo: règim eurheic/oligorheic

La riquesa de famílies de macroinvertebrats en els rius perennialitzats va mostrar valors significativament més baixos que als rius no impactats (Figura 7). Pel que fa a l'índex IBMWP es va veure que els rius seguien el mateix patró, és a dir, els rius perennialitzats presentaven valors inferiors de l'índex en comparació amb els de referència (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$). Es van trobar també diferències significatives entre els diferents estats aquàtics: generalment els rius en estat eurheic o oligorheic tenien més riquesa i un índex IBMWP més alt que en l'estat arheic (Figura 8). Tot i això, aquest fet no es va complir en el cas de la riquesa en els rius de referència, en els quals es va observar valors mitjans lleugerament més elevats durant l'estat l'arheic, tot i que aquestes diferències no eren significatives.

En analitzar l'índex IBMWP al llarg de les diferents campanyes de mostreig i l'estat aquàtic en el que es trobaven en cada una d'elles per cada un dels rius de l'estudi, es va observar que en els rius temporals quan es trobaven en estat eurheic/oligorheic (abril/maig i novembre/desembre) l'índex IBMWP tenia uns valors més elevats que durant l'estat arheic, i per tant amb una qualitat biològica més bona. Tot i això es veu com en aquests rius, en general durant totes les campanyes, el valor de l'índex és força alt i per tant la qualitat ecològica del riu és generalment bona. En canvi, en els rius perennialitzats (impactats per l'EDAR) trobem resultats diferents. En el cas del tram estudiat del Torrent del Puig i del riu San Miguel es va veure que estaven en un estat eurheic/oligorheic al llarg de totes les campanyes de mostreig, en canvi, en el cas de la Riera de Tossa, es va observar que hi havia tres períodes on es trobava en estat arheic (basses desconnectades). Pel que fa a la qualitat biològica, en el cas del riu San Miguel es va observar que era deficient en la majoria de les campanyes. D'altra banda, en el Torrent del Puig, la qualitat biològica era bona en les campanyes dels mesos de juliol-agost i setembre. Per últim, la riera de Tossa presentava una qualitat molt diferent a la dels altres rius de la mateixa naturalesa, en les tres primeres campanyes, quan la riera es trobava en estat eurheic i començava a tornar-se arheic la qualitat era molt bona, en canvi, a partir de la campanya de setembre, on ja estava en estat arheic la qualitat passa a ser bona. Tot i això durant tot el període de mostreig en aquesta riera la qualitat ecològica ha estat superior als altres dos rius perennialitzats. El cas de la riera de Tossa és l'únic dels rius perennialitzats estudiats que es va observar que tenia un règim arheic. Durant aquest període es pot veure com l'índex IBMWP és manté més o menys constant sense allunyar-se molt dels valors quan aquest riu està en estat eurheic o oligorheic.

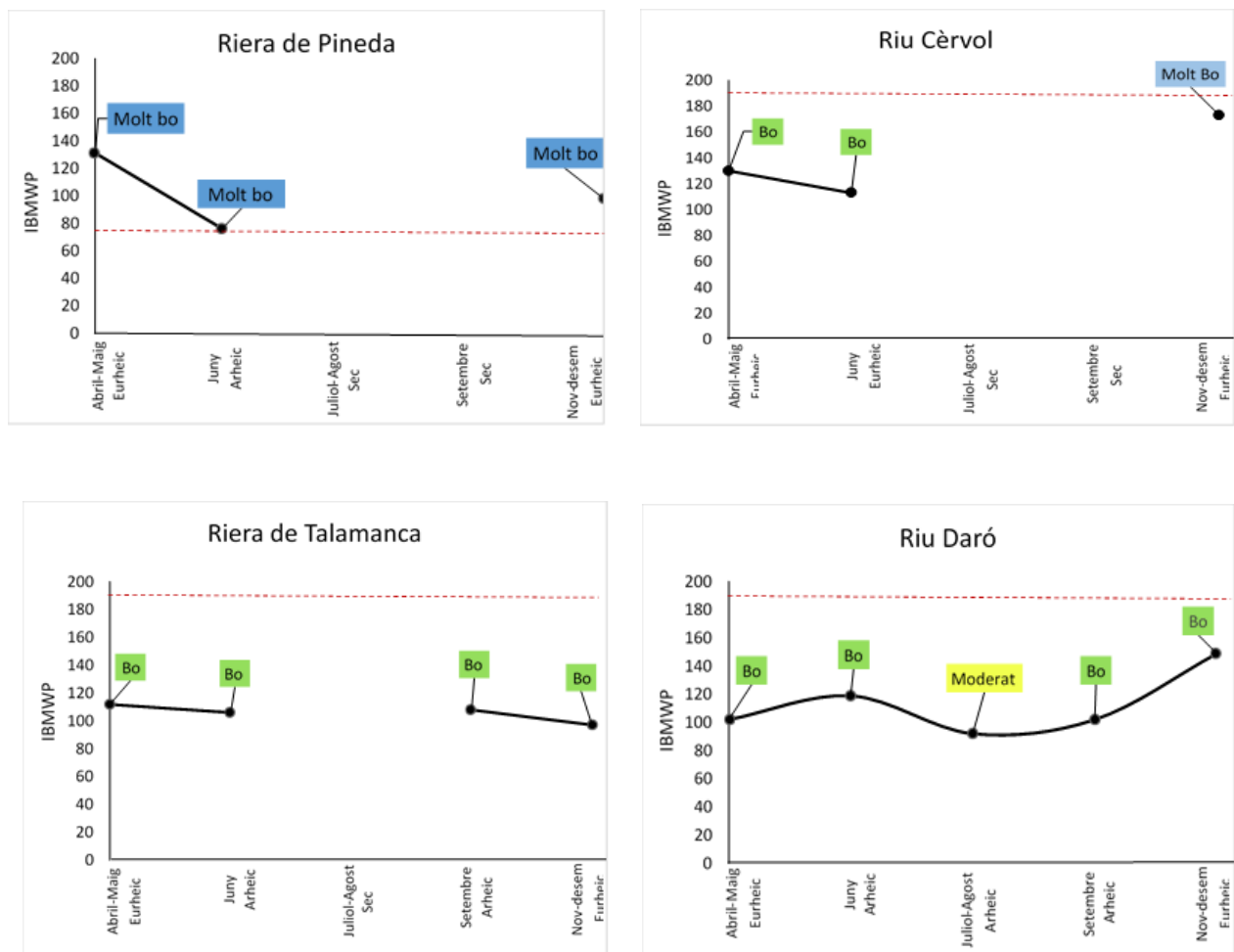


Figura 8. Evolució de l'índex IBMWP i de la qualitat biològica al llarg dels diferents estats aquàtics trobats en les diferents campanyes en els rius temporals sense impactes. La línia vermella representa el valor de referència per a cada tipologia de riu a partir del qual es calcula la qualitat biològica (BOE, 2015). La Riera de Pineda correspon a la tipologia “Rius costaners mediterranis”, amb un valor de referència de 78 per a l'IBMWP. El riu Cèrvol i la Riera de Talamanca corresponen a “Rius mineralitzats de baixa muntanya mediterrània”, amb un valor de 189.

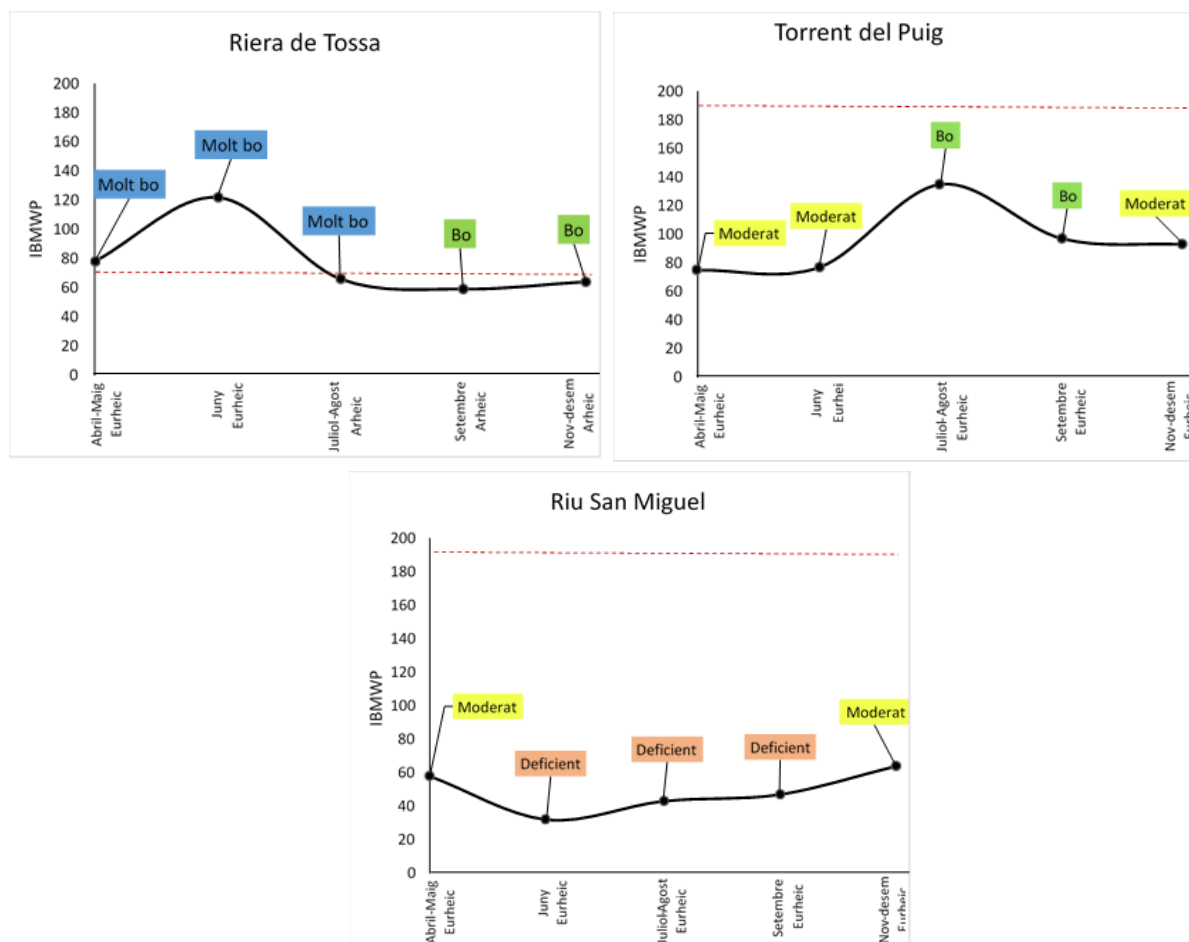


Figura 9. Evolució de l'índex IBMWP i de la qualitat biològica al llarg del temps en els rius perennialitzats. La línia vermella representa el valor de referència per a cada tipologia de riu a partir del qual es calcula la qualitat biològica (BOE, 2015). La Riera de Tossa correspon a la tipologia "Rius costers mediterranis", amb un valor de referència de 78 per a l'IBMWP. El Torrent del Puig i el riu San Miguel corresponen a "Rius mineralitzats de baixa muntanya mediterrània", amb un valor de 189.

5.- Discussió

En aquest treball es va veure una clara diferència entre la composició fisicoquímica dels rius temporals i els perennialitzats, tot i observar-se també diferències segons la gestió aplicada dins dels perennialitzats. Els rius temporals de referència tenien concentracions d'amoni, fosfats, nitrats i nitrats, clarament més baixes que els perennialitzats ja que no reben cap impacte significatiu i en principi la variabilitat que puguin mostrar hauria de ser deguda a pertorbacions naturals, com ara la interrupció del cabal (Bonada i Resh, 2013; Acuña et al., 2014).

Es va observar que dins dels rius perennialitzats, segons la gestió que reben, les seves condicions fisicoquímiques variaven. En el cas de la riera de Tossa, tot i ser un riu impactat, les característiques fisicoquímiques s'assemblaven bastant als rius temporals. En aquesta riera, l'any 2001 es va posar en funcionament un tractament terciari (aiguamolls artificials) que s'alimentava d'aigua regenerada provinent de la EDAR, amb

la funció de millorar-ne la seva qualitat. Aquesta aigua, regenerada i de millor qualitat que les aigües provinents directament de les EDARS, s'infiltra al subsòl i contribueix de manera significativa en la recàrrega de la riera de Tossa. En els altres rius perennialitzats, l'aigua prové directament dels efluent de l'EDAR i per tant la qualitat fisicoquímica és menor.

Pel que fa a la qualitat del bosc de ribera (QBR) es van observar valors superiors als rius naturals de referència i també a Tossa. El fet que un riu tingui un bosc de ribera més ben conservat que els altres dos rius perennialitzats pot fer que augmenti la retenció de nutrients (Suárez et al., 2002) i el fet de generar més llocs d'ombra, pot afavorint unes millors condicions, per exemple, de les basses que puguin quedar durant l'estiu, ja que manté les temperatures més baixes del que estarien si el riu estès exposat al sol (Munné et al., 2012). Aquest fet també afavoriria les millors condicions de la qualitat fisicoquímica d'aquesta riera en comparació a les altres també impactades per una EDAR.

D'altra banda es va veure que la temperatura en els diferents rius també variava, en aquest cas, segons l'estat aquàtic. Els rius temporals presentaven valors més alts de temperatura quan estaven en estat arheic ja que aquest canvi d'estat es dona als mesos d'estiu, produint l'assecatment d'una part del flux del riu i deixant bases aïllades (Gallart et al., 2012). Quan el riu es queda en estat arheic, es produeix una disminució progressiva de les concentracions d'oxigen. L'elevada temperatura durant l'estiu en aquestes disminueix l'intercanvi de gasos amb l'atmosfera, i per tant és més difícil arribar a la saturació d'oxigen (Ortiz, 2007)

L'índex d'hàbitat fluvial valora la capacitat de l'hàbitat per mantenir a una fauna determinada, com més heterogeni és l'hàbitat més diversitat de comunitats trobarem (Pardo et al., 2004). En aquest cas es va veure que l'IHF presentava valors superiors en els rius temporals en estat eurheic-oligorheic i en els rius perennialitzats. En ambdós casos hi havia un flux constant d'aigua, una característica que afavoreix l'heterogeneïtat de l'hàbitat.

Quan es van analitzar les comunitat de macroinvertebrats en els diferents rius es va veure una clara diferència segons si el riu havia estat impactat o no, essent les comunitats dels rius perennialitzats molt més homogènies que les dels rius naturals. En general als rius perennialitzats hi trobarem comunitats més generalistes i tolerants, com per exemple els Copèpodes o els Oligoquets (Tachet, 2010). En canvi, pel que fa als rius temporals estudiats les comunitats estaven formades per individus amb requeriments d'hàbitat més específics. Per exemple, els leptoflèbids predominaven en

els rius temporals naturals durant la fase d'estat eurheic, ja que necessiten elevades condicions d'oxigen degut a la seva respiració mitjançant brànquies (Tachet, 2010). Durant l'estat arheic, les densitats de leptoflèbids eren molt més baixes degut a les baixes concentracions d'oxigen i possiblement també a una elevada depredació dins les basses (Rodríguez-Lozano, 2015).

Pel que fa a la riquesa de famílies, en aquest estudi s'ha observat una clara diferència entre rius temporals i perennialitzats. Els rius temporals, els quals no han rebut cap impacte, tenen una riquesa superior als impactats. Els organismes que només trobem en llocs de referència són bons indicadors degut a la seva baixa tolerància a la contaminació. Per tant, famílies com els Leptophlebiidae o Nemouridae contribueixen amb una puntuació molt elevada per a l'índex IBMWP, el que ha fet que els rius temporals naturals tinguin uns valors de l'índex de qualitat ecològica (IBMWP) superiors als rius perennialitzats.

L'estructura i la composició de les comunitats biològiques en els rius temporals són fortament dependents dels canvis en el temps dels hàbitats aquàtics, que venen determinats per les condicions hidrològiques (Gallart et al., 2012). En aquest estudi es va veure una clara influència de l'estat aquàtic sobre la riquesa d'espècies i la qualitat ecològica de cada riu. En el cas dels rius temporals, els resultats ens mostren que en estat arheic hi ha més riquesa de famílies de macroinvertebrats, cosa que no és habituals segons el que diu la literatura (Datry et al. 2014). No obstant, això pot ser degut al baix nombre de rius analitzats, ja que en el moment que un riu es troba en estat arheic la riquesa de famílies potser molt variable (Bonada et al., 2006; Cid et al., 2016), ja que pot estar influenciada per les condicions de cada bassa. Per exemple, el nombre de dies que fa que la bassa s'ha desconnectat, si té més o menys ombra, o si hi ha depredadors com ara peixos o no.

Pel que fa a la qualitat biològica es va veure que era superior en estat eurheic. Quan aquests rius estan en estat eurheic, hi ha més hàbitats i recursos disponibles, i per tant, més nínxols ecològics disponibles a ser ocupats. En canvi, quan el riu es desconnecta i passa a l'estat arheic, l'hàbitat es contrau i els individus menys tolerants a aquestes noves condicions hidrològiques tindran més dificultat per sobreviure (veure exemple anterior dels Leptoflèbids). D'altra banda, sota aquestes noves condicions, certes famílies de macroinvertebrats es podran veure afavorides. Per exemple, la densitat de la família Hydrophilidae (Coleòpters) era màxima durant l'estat arheic al riu Daró i a la riera de Talamanca. Els Hidrofílids tenen preferència per hàbitats lèntics i estan adaptats a baixes concentracions d'oxigen i a alimentar-se de les preses que troben dins les

basses (Tachet, 2010). El fet de tenir aquesta elevada tolerància a baixes concentracions d'oxigen fa que es puguin trobar tant en els rius de referència quan hi ha basses desconnectades com en determinats rius impactats. Aquest fet evidencia la dificultat d'avaluar la qualitat biològica en els rius temporals sobretot en estat arheic, ja que hi poden predominar famílies tolerants i obtenir uns resultats que no siguin representatius de la qualitat biològica real del riu. Per tant, les eines que estan disponibles per a l'anàlisi de la qualitat ecològica de les diferents masses d'aigua dissenyades per a rius permanents, poden proporcionar resultats equivocats en rius temporals. Un exemple d'aquesta problemàtica s'ha vist reflectit en els resultats obtinguts en l'anàlisi de la qualitat ecològica en els diferents rius mitjançant l'índex IBMWP. Si comparem els resultats obtinguts en la mateixa campanya en un riu temporal (Riu Daró) i un de perennialitzat (Torrent del Puig), trobem una major qualitat ecològica en el riu perennialitzat que en el temporal de referència. En aquest cas, el resultat es degut a que els mètodes de càlcul no tenen en compte el fet que el riu temporal, durant aquest període (juny-juliol) es troba en estat arheic, on hi ha basses desconnectades. En canvi el Torrent del Puig es troba en estat eurheic-oligorheic, la qual cosa fa que els resultats no siguin comparables. D'altra banda també tenim la riera de Pineda (riu de referència) i la de Tossa (riu impactat per EDAR), tots dos corresponents a la tipologia de rius costaners mediterranis. En aquest cas, es van obtenir els mateixos resultats de qualitat per a un riu de referència dins un parc natural que un dins una zona urbana i, tot i tenir un terciari, té un cert impacte. Per tant, el baix valor de referència atribuït a la tipologia dels rius costaners no contribueix a una distinció entre un riu temporal de referència amb un que no ho és i per tant posa en dubte la correcta avaluació la seva qualitat biològica. També dir que a Pineda s'hi van trobar Blefaricèrids (Dípters) que només es troben en llocs molt nets i pristins. En el cas dels rius perennialitzats, només la riera de Tossa va passar per l'estat arheic. En aquest cas, tant la riquesa com la qualitat biològica disminueix respecte a quan es trobava en un estat eurheic o oligorheic.

En aquest treball s'ha vist que canviar el règim hidrològic d'un riu té efectes sobre les condicions fisicoquímiques i sobre les comunitats de macroinvertebrats que habiten aquelles masses d'aigua. La perennialització pot provocar canvis en tota la comunitat de macroinvertebrats, podent arribar a reduir la comunitat a unes poques espècies tolerants. En molts casos els canvis de rius temporals a perennialitzats es produeixen per tal d'evitar la dessecació de la massa fluvial, cosa que no sempre afavoreix l'ecosistema. Un riu temporal té períodes d'abundància d'aigua i d'altres de sequera, i canviar aquest règim natural afegint un aport constant d'aigua, i més si és provinent d'una EDAR, fa que les comunitats adaptades al règim temporal es vegin afectades, fent

que aquell ecosistema perdi complexitat i riquesa de famílies. En el cas dels rius temporals afectats per EDARs és podria millorar la gestió mitjançant tractaments terciaris i així afavorir una hidrologia més semblant a la que el riu tindria en estat natural i també millorar-ne la qualitat biològica.

6.- Conclusions

En aquest treball s'ha vist l'impacte que genera la perennialització dels rius temporals degut a aport de les efluentes d'una EDAR en la qualitat de l'aigua i la comunitat de macroinvertebrats. S'han observat grans diferències en relació a la composició fisicoquímica del riu. Els rius perennialitzats a causa de l'impacte de la EDAR tenien pitjors condicions fisicoquímiques que els temporals. També s'hi ha trobat diferències en relació al seu estat aquàtic. S'ha pogut comprovar que en el cas dels rius temporals naturals, el fet de trobar-se en estat arheic (basses desconnectades) afecta a les condicions fisicoquímiques, fent que aquestes siguin molt diferents que quan es troba en estat eurheic o oligorheic.

En general s'ha pogut veure, tal i com es preveia a la hipòtesis, que els rius perennialitzats tenen una qualitat de l'aigua molt més baixa i les comunitats de macroinvertebrats més pobres i homogènies al llarg del temps. No obstant, les eines actuals per avaluar l'estat ecològic dels rius temporals es van desenvolupar per a rius permanents i s'ha vist que poden presentar mancances quan s'apliquen als rius temporals.

L'estat aquàtic juga un paper important en relació a les comunitats de macroinvertebrats. En estat arheic, els rius perden gran part de l'hàbitat que estava disponible quan corria l'aigua, provocant un canvi en la composició de la comunitat de macroinvertebrats i en alguns casos, una disminució de la seva riquesa. En el cas dels rius perennialitzats en concret, com que reben un aport d'aigua constant, no arriben mai a estar en estat arheic (a excepció de la riera de Tossa), cosa que implica una comunitat més estable però alhora també més pobre degut a la baixa qualitat de l'aigua que hi entra.

S'ha pogut comprovar que tot i això, si es du a terme una millor gestió, com per exemple aplicar un tractament d'aigües terciari, de les aigües que surten de les EDAR, com és el cas de la riera de Tossa, es pot aconseguir que les aigües dels rius impactats per EDARs tinguin unes condicions fisicoquímiques i una qualitat biològica més bones. Això

és crucial en les rius temporals, on la capacitat de dilució del riu és inexistent quan el riu perd el cabal i la totalitat de l'aigua que hi entra són aigües residuals.

7.- BIBLIOGRAFIA

Acuña V. et al. (2014). *Why Should We Care About Temporary Waterways?* Policyforum. Disponible a: <<www.sciencemag.org>>.

Alba-Tercedor J. et al. (2002). *Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)*. Limnetica 21(3-4): 175-185.

Aguilar Ibarra A. (2005). *Los peces como indicadores de calidad ecológica del agua*. Revista Digital Universitaria Volumen 6. Número 8. Disponible a: <<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago_art78.pdf>>

Benejam L. et al. (2010) Assessing effects of water abstraction on fish assemblages in Mediterranean streams. *Freshwater Biology* 55, 628–642.

Bonada N. et al. (2006). *Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in Mediterranean-climate streams of northern California*. J North Am Benthol Soc; 25:32–43.

Bonada N. et al. (2006). *Developments in aquatic insect biometring: A Comparative Analysis of Recent Approaches*. Annual Review of Entomology. 51: 495-523.

Bonada & Resh. (2013). *Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecologically comparable freshwater systems*. Mediterranean climate streams.

Cid N. et al. (2016) A biological tool to assess flow connectivity in reference temporary streams from the Mediterranean Basin. *The Science of the total environment* 540, 178–90.

Dallas H. F. (2012). Ecological status assessment in mediterranean rivers: complexities and challenges in developing tools for assessing ecological status and defining reference *conditions*. Mediterranean Climate Streams.

Datry T. (2014). *Intermittent Rivers: A Challenge for Freshwater Ecology*. BioScience Advance.

DIRECTIVE 2000/13/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 March 2000. On the approximation of the laws of the Member States relating to the labelling, presentation and advertising of foodstuffs. Official Journal of the European Communities. L 109/29.

Freshwater Ecology and Management (F.E.M). (2012). "Metodologia F.E.M per a l'avaluació de l'estat ecològic dels rius mediterranis". Disponible a: <<<http://www.ub.edu/fem/index.php/protocols>>>.

Gallart F. (2012). *A novel approach to analysing the regimes of temporary streams in relation to their controls on the composition and structure of aquatic biota*. Hydrology and Earth System Sciences.

Ladrera, R. et al (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica*. Ikastorratza. E-Revista de Ddidáctica 11, retrieved. Disponible a: <<http://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf>>

Lawrence, J. E. et al. (2014). Recycled water for augmenting urban streams in mediterranean-climate regions: a potential approach for riparian ecosystem enhancement. Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques 59, 488-501.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).(2013). *Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables*. Protocol ML-Rv-I-2013.

Munné et al. (2002). *Simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.

Munné, A. & Prat, N. (2009). *Use of macroinvertebrate-based multimetric indices for water quality evaluation in Spanish Mediterranean rivers: an intercalibration approach with the IBMWP index*. Hydrobiologia.

Orden ARM/1195/2011, de 11 de mayo, por la que se modifica la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, «BOE» núm. 114, de 13 de mayo de 2011, páginas 48584 a 48585 (2 págs.).

Ortiz Durà J. (2007). *Memoria del seguiment de l'estat ecològic de la riera de Tossa*. Centre d'Estudi dels Rius Mediterranis.

Pardo I. et al. (2004). *El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat*. Disponible a: <<[http://www.nuriabonada.com/NuriaBonada/All_papers_files/Pardo%20et%20al%2004\(2002\)_Limnetica%20\(Ha%CC%81bitat\).pdf](http://www.nuriabonada.com/NuriaBonada/All_papers_files/Pardo%20et%20al%2004(2002)_Limnetica%20(Ha%CC%81bitat).pdf)>>

Prat i Munné. *Agua y Cambio Climático Agua y Cambio Climático Diagnòsis de los impactos previstos en Catalunya*. Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Projecte europeu LIFE TRivers (2014): *conèixer, protegir i restaurar els rius temporals al continent europeu*. Notícies Universitat de Barcelona. Disponible a: <<http://www.ub.edu/web/ub/ca/menu_eines/noticies/2014/07/063.html>>.

Rodríguez-Lozano P et al. (2015). *Small but powerful: top predator local extinction affects ecosystem structure and function in an intermittent stream*. PLoS One, 10(2): e0117630.

Suárez M^a L. et al. (2002). *Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR*. Limnetica 21(3-4): 135-148.

Tachet H, et al. (2010). *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*. Paris: CNRS.