

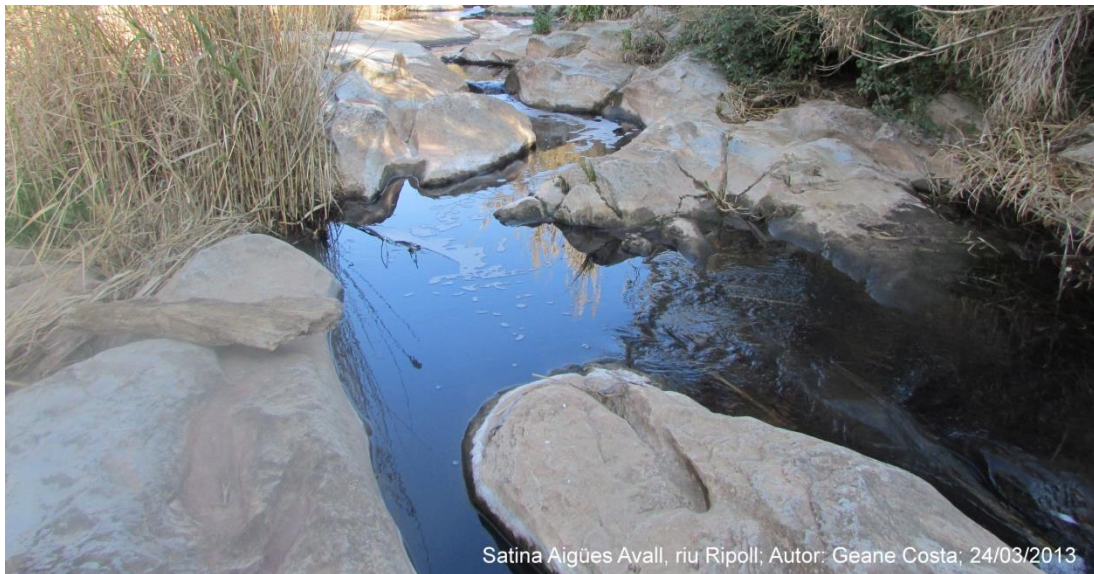
Màster d'Ecologia, Restauració i Gestió d'espais naturals

2012 - 2013



# Determinació del estat ecològic del riu Ripoll a Castellar del Vallés: recuperació de l'estat ecològic del riu després de l'impacte d'una indústria tèxtil.

Per Alba Santaló Rius



Director: Dr. Narcís Prat

Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management)  
Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona

9 de Setembre del 2013

# Determinació del estat ecològic del riu Ripoll a Castellar del Vallés: recuperació de l'estat ecològic del riu després de l'impacte d'una indústria tèxtil.

Màster d'Ecologia, Restauració i Gestió d'espais naturals

2012 - 2013



Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management)  
Departament d'ecologia de la Universitat de Barcelona

Autora: Alba Santaló Rius

Director : Dr. Narcís Prat

Firma

9 de Setembre 2013

# Índex

<b>Índex</b> .....	<b>1.</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>2.</b>
<b>Introducció</b> .....	<b>3 – 6.</b>
Antecedents .....	3.
La zona d'estudi i els seus impactes .....	4.
<b>Metodologia</b> .....	<b>6 – 10.</b>
Punts de mostreig .....	6 – 8.
Mostreig i tractament de dades .....	8 – 10.
Paràmetres Biològics .....	8.
Paràmetres fisicoquímics .....	10.
<b>Resultats</b> .....	<b>11 – 18.</b>
Caracterització físico-químiques .....	11.
Estat ecològic .....	12.
<b>Discussió</b> .....	<b>18 – 20.</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>21 – 26.</b>

## **Abstract**

Studies of environmental impact have been carried extensively throughout Europe in order to show the influence of alterations in aquatic ecosystems developed by human activity. This study will try to study the impact generated by a textile factory located in the Ripoll River (Catalonia), when it flows through the village of Castellar del Vallés. We use the macroinvertebrate community to study such impact and we follow the “Before After Control Impact” (BACI) methodology. Results show that the factory has an important impact in the macroinvertebrate community especially in the two sites located just before the factory. However 2 Km downstream the Ripoll river has attained a similar biodiversity than the control site and the biological indices shown similar values of ecological quality. Interestingly some taxa present in the control area is not present below the factory like the crustaceans Gammaridae which can be related to the presence of some toxic pollutant in the water.

## **Resum**

Els estudis d'impactes mediambientals en rius, s'han realitzat àmpliament a tota Europa, per posar de manifest l'impacte que generen algunes activitats en els ecosistemes aquàtics. Aquest estudi, pretén estudiar l'impacte que genera una indústria tèxtil localitzada en el riu Ripoll (Catalunya) prop de Castellar del Vallés. Ens em basat en el anàlisi de la comunitat de macroinvertebrats per determinar l'impacte que genera i seguint una metodologia tipus “Before After Control Impact” (BACI). Els resultats mostren que l'indústria genera un impacte important en la comunitat de macroinvertebrats, especialment en els dos punts més propers a l'indústria. No obstant, transcorreguts 2 km aigües avall, el riu Ripoll assoleix la biodiversitat similar al punt de control i els índex biològics mostren valors similars de qualitat. Curiosament alguns taxons present en el control, no estan present aigües avall de l'indústria, com ara els crustacis Gammaridae, que podria estar relacionat amb la presència d'algun contaminant que li fos tòxic.

## 1. Introducció

### Antecedents

El ecosistemes aquàtics, estan constituïts per una comunitat biològica que es veu afectada pels processos físics i químics que es donen en el seu habitat, (Chatzinikolaou et al., 2006) incloent els episodis de contaminació, (Thiébaud et al., 2006). Ja que la comunitat biològica és la que està afectada per la contaminació, la Directiva Marc de l'Aigua estableix el monitoratge biològic com un element clau de la seva avaluació en contrast amb la avaluació tradicional de la qualitat de l'aigua (Thiébaud et al., 2006), és a dir la que utilitza únicament la qualitat química.

Per aquest motiu i per tal que els diferents estats membres puguin garantir un bon estat de qualitat de les aigües (les aigües continentals: superficials, aigües subterrànies; aigües costaneres i aigües de transició), la DMA estableix la realització d'una gestió integral i la practica de controls per garantir el compliment dels pressupòsits de la DMA. Aquesta directiva estableix dos eixos d'anàlisis: 1) L'estat químic i quantitatiu de les aigües, que engloba els paràmetres químics, així com els cabals que circulen pels rius; 2) l'estat ecològic, que consisteix en un anàlisis integrat de l'estructura i funcionament dels ecosistemes aquàtics presents en les aigües superficials (a excepció d'aquelles masses molt modificades i/o artificials) (Directiva Marc de l'Aigua, 2000). La importància de la DMA i la seva aplicació a Catalunya ja va ser sintetitzada per Munné et al., (2006). Un exemple recent de la importància de la DMA en la definició dels objectius de qualitat a Catalunya es pot trobar a Munné et al., (2012).

Un dels elements biològics d'anàlisis de la qualitat de l'aigua que ha estat utilitzat per molts autors (e.g. Hynes, 1960; Hellawell, 1986; Rosenberg, & Resh, 1993 o Metzeling et al., 2006) com a un bon indicador de l'estat ecològic dels rius i torrents, són els macroinvertebrats. Els macroinvertebrats s'han utilitzat àmpliament per avaluar els efectes de diversos contaminants, com ara la contaminació per aigües residuals (Jolly, & Chapman, 1966; Pinder, & Far, 1987; Cosser, 1988; Whitehurst, & Lindsey, 1990; Growns et al., 1995), per extraccions d'àrids (Wright et al., 1995; Winner et al., 1975; Norris et al., 1982; Mackey, 1988; Malmqvist, & Hoffsten, 1999; Sloane, & Norris, 2003) o en usos del sòl (Chessman, & Williams, 1999; Walsh et al., 2001; Gresens et al., 2007) i en la silvicultura (McCord et al., 2007). Una revisió de la utilització dels macroinvertebrats com indicadors es pot trobar a Bonada et al., (2006).

Els estudis d'avaluació dels sistemes fluvials tenen una gran tradició a Europa y especialment aquells que intenten avaluar l'impacte d'una activitat contaminant i com el riu es recupera. Aquests estudis es basen en una metodologia tipus "Before After Control Impact" (BACI) que consisteix en analitzar l'estat de les comunitats biològiques aigües amunt de la zona pertorbada, per tal de saber l'estat del riu previ al impacte, i aigües avall del impacte per realitzar un seguiment del efecte en les comunitats i el sistema, així com la resposta que donen davant d'una pertorbació determinada. Alguns exemples d'aquets estudis són els de Comte et al., (2010) realitzat a Bèlgica, Tanya et al., (2006) a França o Ortiz et al., (2005) realitzat en el riu Tordera a Catalunya o el fet recentment al Llobregat per Prat et al., (2013).

A partir d'un impacte conegut en el riu Ripoll i prenent com a referència la Directiva Marc de l'Aigua, l'objectiu principal d'aquest treball és realitzar un control del estat de qualitat de l'aigua, per posar en evidència l'efecte del impacte en el ecosistema i en les seves comunitats, concretament els macroinvertebrats, seguint la metodologia BACI mencionada anteriorment.

Per aquest motiu, els objectius plantejats en aquest estudi, són:

- Determinar l'estat ecològic de l'aigua per sota del punt d'impacte.
- Analitzar la recuperació del sistema, realitzant un anàlisi abans del impacte i després de haver-s'hi produït l'impacte (BACI) (Prat, & Munné, 2000).
- L'efecte del impacte en relació a la diversitat de la zona.
- Anàlisi de la resposta de la comunitat de macroinvertebrats respecte un impacte.
- I els efectes dels paràmetres fisicoquímics en la comunitat.

### **La zona d'estudi i els seus impactes**

El Ripoll pertany a la conca del Besos. Aquesta conca, forma part de les conques internes de Catalunya, amb una climatologia corresponent al clima mediterrani, amb unes precipitacions anuals compreses entre 600 i 650 mm, i amb unes temperatures anuals de 14 i 15 °C. La subconca del Ripoll, té una superfície de 243,3 km<sup>2</sup> i una longitud total de 27,1 km. Durant la trajectòria, el riu Ripoll transcorre per els municipis de Castellar del Vallès, Sabadell i Barberà del Vallès, amb nuclis urbans importants.

El riu Ripoll, esta considerat com un riu de tipologia 3a o el que es el mateix, rius mediterranis de cabal variable (RMCV). Aquesta tipologia de rius, es caracteritza per portar aigua tot l'any com a conseqüència de tenir situada la capçalera en una zona d'elevada pluviometria o per trobar-se localitzat en una zona de clima mediterrani més humit però fluctuant en el temps, tenint pics de cabals màxims en el hivern i pics mínims en l'estiu que son regulats de forma natural per la geologia càrstica de la zona.

Al llarg de l'història del Ripoll, la presència dels assentaments humans i la interacció amb les seves activitats, han estat constants, conformant i modificant la seva dinàmica fins els dies actuals. Les activitats econòmiques que es desenvolupen en la conca, principalment són l'indústria, el comerç i els serveis, que generen unes pressions i impactes determinats. Segons el IMPRESS (Agència Catalana de l'Aigua), són: 1) La Indústria mitjançant la captació d'aigua, abocament d'aigües residuals i localització en zones inundables. 2) La Presència d'endegaments al llarg del seu recorregut, on es pot observar parts del riu totalment canalitzats (sobretot en zones amb presència de nuclis urbans), comportant un augment de la velocitat de l'aigua, així com una pèrdua de diversitat del habitat i l'erosió en vertical, excavant en el territori. 3) La presència de Preses i rescloses al llarg del seu recorregut que alteren la dinàmica del riu, tant en la formació de diferents habitats com en les dinàmiques de migració de les espècies presents en ell. 4) Zones de conreus en zones inundables, comportant impactes de fertilització, empobriment del sòl, construcció de barreres de protecció en cas d'inundació, etc. 5) Assentaments humans en zones inundables que comporta una pèrdua d'hàbitat, impermeabilitzant i/o compactant, causant risc humà.

La presència d'una indústria tèxtil, dedicada a la tinció de roba, i que és l'origen d'aquest treball, es localitza a la llera del riu Ripoll, a una distància de 3,2 km de Castellar del Vallès i li corresponen les coordenades següents: 2° 4' 14.26" E i 41° 37' 31.86" N.

Els tints de roba es caracteritzen per ser colorants sintètics d'origen orgànic que com a conseqüència de la seva estructura química complexa i el seu origen, fa difícil la seva eliminació de les aigües residuals (Blánquez, 2005), però la seva presència, per poca quantitat que hi haguí en el medi (menys de 1 ppm per alguns colorants), té un impacte molt visible, afectant la transparència de l'aigua i la solubilitat dels gasos en els ecosistemes aquàtics (Blánquez, 2005).

A part del impacte del color, els colorants de roba, es caracteritzen per ser compostos tòxics. Alguns colorants, provenen del compost Benzidina i/o d'altres compostos

aromàtics coneguts com carcinògens (Brown, & Vito, 1993) i de compostos Xenobiòtics els quals són recalitrants i tòxics (Chagas, & Durrant, 2001).

Les aigües residuals que genera aquesta indústria són abocades en el riu Ripoll, sense la eliminació del color de tinció, causant que l'aigua del riu, circuli aigües avall amb un color intens, generant d'aquesta manera un impacte tant visual com en el ecosistema en la massa d'aigua 1100230 (tram compres entre el límit del parc de Sant Llorenç, fins a la EDAR de Castellar del Vallès). Incomplint la directiva EU 91/271, que obliga a eliminar el color de les aigües residuals abans d'abocar-les en el medi o a las xarxa de sanejament, degut a la seva dificultat d'eliminació per part de les EDARs. I el Decret 130/2003: "el color és un contaminant difícilment tractable a les EDAR i amb un significatiu impacte sobre els objectius de qualitat del medi receptor i els usos potencials de les aigües depurades. Limitant la concentració de color per a poder ser admès, en una dilució 1/30, considerada una dissolució inapreciable".

El grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) porta molts anys estudiant el riu Ripoll en la zona que s'estudia en aquesta memòria i compta amb més de 20 anys de dades (Prat & Rieradevall, 2006) de manera que es coneixen bé els problemes principals dels riu. De totes maneres el estudis no han incidit de forma detallada en el procés de recuperació del riu després d'un impacte, aquesta memòria és una aportació a aquests estudis.

## **2. Metodologia**

### **Punts de mostreig**

Per tal de poder determinar el grau del impacte en el medi i la posterior recuperació, es varen determinar tres punts d'anàlisi situats per sota del focus de contaminació, que es van comparar a un quart punt, localitzat aigües amunt del focus de contaminació, fent servir un disseny d'abans i després d'un impacte (tipus BACI) similar al que realitzaren Prat, & Munné, (2000); Ordóñez et al., (2011) o Prat et al., (2013). La situació dels punts es pot observar en la Figura 1.





**Fig.1:** Mapa de localització dels punts de mostreig en el riu Ripoll, en el tram compres entre la urbanització Aire-sol i Castellar del Vallés, Catalunya, Espanya. **Font:** Elaboració pròpia, 2013.

El punt de referència anomenat Mas Pinetó (CONT), es troba localitzat aigües amunt d'on es dona l'abocament d'aigües residuals, a una distancia de 380 m. Aquest punt l'hi corresponen les coordenades següents 2° 4' 4.51" E i 41° 37' 43.17" N.

El primer punt mostreig després de l'impacte, s'anomena Satina Aigües Avall (SAV), es troba localitzat just a sota del focus de contaminació (a uns 550,7 m) i proper a uns camps de conreus. Les coordenades que li corresponen són: 2° 4' 22.95" E i 41° 37' 22.59" N.

El segon punt impactat correspon a Satina Fusteria (SF); es troba localitzat a les coordenades 2°4'21.34" E i 41°37'10.09" N. A una distancia de 346,7 m respecte al primer punt de mostreig ( a 897,4 m respecte el focus de contaminació).

I el tercer punt de mostreig, correspon al punt més allunyat del focus de contaminació, corresponent com a Passera de Fusta (PF) amb unes coordenades de 2° 4' 42.66" E i 41° 36' 56.98" N. El punt de mostreig de Passera de Fusta es troba a una distancia de 1,909 km del punt de contaminació. Aquest punt es caracteritza per trobar-se després d'uns horts urbans.

Les mostres es van agafar en un mateix dia de mostreig, data del 20 de Juliol del 2012.

## **Mostreig i tractament de dades**

### **Paràmetres biològiques**

Per a l'estudi dels macroinvertebrats, les mostres analitzades s'han recollint mitjançant el protocol MIQU (MacroInvertebrats QUantitatiu). Aquest protocol té el seu origen basat en el protocol IRS (Invertebrés Reseau de Surveillance) utilitzat a França (AFNOR 2009). La metodologia emprada per aquest protocol, es troba detallada en Prat et. al., (2012).

En síntesi direm que consisteix en la presa de 12 unitats de mostreig de 30x30 cm, a partir de determinar quins hàbitats o substrats són dominants (> 5% de la superfície del tram mostrejat) i quins són marginals (< 5%), atorgant un percentatge segons la seva presència i indicant-ho amb una D en el cas que fos dominant o amb una M en el cas de marginal. De les 12 unitats, 4 Surber, es mostrejaran en els habitats marginals, que es dipositaran en un mateix pot fixant amb formol (4%) o etanol (70%) i agafant els Surber per ordre d'importància dels 11 substrats segons la llista donada a Nuñez, & Prat, (2010). Amb els 8 restants, es mostrejaran en els habitats o substrats dominants, seguint el mateix procediment que en els habitats marginals pels primers 4 Surber i per ordre de dominància en els altres 4.

Aquest protocol va estar dissenyat per obtenir dades quantitatives i per això permet calcular diferents índexs unimètrics ja siguin qualitatius o semiquantitatius, com ara el FBILL i IBMWP, però també els multimètrics com ara IMMi-L (qualitatiu) i el índex IMMi-T (quantitatiu) que són els índexs més utilitzats a Catalunya (Munné, & Prat, 2009; Nuñez et al., 2010; Prat, et al., 2012).

Per la obtenció de les dades, s'ha procedit a l'anàlisi de les mostres recollides el dia 20 de juliol 2012 amb el següent protocol: per cada pot de mostra, s'ha eliminat el formol i s'ha procedit a filtrar-la mitjançant un sedàs de 500 micres; retirant el material més gran com ara fulles o pedres (amb previ rentat). Seguidament, s'ha dipositat la mostra en una safata i s'ha dividit en 6 o 8 parts. Una fracció es diposita en una placa de Petri i es procedeix al recompte d'individus mitjançant una lupa i a la seva posterior classificació fins a nivell de família, utilitzant les claus de Tachet et al., (2000). Durant el recompte, es dipositen els individus en un vial amb alcohol, per futures revisions i/o classificació a nivell d'espècie.

En aquest recompte, s'ha de assolir un mínim de 300 individus separats i classificats per poder extrapolar a la resta de la mostra. Si no s'assoleix aquest número amb una fracció es procedeix a separar-ne un altra i així successivament. Amb la fracció no analitzada a la lupa, es realitza una revisió general a ull nu per tal de identificar aquelles famílies presents en la mostra i que no estan presents en la fracció seleccionada anteriorment.

Amb les dades obtingudes del recompte de cada una de les mostres, s'ha calculat els individus per metro quadrat, i s'ha elaborat una matriu composta per les famílies presents en cada punt, i l'abundància de cada una per individu/m<sup>2</sup>. Posteriorment, aquestes dades s'han introduït en el programa anomenat MAQBIR (Mètriques per a l'Avaluació de la Qualitat Biològica mitjançant macroinvertebrats dels Rius) (Munné, & Prat, 2009) per tal de calcular els diferents índexs biològics: IBMWP, FBILL, IASPT, IMMiT i IMMIL, l'índex de biodiversitat de Shannon (H'), les famílies d'Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT) i el número total de famílies trobades en la mostra (S).

En cada punt també es va avaluar l'estat de les riberes mitjançant l'índex QBR (Qualitat del Bosc de Ribera). L'índex està estructurat en 4 blocs, dels quals cada un pot assolir una puntuació màxima de 25, donant com a valor final un valor entre 0 i 100 que permet classificar la qualitat en 5 nivells: 1) Molt bon estat ( $\geq 95$ ), 2) Bon estat (75-90), 3) Regular (55-70), 4) Dolenta (30-50) i 5) Pèssima ( $\leq 25$ ). Els quatre blocs en que s'estructura el QBR són, 1) Grau de cobertura ripària, 2) Estructura de la cobertura, 3) Qualitat de la cobertura i 4) Grau de naturalitat del canal fluvial (per més informació mirar Munné et al., 1998a; Munné et al., 1998b i Munné et al., 2003), permeten diferenciar quina és la problemàtica per la qual el bosc de ribera no té una bona qualitat.

També es va mesurar l'índex de l'Hàbitat Fluvial (IHF) mesura de forma ràpida i senzilla la heterogeneïtat de la llera fluvial. El IHF ens dona una idea del perquè es dona una variabilitat de la diversitat biològica i com afecta en el estat ecològic (Pardo et al., 2002) degut a que com més heterogeni sigui l'hàbitat, hi haurà més fonts d'alimentació i més disponibilitat de refugis). Aquest índex esta format per una avaluació en 7 blocs: 1) Freqüència dels ràpids, 2) Inclusió en ràpids i/o sedimentació en les zones someres, 3) Composició del substrat, 4) Règim de velocitats-profunditat, 5) Percentatge de ombra en el llit, 6) Elements d'heterogeneïtat, 7) Cobertura de vegetació aquàtica, obtenint un valor que fluctua entre 11 i 100 que permet classificar la qualitat en tres nivells: Habitat ben constituït (> 60), Habitat regular (40-60) i Habitat empobrit (< 40).

Finalment es determina l'índex ECOSTRIMED (Ecological Status Rivers Mediterranean) que resulta de la combinació de dos indicadors, un és el QBR i l'altre és el FBILL o el IBMWP (Prat et al., 2000b), que ens permet atorgar un nivell de qualitat determinat en cinc classes de qualitat. Per més detall de l'índex ECOSTRIMED, consultar la publicació de Munné et al., (1999) i Nuñez et al., (2010).

### **Paràmetres fisicoquímics**

Els paràmetres fisicoquímics analitzats in situ, són: la conductivitat, el pH, la temperatura i el oxigen dissolt. Així com la secció i la profunditat del tram, i la velocitat corresponent a cada punt de mesura de la profunditat. L'amplada de la secció s'ha mesurat amb una cintra mètrica i a cada 0,5 m s'ha mesurat la profunditat de l'aigua i la velocitat en aquell punt (amb un molinet). Les dades obtingudes ens permeten calcular el cabal d'aigua que circulava en el moment de realitzar el mostreig.

Els paràmetres fisicoquímics ens permeten relacionar els possibles canvis que es donen en els paràmetres biològics mencionats anteriorment, degut a que tenen una influència considerable sobre la distribució dels macroinvertebrats (Vivas et al., 2002).

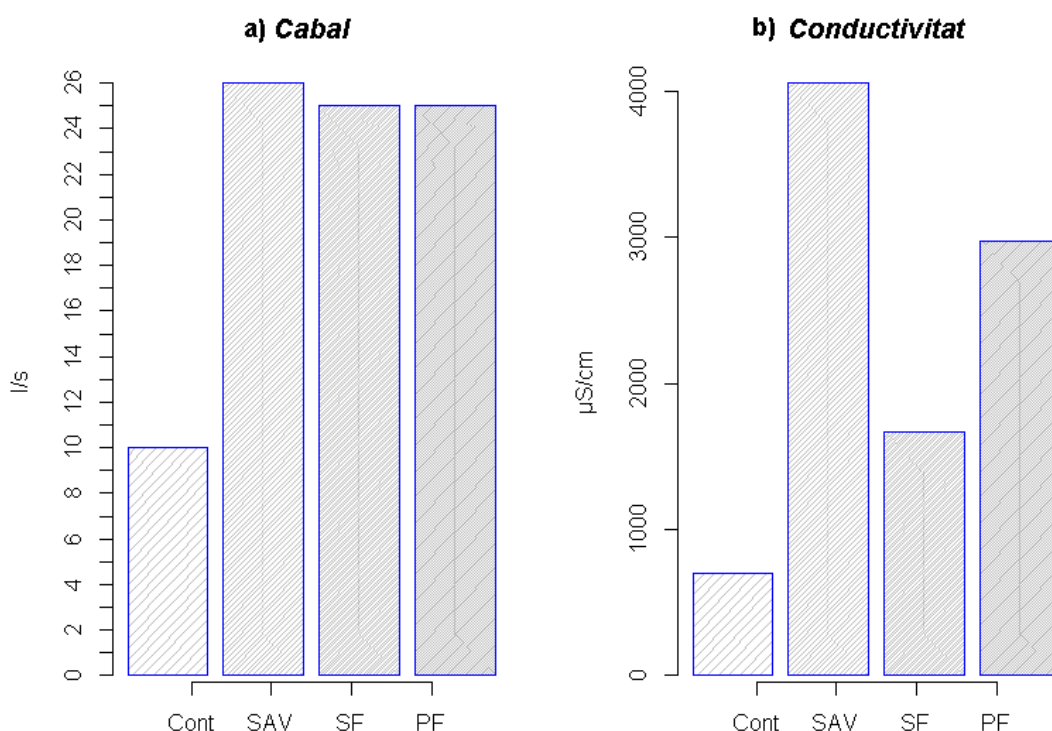
Per tal de determinar la influència dels paràmetres físics sobre la comunitat de macroinvertebrats present en la zona d'estudi, s'ha procedit a un anàlisi multivariant utilitzant el RDA (Anàlisi de Redundància) amb el software R. El RDA és un anàlisi d'ordenació canònica que permet analitzar la correlació entre dues matrius, una primera ambiental i una segona biològica, assumint el supòsit de que es donen relacions lineals entre les diferents variables.

### 3. Resultats

#### Característiques físico-químiques

Els valors de la temperatura enregistrats al camp en els diferents punts de mostreig, oscil·len entre 16 i 24 °C, corresponent el valor màxim al punt de Satina Fusteria amb un valor de 24,4 °C i el mínim al punt de Mas Pinetó amb un valor de 16,9 °C. Els quatre punts de mostreig, es caracteritzen per tenir pH alcalí, que va de 7,35 en el punt de Mas Pinetó a 8,14 a Satina Fusteria. Respecte els valors del percentatge d'oxigen dissolt present en l'aigua, estan compresos entre 80 i 70%. Corresponent el mínim al punt de Mas Pinetó (72%) i el màxim a Satina Aigües Avall (79,5%).

En referència a la conductivitat, s'ha enregistrat un augment entre Mas Pinetó i Satina Aigües Avall, assolint el màxim en aquest punt amb un valor de 4053  $\mu\text{S}/\text{cm}$  com a conseqüència de la utilització de clorur de sodi procedent del circuit de descalcificació de l'aigua de la indústria tèxtil (Figura 2a). En els punts situats per sota de Satina Aigües Avall, s'observa una petita disminució de la conductivitat, encara que segueix sent elevada (1670 i 2976  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Fig.2:** Representació de les dades físico-químiques obtingudes per cada punt de mostreig. En **a)** representació del cabal mesurat en els 4 punts de mostreig el dia 20 de Juliol del 2012. **b)** Representació de la conductivitat obtinguda en els punts de mostreig el dia 20 de Juliol del 2012. **Font:** Elaboració pròpia, 2013.

El fet del abocament d'aigües per part de la indústria tèxtil, es fa evident si s'analitza el cabal (Figura 2b) que circula pels diferents punts de mostreig, ja que, es reflexa una augment del cabal des del punt de Mas Pinetó a Satina Aigües Avall (SAV), passant de tenir un cabal de 10 l/s en el punt de control, a tenir un cabal de 26 l/s en el SAV, per tant es dona un augment entre els dos punts de 16 l/s que prové del abocament de l'indústria tèxtil i que aquesta capta en pous de la zona.

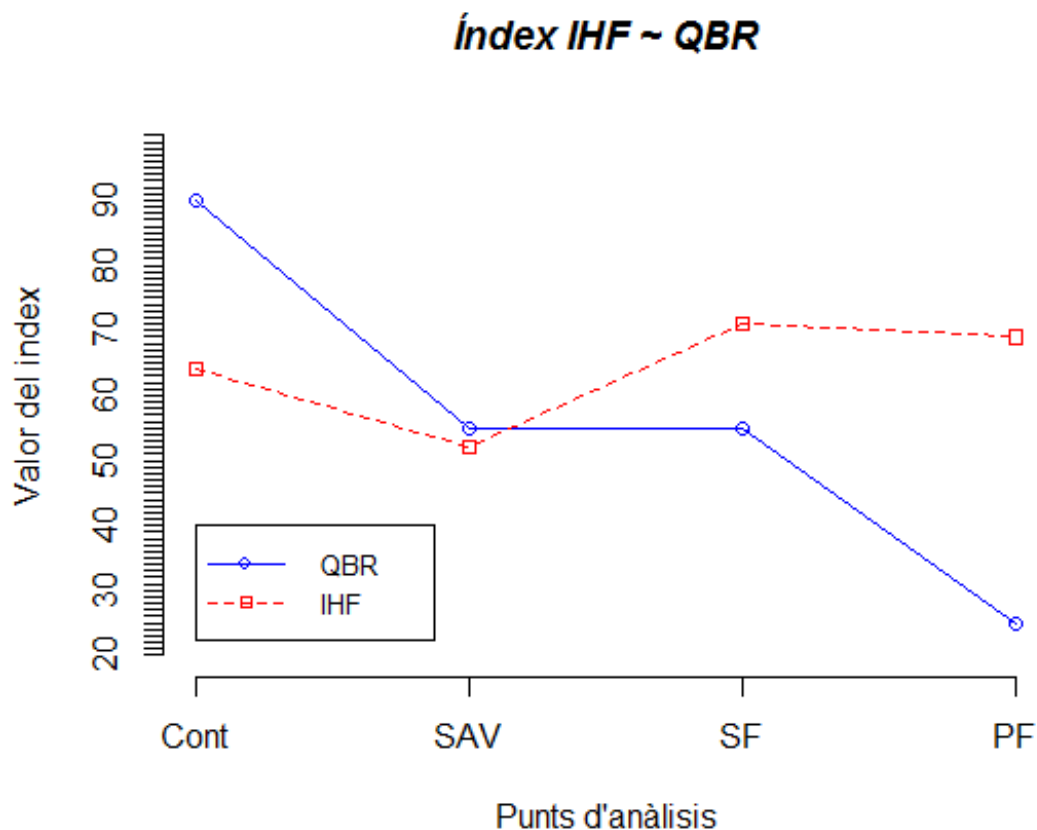
### **Estat ecològic**

En les mostres analitzades, s'han trobat un total de 57 famílies entre els 4 punts de mostreig tal i com es veu en la Taula 1 adjunta. El taxó més abundant és el dels Dípters, dins del qual la família més abundant és la dels Chironomidae presents en els quatre punts amb altes abundàncies. També es va detectar la presència d'un cranc de riu americà (Cambaridae) en la mostra de Satina Aigües Avall.

**Taula 1:** Famílies de macroinvertebrats presents als punts mostrejats de Mas pineó (CONT), Satina Aigües Avall (SAV), Satina Fusteria (SF) i Passera (PF). Mostra els individus per metre quadrat trobats en cada un dels punts de mostreig.

		CONT	SAV	SF	PF	
Oligochaeta	Oligochaeta	86,67	2608,89	557,78	520	
Gasteropodes	Hydrobiidae	67,36		10	154,44	
	Ancylidae	7,64			50	
	Lymnaeidae		1,25		40	
	Physidae	48,89	28,47	172,22	10	
	Planorbidae	10,28	1,25	20,28		
	Sphaeriidae	2,50				
	Ephemeroptera	Baetidae	1153,33	146,67	290,00	647,78
	Caenidae	1088,89	111,11	947,78	2174,44	
	Lephtophlebiidae				10	
	Ephemerellidae	174,44			2,22	
Odonata	Coenagrionidae	2,22	2,5		0,28	
	Gomphidae	0,28				
	Calopterygidae				102,22	
	Cordulegastridae			0,56		
	Lestidae				10,56	
	Libellulidae	1,25	2,78	30,28	1,25	
Coleopters	Elmidae	90				
	Dytiscidae		5			
	Hydraenidae				1,25	
	Hydrophilidae	11,11	48,89	0,83	1,25	
Tricopters	Hydropsychidae	716,67			210	
	Hydroptilidae	76,25			20,56	
	Leptoceridae	30,00			12,22	
	Rhyacophilidae	0,28		150		
	Philopotamidae	4,44			10,28	
	Polycentropodidae	10,56		1,81	53,33	
	Psychomyiidae	28,89			0,28	
Heteropters	Corixidae	2,50	23,47		0,28	
	Gerridae	4,72		20	1,25	
	Mesoveliiidae				1,25	
	Hydrometridae		0,28		1,25	
	Notonectidae	1,25	1,25			
Dipters	Anthomyiidae	11,94	5		2,36	
	Cerapogonidae		533,33	6,94	10	
	Chironomidae	3356,67	4417,78	1838,89	2246,67	
	Culicidae		126,67	10,28		
	Empididae	1,25	0,28		4,72	
	Ephydriidae		9,31		10,00	
	Limoniidae		21,39		1,25	
	Psychodidae	167,78	291,11	248,89	72,22	
	Ptychopteridae		80,28		2,22	
		Dixidae	0,28			
		Rhagionidae		1,25		10
		Simuliidae		37,78	30,28	1274,44
		Stratiomyidae	0,28	5,28	1,53	1,25
		Tabanidae		1,25		
		Thaumaleidae				2,5
		Tipulidae	1,25	2,5	3,47	5,97
	Nematodes	Nematoda		64,44	6,67	20
Achetes	Erpobdellidae	11,39	0,28	10	52,22	
	Glossiphoniidae	3,06				
Acariens	Hydracarina	26,67	40,28	10	12,22	
Decapoda	Cambaridae		0,28			
Crustacis	Gammaridae	2627,78				
Megaloptera	Sialidae	10				
Tricladida	Dugesiiidae	5,14				

En relació al índex de qualitat del bosc de ribera (QBR) s'observa una disminució del seu valor important, ja que passem d'una puntuació de 90 (màxim de 100) en el punt de Control a una puntuació de 25 en el punt de mostreig de Passera de Fusta equivalent a una qualitat del bosc de ribera de degradació extrema i de qualitat pèssima. En aquest cas presenta una coberta vegetal de la zona de ribera amb una connectivitat baixa i composta per plantes al·lòctones i amb les terrasses adjacents modificades comportant una reducció del canal.



**Fig. 3:** Canvis en els índex QBR i IHF en els diferents punts de mostreig. **Font:** Elaboració pròpia; 2013.

En el cas dels punts de Satina Aigües Avall i de Satina Fusteria, s'observen inicis d'alteracions importants amb una qualitat intermèdia. El bloc que rep una puntuació més pèssima, en tots dos és la qualitat de la coberta vegetal, mostrant una comunitat de plantes al·lòctones ben formada, diferenciant-se entre Satina Fusteria i Satina aigües avall, amb la absència d'espècies autòctones. En el punt de mostreig de Satina Fusteria es poden observar la presència de plantes autòctones així com la presència d'abocaments a la riba.

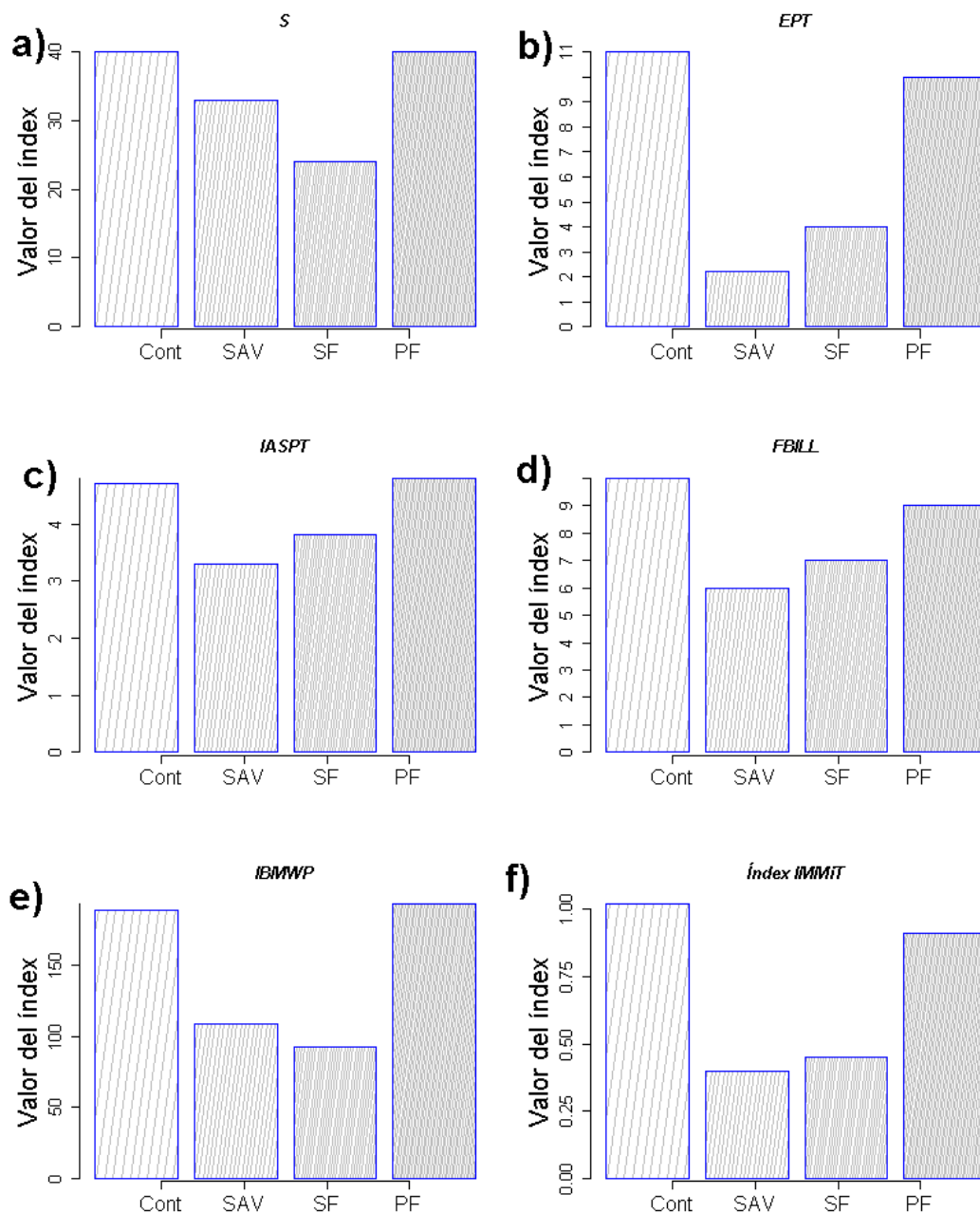


En referència al Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF) els resultats obtinguts corresponen a un lleuger augment de la qualitat del habitat després del impacte del abocament, observant-se una pèrdua en el punt més pròxim al focus de contaminació que corresponent a Satina Aigües Avall (Figura 3). La resta dels punts els hi correspon un bon estat, tenint en compte que els valors més alts es situen aigües avall del punt de contaminació.

Si analitzem les mètriques individuals obtingudes, s'observa una disminució gradual de la presència de famílies (S), assolint un mínim a Satina Fusteria amb 24 famílies, representant una pèrdua del 50% respecte el control o Passera de Fusta amb 40 famílies diferents. Si s'analitzen els tres punts localitzats per sota del abocament, s'observa un augment progressiu del nombre de famílies, assolint el mateix nombre que en el punt de control. Aquest fet es veu corroborat per el nombre de les famílies d'Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters (EPT) presents en cada punt de mostreig. La presència/absència d'aquestes famílies, ens indica l'existència d'alguna pertorbació ja que requereixen unes condicions ambientals amb poca alteració de les condicions naturals per aquests tipus de rius i la presència de contaminants afecta severament a aquets taxons. Per aquest motiu, també s'observa una reducció important de la seva presència en el punt de Satina Aigües Avall, amb una la presència de només dues famílies d'efemeròpters (Baetidae i Caenidae) tal i com es pot veure en la Taula 1. Però en el punt de mostreig anomenat Satina Fusteria, ja s'observa un recuperació de la presència de EPT, fins a assolir, en el punt de Passera de Fusta, un nombre similar al de Mas Pinetó. Malgrat que en el punt de Passera de Fusta s'assoleix el nombre inicial de taxons respecte al punt que no rep la pertorbació, no s'han trobat a Passera de Fusta la presència de Gammaridae ni la família Elmidae presents en el punt de Mas Pinetó. Aquestes dues famílies, ens indiquen que encara falta algun paràmetre ambiental a recuperar ja que no estan presents a Passera de Fusta tot i que en aquest punt s'ha trobat la presència de Leptophlebiidae que requereix un bon estat de l'aigua.

Si analitzem la biodiversitat de Shannon ( $H'$ ) reflexa una disminució en el punt de Satina Aigües Avall (1,8), amb una posterior recuperació en els punts per sota de Satina Aigües Avall, obtenint en el punt de mesura de Passera de Fusta el màxim de diversitat (2,08) i sent superior que el del punt de control.

# Índex biològics



**Fig.3:** Canvis al llarg del riu de diferents parametres biològics. a) Canvis en el nombre de famílies present en els punts mostrejats. b) Canvis en el nombre de famílies d'Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters presents en els punts mostrejats. c) Representació del índex IASPT en els punts mostrejats. d) Representació del índex FBILL en els punts mostrejats. e) Canvis en el índex IBMWP en els punts mostrejats i f) representació del índex IMMiT en els punts mostrejats el dia 20 de Juliol 2012. **Font:** Elaboració pròpia; 2013.

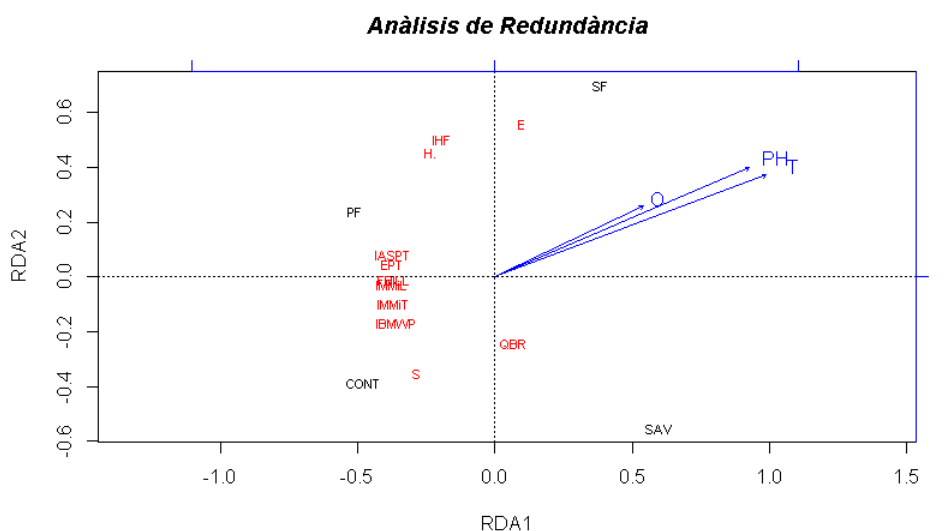
Analizant els indicadors biològics, s'observa una tendència similar dels diferents índex tractats. En la gràfica de l'índex IASPT (Figura 4a), s'observa que en el punt de Satina Aigües Avall s'assoleix el valor mínim corresponent a 3.3, també s'observa un augment progressiu de la qualitat en els punts de Satina Passera i Passera de Fusta,

assolint un valor similar al del control a Passera de Fusta. Per contra, en el índex FBILL, a diferencia del índex IASPT, el valor màxim correspon al punt de Mas Pinetó (CONT) amb un valor obtingut de 10, i no en el punt de Passera Fusteria (valor obtingut del índex de 9) tot i que l'esta final es similar (molt bo segons aquest índex). Si s'analitza el índex IBMWP, indica una pèrdua de la qualitat fins al punt de mostreig de Satina Fusteria que assoleix el mínim valor de 92.

Encara que aquests tres índex indiquen diferències entre ells, tots tres reflecteixen una clara recuperació de la qualitat en el punt de Passera de Fusta. Les diferències entre ells es deuen a la metodologia de càlcul.

Si s'analitza l'índex IMMIT, s'observa un efecte progressiu important des del punt de Satina Aigües Avall (0,4) fins el punt de Satina Fusteria (0,45), mentre que a Satina Fusteria a Passera de Fusta (0,91) la recuperació és considerable ja que es passa d'un valor de qualitat de 0.45 a 0.91, però sense assolir les condicions obtingudes en el control (1,02), però en tots dos casos la qualitat ecològica és molt bona.

El resultat del RDA obtingut, s'observa en la Figura 5 on l'eix 1 explica el 64,15% de la variància, mentre que, l'eix 2, explica el 26,37%.



**Fig.5:** Anàlisi de Redundància (RDA). Font: Elaboració pròpia; 2013.

Si s'observa la gràfica del RDA (Figura 5), es veu clarament com els punts Satina Aigües Avall (SAV) i Satina Fusteria (SF) es situen a la dreta del eix 1, a on es troben els valors més elevats dels paràmetres indicadors de contaminació. Mentre que a l'altra banda (esquerra del eix 1), es situen tots els paràmetres biològics indicadors de

bona qualitat ecològica i a on es localitzen els punts de Mas Pinetó (CONT) i Passera de Fusta (PF).

Si analitzem els punts de mostreig en funció dels paràmetres indicadors de la contaminació (en relació als vectors dels paràmetres ambientals), s'observa que el punt de Satina Fusteria (SF) correspon al punt de mostreig més contaminat, mentre que el punt de Mas Pinetó (CONT) és el punt menys contaminat, per ser el més allunyat dels vectors.

Les diferències entre el punt de Passera de Fusta (PS) i Mas Pinetó (CONT) estant clarament relacionades amb el QBR, que és molt diferent en ambdós punts i com s'ha vist en els resultats (Figura 3).

#### **4. Discussió**

D'acord amb els resultats obtinguts en la zona d'estudi, s'està produint un impacte ambiental com a conseqüència del abocament de les aigües residuals procedents de la indústria tèxtil. Observant-se la presència de famílies més tolerants, com ara els Chironomidae, Dytiscidae o Tabanidae presents en els punts de mostreig més afectats (Taula 1).

El efecte del abocament continu, altera els paràmetres fisicoquímics, principalment en els punts de Satina Aigües Avall i Satina Fusteria, que corresponen als punts de mostreig més pròxims al focus de contaminació. Aquestes alteracions, condicionen la comunitat de macroinvertebrats presents, i es reflexa en una disminució dels índex biològics analitzats (Figura 4).

L'alteració ambiental, afecta principalment en un augment considerat de la conductivitat del medi en el punt de Satina Aigües Avall (a 550,7 m del focus), elevant-la a 3349  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per sobre de la conductivitat obtinguda en el punt de control. Amb una disminució en els punts de mostreig situats per sota de Satina Aigües Avall. Malgrat que es dona una disminució, el riu no és capaç de recuperar les condicions inicialment detectades (704  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), conservant la conductivitat elevada fins hi tot en el punt més allunyat (Passera de Fusta). En relació al color de l'aigua, el riu recupera el color corresponent en 1,909 km de tram transcorregut.

Aquesta afectació, com s'ha mencionat anteriorment, es reflecteix també en la comunitat dels macroinvertebrats. Un exemple, seria el índex de diversitat de Shannon, a on s'ha pogut observar una considerada disminució del índex, sobretot en

el punt de Satina Aigües Avall i de Satina Fusteria (entre 1,8 i 1,99 de la diversitat de Shannon) i amb un valor màxim en el punt de mostreig de Passera de Fusta (correspon el punt més allunyat), indicant una clara recuperació. També s'observa, una predominança de les famílies amb més rang de tolerància en referència a les condicions ambientals i dels contaminats, com ara Chironomidae i amb una absència d'aquelles que requereixen unes condicions més òptimes de qualitat, com ara les famílies Leptophlebiidae (Efemeròpters) trobades en el punt de Passera de Fusta o els Tricòpters Leptoceridae i Philopotamidae trobades al punt de Control (Mas Pinetó) i Passera de Fusta, i absentes en els punts més afectats per l'activitat tèxtil (Taula 1). L'impacte també es corrobora amb els canvis de l'índex EPT (Efemeròpters, Plecòpters, Tricòpters).

En general, tots els índex biològics, mostren la degradació produïda per l'abocament de la indústria tèxtil. De totes maneres segons els índexs IBMWP i FBILL, correspon una bona qualitat en els punts més pròxims en el focus de contaminació (Satina Aigües Avall i Satina Fusteria) i molt bona en el punt de Passera de Fusta (a 1,909 km del focus de contaminació) (Taula 2), mostrant un impacte en els punts més pròxims amb la pèrdua de qualitat però essent l'impacte inferior al esperat donada la gran quantitat d'aigua que utilitza la factoria. En canvi l'índex IMMiT mostra una disminució de la qualitat més gran. Això es degut que aquest índex utilitza dades quantitatives i dona un pes molt gran al IASPT. Sembla que l'ús de dades quantitatives millora la descripció dels efectes de la indústria tèxtil sobre el riu.

**Taula 2:** Representació de la qualitat biològica i ecològica dels punts mostrejats.

	IHF	QBR	IBMWP	FBILL	ECOSTRIMED	IMMiT
CONT	64	90	189	10	Molt Bó	1,02
SAV	52	55	109	6	Regular	0,4
SF	71	55	92	7	Regular	0,45
PF	69	25	193	9	Regular	0,91

És interessant veure que a Passera de Fusta (PF), s'assoleixen pràcticament els valors obtinguts en la zona no alterada tant en relació a la presència de EPT presents, com ara Ephemerellidae (Efemeròpter), els Leptoceridae, Philopotamidae, Polycentropdidae i Psychomyiidae (Tricòpters) trobats tant en el punt de control com en la Passera de Fusta, canviant les abundàncies, així com en els diferents índexs biològics. Tot i això, la absència del Gammaridae i dels Elmidae en el punt de Passera de Fusta i la seva presència en el punt de Mas Pinetó (CONT), en indica que el punt

de passera de fusta no s'ha recuperat completament del impacte produït. El màxim en el punt de Passera de Fusta, s'explica pel poder d'autodepuració del riu i la progressiva dispersió del colorant. Hem de deduir que no hi ha aportació de matèria orgànica ja que l'oxigen roman elevat i pràcticament hi trobem tots els taxons presents al control. Més discutible seria si hi ha algun tòxic romanent a l'aigua, ja que la desaparició dels Gammaridae fa pensar amb un cert grau de toxicitat ja que els crustacis són els organismes més sensibles a baixes concentracions de certs tòxics presents a les aigües (Helawell, 1986).

En referència al estat de qualitat ecològica, en els tres punts situats per sota del punt d'abocament, reben una qualitat regular del índex ECOSTRIMED com a conseqüència de no tenir en bon estat el bosc de ribera, que en el cas de Passera de Fusta és molt deficient (mirar Taula 2). Caldria, segons la DMA una actuació per tal de recuperar el bon estat biològic del tram, conjuntament amb una modificació del sistema de depuració de les aigües residuals de l'indústria, per tal que compleixi la normativa vigent, i que les aigües que aboqui, no generin un impacte visual ni una pèrdua de la qualitat biològica.

## Bibliografia

- Association Française de Normalisation-AFNOR. (2009). "Qualité écologique des milieux aquatique-Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes". 22 págs. Norme XP T:90-333.
- Blánquez, P. (2005). "Desenvolupament d'un procés a escala pilot per al tractament del colorant tèxtil gris lanaset G amb *Trametes versicolor*". Memòria de Tesi Doctoral, Bellaterra.
- Bonada, N.; Prat, N.; Resh, V. H. & Statzner, B. (2006). "Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches". *Annual Review of Entomology* 51: 495–523.
- Brown, M.A. & Vito, S.C. (1993). "Prediction azo dye toxicity". *Crit. Rev. Sci. Tec.* 23: 234-249.
- Chagas, E. P. & Durrant, L. R. (2001). "Decolorization of azo dyes by *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus sajorcaju*". *Enzyme Microb. Technol.* 29: 473-477.
- Chatzinikolaou, Y.; Vasilis, D. & Lazaridou, M. (2006). "Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in a large transboundary Mediterranean river during the low flow period.". *Wiley InterScience, Acta hydrochim. Hydrobiol.* 2006, 34, 453-463.; DOI 10.1002/aheh.200500644.
- Chessman, B. C. & Williams, S. A. (1999). "Biodiversity and conservation of river macroinvertebrates". *Pacific Conservation Biology*, 5, 36–55.
- Comte, L.; Lek, S.; Deckere, E.; Zwart, D. & Gevrey, M. (2010). "Assessment of stream biological responses under multiple-stress conditions". *Springer. Environ Sci Pollut Res* 17:1469-1478. DOI 10.1007/S11356-010-0333-Z.
- Cosser, P. R. (1988). "Macroinvertebrate community structure and chemistry of an organically polluted creek in south-east Queensland". *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 39, 671–683. doi: 10.1071/MF9880671.

- Decret 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament. Parlament de Catalunya 2003.
- Gresens, S. E.; Belt, K. T.; Tang, J. A.; Gwinn, D. C. & Banks, P. A. (2007). "Temporal and spatial responses of Chironomidae (Diptera) and other benthic invertebrates to urban stormwater runoff". *Hydrobiologia*, 575, 173–190. doi: 10.1007/s10750-006-0366-y.
- Growns, J. E.; Chessman, B. C.; McEvoy, P. K. & Wright, I. A. (1995). "Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: Case studies in the Nepean River and Blue Mountains, NSW". *Australian Journal of Ecology*, 20, 130–141. doi: 10.1111/j.1442-9993.1995.tb00527.x.
- Hellawell, J. M. (1986). "Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management". London: Elsevier.
- Hynes, H. B. N. (1960). "The Biology of Polluted Waters". Liverpool: Liverpool University Press.
- Jolly, V. H. & Chapman, M. A. (1966). "A preliminary biological study of the effects of pollution on Farmers's Creek and Cox's River, New South Wales". *Hydrobiologia*, 27, 160–192. doi: 10.1007/BF00161494.
- Mackey, A. P. (1988). "The biota of the River Dee (central Queensland, Australia) in relation to the effects of acid mine drainage". *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, 99, 9–19.
- Malmqvist, B. & Hoffsten, P. (1999). "Influence of drainage from old mine deposits on benthic macroinvertebrate communities in central Swedish streams". *Water Research*, 33, 2415–2423. doi: 10.1016/S0043-1354(98)00462-X.
- McCord, S. B.; Grippo, R. S. & Eagle, D. M. (2007). "Effects of silviculture using best management practices on stream macroinvertebrate communities in three ecoregions of Arkansas, USA". *Water, Air, and Soil Pollution*, 184, 299–311. doi: 10.1007/s11270-007-9417-x.
- Metzeling, L.; Perriss, S. & Robinson, D. (2006). "Can the detection of salinity and habitat simplification gradients using rapid bioassessment of benthic invertebrates be improved through finer taxonomic resolution or alternatives indices?". *Hydrobiologia*, 572, 235–252. doi: 10.1007/s10750-005-9004-3.



- Munné, A.; Solà, C.; Prat, N. (1998a). "QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera". *Tecnología del Agua*, 175: 20-3.
- Munné, A.; Solà, C.; Rieradevall, M.; Prat, N. (1998b). "Índex QBR. Mètode per a l'avaluació de la qualitat dels ecosistemes de ribera". *Estudis de la qualitat ecològica dels rius* 4: 28pp.
- Munné, A. & Prat, N. (1999). "Cabals i qualitat biològica del riu Anoia. Diagnosi de l'estat del riu i dels trams finals dels afluents principals". *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*. 5. 76 pàgs. Àrea de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.
- Munné, A.; Prat, N.; Solà, C.; Bonada, N. & Rieradevall, M. (2003). "A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index". *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 13: 147-163.
- Munné, A.; Solà, C. & Prat, N. (2006). "Estado ecológico de los ríos en Cataluña. Diagnósis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la Directiva Marco del Agua". *Tecnol Agua* 273:30–46.
- 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*, 628: 203-205.
- Munné, A.; Solà, C. Tirapu, C.; Barata, C.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2012). "Human pressure and its effects on water quality and biota in the Llobregat River". In: S. Sabater et al., (eds.). "The Llobregat: The Story of a Polluted Mediterranean River, *Hdb Env Chem*". (2012). 21:297–326, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Norris, R. H.; Lake, P. S. & Swain, R. (1982). "Ecological effects of mine effluents on the South Esk River, northeastern Tasmania (III). Benthic macroinvertebrates". *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 33, 789–809. doi: 10.1071/MF9820789.
- Nuñez, M. & Prat, N. (2010). "Efectos de la sequía y las crecidas en los índices biológicos en el río Llobregat". *Artículos Técnicos*, pag.46-55.
- Ordóñez, C.; Lougheed, V.L.; Gardea-Torresdey, J.L. & Bain, L.J. (2010). "Impact of Metals on Macroinvertebrate Assemblages in the Forgotten Stretch of the Rio

Grande". Springer Science + Business Media, LLC 2010. Arch Environ Contam Toxicol (2011) 60:426–436 DOI 10.1007/s00244-010-9557-7.

- Ortiz, J.; Martí, E. & Puig, M. A. (2005). "Recovery of the macroinvertebrate community below a wastewater treatment plant input in a Mediterranean stream". Springer. Hydrobiologia (2005) 545:289–302. DOI: 10.1007/s10750-005-3646-z.
- Pardo, I; Álvarez, M.; Moreno, J. L.; Vivas, S.; Bonada, N.; Terecedor, J. A.; Cuellar, P. J.; Moya, G.; Prat, N.; Robles, N.; Toro, M. & Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. Limnetica, 21(3-4): 115-134.
- Pinder, L. C. V. & Far, I. S. (1987). "Biological surveillance of water quality. 3. The influence of organic enrichment on the macroinvertebrate fauna of small chalk streams". Archiv fuer Hydrobiologie, 109, 619–637.
- Prat, N. & Munné, A. (2000). "Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream". Water Res. 34, 3876–3881.
- Prat, N.; Munné, A.; Rieradevall, M.; Solà, C. & Bonada, N. (2000b). "ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis". Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 8). 94 pàg.
- Prat, N. & Rieradevall, M. (2006). "25-Years of biomonitoring in two mediterranean streams (Llobregat and Besò's basins, NE Spain)". Limnetica 25(1–2):541–550.
- Prat, N.; Rieradevall, M. & Fortuño, P. (2012). "Metodologia F.E.M. PER L'EVALUACIO DEL ESTAT ECOLOGIC dels rius Mediterranis". Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona i Freshwater Ecology and Management, Research Group.
- Prat, N.; Rieradevall, M.; Barata, C. & Munné, A. (2013). "The combined use of metrics of biological quality and biomarkers to detect the effects of reclaimed water on macroinvertebrate assemblages in the lower part of a polluted Mediterranean river (Llobregat River, NE Spain)" Ecological Indicators 24. 167–176.
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (1993). "Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates". New York, London: Chapman & Hall.

- Sloane, P. I. W. & Norris, R. H. (2003). "Relationship of AUSRIVAS-based macroinvertebrate predictive model outputs to a metal pollution gradient". *Journal of the North American Benthological Society*, 22, 457–471. doi: 10.2307/1468274.
- Tachet, H.; Rlchoux, P.; Bournaud, N. & Usseglio-Polatera, P. (2000). "Invertébrés d'eau douce, Systématique, biologie, écologie". CNRS Editions, Paris.
- Tanya J.; Blakely, J. S.; Harding, A. R.; Mcintosh & Michael J. W. (2006). "Barriers to the recovery of aquatic insect communities in urban streams". *Freshwater Biology* (2006) 51, 1634–1645. doi: 10.1111/j.1365-2427.2006.01601.x.
- Thiébaud, G.; Teixer, G.; Guérold, F. & Muller, S. (2006). "Comparison of different biological indices for the assesment of river quality: application to the upper river Moselle (France)". *Hidrobiologia*. 570:159-164. DOI 10.1007/s10750-006-0176-2.
- Vivas, S.; Casas, J.; Pardo, I.; Robles, S.; Bonada, N.; Mellado, A.; Prat, N.; Alba-Tercedor, J.; Álvarez, M.; Bay, M.; Jiménez-Cuellar, P.; Suárez, L.; Torro, M.; Vidal-Abarca, M.; Zamora-Muñoz, C. & Moyá, G. (2002). "Aproximación multivariante en la exploración de la tolerància ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED" *Limnetica*, num. 21 (3-4), pág.149-173.
- Walsh, C. J.; Sharpe, A. K.; Breen, P. F. & Sonneman, J. A. (2001). "Effects of urbanisation on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia. I. Benthic macroinvertebrate communities". *Freshwater Biology*, 46, 535–551. doi: 10.1046/j.1365-2427.2001.00690.x.
- Whitehurst, I. T. & Lindsey, B. I. (1990). "The impact of organic enrichment on the benthic macroinvertebrate communities of a lowland river". *Water Research*, 24, 625–630. doi: 10.1016/0043-1354(90)90195-C.
- Winner, R.W.; Van Dyke, J. S.; Caris, N. & Farrell, M. P. (1975). "Response of the macroinvertebrate fauna to a copper gradient in an experimental polluted stream". *Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19, 2121–2127.
- Wright, I. A.; Chessman, B. C.; Fairweather, P. G. & Benson, L. J. (1995). "Measuring the impact of sewage effluent on the macroinvertebrate community of an upland stream: The effect of different levels of taxonomic resolution and quantification". *Australian Journal of Ecology*, 20, 142–149. doi: 10.1111/j.1442-9993.1995.tb00528.x.

- UE (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000. Marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- UE (1991). Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment.
- <http://acamap.gencat.cat/impress/egv.php?lang=ca>. Pagina web de la aplicació IMPRESS se la Agencia Catalana de l'Aigua.