



# Anàlisi de la viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per als cursos fluvials de Catalunya

*Aplicació de la Directiva Marc en Política  
d'Aigües de la Unió Europea (2000/60/CE)*

**Desembre 2003**





# ÍNDEX

## INTRODUCCIÓ

1. El marc de la Directiva Europea de l'Aigua .....	7
2. Les diatomees com a organismes indicadors .....	7
3. Aplicació dels índexs de diatomees .....	8
4. Macroalgues.....	10
5. Objectius del present treball.....	11

## METODOLOGIA .....

	10
--	----

1. Diatomees	
1.1. Recol·lecció de les mostres .....	13
1.2. Tractament de les mostres.....	13
1.3. Observació i comptatge .....	14
2. Macroalgues	
2.1. Recol·lecció de les mostres .....	14
2.2. Tractament de les mostres.....	16
2.3. Observació i comptatge .....	17
2.4. Índexs utilitzats .....	18
3. Recol·lecció de dades ambientals .....	19
4. Anàlisi i obtenció de dades químiques.....	19

## ÀMBIT D'ESTUDI .....

	21
--	----

1. Localitats de l'Agència Catalana de l'Aigua mostrejades a l'estudi .....	21
2. Localitats noves proposades mostrejades a l'estudi.....	23
3. Localització dels punts mostrejats .....	25

ANÀLISI I COMPORTAMENT DELS INDICADORS DIATOMOLÒGICS IPS, IBD I CEE ALS RIUS CATALANS.....	27
1. Conca del Llobregat.....	27
2. Conca del Besòs.....	29
3. Conca del Francolí.....	31
4. Conques del Gaià, Foix i Riudecanyes.....	31
5. Conca de la Tordera.....	32
6. Conca del Fluvià.....	33
7. Conca de la Muga.....	34
8. Conca del Ter.....	35
9. Conques de l'Ebre.....	36
10. Conca del Daró.....	39
11. Mapes de la qualitat biològica dels rius de Catalunya	
11.1. Estiu de 2002 segons l'IPS.....	40
11.2. Primavera de 2003 segons l'IPS.....	41
11.3. Estiu de 2002 segons el CEE.....	42
11.4. Primavera de 2003 segons el CEE.....	43
11.5. Estiu de 2002 segons l'IBD.....	44
11.6. Primavera de 2003 segons l'IBD.....	45
11. Anàlisi de la idoneïtat dels índexs a les conques catalanes.....	46
12. Comparació dels índexs IPS, IBD i CEE.....	49
13. Síntesi de qualitat a les conques catalanes.....	52
ANÀLISI DE LA DISTRIBUCIÓ DE LES COMUNITATS DE DIATOMEES I EL SEU VALOR INDICADOR DE L'ESTAT ECOLÒGIC FLUVIAL.....	55
1. Anàlisi de components principals: ordenació de les comunitats de diatomees.....	56
1.1. Anàlisi de components principals amb les dades conjuntes de les de les dues campanyes i la totalitat de les estacions estudiades.....	56
1.2. Anàlisi de components principals amb les dades de l'estiu de 2002.....	60
1.3. Anàlisi de components principals amb les dades de la primavera de 2003.....	62
1.4. Anàlisi de components principals. Conclusions.....	63
2. Factors relacionats amb la distribució de les comunitats de diatomees: anàlisi de correspondències.....	64
2.1 DCCA amb les dades de l'estiu de 2002.....	64

3. Agrupació de les espècies i de les localitats en funció de les comunitats de diatomees, i determinació de les espècies indicadores en cada grup .....	66
3.1. Anàlisi de cluster amb les dades de l'estiu de 2002.....	67
3.2. Valor indicador de les espècies per a cada un dels grups observats.....	71
3.3. Classificació dels punts i valor indicador de les espècies .....	72
 ESTATS DE REFERÈNCIA I ADEQUACIÓ DELS ÍNDEXS ALS RIUS CATALANS .....	 75
 RELACIÓ ENTRE L'ÍNDEX IPS I L'ANÀLISI MULTIVARIANT: AJUSTAMENT DE L'ÍNDEX IPS ALS RIUS CATALANS .....	 79
 UTILITZACIÓ DE LES MACROALGUES BENTÒNIQUES PER A LA MESURA DE LA QUALITAT ECOLÒGICA DELS RIUS A CATALUNYA: FRANCOLÍ I TER.....	 83
1. Objectiu.....	83
2. Antecedents .....	83
3. Època de mostreig i estacions estudiades .....	84
4. Resultats	
4.1. La flora.....	86
4.2. La qualitat de les aigües segons les macroalgues	
4.2.1. El Francolí.....	87
4.2.2. El Ter.....	93
4.3. Relació de les comunitats de macroalgues i els índexs SAP, E/P-I i SLA amb la qualitat de les aigües .....	98
4.4. Comparació dels índexs SAP, E/P-I i SLA.....	101
4.5. Relació dels índexs de macroalgues amb els índexs de diatomees.....	102
 CONCLUSIONS FINALS .....	 103
 BIBLIOGRAFIA .....	 107
 EQUIP DE TREBALL .....	 111



# INTRODUCCIÓ

## 1. El marc de la Directiva Europea de l'Aigua

El present treball forma part del conjunt de les tasques encomanades per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) a diferents grups de recerca de les Universitats catalanes per tal d'aconseguir l'adequació a la Directiva Marc de l' Aigua (en endavant DMA) aprovada per la Unió Europea al 2000. Un dels objectius de la DMA és promoure l'ús sostenible de l'aigua i té entre els objectius prioritaris mantenir i restaurar el bon **estat ecològic** dels ecosistemes aquàtics. Específicament la DMA demana procedir a l'efectiva protecció de les aigües superficials, dels estuaris, aigües costeres i subterrànies implicant en molts casos la reducció d'abocaments i contaminació a aquestes masses d'aigua.

Com a canvi essencial respecte a d'altres normatives precedents en l'ordenació de la qualitat de les aigües és que la DMA crea un marc general per a les diferents administracions europees i, a més, especifica que la qualitat de les aigües superficials es determina mitjançant l' indicador químic *o* biològic que tingui el **pitjor valor**. La DMA inclou també per primera vegada el concepte d'estat ecològic de l'ecosistema aquàtic en normatives de gestió de l'aigua, que s'estima mitjançant l'ús dels indicadors biològics esdevenint doncs la qualitat biològica la base per a la correcta classificació de les masses d'aigua. A més, l'estat ecològic marca els criteris de gestió per als Plans de Conca respectius.

Aquest punt de partida tan rellevant no amaga dificultats de concreció. Per exemple, en el cas dels rius, i d'entre els elements biològics que defineixen la qualitat ecològica (fitoplancton, fitobentos, zoobentos i peixos) la DMA no deixa clar com s'han d'orquestrar les informacions que aporten, o bé quins mètodes s'han de fer servir per a expressar-les. Aquest treball, i els altres que l'ACA ha endegat en conjunt, permetrà doncs, establir les bases de l'adequada utilització dels organismes a les conques internes de Catalunya, així com en d'altres on els rius travessen territori català. Vist l'estat en que estan els treballs en d'altres comunitats autònomes de l'Estat Espanyol, aquesta iniciativa té totes les traces d'esdevenir un punt de referència cabdal no sol per al nostre territori sinó per al conjunt de l'Estat.

## 2. Les diatomees com a organismes indicadors

Aquest informe final refereix la capacitat indicadora que tenen els organismes del fitobentos, que són, com bé indica l'etimologia del seu nom, aquells que són productors primaris i que viuen associats a un substrat sòlid. Així, doncs, el creixement dels organismes del fitobentos estarà associat a la presència de llum i de nutrients i constitueixen així, els principals productors primaris del riu. En aquest document es presenten els resultats provinents de la capacitat indicadora dels diferents grups algal, i es fa èmfasi principalment en el valor indicador que tenen les diatomees.

Per bé que la comunitat algal als rius està formada per diferents grups taxonòmics, cada un d'ells amb diferents adaptacions i ús indicador, d'entre ells, les diatomees representen més del 80% de les espècies algals presents. El elements estructurals en el seu esquelet de silici permeten una determinació a nivell d'espècie o varietat amb elevat grau

d'exactitud. Per la seva petita grandària i per la seva elevada taxa de reproducció, les comunitats de diatomees responen sensiblement i ràpidament a canvis en el seu medi. Els canvis es concreten en variacions en la composició de les espècies, que afavoreixen a les més tolerants en les noves condicions. Les diatomees són molt sensibles a les possibles variacions en les característiques físiques i químiques del riu, la qual cosa les fa eficaces indicadores de l'estat ecològic del riu. A més, són cosmopolites, de fàcil recollida i fàcils de preservar, les quals coses compten com a avantatges en la seva utilització.

La utilització d'aquests organismes com a indicadors de la qualitat ecològica de les aigües té precedents il·lustres a Catalunya. En efecte, el professor Ramon Margalef va ser l'iniciador dels estudis en què s'utilitzaven els organismes que habiten les aigües dolces i salabroses continentals per tal d'indicar la "salut ecològica" de les masses d'aigua. Dels anys 1950s i 1960s daten nombroses obres de descoberta de les masses d'aigua, petites i grans, de Catalunya i molts altres indrets de l'Estat Espanyol. Entre elles destaca els "**Organismos Indicadores en la Limnología**" obra cabdal en l'intent de relacionar organismes i qualitat de l'aigua. Des de llavors s'ha anat afegint informació sobre els organismes que viuen en els nostres sistemes aquàtics continentals, i sobre la seva autoecologia. Seria potser poc apropiat anomenar en aquest lloc les nombroses tesis i treballs de recerca efectuats en els darrers temps, però una simple mirada a la *opus magna* Història Natural dels Països Catalans (volum 4 i volum 14 per al tema que ocupa el present informe) permet corroborar aquesta opinió. A més, en el context internacional, s'han anat definint de manera més i més precisa les eines que poden permetre extreure'n la informació més apropiada, tal com índexs o eines estadístiques complexes.

En el context internacional i més concretament en l'Europeu existeixen actualment més de vint mètodes diferents que avaluen la qualitat de l'aigua dels rius a partir de les diatomees bentòniques. Aquests mètodes es diferencien segons l'objectiu que es persegueix (avaluació de la qualitat general de l'aigua, del nivell tròfic o del nivell sapròbic) i la metodologia emprada per expressar els resultats obtinguts. No obstant, no hi ha actualment un únic mètode estandarditzat i que funcioni per a tots els rius d'Europa i cal que els diferents països adequïn els índexs existents a les característiques ecològiques dels seus rius. A l'estat espanyol l'ús de les diatomees com a bioindicadores de la qualitat de les aigües dels rius es troba en estadis menys avançats si es compara amb la situació a algunes regions europees on ja disposen d'una llarga sèrie de dades de qualitat biològica realitzada a partir de les xarxes de control amb diatomees (per una revisió sobre l'estat de la qüestió en diferents països europeus veure Prygiel *et al.* 1999).

Per tant, era el moment adequat per a establir si l'aproximació de les diatomees com a indicadores de la qualitat ecològica podia ser provada en l'àmbit tan divers i complex com el de Catalunya. És el primer cop que es fa un esforç, amb les dimensions reflectides en el present treball, de reunir dades de les comunitats de diatomees i dades ecològiques en més de 140 punts fluvials de les conques catalanes.

### **3. Aplicació dels índexs de diatomees**

Els índexs que es fan servir actualment amplien la visió del *sistema dels saprobis* de Kolkwitz & Marsson, que basava les seves prediccions en el concepte d'espècie indicadora. La visió més moderna de l'ús dels índexs, i certament, la més propera al concepte de comunitat, considera el valor indicador de la comunitat de diatomees en el seu conjunt. Això no significa que el sistema dels saprobis estigui en complet desús. Com a exemple de que



això no és així, un dels pares de la moderna taxonomia de les diatomees, Lange-Bertalot, va proposar al 1979 (Lange-Bertalot 1979) un índex “d’espècies diferencials”, clarament inspirat en el sistema dels saprobis comentat més amunt.

Els índexs de diatomees que estan basats en la comunitat aporten un resum de la informació que és contribuïda per l’autoecologia de les espècies que configuren la comunitat. L’expressió més comú dels índexs de diatomees segueix el model de Zelinka & Marvan (1961), que es formula així:

$$ID = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j s_j}$$

on

**a**: Abundància relativa (1 a 5).

**s**: valor de sensibilitat d’una espècie en front del grau de pertorbació (1 a 4).

**v**: valor indicador d’una espècie (bon indicador/mal indicador de 1 a 5).

Així, els índexs consideren la *sensibilitat* (**s**) i el *valor indicador* (**v**) de les espècies, ambdós ponderats per les seves *abundàncies* (**a**). Precisament aquests valors de sensibilitat i valor indicador són els que poden variar segons les característiques autoecològiques locals, i així pot ser que el seu ús sigui subjecte a lleugeres variacions regionals, la qual cosa cal tenir en compte en utilitzar-los en sistemes que divergeixin respecte les condicions en les que han estat descrites.

La major part dels índexs de diatomees són, doncs, variacions respecte de la proposta de Zelinka & Marvan. Així, l’índex de Descy va ser proposat per aquest investigador belga l’any 1979. Descy va partir per a definir el seu índex, d’una anàlisi multivariant de correspondències, que li va permetre associar les comunitats de diatomees amb les característiques ambientals dels espais on vivien en l’àmbit dels rius atlàntics del centre-nord europeu. Un altre índex amplament usat, “l’Indice de Polluosensibilité” (IPS), va ser descrit pel CEMAGREF de Bordeaux en estreta col.laboració amb les Agències de l’Aigua franceses (CEMAGREF 1982) i ha estat un dels índexs més emprats fins al present. Precisament aquesta col.laboració ha endegat “l’Indice Biologique des Diatomées” (IBD), un índex simplificat que prové de l’anterior. L’IBD és l’aposta actual de les agències del país veí en l’ús de les diatomees com a indicadores de la qualitat ecològica de les masses d’aigua.

Altres temptatives són també destacades. Descy i Coste van provar de fer un índex d’ampla difusió com a estàndard que funcionés en la major part del continent europeu (Descy & Coste, 1990), i així el van nomenar “índex CEE”. L’índex era un intent de “manualitzar” l’obtenció dels números mitjançant una graella, però l’aplicació de l’índex no ha estat l’amplament utilitzat que hom esperava.

Finalment, hi ha altres índexs que responen a d’altres aspectes diferenciats, responen a la necessitat local d’expressar l’impacte d’un factor sobre la comunitat biològica. Per bé que no seran aplicats a les nostres dades i per tant no els explicarem amb profunditat, alguns dels més corrents busquen expressar el paper indicador de les diatomees en les variacions del pH o dels fosfats. Entre els primers, hi ha l’índex d’Eloranta (1990) o de Van Dam (1995), que van ser formulats a partir de problemes d’acidificació de les aigües a Finlàndia i Holanda respectivament. Entre els segons, es pot destacar l’índex de Kelly (1998), que ha estat

desenvolupat per encàrrec de la National River Authority anglesa, i que s'usa en aquell país per tal de detectar l'efecte de les contaminacions causades pels fosfats (eutrofització).

L'aparició del paquet d'índexs OMNIDIA i de la macro de distribució gratuïta de l'IBD (<http://www.club-internet.fr/perso/clci>) han permès el càlcul dels diferents índexs de manera automatitzada. Per a determinar la capacitat dels índexs descrits per a la diagnosi de la qualitat ecològica dels rius estudiats, s'ha usat principalment els índexs IBD, IPS i CEE, que han estat calculats mitjançant l'ús del programa OMNIDIA.

#### **4. Macroalgues**

En el marc de la directiva europea per avaluar la qualitat biològica dels rius utilitzant el fitobentos, a més de les diatomees, les algues bentòniques (macroalgues) també són objecte d'estudiar el potencial bioindicador de les macroalgues bentòniques en els rius Francolí i Ter.

Les algues són uns vegetals que colonitzen tota mena d'ambients aigualosos i constitueixen el primer graó de la xarxa tròfica als ecosistemes aquàtics. Les macroalgues inclouen grups d'organismes procariotes, com els cianobacteris, tot i que la major part són eucariotes. Entre els grups més diversificats de macroalgues destaca el de les algues verdes o cloròfits.

La distribució de macroalgues en els cursos d'aigua depèn de diversos factors. Un factor molt important és la quantitat de llum que arriba al llit del riu. Així, en zones de capçalera, on hi ha més ombra, poden perdre importància davant dels briòfits. No obstant, es troben difoses al llarg de tot el curs fluvial. Pel que fa a la seva distribució en l'espai, en general no és homogènia, sinó que les poblacions es troben formant clapes, més o menys imbricats de diferents espècies, que puguin establir-se a un hàbitat determinat del riu. Sovint presenten una distribució de contagi, que depèn lògicament de l'hidrodinamisme, la forma de reproducció i les característiques ecològiques del riu.

El tal·lus o cos vegetatiu està format per filaments, làmines o colònies gelatinoses, que poden ser aspres, llefiscoses o sovint incrustades de carbonat càlcic. Es fixen al substrat mitjançant diversos sistemes d'ancoratge, com ara rizoides o peus gelatinosos. Entremig dels tal·lus poden quedar retingudes altres espècies d'algues veritablement microscòpiques, però que en general són poc abundants.

La major part d'espècies poden colonitzar tota mena d'aigües, des de les més netes, fins a les que presenten un grau de pertorbació intermedi o fort. No obstant, si la intensitat de la pertorbació és molt elevada (p. ex. molta matèria orgànica dissolta, elevades concentracions d'amoni), les poblacions de macroalgues poden arribar a veure's molt minvades.

## 5. Objectius del present treball

Els objectius del treball endegat amb les comunitats de diatomees són els següents:

- a. **Diagnosi de la qualitat química i ecològica dels rius** de les conques internes i de la part catalana de la conca de l'Ebre a partir de la informació proporcionada per la comunitat de diatomees; específicament, determinar quins punts tenen una qualitat molt dolenta, dolenta, mediocre, bona o excel·lent mitjançant l'ús de la informació proporcionada per les comunitats de diatomees.
  
- b. Determinar l'encaix de les comunitats de diatomees en la **regionalització dels rius** establerta des d'altres descriptors físics o biològics; en el seu cas, determinar quines regions són les que es poden establir directament a partir de la informació de les comunitats de diatomees.
  
- c. Avaluar la **capacitat dels índexs de diatomees** descrits per a d'altres situacions i països en la determinació de la qualitat de l'aigua i ecològica; determinar quin o quins són els índexs que millor descriuen la situació dels rius catalans; en el seu cas, perfilar les situacions en les que aquests índexs funcionen adequadament i en quines no ho fan; en el seu cas, suggerir possibles modificacions per tal d'adaptar-los a la realitat de les diferents ecoregions que es poden definir a Catalunya.



# METODOLOGIA

## 1. Diatomees

### 1.1. Recol·lecció de les mostres

L'estudi de la qualitat de l'aigua a partir de les comunitats de diatomees s'ha efectuat en aproximadament 140 estacions de mostreig (depenent de la campanya) situades en la xarxa hidrogràfica de les Conques Internes de Catalunya (La Muga, el Fluvià, el Ter, el Daró, la Tordera, el Llobregat, el Besòs, el Gaià el Foix, el Francolí i el Matarranya) i en la xarxa hidrogràfica de l'Ebre (Segre, la Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorçana, i l'Ebre) dins l'àmbit de Catalunya. La majoria dels les estacions estudiades coincideixen amb les de la Xarxa de control de la Qualitat de les Aigües superficials de l'Agència Catalana de l'Aigua. S'hi ha incorporat, però, fins a 48 noves estacions que han recollit principalment zones de capçalera i punts d'especial interès. Aquest nombre d'estacions ha permès abastar totes les ecoregions i situacions de referència possibles. Les estacions mostrejades són detallades en l'apartat de l'Àmbit d'estudi.

S'han realitzat dues campanyes, a l'estiu del 2002 i a la primavera del 2003. El procediment de recol·lecció s'esquematitza seguidament:

- ? a cada estació es prenen 2 mostres d'epilítion (algues bentòniques que creixen sobre substrat dur: roques, pedres o còdols) obtingudes d'un mínim de 5 pedres de grandària semblant i que eren representatives del recobriment algal del segment del riu.
- ? les pedres estaven situades on el corrent d'aigua és màxim, defugint de les zones on l'aigua està quieta o del rabeig.
- ? es recollia una àrea de fins a 10 cm<sup>2</sup> d'epilítion a partir de pedres submergides, amb revestiments marronosos de diatomees. Aquest material recollit per al conjunt de les 5 pedres constituïa una mostra i es guardava en un pot hermètic que es fixava immediatament amb formaldehid al 4%, per evitar la modificació de la composició de la comunitat de diatomees per la possible reproducció diferencial de les espècies recollides, i es guardava a la foscor fins al moment de la digestió de la matèria orgànica.

El protocol de recol·lecció de les mostres utilitzat és el que es contempla a la *Guia estandarditzada del comitè europeu per a la utilització de les diatomees en la avaluació de la qualitat de l'aigua dels rius* (CEN 2000 i 2001).

### 1.2. Tractament de les mostres

L'eliminació de la matèria orgànica de les mostres és un requisit necessari per a la identificació taxonòmica de les diatomees. Aquesta eliminació es va fer seguint el mètode de Barber & Haworth (1981), que consisteix en una digestió de la matèria orgànica amb H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o bé amb un tractament de la mostra amb aigua oxigenada de 100 volums (càustica) amb escalfor. Prèviament a l'eliminació de la matèria orgànica cal eliminar també les possibles sals carbonatades que podrien precipitar i interferir en l'observació de la mostra,

i per a tal efecte s'aplica a la mostra 1 mL d'HCl al 35%. Seguidament es procedia a fer un rentat successiu fins a l'eliminació dels àcids i obtenció dels frústuls nets de les diatomees. El muntatge permanent dels frústuls es va fer amb reina sintètica (Naphrax, índex de refracció 1.74).

### **1.3. Observació i comptatge**

La observació de les mostres de diatomees es va efectuar als laboratoris del Departament de Botànica de la Universitat de Barcelona i de la Unitat d'Ecologia del Departament de Ciències Ambientals de la Universitat de Girona. El primer laboratori ha estat responsable de l'observació i comptatge de les mostres obtingudes al Llobregat, el Besòs, el Gaià, el Foix, el Francolí i el Matarranya, així com a la Noguera Ribagorçana i part final del Segre i l'Ebre. El segon laboratori ho ha estat de les mostres obtingudes a la Muga, el Fluvià, el Ter, el Daró, la Tordera, part alta del Segre i la Noguera Pallaresa.

En tots dos casos, es va efectuar la determinació amb microscopi òptic a 1000x. El comptatge es va efectuar mitjançant transectes dels cobreobjectes fins a completar la xifra de 400 valves comptades.

La determinació de les diatomees es va fer seguint nombroses monografies. Entre elles Hustedt 1930; Round *et al.* 1990; Krammer & Lange-Bertalot 1991a i b, 1997a i b; Lange-Bertalot 2001.

## **2. Macroalgues**

### **2.1. Recol.lecció de les mostres**

Per a l'estudi de les macroalgues s'han escollit 39 estacions de mostreig situades al llarg de dues conques, la del Francolí i la del Ter, intentant incloure totes les possibles tipologies d'hàbitat, des de la capçalera fins a la desembocadura. El mostreig s'ha efectuat a la primavera de l'any 2003, que és el període de màxim creixement de les macroalgues. A la primavera, la millora de les condicions ambientals, sobretot l'increment de temperatura i de les hores de llum afavoreixen notablement el bon creixement de les macroalgues. També es va fer un mostreig a l'estiu, però al Francolí, una part de les estacions estaven seques i en general, els tal·lus es troben força degradats i no són representatius de la qualitat de l'aigua. L'estiu sol ser el període en què les aigües tenen la pitjor qualitat degut al descens del cabal i per tant augmenta la concentració de les substàncies dissoltes, característica molt accentuada en els rius mediterranis com els que s'estudien en aquest treball. En el cas del Ter, però, es disposa de dades de l'estiu de 2002 que han pogut ser incloses en l'estudi.

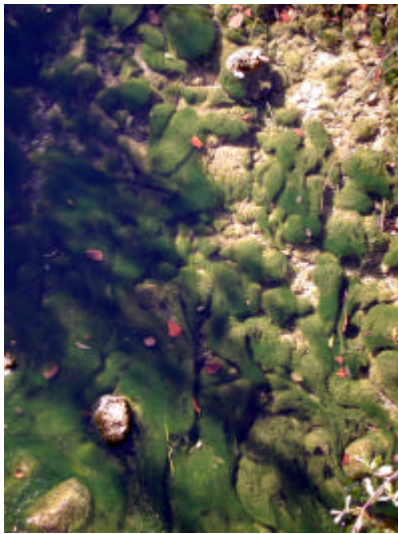


Figura 1. Detall d'alguns tal·lus i colònies de macroalgues mostrejades: *Vaucheria* (esquerra) i *Rivularia* (dreta).

El mostreig de la comunitat bentònica de macroalgues s'ha realitzat a partir de la recollecció directament amb la mà (o amb pinces). Preferentment s'han seleccionat tal·lus o comunitats madures i ben estructurades. Les comunitats que reuneixen aquestes característiques són les que es situen en les zones més estables (substrats immòbils del riu), malgrat les avingudes d'aigua. Per això, és recomanable mostrejar en roques o pedres grans, que estiguin ben colonitzades per macroalgues. En general, s'han procurat mostrejar els substrats situats on el corrent d'aigua és màxim, defugint les zones on l'aigua està quieta o el rabeig.

El grau d'il·luminació del punt de mostreig és molt important per seleccionar bé el punt d'on s'han de recollir les mostres. Així, de forma sistemàtica el punt de mostreig ha d'estar ben il·luminat, és a dir, descartant en tot moment els llocs on hi ha ombra del bosc de ribera.

Un cop s'han tingut en compte aquestes premisses, es feia un recorregut per la riba del riu d'uns 50 m, per tal de recollir i integrar la diversitat d'espècies que poblen cada lloc. En alguns casos s'ha estimat l'abundància relativa o el recobriment aproximat de les espècies més abundants, tot fent un petit inventari ja al camp. En la mesura del possible, en cada flascó de vidre s'ha recollit només una espècie. Les mostres així recol·lectades s'han etiquetat i s'han fixat amb formaldehid al 4%, per conservar bé la mostra. Tot aquest material s'ha emmagatzemat en capsos fora de l'acció directa de la llum, ja que així es preserva millor.



Figura 2. Detall d'un transecte efectuat en el riu Brugent (conca del Francolí).

## 2.2. Tractament de les mostres

Per a l'estudi de les macroalgues és necessari un tractament acurat de les mostres que ens permeti observar amb detall les estructures morfològiques que ens permeten identificar correctament cada espècie. Per aconseguir-ho es fa una primera observació del material sota la lupa binocular, situant els tal·lus o filaments en una placa de Petri amb aigua destil·lada. Un cop realitzada aquesta primera observació, s'han de separar les espècies de macroalgues (generalment filamentosos) utilitzant unes pinces per separar cada tal·lus. A continuació s'ha muntat una preparació en aigua de la mateixa mostra (que ja està fixada amb formaldehid). En alguns tal·lus amb incrustacions de carbonat càlcic (p. ex. *Rivularia*), cal eliminar les sals carbonatades que podrien interferir en l'observació de la mostra. A tal efecte s'aplica a la mostra 1 mL d'àcid clorhídric al 35% diluït al 70%. La nova solució es deixa reposar durant un període de 30-60 minuts (aproximadament), passats els quals es procedeix a realitzar un parell de rentats amb aigua destil·lada. A continuació es munta cada espècie de macroalga en una preparació i lateralment s'hi introdueix una gota de glicerina. Després d'uns dies, l'aigua de la preparació s'ha evaporat i la glicerina ocupa el seu lloc. En aquest punt, cal segellar el cobreobjectes amb una laca o resina, que deixi el muntatge completament hermètic i s'etiqueta la preparació.



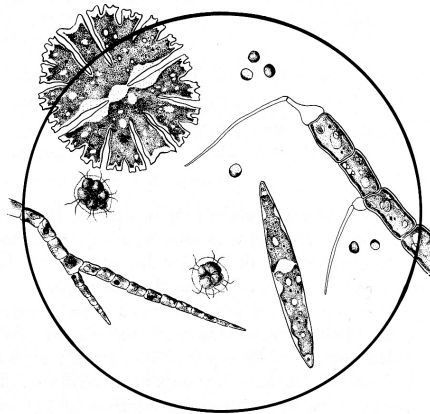


Figura 3. Detall esquemàtic de l'observació al microscopi de la comunitat de macroalgues.

### 2.3. Observació i comptatge

Per a treballar amb les macroalgues s'ha utilitzat un microscopi òptic amb contrast de fases o amb Nomarski. La identificació d'espècies en el camp de l'algologia continental sempre és un punt delicat i, alhora, el que exigeix més dedicació. Cada grup d'algues té diverses monografies, que generen una certa dispersió. La creació de taxons durant el segle passat i el present ha provocat que molts d'ells s'hagin confós, a causa d'utilitzar criteris a vegades exclusivament morfològics. Aquesta situació ha exigut la revisió, gairebé permanent, de nombrosos grups i espècies, amb les conseqüents dificultats d'actualització bibliogràfica i validesa de les apreciacions subjectives dels autors. A continuació oferim el llistat de les principals monografies utilitzades en aquest treball, que hem procurat mantenir actualitzades.

Per la identificació taxonòmica a nivell de gèneres s'ha treballat amb les monografies següents:

BOURRELLY (1966, 1970);

Cianobacteris: Anagnostidis i Komárek (1988), Desikachary (1959), Geitler (1932);

Euglenòfits: Zakrys (1986);

Xantòfits: Ettl (1978), Rieth (1980);

Cloròfits: Förster (1982), Hoek (1963), Komarek & Fott (1983), Printz (1964);

Rodòfits: Starmach (1977).

A partir de cada preparació s'ha obtingut un inventari d'espècies. Per a cada espècie s'ha calculat un valor d'abundància relativa aproximada segons el barem següent:

- +: exemplar rar o aïllat**
- 1: exemplar escàs**
- 2: exemplar poc abundant**
- 3: exemplar relativament abundant**
- 4: exemplar abundant**
- 5: exemplar molt abundant.**

## 2.4. Índexs utilitzats per les macroalgues

El càlcul del valor dels índexs de qualitat biològica de l'aigua a partir de la utilització de macroalgues es fonamenten en la fórmula (Zelinka & Marvan 1961):

$$\text{índex} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j s_j v_j}{\sum_{j=1}^n a_j s_j}$$

on

**a:** abundància relativa (1 a 5).

**s:** valor de sensibilitat d'una espècie en front del grau de pertorbació (1 a 4).

**v:** valor indicador d'una espècie (bon indicador/mal indicador de 1 a 5).

Els índexs es calculen a partir de la puntuació que té cada taxó (a nivell d'espècie o gènere) respecte les diferents categories de qualitat de l'aigua. Les puntuacions de cada espècie s'han elaborat a partir de bases de dades preexistents (generalment bibliogràfiques) a tota Europa, en què per a cada espècie es tipifica la seva sensibilitat en front de les pertorbacions. En principi, per a cada valor **s** i **v** s'han tingut en compte alguns paràmetres químics de l'aigua (nitrogen total, amoni, nitrats, nitrats, fosfats i clorurs) i especialment el contingut en matèria orgànica.

En base a aquestes dades s'ha calculat, per a cada espècie, un valor de sensibilitat (**s**) de trobar-lo en una categoria determinada de l'1 al 4, valor que s'introdueix a la fórmula. En general, també es té en compte un factor de ponderació (**v**), ja que hi ha taxons d'ampli espectre ecològic que són mals indicadors. Així, per a cada espècie es té en compte el seu valor indicador (**v**), si aquest és elevat (**v**=5) es tracta d'una espècie estenoica molt bona indicadora i se li dóna més pes que a una altra eurioica, que el tingui baix (**v**=1), que sigui mala indicadora, ja que pot viure en un ampli rang ecològic.

L'**SLA**, **E/P-I** i **SAP** són els índexs escollits per a calcular el valor indicador de les macroalgues. L'**SLA** (Sládeček i Sládečková 1996) i el **SAP** (Saprobis; Wegl 1983) són indicadors sapròbics, és a dir, que estan relacionats sobretot amb el grau de pol·lució orgànica (Sládeček). En canvi l'**E/P-I** (Índex d'Eutrofització/Pol·lució; Dell'Uomo 1991) pot ser considerat un índex que valora l'estat de les aigües de forma general, no centrant-se en menes de contaminació concreta.

A l'hora d'aplicar aquests índexs ens hem trobat amb alguns problemes, com que diverses espècies identificades no es trobaven en els llistats (veure apartat Utilització de les macroalgues bentòniques, taula 1) i per tan no s'han pogut tenir en compte a l'hora de calcular el valor dels índexs. Aquest fet és força crític, ja que els inventaris realitzats consten de poques espècies i perdre la informació que ens pot donar una o dues espècies no puntuades encara limita més l'ús d'aquests índexs. Per altra banda, espècies com *Ulothrix zonata* (cloròfit) pot presentar dues formes, una d'aigües netes i una altra d'aigües pol·luïdes. Com que per la identificació taxonòmica és crítica, no està clar quin valor s'ha d'aplicar. En qualsevol cas, creiem que en un treball posterior, amb l'experiència pròpia i amb l'obtenció de dades ecològiques significatives sobre les espècies que no surten als llistats, es podrien donar valors a aquestes macroalgues a nivell de Catalunya i millorar l'eficiència d'aquests índexs utilitzats.

El rang de valors en què els índexs expressen els resultats va de 0 a 4, essent 0 la millor qualitat i 4 la puntuació que expressa una pitjor qualitat. Per tal de fer-ho entenedor i

gràficament més representable, aquest rang de valors s'ha dividit en cinc categories de qualitat, representada cada una amb un color (taula 1).

Taula 1. Equivalents dels valors dels índexs i les cinc categories de qualitat de l'aigua. Els rangs dels índexs SAP i SLA s'ha fonamentat en les categories establertes per Rott (com. pers.).

Qualitat de l'aigua	Molt bona	Bona	Acceptable	Dolenta	Molt dolenta
Valor índexs SAP i SLA	0-1,39	1,4-1,7	1,71-2,1	2,11-2,5	>2,51
Valor índex E/P-I	0-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-4

### 3. Recol·lecció de dades ambientals

En totes dues campanyes i en la totalitat de les estacions es va procedir a la recol·lecció simultània de dades ambientals. En tots els casos es va procedir a emplenar una fulla de camp (descrita a l'Annex 1) en la qual es descriuen de manera qualitativa els següents descriptors del punt:

- ? amplada
- ? fondària
- ? velocitat de l'aigua
- ? tipus de substrat present al riu
- ? grau de cobertura i llum en el canal
- ? terbolesa de l'aigua
- ? presència d'alteracions en el canal fluvial

A més, mitjançant elèctrodes es mesuraven també *in situ* :

- ? temperatura
- ? pH
- ? oxigen dissolt en l'aigua (concentració i percentatge de saturació)
- ? conductivitat de l'aigua

### 4. Anàlisi i obtenció de dades químiques

Les dades químiques (nutrients i cations majoritaris) dels punts estudiats van ser obtinguts de la base de dades de l'Agència Catalana de l'Aigua en el cas que coincidissin amb punts mostrejats habitualment per l'Agència. Per a complementar les dades existents en punts nous no inclosos a la xarxa de l'ACA es va procedir a recollir aigua, que es conservà a  $-20^{\circ}\text{C}$  fins a la seva anàlisi. Aquestes anàlisis van ser efectuades per al Laboratori d'Anàlisi de l'Agència Catalana de l'Aigua.



# ÀMBIT D'ESTUDI

L'estudi s'ha dut a terme a les conques internes de Catalunya i als rius catalans de la conca de l'Ebre. En total dotze conques han estat estudiades, les rieres, torrents i rambles litorals no han entrat dins el treball. Els punts mostrejats han estat seleccionats a partir de la xarxa de punts de mostreig de l'Agència Catalana de l'Aigua, d'on s'ha escollit les localitats en nombre aproximadament proporcional a la grandària de la conca. A aquests s'hi van afegir 48 localitats amb el propòsit de ser utilitzades com a estats de referència per les comunitats de diatomees. Aquests punts van ser triats en trams de rius que a priori es consideraven que no pateixen cap mena de pertorbació.

Les localitats triades representen en la major mesura possible la diversitat de tipologies de cursos fluvials que hi ha al nostre país. En el cas de les localitats de referència també s'ha intentat distribuir-les de manera que hi tinguéssim el màxim d'aquestes tipologies representades, però no sempre ha estat possible, en especial per als trams mitjos i baixos dels grans rius.

## 1. Localitats de l'Agència Catalana de l'Aigua mostrejades en l'estudi

Codi	Equip	Riu	Conca	Municipi	UTM_X	UTM_Y
905	UdG	NOGUERA PALLARESA	Ebre/Segre	Esterrí d'Àneu	346500	4721200
909	UdG	SEGRE	Ebre/Segre	La Seu d'Urgell	372800	4690000
910	UdG	SEGRE	Ebre/Segre	Ponts	350750	4643500
C014	UdG	CONFLUÈNCIA FIGUERES i MANOL	Muga	Vilanova	503528	4680620
C033	UdG	GES	Ter	St. Pere de Torelló	443000	4659240
C034	UdG	RA. MAJOR	Ter	St. Sadurní d'Osormort	451251	4643005
C072	UB	RIERA DE CLARÀ	Llobregat	Casserres	403964	4653817
C121	UB	SIURANA	Ebre/Segre	El Masroig (Garcia)	309618	4558095
C223	UB	ONDARA	Ebre/Segre	Vilagrassa	342410	4613150
C234	UB	NOGUERA RIBAGORÇANA	Ebre/Segre	Corbins	309147	4617500
C304	UdG	BRUGENT	Ter	Amer	468166	4648899
C305	UdG	RA. D'OSOR	Ter	Aiguës amunt Anglès	469445	4645740
C306	UdG	RA. DE LLÉMENA	Ter	St. Gregori	480481	4648142
C708	UB	NEGRE	Llobregat	Clariana de Cardener	386848	4643122
C715	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Guardiola	406803	4674503
C716	UB	CARDENER	Llobregat	La Coma	382120	4671930
E097	UB	NOGUERA RIBAGORÇANA	Ebre/Segre	Pinyana (Alfarràs)	299030	4633850
E121	UB	EBRE	Ebre/Segre	Flix	294486	4567810
E207	UdG	SEGRE	Ebre/Segre	Térmens	313500	4621250
E219	UB	SEGRE	Ebre/Segre	Torres del Segre	291902	4601449
F0	UdG	FLUVIÀ	Fluvià	Hostalets d'en Bas	455727	4660101
J001	UB	CARDENER	Llobregat	Cardona	391402	4640974
J002	UB	CARDENER	Llobregat	Manresa	404413	4615145
J003	UB	ANOIA	Llobregat	Vilanova del Camí	388325	4602414
J004	UB	ANOIA	Llobregat	Sant Sadurní d'Anoia	398918	4588918
J005	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Martorell	413636	4592032
J006	UB	RIERA DE MERLES	Llobregat	Santa Maria	415000	4649670
J007	UB	GAIÀ	Gaià	Montferri	362359	4569721
J008	UB	FOIX	Foix	Castellet	385675	4569334

J010	UB	NOGUERA RIBAGORÇANA	Ebre/Segre	El Pont de Suert	314196 4696818
J011	UdG	FLUVIÀ	Fluvià	St. Pere Pescador	505405 4669835
J012	UdG	MUGA	Muga	Boadella	488502 4687167
J013	UdG	FLUVIÀ	Fluvià	Olot	459669 4671043
J014	UB	RIERA DE RIUDECANYES	Riudecanyes	Duesaigües	326856 4556937
J016	UdG	FLUVIÀ	Fluvià	Esponellà	483466 4669792
J017	UB	RIERA D'AVENCÓ	Besòs	Aiguafreda	438962 4624225
J019	UdG	TER	Ter	Roda de Ter	443016 4647062
J020	UdG	ONYAR	Ter	Quart	486931 4646082
J021	UdG	FRESER	Ter	Ripoll	433288 4672251
J023	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Castellbell	404996 4611315
J025	UB	CARDENER	Llobregat	Olius	381843 4651375
J026	UdG	TORDERA	Tordera	Piscines Montseny	449302 4623425
J028	UdG	TERRI	Ter	St. Julià de Ramis	488409 4654349
J030	UdG	ORLINA	Muga	Peralada	500672 4685024
J031	UB	LLOBREGAT	Llobregat	El Pont de Vilomara	406135 4617934
J032	UB	GARONA	Ebre/Segre	Canejan	314685 4745249
J034	UdG	TER	Ter	Torelló	440624 4648776
J035	UB	MOGENT	Besòs	Montornès del Vallès	438800 4599896
J037	UB	CONGOST	Besòs	La Garriga	440028 4614444
J040	UdG	SER	Fluvià	Serinyà	478392 4669741
J041	UB	CORB	Ebre/Segre	Vilanova	309902 4616791
J043	UB	BESÒS	Besòs	Reixac	432745 4593970
J045	UB	RIERA D'AIGUADORA	Llobregat	Cardona	389370 4642874
J046	UB	LLOBREGAT	Llobregat	El Prat de Llobregat	426317 4575155
J048	UB	BESÒS	Besòs	Barcelona	433470 4589092
J051	UB	RIERA DE CASTELLOLÍ	Llobregat	Vilanova del Camí	388402 4602550
J052	UdG	MUGA	Muga	Castelló d'Empúries	506058 4678241
J053	UdG	TER	Ter	Torroella de Montgrí	512714 4652834
J054	UdG	TER	Ter	St. Julià de Ramis	488177 4652531
J057	UB	EBRE	Ebre/Segre	Campredò	294770 4513975
J059	UB	FRANCOLÍ	Francolí	La Masó	351632 4566407
J060	UdG	TER	Ter	El Pasteral	467193 4648385
J062	UdG	TORDERA	Tordera	Fogars de Tordera	474623 4621201
J065	UB	RIERA DE CARMÉ	Llobregat	La Pobla de Claramunt	388647 4600213
J066	UdG	RA. ARBÚCIES	Tordera	Hostalric	468683 4620831
J069	UB	BESÒS	Besòs	Montmeló	436397 4599652
J070	UdG	RA. DE BIANYA	Fluvià	St. Joan les Fonts	459601 4673988
J072	UdG	TER	Ter	Abans Ripoll	436924 4674735
J074	UB	ANOIA	Llobregat	Martorell	410460 4592171
J075	UB	RIPOLL	Besòs	Castellar del Vallès	423754 4604047
J076	UB	RIERA DE RUBÍ	Llobregat	El Papiol	416185 4589265
J077	UB	RIERA GAVARRESA	Llobregat	Cabrianes	409978 4626882
J078	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Guardiola de Berguedà	406808 4674500
J079	UB	FRANCOLÍ	Francolí	Tarragona	351880 4557749
J080	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Balsareny	407106 4635046
J082	UB	TENES	Besòs	Mollet del Vallès	435948 4599638
J083	UdG	TORDERA	Tordera	St. Celoni	458991 4615836
J084	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Abrera	409900 4595207
J085	UB	FRANCOLÍ	Francolí	La Riba	347910 4576040
J086	UB	RIERA DE CALDES	Besòs	Caldes de Montbui	429766 4610728

J088	UB	CONGOST	Besòs	Balenyà	435789	4630719
J091	UdG	GES	Ter	Torelló	438661	4655306
J093	UB	CALDERS	Llobregat	Navarcles	408615	4623275
J095	UB	ANOIA	Llobregat	Jorba	379090	4606309
J100	UdG	LLOBREGAT DE LA MUGA	Muga	Peralada	500898	4683682
J101	UdG	MUGA	Muga	Vilanova de la Muga	503589	4680647
J103	UdG	RA. D'ÀLGUEMA	Muga	Sta. Llogaia d'Àlguema	497410	4676372
J104	UdG	TURONELL	Fluvià	Castellfollit de la Roca	462182	4673130
J105	UdG	RA. RIDAURA	Fluvià	Llocalou	457655	4674088
J110	UdG	TER	Ter	Bescanó	479399	4646609
J112	UdG	TER	Ter	Flaçà	498370	4659430
J115	UdG	RA. BREDÀ	Tordera	Aigües avall Breda	464682	4619561
J117	UB	LLOBREGAT	Llobregat	La Pobla de Lillet	414345	4676946
J118	UB	LLOBREGAT	Llobregat	Olvan	406484	4658120
J119	UB	CARDENER	Llobregat	Súria	397249	4629039
J120	UB	L'AVERNÒ	Llobregat	Sant Sadurní d'Anoia	400787	4586716
J122	UB	ANGUERA	Francolí	Montblanc	347572	4582541
J123	UB	FRANCOLÍ	Francolí	L'Espluga de Francolí	341700	4584800
J124	UdG	RA. VALLGORGUINA	Tordera	St. Celoni	457436	4614528
J125	UB	FOIX	Foix	Sant Martí Sarroca	385858	4582535
J147	UB	RIERA DE CLARÀ	Llobregat	Gironella	407748	4650990
J164	UdG	NOGUERA PALLARESA	Ebre/Segre	Sort	346200	4697150
L020	UB	NOGUERA RIBAGORÇANA	Ebre/Segre	Senet	316092	4716708
L021	UB	NOGUERA DE TOR	Ebre/Segre	Balneari de Boí	324112	4717143
T0	UdG	TORDERA	Tordera	Les Illes	452203	4627582
Te0	UdG	TER	Ter	Setcases	438961	4697736

## 2. Localitats noves proposades mostrejades en l'estudi

Codi	Equip	Riu	Conca	Municipi	UTM_X	UTM_Y
N1	UB	SEGRE	Ebre/Segre	Aiguabarreig- Granja d'Escarp	278843	4589939
N2	UB	SIURANA	Ebre/Segre	La Febró	332730	4571605
N3	UB	BRUGENT	Francolí	Capafons	335300	4573490
N4	UB	ROSSINYOL	Besòs	St. Miquel del Fai	432990	4618750
N5	UB	BRUGENT	Francolí	Farena	340034	4575024
N6	UB	FOIX	Foix	Pontons	376206	4586158
N7	UB	TENES	Besòs	St. Miquel del Fai	432490	4619995
N8	UB	GAIÀ	Gaià	Pontils	365531	4593439
N9	UB	GAIÀ	Gaià	Pont d'Armentera	363536	4583670
N10	UB	TRES SERRES	Llobregat	Collserola	417447	4588893
N11	UB	MATARRANYA	Ebre/Segre	Besseit	262270	4524000
N13	UB	MATARRANYA	Ebre/Segre	Parrissal		
N14	UB	MATARRANYA	Ebre/Segre	Parrissal (Gubies)	265000	4518000
N15	UB	NOGUERA RIBAGORÇANA	Ebre/Segre	Pont de Montanyana	309718	4669734
N16	UB	RIERA DE CALDES	Besòs	Gallifa	428399	4614049
N17	UB	RIERA DE RIUDECANYES	Riudecanyes	Riudecanyes	329013	4555597
N19	UB	RIERA VALL D'HORTA	Besòs	Can Brossa	421292	4615344
N20	UdG	RA. STA. COLOMA	Tordera	Pont de les Fosses	469000	4636000
N21	UdG	RA. STA. COLOMA	Tordera	Parc St. Salvador	467000	4636000
N22	UdG	RA. FUIROSOS	Tordera	Gualba	465000	4616000

N23	UdG DARÓ	Daró	Gualta	506000	4653000
N24	UdG GURN	Fluvià	St. Privat d'en Bas	451000	4667000
N25	UdG RA. DE JOANETES	Fluvià	Joanetes	452000	4663000
N26	UdG LLIERCA	Fluvià	Pont de Llierca	467000	4678000
N27	UdG RA. DE ST.PONÇ	Fluvià	St. Salvador de Bianya	450000	4677000
N28	UdG RA. DEL FERRÓ	Fluvià	St. Salvador de Bianya	450000	4676000
N29	UdG MUGA	Muga	Albanyà	476000	4686000
N30	UdG MUGA	Muga	St Llorenç de la Muga	483000	4685000
N31	UdG ORLINA	Muga	Rabós	503000	4693000
N32	UdG MÈDER	Ter	Sta. Eulàlia de Riuprimer	431000	4637000
N33	UdG FRESER	Ter	Planoles	426000	4685000
N34	UdG SOLANA	Ter	St. Quirze de Besora	437000	4664000
N35	UdG MERDÀS	Ter	Gombrèn	425000	4678000
N36	UdG RITORT	Ter	Molló	451000	4692000
N37	UdG LLOBREGÓS	Ebre/Segre	Castellfollit de Riubregós	370000	4626500
N38	UdG CADÍ	Ebre/Segre	Cava	385000	4686000
N39	UdG LLOBREGÓS	Ebre/Segre	Ponts	349000	4642000
N40	UdG SIÓ	Ebre/Segre	La Sentiu de Sió	324000	4630000
N41	UdG RA. DE FONTANET	Ebre/Segre	Organyà	359000	4672500
N42	UdG SEGRE	Ebre/Segre	Artesa de Segre	334000	4641500
N43	UdG VALIRA	Ebre/Segre	La Seu d'Urgell	373000	4692000
N44	UdG NOGUERA DE CARDÓS	Ebre/Segre	Lladorre	356000	4720000
N45	UdG NOGUERA DE VALLFERERA	Ebre/Segre	Alins	363000	4713000
N46	UdG FLAMICELL	Ebre/Segre	Lluçà	330000	4686000
N47	UdG NOGUERA PALLARESA	Ebre/Segre	La Pobla de Segur	334000	4680000
N48	UdG NOGUERA PALLARESA	Ebre/Segre	Alòs d'Isil	345000	4728000



### 3. Localització dels punts mostrejats





# ANÀLISI I COMPORTAMENT DELS INDICADORS DIATOMOLÒGICS IPS, IBD I CEE ALS RIUS CATALANS

## 1. Conca del Llobregat

Al Llobregat, el principal riu de la conca, des de la primera localitat en capçalera (J117 a la Pobla de Lillet) fins al punt situat a Balsareny (J080), les aigües tenen una qualitat bona l'estiu del 2002 i puja a excel·lent la primavera següent, on la població d'*Achnantheidum minutissimum* (indicadora de bona qualitat) va incrementar i passa a ser dominant en la majoria de localitats. És en aquest període quan els índexs tenen els seus valors més elevats, pròxims al màxim, amb un IPS de 19,1 i 19,8 i un IBD de 20 i 18 als punts J078 i J118, respectivament. Dos rieres aporten aigües de diferent qualitat en aquest tram, la de Clarà n'aporta de qualitat dolenta, mentre que la de la Riera de Merlès rep el qualificatiu de bona.

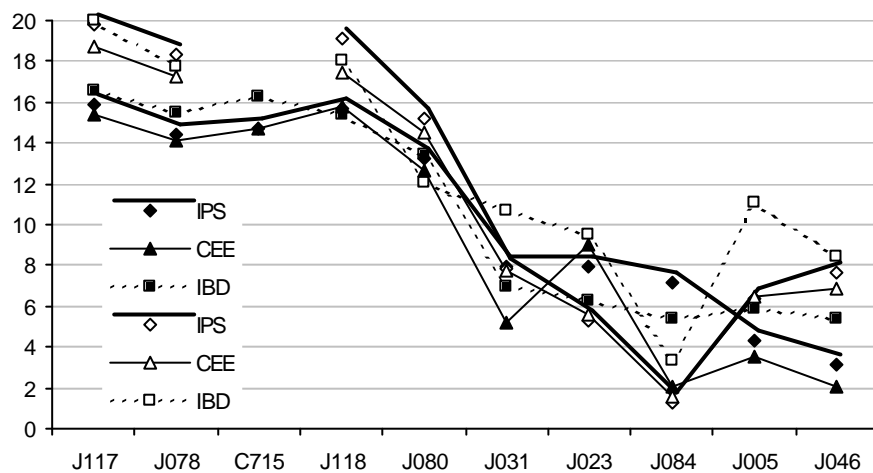


Figura 1. Perfil dels valors dels tres índexs en els dos períodes mostrejats al llarg del riu Llobregat.

A Balsareny els valors dels índexs es troben al límit de categoria, propers al canvi a la següent, la categoria mediocre, i de fet algun índex l'avalua com a tal. Això ens indica una disminució de la qualitat biològica de les aigües del Llobregat en el seu camí vers la desembocadura, que ja no recupera més. En el següent tram, entre el Pont de Vilomara (J031) i Abrera (J084), la valoració és en general de dolenta, en tots dos períodes que es van estudiar. Especialment al punt J023, després de l'entrada de les aigües del Cardener. A Abrera, el 2003, els tres índexs coincideixen a rebaixar la valoració fins a molt dolenta i hi trobem el valor mínim de l'IPS al riu, amb 1,3. I seguint el curs del riu, els dos darrers punts (J005 i J046) es mantenen en aquest estat d'aigües molt dolentes, coincident per tots els índexs. A la primavera l'increment del cabal es deixa notar i les aigües passen a l'estat superior. L'entrada de les aigües del riu Anoia, de molt mala qualitat, ajuden a mantenir aquest nivell al Llobregat al darrer tram

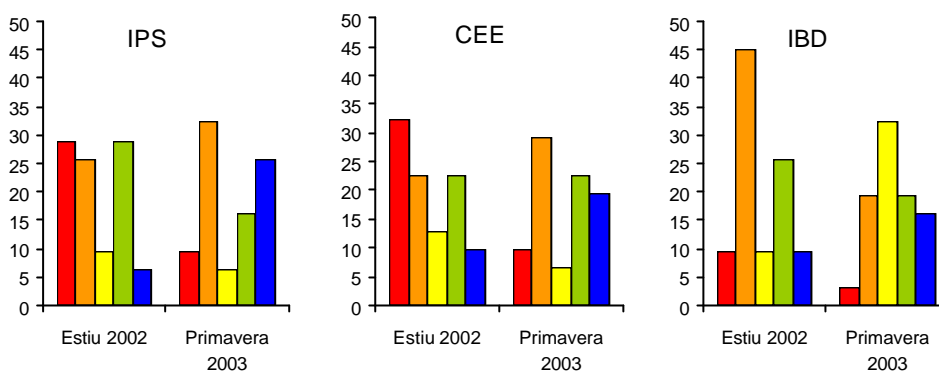


Figura 2. Percentatges de les categories de qualitat de l'aigua de la conca del Llobregat obtinguts amb els índexs IPS, CEE i IBD

Els valors obtinguts als dos afluents majors segueixen un patró similar. Al Cardener els índexs tenen valors elevats al punt inicial, a la Coma (C716) on l'IPS assoleix valors màxims (20 al 2002 i 19,6 el 2003). De Cardona a Manresa els valors van disminuint progressivament en tots dos períodes de mostreig, fins que les aigües aportades al Llobregat són de la categoria dolenta. Els dos afluents, el Negre i la Riera d'Aiguadora tenen un bon estat ecològic segons els índexs de diatomees, tret del Negre l'estiu del 2002. Els resultats obtinguts pels dos índexs són semblants, si bé amb l'IBD s'obtenen valors lleugerament superiors pels tres punts més baixos a la primavera.

Pel que fa a l'Anoia, tota la conca té una qualitat biològica de l'aigua deplorable, tan sols a la primavera del 2003 les rieres de Castellolí i del Carme aconseguen un bon estat. A la resta de localitats només s'hi desenvolupaven espècies d'aigües fortament eutrofitzades i d'elevada càrrega orgànica, com *Nitzschia capitellata*, *N. frustulum*, *Navicula veneta* i *Amphora veneta*. A l'Anoia al seu pas per Sant Sadurní l'IPS i el CEE assoleixen els pitjors valors de tota la conca, on no depassen d'1.

Finalment, les dues últimes aportacions al Llobregat tenen signe diferent, la riera de Rubí està altament degradada, tot el contrari que el torrent de Tres Serres, que conté una comunitat de diatomees poc pertorbada que els índexs qualifiquen com bona.

En general els punts de bona qualitat es troben a les parts altes dels rius de la conca i en les petites rieres. Per contra, als trams mitjos la qualitat és dins el nivell qualificat de mediocre, en alguns punts, i en especial a l'estiu, el nivell pot baixar fins al de dolent. En els punts més baixos de l'Anoia i el tram del Llobregat on aquest hi desemboca la qualitat dels rius disminueix fins al pitjor nivell.

Taula 1. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca del Besòs per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002		Primavera 2003			
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
J117	LLOBREGAT	La Pobla de Lillet	15,9	15,4	16,6	19,8	18,7	20
J078	LLOBREGAT	Guardiola de Berguedà	14,4	14,1	15,5	18,3	17,3	17,7
C715	LLOBREGAT	Guardiola	14,7	14,7	16,3			
J118	LLOBREGAT	Olvan	15,7	15,8	15,4	19,1	17,5	18
J080	LLOBREGAT	Balsareny	13,2	12,6	13,4	15,2	14,5	12,1

J031 LLOBREGAT	El Pont de Vilomara	7,9	5,2	7	7,8	7,7	10,7
J023 LLOBREGAT	Castellbell	7,9	9	6,3	5,3	5,6	9,5
J084 LLOBREGAT	Abrera	7,2	2,1	5,4	1,3	1,6	3,3
J005 LLOBREGAT	Martorell	4,3	3,5	5,9	6,4	6,5	11,1
J046 LLOBREGAT	El Prat de Llobregat	3,1	2,1	5,4	7,6	6,9	8,4
C072 RIERA DE CLARÀ	Casserres	9,6	8,6	9,9	14,5	15,3	16,2
J147 RIERA DE CLARÀ	Gironella	2,1	2,5	4,8	6,8	8,6	12,7
J006 RIERA DE MERLES	Santa Maria	14,1	13,5	13,3	17,6	17,3	17,6
J077 RIERA GAVARRESA	Cabrianes	4,3	1,6	5,6	7,5	7,1	11,9
J093 CALDERS	Navarces	9,5	9,2	7,7	12	11,3	11,4
C716 CARDENER	La Coma	20	18,1	17,2	19,6	17,5	17,8
J025 CARDENER	Olius	19,1	17,9	18,3	17,3	16,4	16,2
J001 CARDENER	Cardona	16	13,9	14,6	15,3	13,7	15,2
J119 CARDENER	Súria	10,6	11,6	7,4	9,9	10,9	8,8
J002 CARDENER	Manresa	6,6	5,2	10,2	5,8	5,6	6,6
C708 NEGRE	Clariana de Cardener	7,2	8	8,2	16,9	16,8	15,6
J045 RIERA D'AIGUADORA	Cardona	16,8	17	16,2	17,8	17,3	16,2
J095 ANOIA	Jorba	7,1	6,1	7,9	8,6	8	10,6
J003 ANOIA	Vilanova del Camí	3,3	2,1	5	5,8	5,6	7,6
J004 ANOIA	Sant Sadurn d'Anoia	1	1	3	4,4	1,8	6,1
J074 ANOIA	Martorell	2,3	2,3	4,8			
J120 L'AVERNÒ	Sant Sadurn d'Anoia	2,3	2,3	5,8	2,7	3,5	6,4
J051 RIERA DE CASTELLÓ	Vilanova del Camí	8	7,3	9,2	17,2	15,4	16
J065 RIERA DE CARME	La Pobla de Claramunt	6,4	8	8,8	13,5	14,3	10,8
J076 RIERA DE RUBÍ	El Papiol	1,7	1,6	5,5	5,4	0	12,2
N10 TRES SERRES	Collserola	15,6	15,3	17			

## 2. Conca del Besòs

La conca del Besòs es caracteritza per no tenir valors intermitjos de qualitat de l'aigua. A les localitats de capçalera dels diferents rius i a les rieres la qualitat ha resultat dins de les categories excel·lent i bona, i sense gaire transició, la qualitat disminueix bruscament a les categories de dolenta i molt dolenta quan els cursos d'aigua transcorren per la plana del Vallès.

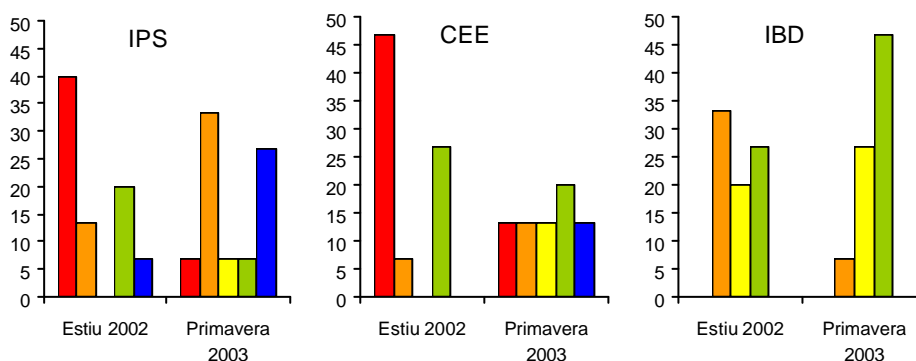


Figura 3. Percentatges de les categories de qualitat de l'aigua de la conca del Besòs obtinguts amb els índexs IPS, CEE i IBD.

Així a les capçaleres de les rieres de Caldes, de la Vall d'Horta i del riu Tenes (N16, N19 i N7) els valors dels índexs són sempre molt elevats, amb comunitats dominades per

*Achnantheidium minutissimum*, acompanyada per *Gomphonema pumilum* i *Encyonema (Cymbella) microcephala*. Els valors pateixen un descens brusc aigües avall, especialment a les localitats J082, del Tenes a Mollet, i J075 del Ripoll, i en menys mesura a la Riera de Caldes (J086).

Al riu Congost tenim una situació similar, amb un elevat valor de qualitat de l'aigua a la Riera de l'Avencó (J017) i a Balenyà, part alta del mateix Congost, en especial la primavera del 2003. En aquest punt hi ha un fort contrast de qualitat entre les èpoques de mostreig. Per contra, a la part baixa del riu tornem a tenir unes valoracions molt dolentes per part dels índexs, en especial l'estiu del 2002.

En la resta dels punts de la conca, les localitats del Besòs i la del Mogent (J035) la qualitat biològica de les aigües és sempre la pitjor esperable, en ambdues èpoques mostrejades. S'hi troben unes comunitats de diatomees pobres en espècies, dominades per *Nitzschia capitellata*, *N. frustulum*, *N. palea*, *Navicula veneta*, *Amphora veneta*, *Sellaphora seminulum*, *Eolimna subminuscula* i *Fistulifera saprophila*.

En aquestes punts, el valor obtingut per l'IBD és sempre superior al de l'IPS, fins al punt que moltes localitats tenen un nivell menys de contaminació a l'índex. L'explicació d'això es troba principalment en la presència en la comunitat de *Fistulifera saprophila*, una espècie que és valorada erròniament per l'IBD.

En aquesta conca observem com els punts amb una millor qualificació es troben a la capçalera de les petites rieres. Un cop els rius i les rieres de la conca han recorregut uns quilòmetres, la qualitat de les seves aigües disminueix a nivells considerats com a dolents. I les parts baixes reben els qualificatius de molt dolents, especialment per part de l'IPS. Això queda reflexat en la distribució de les categories de qualitat de l'aigua (fig. 3), on el tant per cent de punts en la categoria intermitja és molt baix, especialment a l'estiu, on el contrast s'accentua.

Taula 2. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca del Besòs per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
J069	BESÒS	Montmeló	1,9	2,3	6,5	5	5,6	10,3
J043	BESÒS	Reixac	1,9	1,8	6,3	5,2	4,2	11,4
J048	BESÒS	Barcelona	2,8	3,3	6	3,7	2,9	8,9
J088	CONGOST	Balenyà	7,6	8	9,1	18,3	16	16,3
J037	CONGOST	La Garriga	2,5	1,6	7,6	5,8	5	10,2
J017	RIERA D'AVENCÓ	Aiguafreda	13,2	11,8	13,9	17,5	16	16,6
J035	MOGENT	Montornès del Vallès	5	4,6	11,3	5,9	0	12,5
N4	ROSSINYOL	St. Miquel del Fai				18,6	18,1	16
N7	TENES	St. Miquel del Fai				15,9	16	16,9
J082	TENES	Mollet del Vallès	3,1	2,9	8,6			
N16	RIERA DE CALDES	Gallifa	15,4	16,4	15,5	17,6	17,3	16,6
J086	RIERA DE CALDES	Caldes de Montbui	18,9	15,8	16,7	10,8	12,8	13,6
N19	RIERA VALL D'HORTA	Can Brossa	13,6	13,9	14,8			
J075	RIPOLL	Castellar del Vallès	4,7	2,5	11	8,3	10,1	13,2

### 3. Conca del Francolí

A la conca del Francolí s'han estudiat quatre punts al llarg del riu principal de la conca, el Francolí, i tres més en dos dels afluents d'aquest: el Brugent i l'Anguera.

Al Francolí tant sols la localitat d'aigües amunt, a l'Espluga de Francolí (J123) ha assolit una bona valoració per part dels índexs de diatomees. El següent punt a la Riba (J085) ja és valorat com a mediocre, i els altres dos punts, fins a Tarragona, són valorats de forma molt negativa per tots tres índexs, especialment l'estiu del 2002.

Els dos afluents tenen unes qualitats biològiques ben diferents. L'Anguera és qualificat en general, en totes dues èpoques de mostreig amb un estat mediocre. Per contra, les dues localitats del Brugent tenen sempre una excel·lent qualitat segons els índexs de diatomees.

Taula 3. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca del Francolí per als dos períodes mostrejats.

Codi ACA	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
J123	FRANCOLÍ	L'Espluga de Francolí				10,8	14,9	14,2
J085	FRANCOLÍ	La Riba	11,4	12,6	8,8	9,2	10,7	11,6
J059	FRANCOLÍ	La Masó	1,7	2	6,1	7,3	7,8	12
J079	FRANCOLÍ	Tarragona	3,4	2,1	5,8	5,7	6,3	11,7
J122	ANGUERA	Montblanc	10,7	10,5	10,2	7,7	9,2	13,1
N3	BRUGENT	Capafons	17,8	17,7	16,4	19,7	18,3	19,4
N5	BRUGENT	Farena	17,4	17,7	15,5			

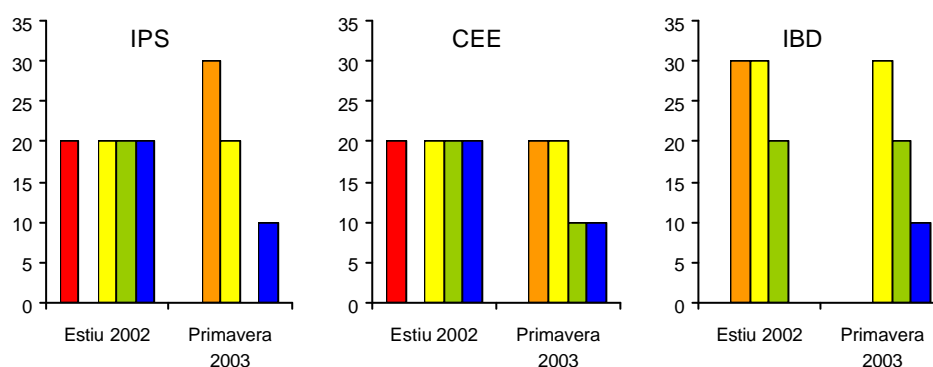


Figura 4. Percentatges de les categories de qualitat de l'aigua de la conca del Francolí obtinguts amb els índexs IPS, CEE i IBD.

### 4. Conques del Gaià, el Foix i Riudecanyes

Aquestes conques són les de menor superfície de les conques internes i on menys localitats s'han estudiat.

Al Gaià, les dues primeres localitats presenten una bona qualitat de l'aigua, mentres que a la darrera, a Montferri (J007), els índexs expressen un fort descens de la qualitat biològica, fins a ser valorada com a molt dolenta.

A la conca del Foix s'han estudiat tres localitats. A la de Sant Martí Sarroca (J125) el riu té una qualitat excel·lent. En canvi, en el punt més de capçalera de la conca, Pontons (N6), la qualificació dels índexs coincidia en ser de mediocre. Aquesta localitat ha estat triada com a referència, i pels resultats obtinguts haurà de ser desestimada com a tal. El punt d'aigües avall, a Castellet just abans de l'embassament de Foix, la qualitat que expressen els índexs és dolenta, semblant en tant el 2002 com el 2003.

Els dos punts de la riera de Riudecanyes tenen una bona qualitat biològica a l'estiu del 2002. Si bé al punt J014, a Duesaigües, els valors es troben al límit de categoria, indicant un pitjor estat d'aquest punt. I de fet la primavera següent la valoració de la qualitat disminueix a la categoria de mediocre o dolenta, depenent de l'índex.

Taula 4. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de les conques del Foix, el Gaià i la Riera de Riudecanyes per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Conca	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
				IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
N6	FOIX	Foix	Pontons	10,1	12,8	12,7			
J125	FOIX	Foix	Sant Martí Sarroca	18,9	19,1	18,5	18	17,9	17,1
J008	FOIX	Foix	Castellet	5,7	4,8	5,4	6,2	9,2	5,5
N8	GAIÀ	Gaià	Pontils	14,8	15,6	12,6			
N9	GAIÀ	Gaià	Pont d'Armentera	15,2	15,1	11,8			
J007	GAIÀ	Gaià	Montferri	2,4	2,5	7,5	15,8	14,9	16,4
J014	RIERA DE RIUDECANYES	Riudecanyes	Duesaigües	13,9	14,1	12,9	6,3	9,7	12,1
N17	RIERA DE RIUDECANYES	Riudecanyes	Riudecanyes	15,9	15,8	15,3			

## 5. Conca de la Tordera

En aquesta conca es troben alguns punts amb uns valors molt baixos de qualitat. Aquestes estacions són Vallgorguina a St. Celoni, Tordera a Fogars i Tordera a St. Celoni, tot i que aquesta última ha experimentat un augment considerable dels valors a la primavera. Segons l'escala de qualitat, les dues primeres estacions tenen una qualitat dolenta de l'aigua, i Tordera a St. Celoni ha passat d'una qualitat molt dolenta a l'estiu 2002 a mediocre a la primavera 2003.

La Riera de Breda a Breda i la Riera d'Arbúcies a Hostalric tenen una qualitat mediocre per l'IBD i l'IPS. Pel CEE, en canvi, Breda té qualitat dolenta i Arbúcies disminueix de mediocre a dolenta. La Riera de Sta. Coloma al Parc de St. Salvador té una qualitat bona, tot i que el CEE li dona qualitat mediocre al 2002. La Riera de Sta. Coloma a les Fosses i Tordera a les Piscines passen d'una qualitat bona a l'estiu 2002 a una qualitat excel·lent a la primavera 2003 per l'IBD i l'IPS. Pel CEE, Tordera a les Piscines té un augment més considerable entre el 2002 i el 2003, passant de qualitat mediocre a excel·lent, i



aquest índex dóna qualitat bona a Sta. Coloma a les Fosses. La capçalera (Tordera-Les Illes) passa d'una qualitat mediocre a l'estiu 2002 a una qualitat excel·lent al 2003.

La Riera de Fuirosos a Gualba rep un tractament similar en l'IPS i CEE, que difereix del que li dóna l'IBD. Mentre que l'IBD li dóna una qualitat bona a l'estiu 2002 i una qualitat mediocre a la primavera, l'IPS i el CEE li donen una qualitat bona en ambdues èpoques.

Taula 5. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca de la Tordera per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
T0	TORDERA	Les Illes	13	12,4	11,3	19	17,5	18,7
J026	TORDERA	Piscines del Montseny	14	11,6	16,2	19	17,7	17,8
J124	VALLGORGUINA	St. Celoni	8,6	7,7	8,0	5,4	5,4	7,7
J083	TORDERA	St. Celoni	5,9	4,6	4,9	11	9,6	12,4
N22	FUIROSOS	Gualba	16	14,1	15,3	17	14,3	11,6
J115	BREDA	Breda	11	8,2	10,1	8,7	8	11
J066	ARBÚCIES	Hostalric	12	10,7	10,4	9	7,3	10,9
N20	STA. COLOMA	Pont de les Fosses	15	14,5	14	17	15,6	17,5
N21	STA. COLOMA	Parc de St. Salvador	13	12,4	13,5	15	14,1	15,4
J062	TORDERA	Fogars de Tordera	7,6	5,8	8,5	8,4	6,5	9,1

## 6. Conca del Fluvià

En aquesta conca es troben alguns punts amb una qualitat dolenta de l'aigua a l'estiu 2002, que són Ridaura a Llocalou i Turonell a Castellfollit, que experimenten, però, una millora a la primavera 2003 passant a tenir una qualitat mediocre o bona de l'aigua. Al Fluvià a Esponellà s'ha trobat una disminució de la qualitat entre les dues èpoques en l'IBD i l'IPS, passant d'una qualitat mediocre a dolenta, i el CEE li dóna qualitat bona.

A la Riera de Bianya a St. Joan i al Fluvià a St. Pere els índexs donen una qualitat mediocre a l'estiu 2002 i excel·lent per la primera i bona per la segona a la primavera 2003. La resta d'estacions reben un tractament diferent segons l'índex. Per l'IPS la Riera de St. Ponç a St. Salvador de Bianya, el Llierca a Pont de Llierca i el Ser a Serinyà tenen una qualitat bona a l'estiu 2002 i excel·lent a la primavera 2003, el contrari del que passa a la Riera del Ferró. El Fluvià a Olot té una qualitat bona. I Fluvià a Hostalets, Joanetes i Gurn tenen una qualitat excel·lent.

Per l'IBD, la Riera de St. Ponç i el Fluvià a Olot passen d'una qualitat mediocre a l'estiu 2002 a excel·lent en el primer cas i bona en el segon a la primavera 2003. El Ferró, el Ser i el Llierca tenen qualitat bona en ambdues estacions. Al Fluvià a Hostalets i al Gurn s'ha trobat bona qualitat al 2002 i excel·lent al 2003. I a Joanetes, l'IBD li dóna una qualitat excel·lent a les dues èpoques.

Pel CEE, St. Ponç experimenta una disminució de la qualitat passant d'excel·lent al 2002 a bona al 2003. Aquest índex dóna qualitat excel·lent al Llierca. El Ser, la Riera del Ferró, el Fluvià a Olot, el Fluvià a Hostalets, la Riera de Joanetes i el Gurn reben el mateix tractament que en l'IPS.

Taula 6. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca del Fluvià per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
F0	FLUVIÀ	Hostalets d'en Bas	17,8	17,2	16,5	19	17,9	17,8
J013	FLUVIÀ	Olot	14,4	13,9	12,4	16,9	16,2	15,1
J016	FLUVIÀ	Esponellà	12,2	13,9	12,5	7,1	13,2	7,3
J011	FLUVIÀ	St. Pere Pescador	10,7	11,8	10,5	13,4	15,1	13,4
N25	RA. DE JOANETES	Joanetes	18,7	17,9	17,1	19,1	17,9	18,5
N24	GURN	St. Privat d'en Bas	18,5	17,5	16	19	17,3	18,3
N28	RA. DEL FERRÓ	St. Salvador de Bianya	17,8	18,1	16,4	13,6	14,9	13,8
N27	RA. DE ST. PONÇ	St. Salvador de Bianya	15,6	17,7	12,9	17,9	16,4	17,7
J105	RA. RIDAURA	Llocalou	6,5	7,3	5	9,7	9,2	8,9
J070	RA. DE BIANYA	St. Joan les Fonts	11,8	11,5	10,5	19,2	17,3	18,3
J104	TURONELL	Castellfollit de la Roca	7,2	7,5	8,7	14	12,6	12,1
N26	LLIERCA	Pont de Llierca	15,6	17,5	13	17,9	17,9	15,1
J040	SER	Serinyà	16,5	16,8	15,1	17,3	17,3	16

## 7. Conca de la Muga

El punt amb pitjor qualitat d'aquesta conca és la Confluència Manol i Figueres, amb una qualitat dolenta per l'IBD i l'IPS, i molt dolenta pel CEE.

A la Muga a Vilanova de la Muga i la Muga a Castelló d'Empúries l'IPS els dona una qualitat mediocre. L'IBD, en canvi, dona una qualitat mediocre a la Muga-Vilanova a l'estiu 2002 i bona a la primavera 2003, i a la Muga a Castelló li dona una qualitat dolenta al 2002 i mediocre al 2003. En el CEE, la Muga a Vilanova rep el mateix tractament que en l'IPS, i la Muga a Castelló el mateix que en l'IBD.

Les estacions Orlina-Rabós, Orlina-Peralada i Riera d'Àlguema passen d'una qualitat mediocre a l'estiu 2002 a una qualitat bona a la primavera 2003 per l'IBD i l'IPS, i aquesta última estació també en el CEE. En el CEE, l'Orlina a Rabós passa de qualitat dolenta a mediocre i l'Orlina a Peralada té qualitat mediocre. El Llobregat de la Muga experimenta una disminució de la seva qualitat passant de bona a mediocre.

La Muga a St. Llorenç de la Muga té una qualitat bona en l'IBD i l'IPS, i el CEE li dona qualitat excel·lent al 2002 i bona al 2003. A la Muga a Boadella els índexs li donen una qualitat bona al 2002 i excel·lent al 2003. La Muga a Albanyà rep una qualitat bona en l'IBD, i en l'IPS i el CEE una qualitat bona al 2002 i excel·lent al 2003.

Taula 7. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca de la Muga per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
N29	MUGA	Albanyà	14,5	13	13,6	17,7	17,9	16,4
N30	MUGA	St Llorenç de la Muga	16,8	17,2	15,4	16,9	15,8	16,4
J012	MUGA	Boadella	16,8	16,2	15	18,9	17,7	18,1
J101	MUGA	Vilanova de la Muga	11,8	11,1	12,1	11,5	10,3	15
J052	MUGA	Castelló d'Empúries	10,2	6,3	5,9	10	9,2	12

J100	LLOBREGAT DE LA MUGA	Peralada	14,3	13,5	13,5	12,2	11,5	11,1
N31	ORLINA	Rabós	9	7,8	9,7	13,6	11,8	14,3
J030	ORLINA	Peralada	10,2	10,3	12	14	11,6	15,7
J103	RA. D'ÀLGUEMA	Sta. Llogaia d'Àlguema	12,3	12	10,5	15,7	14,1	15,7
C014	CONFLUÈNCIA FIGUERES I MANOL	Vilanova	5,3	4,6	6,7	5,5	4,8	6,6

## 8. Conca del Ter

En aquesta conca s'observa una clara disminució dels valors dels índexs des de la capçalera fins a la desembocadura. Aquí els índexs, generalment, donen diferents valors de qualitat als punts. De manera global, però, es pot dir que els punts amb qualitat dolenta d'aquesta conca són el Mèder, l'Onyar a Quart, el Terri a St. Julià de Ramis, el Ter a Flaçà i el Ter a Torroella de Montgrí, tot i que a la primavera 2003 experimenten tots una millora.

Amb qualitat mediocre es troba el Ter a Roda i el Ter a St. Julià, tot i que a aquest últim l'IBD li dona qualitat bona al 2003. El Brugent té qualitat mediocre per l'IPS, passa de mediocre a bona per l'IBD i de dolenta a mediocre pel CEE.

La Riera Major, el Ter a El Pasteral i el Ter a Bescanó passen d'una qualitat mediocre a bona per l'IBD, per l'IPS tenen una qualitat bona i pel CEE les dues primeres estacions reben el mateix tractament que en l'IPS. El Ter a Bescanó, en el CEE, experimenta una disminució de la qualitat entre les dues èpoques, passant de bona a mediocre. La Riera de Llémèna ha experimentat una millora considerable, passant de qualitat mediocre a excel·lent.

Les estacions amb una qualitat bona de l'aigua tant al 2002 com al 2003 i per l'IBD i l'IPS són el Ter a Torelló i la Solana. Això també es dona en el CEE per la primera estació, i aquest índex dona qualitat bona al 2002 i excel·lent al 2003 a la Solana.

El Ritort, el Merdàs i el Ges a Torelló i a St. Pere tenen una qualitat bona per l'IBD. El CEE dona la mateixa qualitat de l'aigua a les tres primeres. Per l'IPS, el Ritort i el Merdàs passen de qualitat bona a excel·lent i el Ges a Torelló de mediocre a excel·lent. Al Ges a St. Pere l'IPS i el CEE li atorguen qualitat excel·lent.

El Freser a Planoles i a Ripoll passen de qualitat bona a excel·lent. Cal destacar que l'IBD els dona el valor màxim (20) a la primavera 2003.

A la capçalera (Ter a Setcases) i a la Riera d'Osor la qualitat de l'aigua és excel·lent. De tota manera, l'IPS dona qualitat bona a Osor a la primavera i el CEE a les dues èpoques.

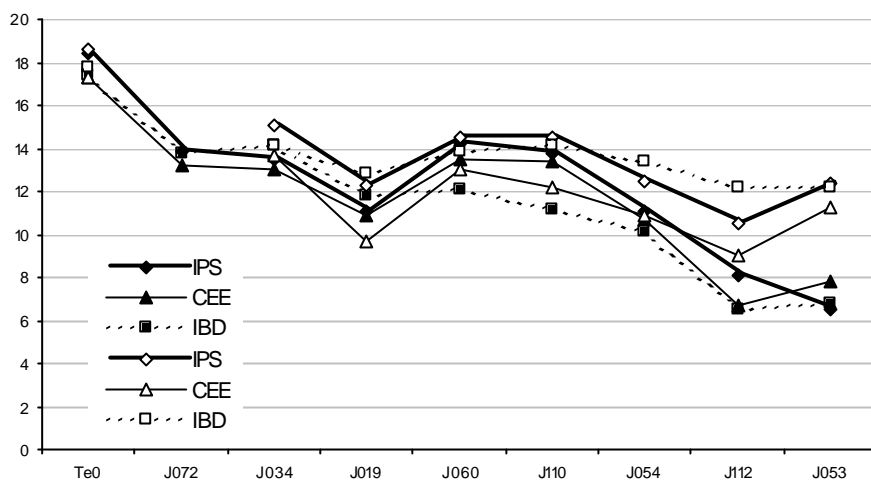


Figura 5. Perfil dels valors dels tres índexs en els dos períodes mostrejats al llarg del riu Ter.

Taula 8. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca del Ter per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
Te0	TER	Setcases	18,4	17,3	17,4	18,6	17,3	17,8
J072	TER	Abans Ripoll	13,9	13,2	13,8			
J034	TER	Torelló	13,5	13	14,1	15,1	13,7	14,1
J019	TER	Roda de Ter	11,1	10,9	11,8	12,3	9,7	12,8
J060	TER	El Pasteral	14,2	13,5	12,1	14,5	13	13,9
J110	TER	Bescanó	13,8	13,4	11,2	14,5	12,2	14,1
J054	TER	St. Julià de Ramis	11,1	10,7	10,1	12,5	10,9	13,4
J112	TER	Flaçà	8,1	6,7	6,5	10,5	9	12,2
J053	TER	Torroella de Montgrí	6,5	7,8	6,8	12,4	11,3	12,2
N36	RITORT	Molló	15,3	14,5	15,5	18,2	16,6	16,1
N33	FRESER	Planoles	15,8	14,1	15,7	19,8	18,1	20
J021	FRESER	Ripoll	16,6	16	16,5	19,7	17,3	20
N35	MERDÀS	Gombrèn	14,5	14,1	13	18,2	16,8	16,7
N34	SOLANA	St. Quirze de Besora	15,9	16,6	13,7	16,5	17,5	13,3
C033	GES	St. Pere de Torelló	17,6	17,7	15,9	17,3	17,7	15,6
J091	GES	Torelló	12,6	13,5	13,3	17,2	16,4	15,8
N32	MÈDER	Sta. Eulàlia de Riuprimer	8	7,5	10	11,6	12,4	13,8
C034	RA. MAJOR	St. Sadurní d'Osormort	15,2	13,9	11,1	16	13,5	16,1
C304	BRUGENT	Amer	9,2	8,2	12	12,8	11,5	15,1
C305	RA. D'OSOR	Aigües amunt Anglès	18,9	16,6	17,5	15,4	13,4	17
C306	RA. DE LLÉMENA	St. Gregori	12,2	12,8	12	18,7	17,5	17,1
J020	ONYAR	Quart	6,1	5,4	7,9	8,5	7,7	9,9
J028	TERRI	St. Julià de Ramis	10	9,2	8,4	11,3	11,1	11,4

## 9. Conques de l'Ebre

Els valors dels índexs de les estacions d'aquesta conca són elevats. Per l'IBD es troben algunes estacions amb una qualitat de l'aigua mediocre. Aquests punts són el Llobregós a Ponts i el Sió. El Segre a Ponts i el Segre a Artesa passen de qualitat mediocre a bona, i el

Segre a Tèrmens de mediocre a excel·lent. Amb qualitat bona s'ha trobat el Valira i el Llobregós a Castellfollit. La Noguera a Esterri, el Cadí, el Segre a La Seu i la Riera de Fontanet passen de qualitat bona a excel·lent, el contrari que la Noguera de Vallferrera. I amb qualitat excel·lent s'ha trobat la Noguera a Alòs, la Noguera de Cardós, la Noguera Pallaresa a Sort, el Flamicell i la Noguera Pallaresa a La Pobla, destacant els valors de les estacions Noguera Pallaresa a Alòs a la primavera, el Flamicell i la Noguera Pallaresa a La Pobla a l'estiu, que han estat de 20.

Per l'IPS, el Sió i el Llobregós a Castellfollit són les estacions que experimenten una disminució de la seva qualitat entre les dues campanyes, la primera passa de tenir qualitat mediocre a dolenta i la segona d'excel·lent a mediocre. El Segre a Tèrmens passa de qualitat mediocre a excel·lent. L'IPS dona qualitat bona al Llobregós a Ponts i el Segre a Ponts i a Artesa. El Valira, el Segre a La Seu i la Noguera de Cardós passen de qualitat bona a excel·lent. L'IPS dona qualitat excel·lent a la Noguera Pallaresa a Alòs, Esterri, Sort i La Pobla, a la Noguera de Vallferrera, al Flamicell i al Cadí.

Pel CEE, el Sió experimenta una disminució de la qualitat del 2002 al 2003, passant de mediocre a dolenta. El Valira i el Llobregós a Ponts tenen qualitat mediocre. El Segre a Tèrmens passa de qualitat mediocre a bona, el contrari del que té lloc al Segre a Ponts. Amb bona qualitat s'ha trobat el Segre a Artesa i a La Seu i la Noguera Pallaresa a Alòs. Passen de qualitat bona a excel·lent la Noguera a Esterri i a Sort i la Riera de Fontanet, el contrari del que passa a la Noguera Pallaresa a La Pobla i al Llobregós a Castellfollit. El CEE dona qualitat excel·lent a la Noguera de Cardós i de Vallferrera, al Flamicell i al Cadí.

Pel que fa als punts de la conca de la Noguera Ribagorçana tots es troben en bon estat ecològic segons els índexs de diatomees en ambdós períodes de mostreig. Les valoracions varien entre molt bona i bona. Tret del darrer punt del riu abans de desembocar en el Segre. La Noguera Ribagorçana a Corbins és valorada dins la categoria de mediocre per l'IPS i el CEE la primavera del 2003, a l'estiu es trobava sec.

El tram baix del Segre presenta una qualitat mediocre tot l'any, però en arribar a l'Aiguabarreig amb el Cinca els índexs avaluen el riu com a bona qualitat. Aquest punt (N1 – Granja d'Escarp) era un dels considerats de referència a priori, i els resultats el refermen com a tal.

Els afluents del Segre de la plana del Segrià que han estat estudiats, l'Ondara i el Corb, són els que donen els pitjors resultats de tota aquesta conca. L'Ondara a Vilagrassa rep sempre la qualificació de molt dolenta, l'únic de tota la conca, amb resultats que no superen el 4,3. El Corb a Vilanova es valora millor, però no supera la categoria de mediocre, i a la primavera del 2003 l'IPS i el CEE fins i tot l'hi rebaixen fins a dolenta.

Els dos darrers grans afluents de l'Ebre, el Matarranya i el Siurana, donen en tots els seus punts estudiats, molts bons resultats en l'aplicar tots tres índexs.

Finalment, els dos punts d'estudi de les aigües de l'Ebre mostren resultats ben diferents segons l'IPS i el CEE. El primer punt, a Flix, és valorat com a bo l'estiu i com a mediocre la primavera. Per contra, a Campredó les valoracions són negatives a l'estiu i positives a la primavera, com seria més lògic. El punt de Flix es troba sota la influència de un seguit de grans embassaments en cadena, situats aigües amunt que alterent enormement la

dinàmica natural de les aigües del riu i n'afecten la qualitat biològica. Pel que fa a l'IBD aquests dos punts són valorats sempre com a mediocress.

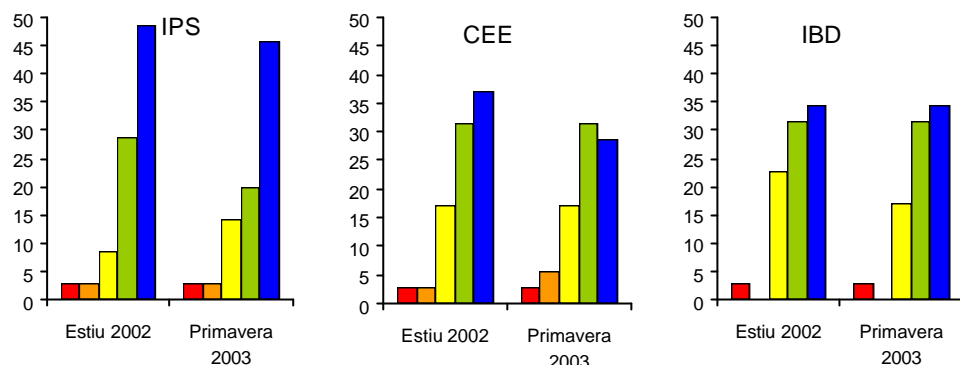


Figura 6. Percentatges de les categories de qualitat de l'aigua de la conca de l'Ebre obtinguts amb els índexs IPS, CEE i IBD.

Taula 9. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD de les localitats de la conca de l'Ebre per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IPS	CEE	IBD	IPS	CEE	IBD
909	SEGRE	La Seu d'Urgell	15,6	14,1	16,9	17,7	15,6	17,9
910	SEGRE	Ponts	14,8	14,3	12,6	14,3	12,8	13
N42	SEGRE	Artesa de Segre	13,9	13	12,9	15,4	13,4	14,8
E207	SEGRE	Térmens	12,8	12,8	10,8	17,1	15,1	17,1
E219	SEGRE	Torres del Segre	11,5	11,6	12,1	11,6	11,8	13,2
N1	SEGRE	Aiguabarreig- Granja d'Escarp	14,3	11,3	16,1			
E121	EBRE	Flix	14,8	14,5	10,4	12,7	10,9	11,3
J057	EBRE	Campredò	6,6	7,5	9,1	13,6	13,2	12,2
N38	CADÍ	Cava	18,5	17,5	16,3	19,4	17,9	20
N43	VALIRA	La Seu d'Urgell	13,9	12,4	15	17,1	10,7	14,9
N41	RA. DE FONTANET	Organyà	17,6	16,8	15,8	19,2	17,9	18,9
N37	LLOBREGÓS	Castellfolit de Riubregós	18	17,2	16,8	12,8	13,9	13,5
N39	LLOBREGÓS	Ponts	14,2	12,4	11,3	13,4	12,8	11
N48	NOGUERA PALLARESA	Alòs d'Isil	19,4	16,8	18,7	19,1	16,6	20
905	NOGUERA PALLARESA	Esterrí d'Àneu	17,7	16	16,2	19,3	17,7	18,9
J164	NOGUERA PALLARESA	Sort	17,5	16,6	19,2	18,9	17	19
N47	NOGUERA PALLARESA	La Pobla de Segur	18,9	17	20	17,3	16,8	17,8
N44	NOGUERA DE CARDÓS	Lladorre	16	17,7	17,7	18,7	17,7	17,4
N45	NOGUERA DE VALLFERERA	Alins	18,9	17,9	19	19,6	19,4	16,4
N46	FLAMICELL	Lluçà	19,3	17,5	20	19,3	17,9	20
N40	SIÓ	La Sentiu de Sió	11,3	11,6	11,2	6,3	6,1	10,6
C223	ONDARA	Vilagrassa	2,4	1,2	4,3	2	3,5	4,3
J041	CORB	Vilanova				10,4	8,8	10,8
L020	NOGUERA RIBAGORÇANA	Senet	19,5	17,7	19,5	19,2	17	17,4
J010	NOGUERA RIBAGORÇANA	El Pont de Suert	18,9	17,7	20	17	15,1	16,1

N15	NOGUERA RIBAGORÇANA	Pont de Montanyana	15,5	16,6	17,3	15,7	15,6	16,2
E097	NOGUERA RIBAGORÇANA	Pinyana (Alfarràs)	17,5	16,8	16,6			
C234	NOGUERA RIBAGORÇANA	Corbins				12,1	12	13,1
L021	NOGUERA DE TOR	Balneari de Boí	16,1	14,7	16,1	19,3	18,5	17,8
N14	MATARRANYA	Parrissal (Gubies)	19,2	18,5	18,8			
N11	MATARRANYA	Besseit	17,9	17,7	16,8			
N13	MATARRANYA	Parrissal	18,5	18,1	17,4			
N2	SIURANA	La Febró	17,9	17,3	16,6	16,1	15,1	13,6
C121	SIURANA	El Masroig (Garcia)				15,2	17	16,3
J032	GARONA	Canejan	18,8	17,9	18,1	17,9	15,6	16,8

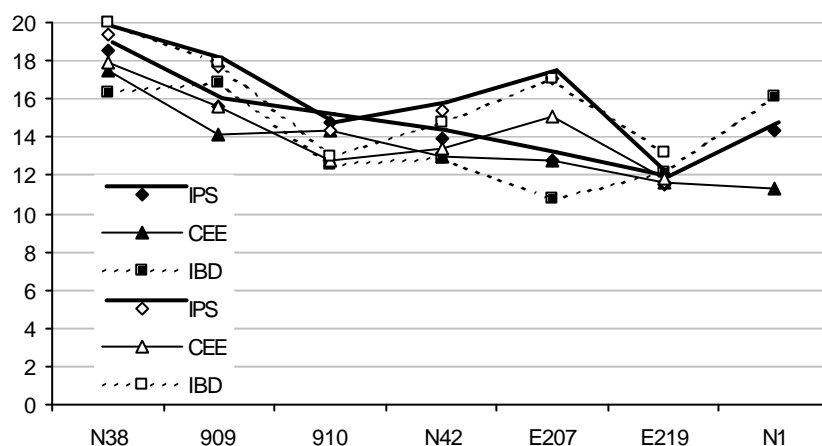


Figura 7. Perfil dels valors dels tres índexs en els dos períodes mostrejats al llarg del riu Segre.

Com a resum d'aquesta conca podem dir que els punts dels grans rius i llurs afluents provinents del pirineus tenen sempre una molt bona o bona qualitat segons tots els índexs de diatomees, així com els afluents de l'Ebre de les muntanyes baixes del tarragonés. I és en els rius o trams d'aquests que transcorren per la plana de Lleida on hi ha un clar efecte sobre aquesta qualitat, fent-la disminuir.

## 10. Conca del Daró

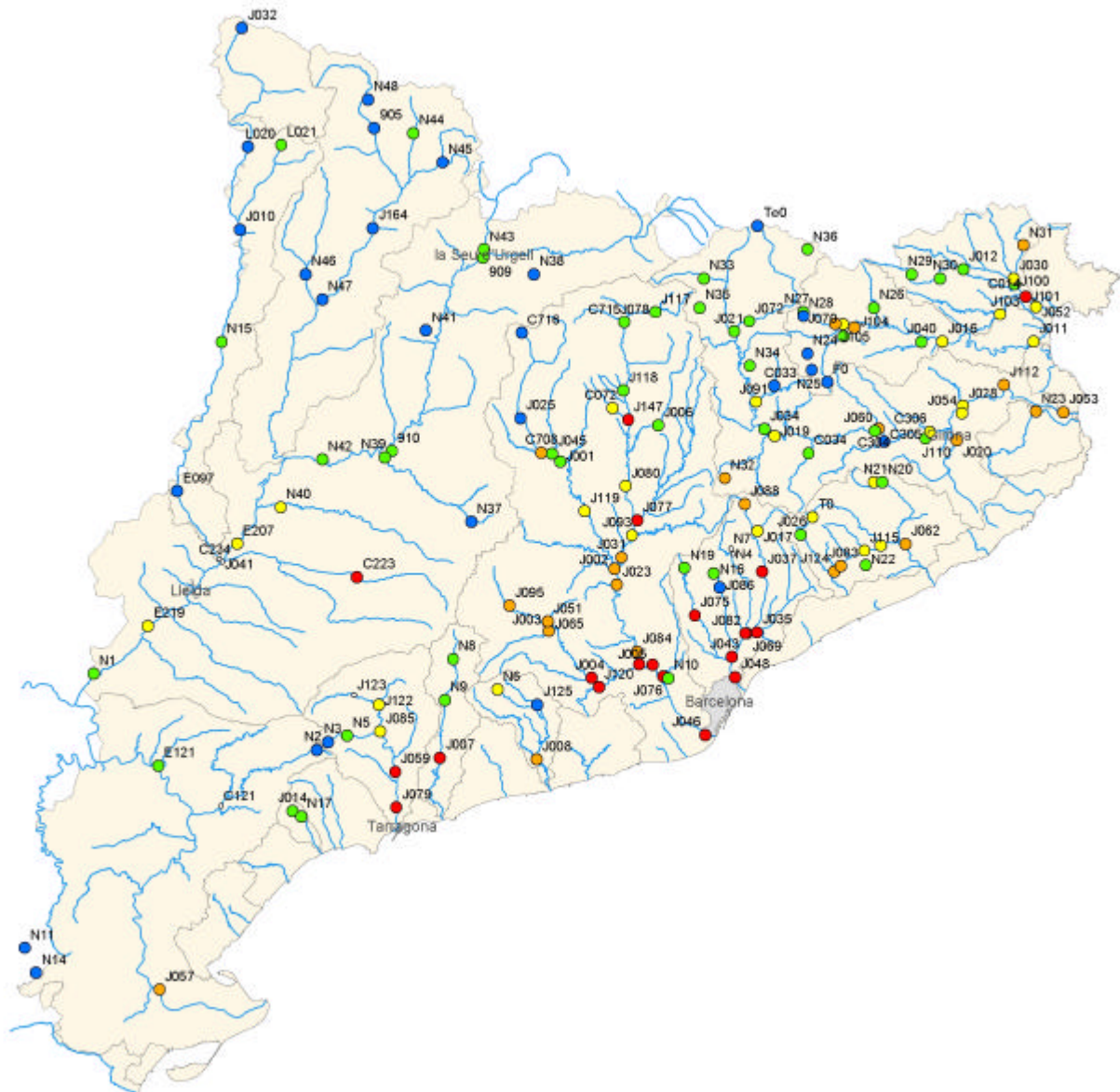
En aquesta conca s'ha estudiat un punt de mostreig, a Gualta. En aquest punt s'ha trobat una qualitat dolenta de l'aigua.

Taula 10. Valors dels índexs IPS, CEE i IBD del Riu Daró a Gualta per als dos períodes mostrejats.

Codi	Riu	Municipi	Estiu 2002			Primavera 2003		
			IBD	IPS	CEE	IBD	IPS	CEE
N23	DARÓ	Gualta	10,8	7,8	9,0	7,2	8,1	6,9

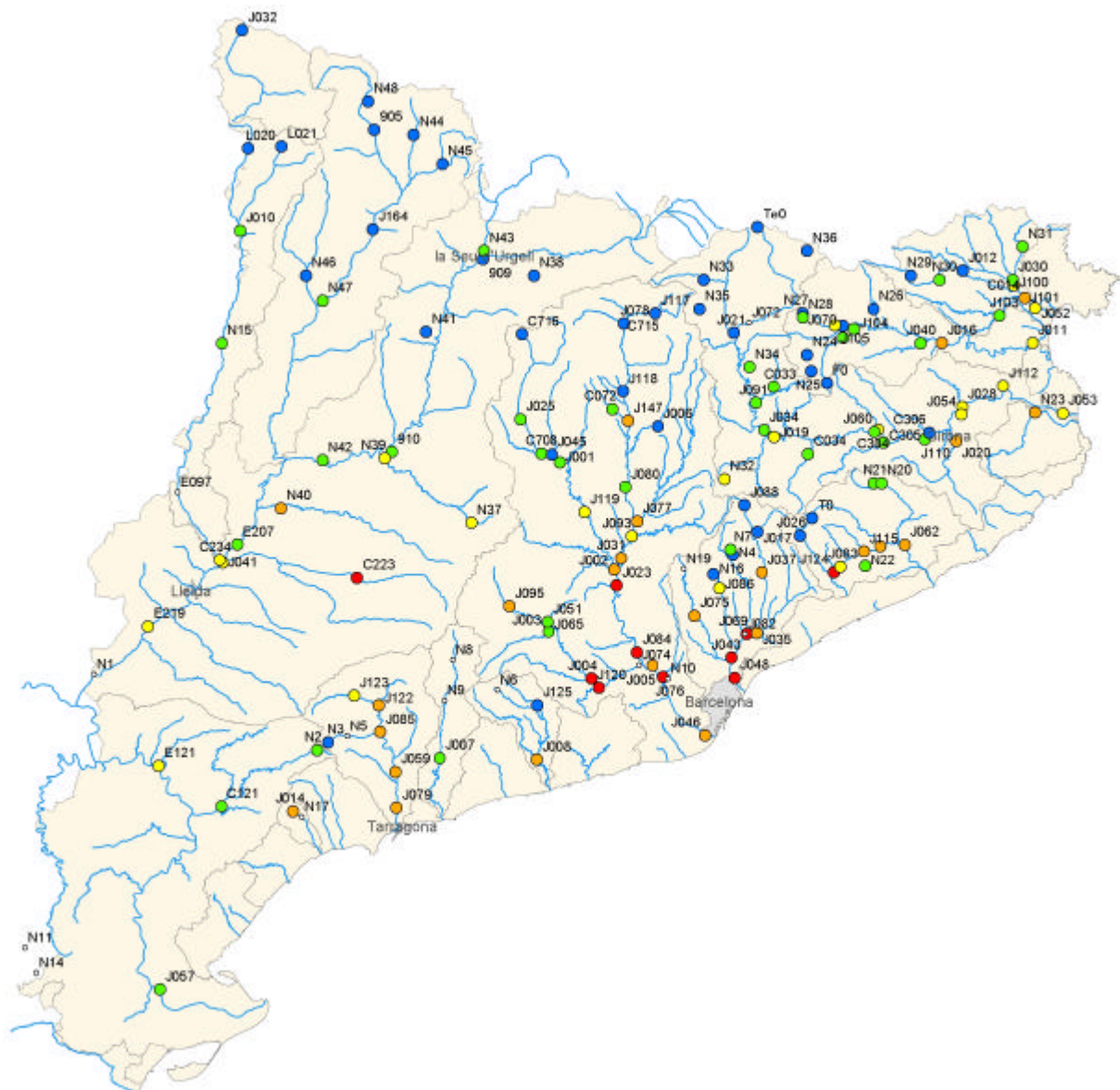
## 11. Mapes de la qualitat biològica dels rius de Catalunya

### 11.1. Estiu de 2002 segons l'IPS

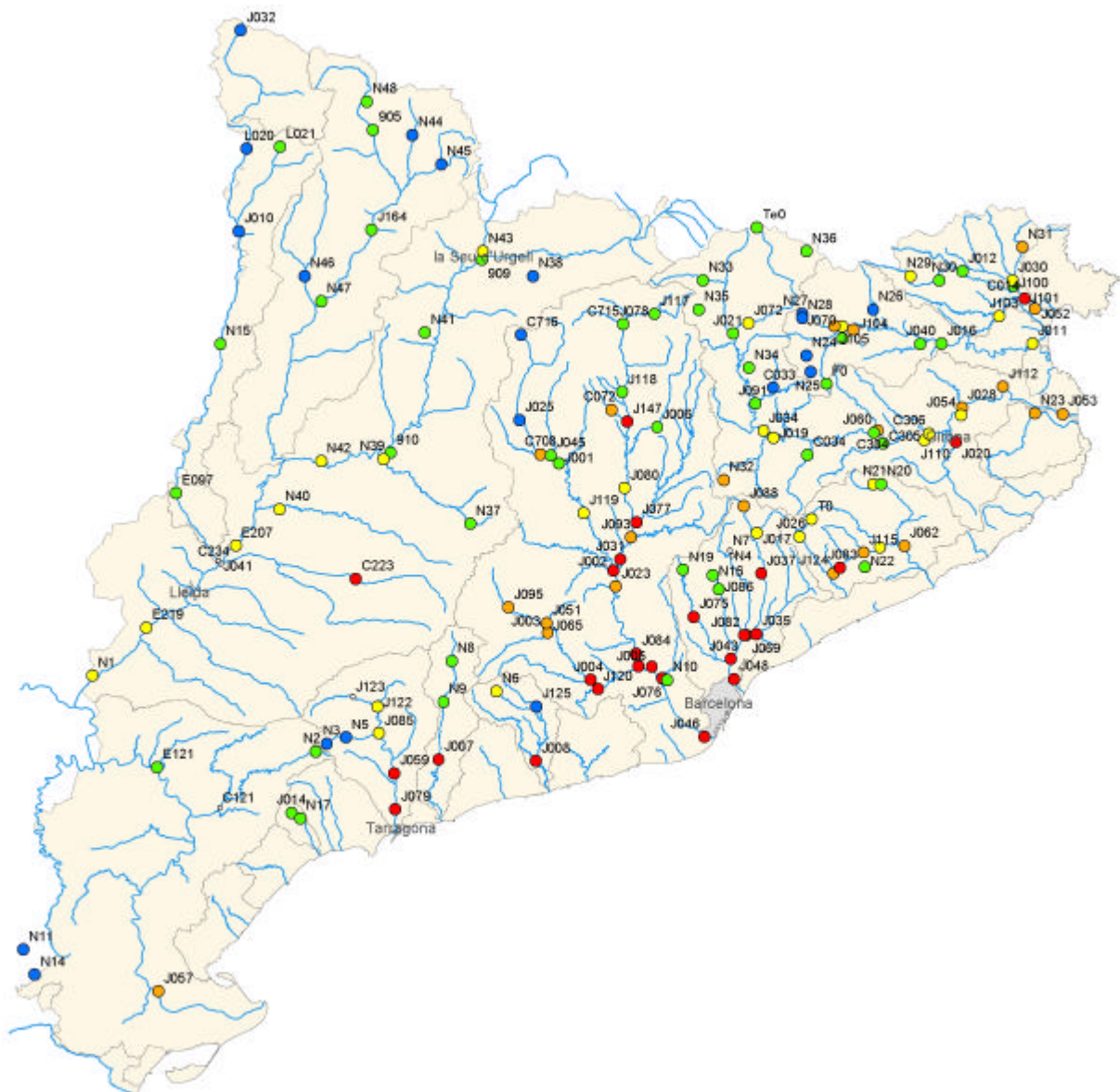




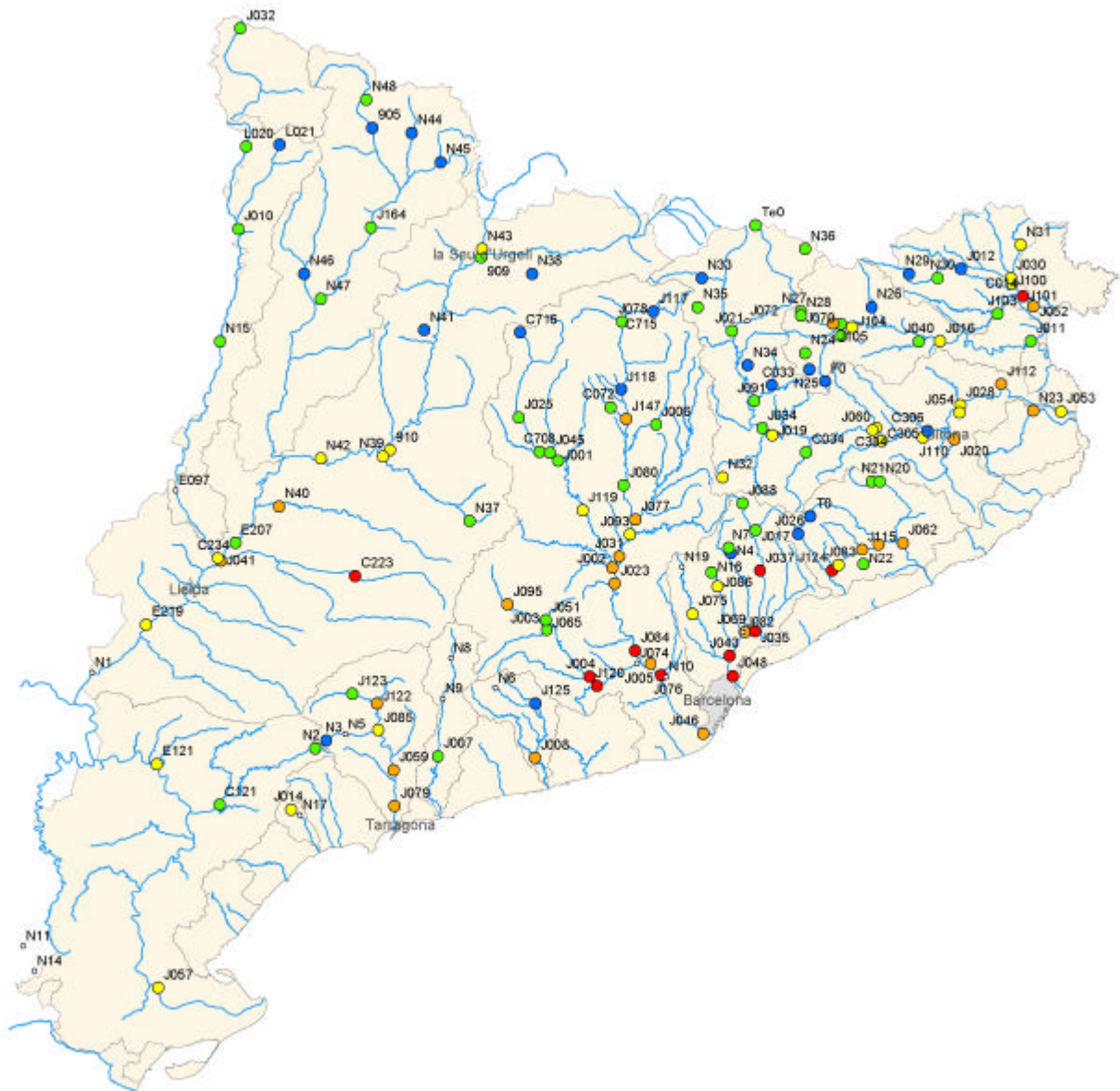
## 11.2. Primavera de 2003 segons l'IPS



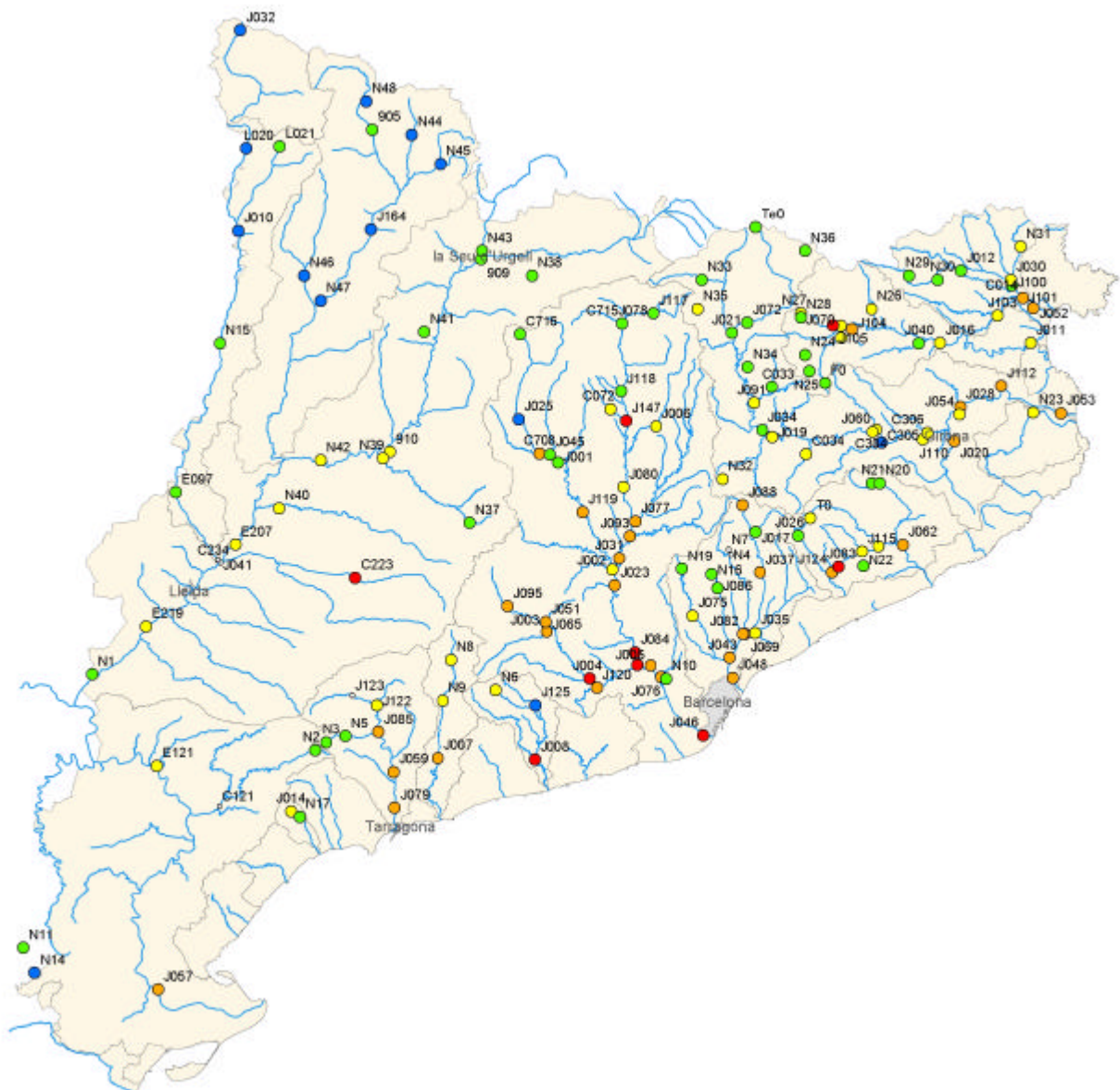
### 11.3. Estiu de 2002 segons el CEE



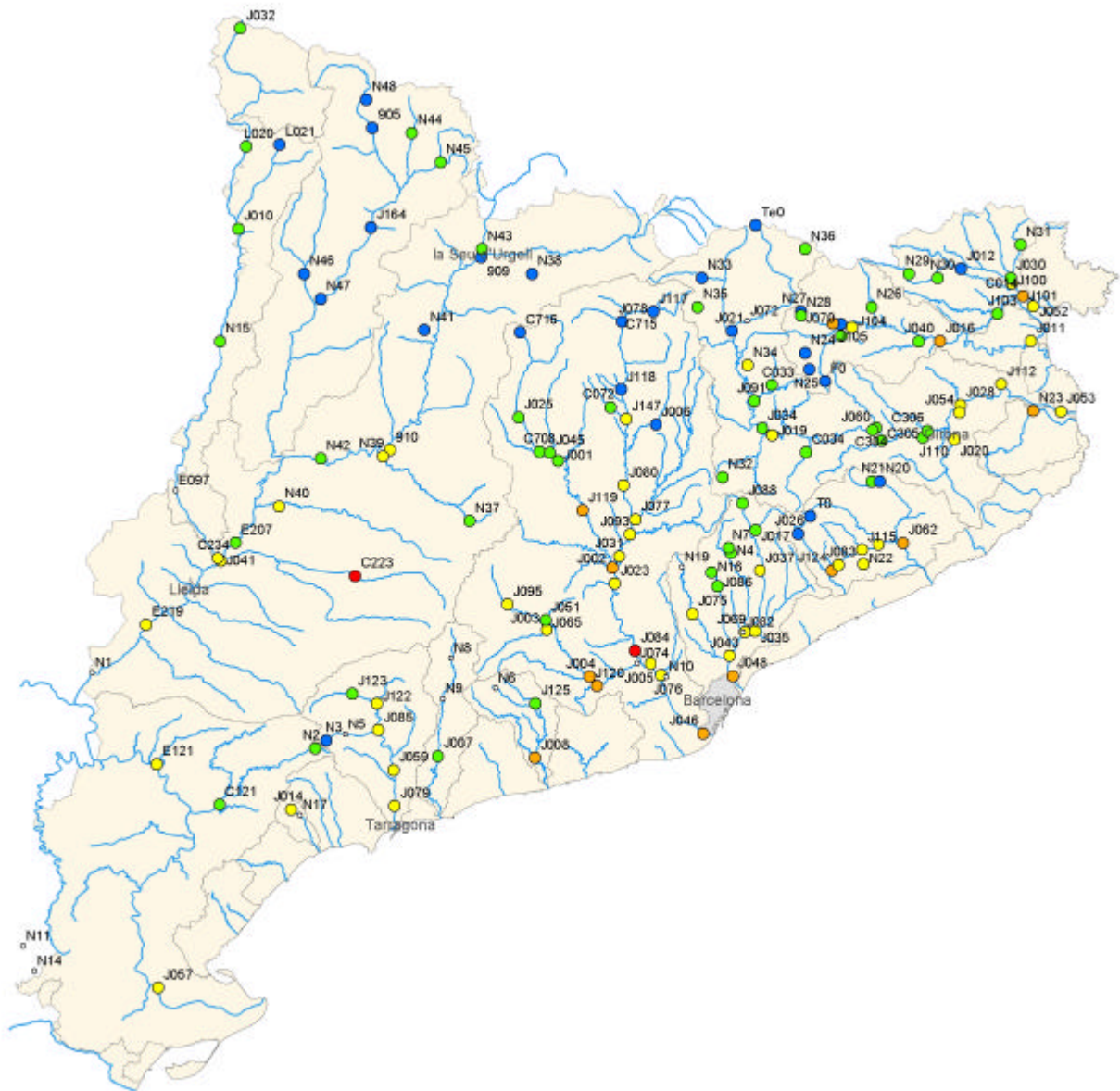
## 11.4. Primavera de 2003 segons el CEE



## 11.5. Estiu de 2002 segons l'IBD



## 11.6. Primavera de 2003 segons l'IBD



## 11. Anàlisi de la idoneïtat dels índexs a les conques catalanes

En aquest apartat es descriu la relació dels valors obtinguts amb els índexs IPS, IBD i CEE i diferents variables que permeten estimar l'estat tròfic de l'aigua del riu: com són els fosfats i els nitrats, la pol·lució orgànica de l'aigua: com és la concentració de carboni orgànic total (TOC), i finalment també s'ha comparat la valoració dels índexs amb els clorurs, com a indicador de pol·lució urbana i industrial.

Tots els índexs es correlacionen negativament amb les variables proposades, com era esperable, i ja observat en rius d'altres països on s'han obtingut correlacions amb un valor similar als nostres per a totes dues variables (Kelly *et al.* 1995 a Anglaterra, Eloranta 1999 a Finlàndia, Kwandrans *et al.* 1997 a Polònia). Si bé hi ha notables variacions en la relació tant entre les diferents variables com entre els índexs.

Pel que fa a les variables indicadores d'eutròfia, en el cas dels fosfats la relació negativa és clara, quan les concentracions d'aquest nutrient són baixes els valors dels índexs tendeixen a ser elevats, si bé el rang de variació d'aquests és força ampli. Trobem punts on els índexs tenen un valor baix, indicant una mala qualitat de l'aigua, quan les concentracions de nutrients no són elevades (fig. 8). Un exemple clar és el punt J035 de la conca del Besòs, a Montornés del Vallés, on les espècies dominants són (per ordre de més a menys abundància): *Fistulifera saprophila*, *Gomphonema parvulum*, *Sellaphora seminulum*, *Mayamea atomus* var. *permitis*, *Nitzschia capitellata* i *N. palea*. Totes elles són espècies que es desenvolupen en aigües d'una qualitat molt pobre, i per tant donen valors baixos als índexs (el valor de l'IPS en aquest punt és de 5). Però els nivells de fosfats eren molt baixos. Això vol dir que en aquest punt hi ha una altra mena de pertorbació de la qualitat de les aigües del riu diferent a l'eutròfia (observem per exemple que els clorurs eren relativament elevats en aquesta localitat: 222 mg/l).

Cal remarcar que els índexs utilitzats són dels anomenats "globals" (Prygiel *et al.* 1999), és a dir, que avaluen l'estat general de qualitat, no només el grau d'eutròfia, per tant no s'espera que correlacionin perfectament amb les variables que defineixen aquesta, ja que d'altres factors que afecten a la qualitat de l'aigua, com són la pol·lució orgànica, el pH, la composició iònica o la salinitat, també estan essent valorats per aquests índexs.

No obstant, en aquestes conques, quan els valors de fosfats són elevats, els índexs donen sempre una puntuació baixa, indicant la mala qualitat de l'aigua que es correspon amb l'increment de nutrients. Per tant, els índexs són sensibles a l'eutròfia, ja que quan aquesta augmenta, les comunitats de diatomees es veuen afectades i es reflexa en els resultats dels índexs. Però a nivells baixos d'eutròfia o manca d'aquesta, els índexs també poden indicar una mala qualitat, com hem vist, degut que també són sensibles a altres variables que afecten a aquesta (salinitat, etc.).

Pel que fa a l'altre nutrient amb el que s'ha comparat els índexs de diatomees, el nitrat, les correlacions obtingudes no són gens clares, a diferència dels resultats assolits en algunes d'aquestes mateixes conques l'any 2000 (Gomà *et al.* en premsa).

Com dèiem, aquests índexs també són sensibles a altres menes de pol·lució, especialment a la contaminació per excés de matèria orgànica. La relació dels valors assolits en aquest estudi amb el TOC mostra clarament com els tres índexs són sensibles a la quantitat

de matèria orgànica de les aigües dels rius, amb una relació similar a la dels fosfats: quan el TOC incrementa els índexs ho reflecteixen donant uns valors baixos, i quan la concentració no és tant elevada es repeteix el fet d'un ampli rang en els valors dels índexs. Ara bé, amb aquesta variable la correlació és més bona.

La variable que millor es correlaciona amb els índexs calculats és el clorur. En aquest cas es repeteix la relació negativa i quan la concentració dels clorurs incrementa els valors dels índexs disminueixen, però a més, quan al riu hi ha poca concentració els índexs no donen valors baixos, reduint força el rang de variació que observàvem en les altres variables comparades.

S'ha de tenir en compte també que la comunitat de diatomees que s'ha recol·lectat integra l'estat ecològic i la qualitat biològica del punt del riu on viu per un període més o menys llarg de temps, i que les dades de física i química amb les que hem correlacionat els valors dels índexs que aquestes comunitats expressen són preses puntualment en el temps.

Entre els tres índexs emprats hi ha diferències pel que fa a la seva relació amb les variables indicadores d'alteracions de la qualitat química de l'aigua. L'IBD és el que pitjor es correlaciona en tots els casos, mentre que l'IPS i el CEE tenen un comportament gairebé idèntic en la seva relació amb aquestes variables. Són aquests dos índexs els que es mostren més sensibles a les variacions del nivell de contaminació, ja sigui tròfica, orgànica o d'altra mena.

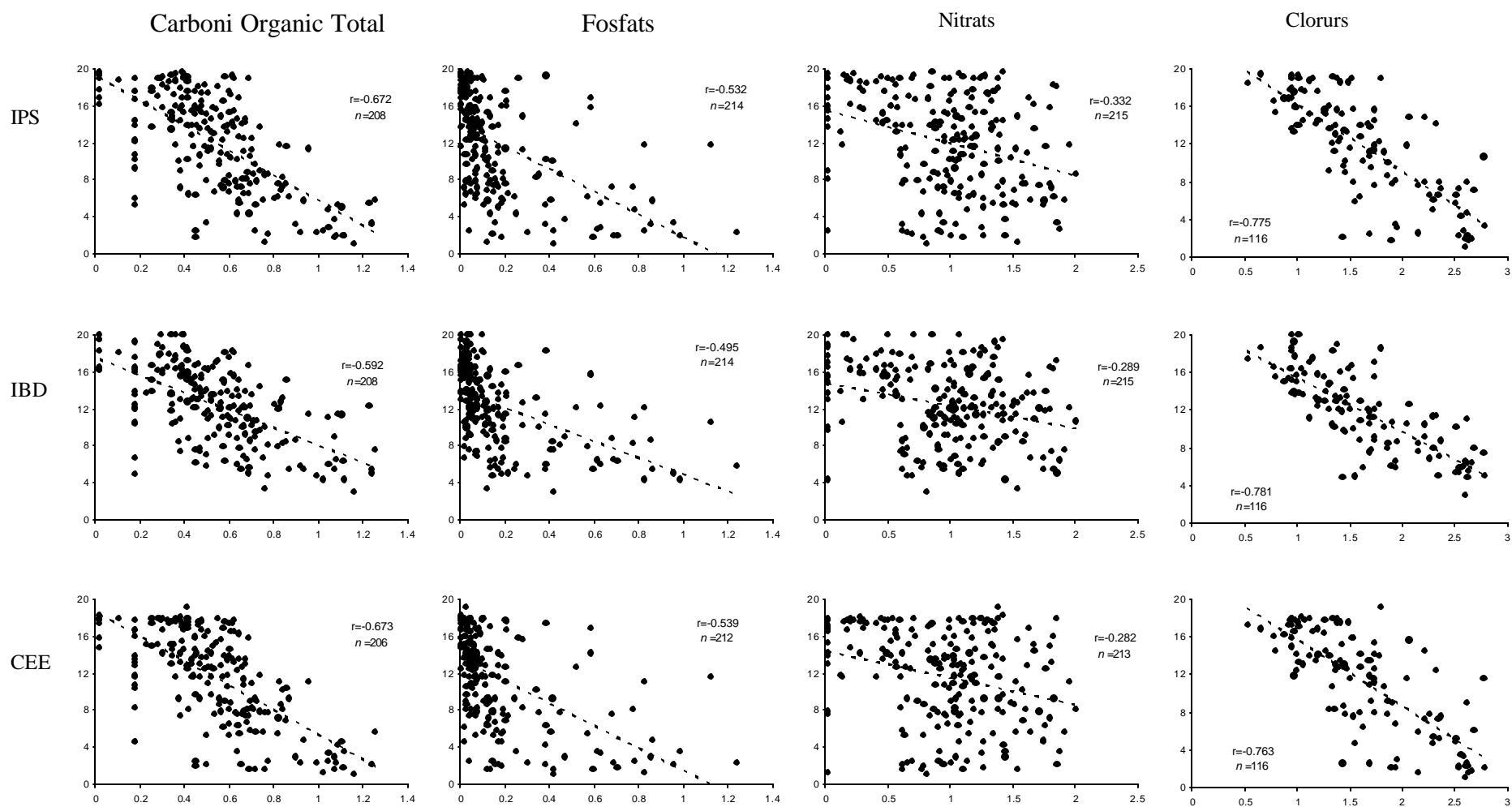


Figura 8. Correlacions (Pearson) dels tres índexs emprats amb les concentracions (transformades logarítmicament) de quatre variables químiques de les aigües dels rius. Totes les correlacions són significatives ( $p < 0.05$ )



## 12. Comparació dels índexs IPS, IBD i CEE

En la descripció dels resultats obtinguts amb els índexs de qualitat de l'aigua mitjançant les diatomees s'ha anat comentant la diferència entre els valors obtinguts pels tres índexs calculats, l'IPS, el CEE i l'IBD.

Hi ha força localitats en què els valors obtinguts amb cada índex eren diferents, en alguns casos prou diferents com per a suposar un canvi de categoria de qualitat de l'aigua. Un cop analitzats els resultats obtinguts amb tots tres índexs, observem que l'IBD tendeix a suavitzar els valors extrems, tant els de bona qualitat com els de dolenta, com s'observa a la figura 9. La distribució de les localitats en les diferents categories de qualitat per a l'IPS i el CEE són força semblants en ambdós períodes d'estudi, amb predominància de les dues categories de millor qualitat i una presència similar per les tres més baixes, menys representada la categoria "Molt Dolent" a primavera. No obstant, els valors obtinguts amb l'IBD donen més percentatges de punts amb una qualitat de l'aigua intermitja, i menys en els de millor i pitjor qualitat.

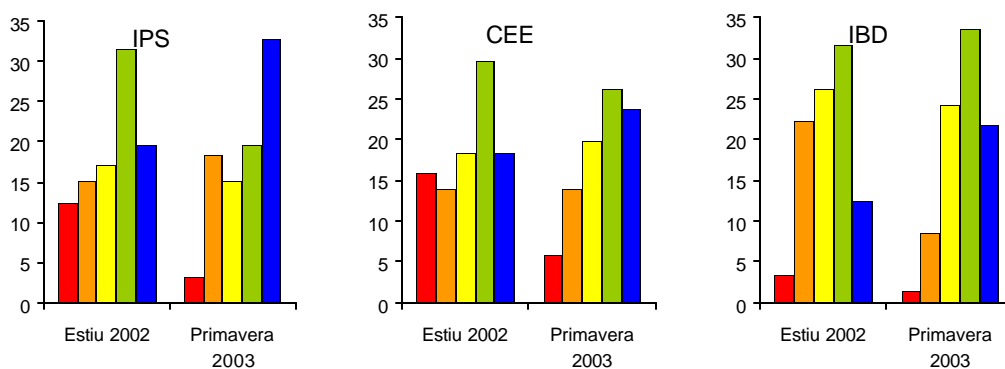


Figura 9. Distribució de les localitats en les diferents categories de qualitat pels diferents índexs.

La correlació entre els índexs és significativa en un grau elevat, com era ja esperable. Corroborant el vist fins ara, l'IPS i el CEE són els que valoren la qualitat dels rius de manera més similar. Les correlacions d'aquests dos amb l'IBD són sempre pitjors (fig. 10) Es pot observar també en aquesta relació com en els valors extrems de l'IPS i del CEE hi ha una elevada variació dels valors d'IBD, així, per exemple, quan el rang de valors de l'IPS es troba entre 1 i 4, l'IBD varia entre valors de 3 i 9, i pels valors alts succeeix semblantment, ja que en els punts d'entre 18 i 20 per l'IPS, l'IBD té un rang més ampli, des de 14 a 20. Per contra, en els valors mitjos dels índexs aquesta relació és tot el contrari, pels valors compresos entre 8 i 12 de l'IBD, l'IPS pren valors d'entre 3.3 a 14.3.

Les causes d'aquest comportament de l'IBD són diverses: hi ha certs taxons abundants a Catalunya que no són valorats per aquest índex, com per exemple *Gomphonema lateripunctatum*, una espècie que es troba entre les dominants en les comunitats de les rieres netes de zones calcàries. També associa espècies morfològicament pròximes valorant-les igual, com les petites *Fistulifera saphila*, *Mayamaea atomus* i *M.*

*atomus* var. *permitis*. Per tant, el que fa l'índex és subestimar o sobreestimar la sensibilitat d'alguns taxons a la pol·lució.

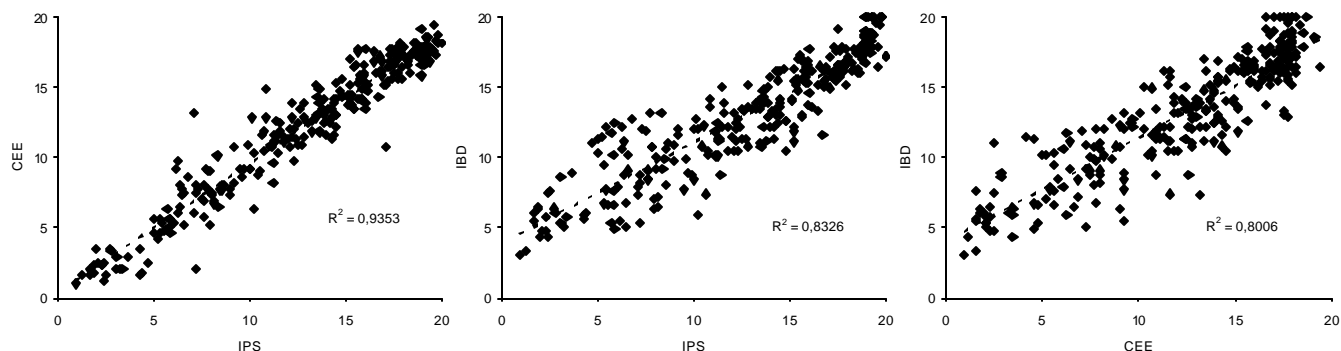


Figura 10. Correlacions entre els índexs IPS, IBD i CEE

La figura 11 ens mostra un funcionament diferencial dels tres índexs pel que fa al rang de valors que assoleixen. Així podem veure com l'IPS agafa tot el rang possible i avalua des del màxim valor (20) al mínim (1). El CEE, com hem dit, dóna valors molt similars a l'IPS. Però podem veure que en els valors màxims sembla tenir un límit al voltant del valor 18 i rara vegada el supera. Les localitats millor valorades per l'IPS solen estar dominades per diverses espècies que el CEE no té en compte. Alguns exemples són *Achnanthydium biasoletianum* i *Encionopsis microcephala*. Per la seva banda es pot observar com l'IBD en el rang inferior de valors, a partir del 8 aproximadament, sempre valora per sobre els altres índexs. I rarament dona resultats per sota del 5. És en aquests punts on dominen les petites naviculacions que l'IBD no distingeix, o espècies no prou ben valorades per aquest com són *Nitzschia palea* i *Navicula veneta*.

Creiem, pels resultats obtinguts, que l'IPS s'ajusta millor a la realitat de les conques estudiades, i que és un indicador més fiable de la qualitat de l'aigua d'aquests rius. Els resultats justifiquen aquesta conclusió, ja que en la comparació dels valors dels índexs amb les variables químiques de l'aigua, s'ha vist que les correlacions de l'IPS i el CEE sempre eren superiors a les obtingudes amb l'IBD. Tanmateix, el CEE no té en compte a totes les espècies trobades en els rius de Catalunya a l'hora de valorar-ne llur qualitat. Aquest fet comporta una mancança prou greu d'aquest índex, ja que l'invalida per ser emprat en alguns dels punts dels nostres rius com s'ha vist als punts J076 (Riera de Rubí al Papiol) i J035 (el Mogent a Montornés del Vallès) la primavera del 2003. En aquests punts la comunitat de diatomees era dominada per *Fistulifera saprophila* amb una abundància relativa superior al 90%. Aquesta espècie no és emprada pel CEE en el seu càlcul i per tant el valor que porporioni no és vàlid.

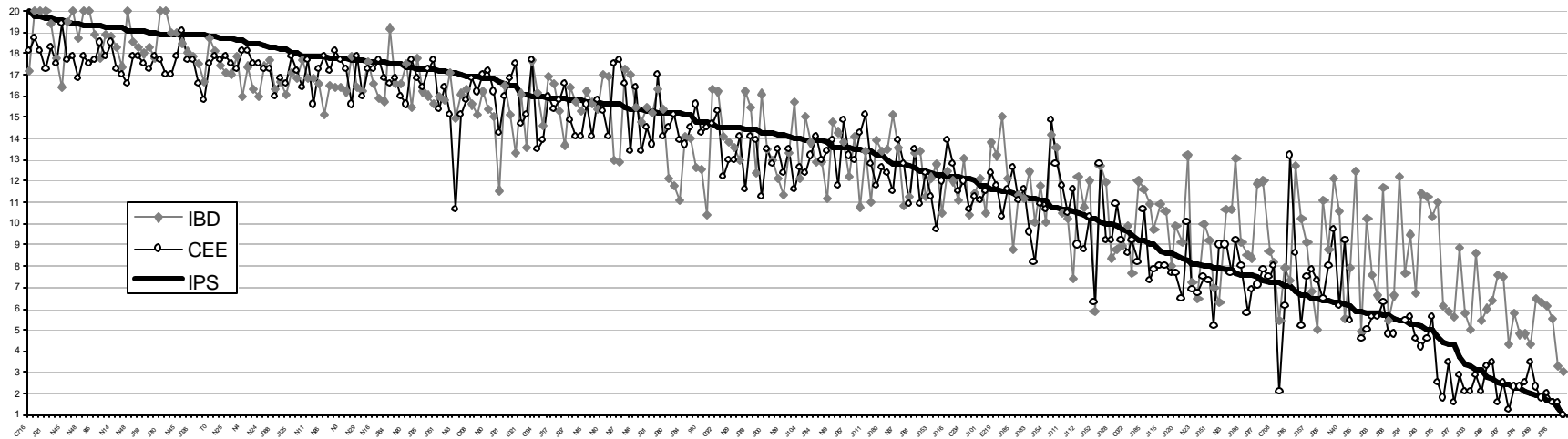


Figura 11. Perfil dels tres índexs emprats pel total de punts estudiats en ambdós períodes d'estudi, ordenats seguint l'ordre decreixent dels valors de l'IPS.

### 13. Síntesi de qualitat a les conques catalanes

Per una millor visualització i anàlisi dels resultats de la avaluació de la qualitat biològica dels rius per part de les diatomees hem fet uns mapes on es mostren els punts dividits en dues categories: blaus aquells que son de bona qualitat (per sobre del valor de 13), que correspondrien amb els objectius que marca la Directiva Europea Marc de l'Aigua; en groc aquells que estan per sota de 13, que agrupen les categories de qualitat mediocre, dolenta i molt dolenta, és a dir aquells que no complirien amb el que estipula la Directiva Marc de l'Aigua. Els mapes s'han realitzat per tots dos períodes de mostreig per veure la variació de la qualitat en les dues epoques de l'any. L'índex triat per a representar-ho és l'IPS, per ser el que es considera el més apte dels tres per als rius catalans (veure apartat **Conclusions**).

La proporció de localitats d'aquestes dues categories mostra com a l'estiu els punts en bon estat biològic superen de ben poc la meitat dels punts estudiats. A la primavera la proporció d'aquests punts incrementa, degut probablement a l'efecte de dilució que suposa l'increment de cabal dels rius.

El mapa ens permet veure d'una ullada la distribució dels rius on la qualitat biològica és la que correspon i aquells on hi ha algun efecte negatiu sobre la comunitat de diatomees. En general aquest punts alterats es troben a les parts baixes dels rius i rieres, especialment de les conques més poblades com la del Llobregat, la del Besòs, la de la Tordera, el Francolí, la del Ter i la del Fluvià. En els rius més grans els punts que no assoleixen una bona qualitat es troben també als trams mitjos, principalment del Llobregat i del Ter. A la conca de l'Ebre tant sols el Segre al seu pas per Lleida i la plana no arriba a la bona qualitat, així com algun dels afluents poc cabalosos que travessen la plana.

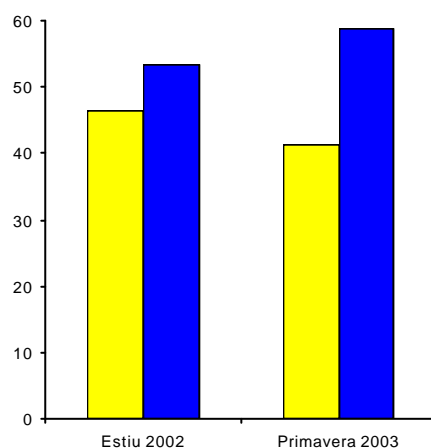


Figura 12. Distribució de les localitats en funció de la valoració de l'IPS, separat en dues categories: en groc aquelles localitats que no assoleixen més d'un 13, en blau les que tenen valors superiors.

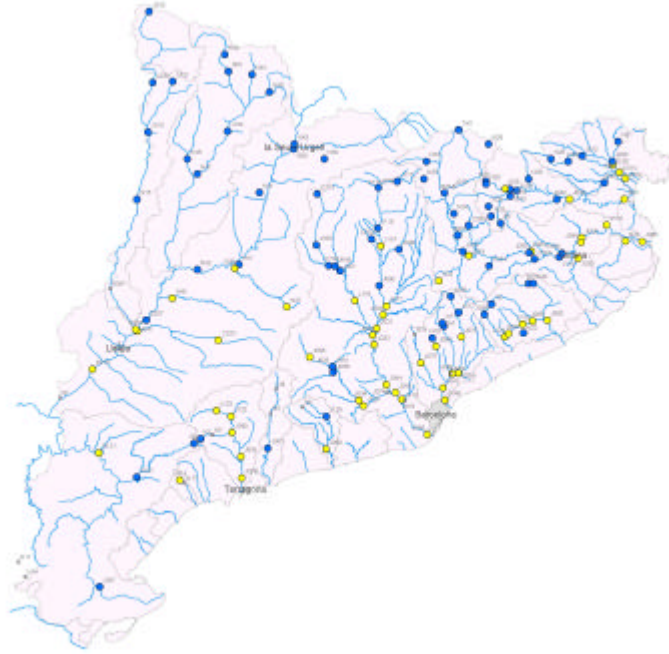


Figura 13. Qualitat biològica dels rius de Catalunya de l'estiu del 2002 segons l'IPS expressada en dues categories: els punts blaus reflexen bona qualitat de l'aigua i els grocs expressen una qualitat insuficient.

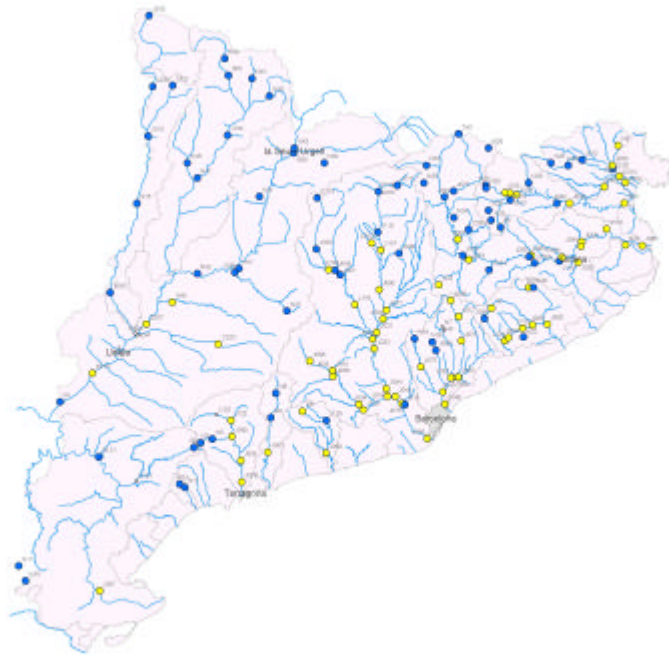


Figura 14. Qualitat biològica dels rius de Catalunya de la primavera 2003 segons l'IPS expressada en dues categories: els punts blaus reflexen bona qualitat de l'aigua i els grocs expressen una qualitat insuficient.



# ANÀLISI DE LA DISTRIBUCIÓ DE LES COMUNITATS DE DIATOMEES I EL SEU VALOR INDICADOR DE L'ESTAT ECOLÒGIC FLUVIAL

Com s'ha ja detallat anteriorment en l'apartat dels mètodes, les comunitats de diatomees poden proporcionar una clara indicació de les condicions imperants en els cursos d'aigua estudiats. Tanmateix, el seu grau indicador rau principalment en la informació que conté el conjunt de la comunitat i no solament en la informació de les diferents espècies, les anomenades indicadores en el sentit més clàssic d'Sladecek i altres iniciadors.

Òbviament, aquesta perspectiva requereix de la utilització conjunta de la informació contribuïda pel conjunt de la comunitat, que solament es pot analitzar a través de mètodes estadístics d'ordenació multivariants. En general, es parla de dos tipologies de mètodes d'ordenació:

- mètodes d'ordenació indirecta; permeten determinar la relació entre les variables estudiades (en el nostre cas, principalment les diatomees) i les mostres associades a la seva distribució; en alguns casos permeten establir la relació amb les variables ambientals que poden estar associades a la distribució de les comunitats; entre aquests mètodes es compta l'anàlisi de components principals (PCA), l'anàlisi de correspondències (CA), i anàlisi de correspondències sense tendència (DCA), així com l'anàlisi de classificació jeràrquica (Cluster).
- mètodes d'ordenació directa, que compten amb descriptors predictius d'una sèrie de variables de resposta, la qual cosa permet trobar les direccions conjuntes de variació de les comunitats i la identificació de les causes dels gradients d'ordenació; entre aquests mètodes s'hi compten l'anàlisi de redundància (RDA) i l'anàlisi canònica de correspondències (CCA).

En l'anàlisi dels resultats conjunts contribuïts pels dos grups de treball, s'han fet servir els mètodes d'ordenació indirecta. Com es fa palès de la observació de la matriu de dades físiques i químiques, ha estat difícil aconseguir un nombre respectable de variables ambientals que poguéssim qualificar de predictives, i que estiguessin en suficient nombre en relació amb els casos disponibles de les comunitats de diatomees. Aquest fet desaconsella l'aplicació dels mètodes directes, ja que els resultats que es poden aconseguir tenen poca potència estadística i una baixa representativitat.

Les anàlisis, en el que constitueix una limitació de moltes d'aquestes eines, requereixen de la selecció d'un nombre d'espècies inferior al nombre de casos disponible. Això comporta que s'hagin d'establir criteris de selecció prèvia amb l'objectiu de no esbiaixar/ personalitzar el futur resultat de l'anàlisi. En el nostre cas, s'han seleccionat les espècies presents en almenys un 2% de la proporció total en –com a mínim– un dels casos estudiats. Això ha rebaixat el nombre d'espècies fins a un nombre que era menor al de casos i ha permès bandejar de l'anàlisi les espècies que en podríem dir ocasionals.

## 1. Anàlisi de components principals: ordenació de les comunitats de diatomees

L'anàlisi de components principals permet identificar les direccions de variació conjunta de les variables, així com determinar el grup o grups d'espècies que identifiquen els extrems del gradient de distribució. Es tracta d'una anàlisi exploratòria que s'ha revelat molt útil en l'estudi dels gradients associats amb variables ambientals o biològiques malgrat que no permeten associar la distribució de les espècies amb la variació dels indicadors ambientals i buscar-ne relacions causa-efecte.

Tanmateix, el nombre d'espècies (variables) inclosa en l'anàlisi ha estat gran, la qual cosa pot afectar substancialment la variància explicada pels diferents eixos (variables noves que expressen la combinació lineal, en el cas del PCA). És cert, però, que aquesta baixa variància no afecta al possible significat ecològic (l'espai ecològic del que parlava Gauch) dels eixos.

S'ha procedit a fer tres anàlisis successives amb les dades de les que es disposava. Una primera anàlisi es va realitzar amb el conjunt de les dades de les dues campanyes, mentre que les altres dues van analitzar separatament les dades de cada campanya.

### 1.1. Anàlisi de components principals amb les dades conjuntes de les dues campanyes i la totalitat de les estacions estudiades

El resultat de l'anàlisi és el que es mostra a la taula següent. Han intervingut a l'anàlisi 43 espècies que coincidien en les dues campanyes del conjunt ja preseleccionat per a cada una de les campanyes d'estiu i primavera. Amb això s'ha volgut moderar l'efecte de temporalitat que és esperable en incloure dades de dos moments diferents de l'any. Les espècies seleccionades doncs, són les de major freqüència i comunes a totes dues èpoques de l'any. Les dades han estat transformades logarítmicament ( $x = \log(x+1)$ ) per tal d'homogeneïtzar les variàncies.

Els resultats permeten identificar dos eixos amb significat biològic. El primer d'ells representa un 12.8% de la variància explicada, mentre que el segon explica un 11.6 %. En cada un dels eixos s'ha posat, ordenadament, les variables amb pes significatiu (definit arbitràriament com a major de 0.4 en els dos sentits dels eixos), que es marquen amb color roig (positiu) o blau (negatiu).

L'eix I presenta la següent ordenació:

	Factor 1
NSBM	0.61688599
NVEN	0.57269143
NPAL	0.54436785
ALAN	0.51005214
GPAR	0.4834409
NCPL	0.46917479
NINC	0.45646578
NGRE	0.40323671
NAMP	0.39743628
CMEN	0.37345731
NAPE	0.36970302



NSAP	0.35196466
NIFR	0.35120881
NSEM	0.34301593
SBRE	0.29589735
MVAR	0.27583666
APED	0.22858355
CPLA	0.21224763
NRCH	0.18809824
FCON	0.18297735
RABB	0.16218984
NTPT	0.15111928
NDIS	0.13498921
NAUR	0.12623821
NCPR	0.10043553
CPED	0.06380221
AINA	0.05774481
NFON	0.043386
NCTE	0.036399
CSIN	-0.02427385
CSLE	-0.0658755
GMIN	-0.08926714
EADN	-0.16895554
FCVA	-0.20231954
DMON	-0.30273338
HARC	-0.35229538
CDEL	-0.36752769
GANT	-0.40451921
CMIN	-0.40579157
CMIC	-0.50321563
CAFF	-0.52523867
AMIN	-0.66258945
ABIA	-0.67827373

L'eix I separa espècies molt tolerants a aigües mineralitzades i amb molt alt contingut de nutrients i /o matèria orgànica: *Navicula subminuscula*, *Navicula veneta*, *Nitzschia palea*, *Achnanthes lanceolata*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia inconspicua* i *Navicula gregaria*.

Aquestes espècies caracteritzen les comunitats de diatomees de punts profundament alterats (*p* diferencia les mostres de primavera de les de l'estiu):

J003p	Anoia Vilanova del Camí
J124p	Riera de Vallgorguina
C014p	Vilanova
J104	Turonell a Castellfollit
J048	Besòs a Barcelona
N32	Mèder a Sta Eulàlia de Riuprimer
J122	Anguera a Montblanc
J028p	Terri ( <i>les dues campanyes</i> )
J005	Llobregat a Martorell
J007	Gaià a Montferri
J120	L'Avernó a Sant Sadurní
J074	Anoia a Martorell
J043	Besòs a Reixach
J062	Tordera a Fogars

J069	Besòs a Montmeló
J095	Anoia a Jorba
J105p	Ridaura a Llocalou
J035	Mogent a Montornés

En canvi, a l'altre extrem de l'eix hi ha agrupades les espècies d'aigües netes i molt sensibles a la riquesa de nutrients o de matèria orgànica: *Achnanthes biasolettiana*, *Achnanthes minutissima*, *Cymbella affinis*, *Cymbella microcephala*, *Cymbella minuta* i *Gomphonema angustum*.

Les localitats que caracteritzen aquestes espècies eren les següents:

N38p	Cadí a la Cava ( <i>les dues campanyes</i> )
N29p	Muga a Albanyà
N47p	Noguera P. a la Pobla ( <i>les dues campanyes</i> )
N26p	Llierca a Pont de Llierca ( <i>les dues campanyes</i> )
C033p	Ges a Sant Pere de Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N3	Brugent a Capafons
J025	Cardener a Olius
N46p	Flamicell a Lluçà
N30	Muga a Sant Llorenç de la Muga ( <i>les dues campanyes</i> )
N11	Matarranya
J045	Riera d'Aiguadora
L020	Noguera R. a Senet
N34p	Riera de la Solana
E097	Noguera R. a Pinyana
F0p	Fluvià a Hostalets
N13	Matarranya a Parrissal
N41p	Riera de Fontanet a Organyà
905p	Noguera P. a Esterri
N45	Noguera de Vallferrera a Alins
N25p	Riera de Joanetes

L'eix II presenta la següent ordenació:

	Factor 2
NDIS	0.66586421
NRCH	0.61980048
NTPT	0.61799756
AINA	0.54932118
NCTE	0.53255139
NFON	0.51033739
RABB	0.50357011
CPED	0.49177368
APED	0.48730529
GMIN	0.4837357
MVAR	0.43895802
CPLA	0.43399571
NCPR	0.42684318
FCVA	0.39172685
NGRE	0.39093391
CMIN	0.34391824
FCON	0.29906391

NINC	0.29815598
AMIN	0.22685991
SBRE	0.20666449
ALAN	0.1926513
NAMP	0.1739454
DMON	0.10696829
CAFF	0.0972167
ABIA	0.05490119
CSIN	0.01745235
GANT	0.00348389
CMIC	-0.02328217
CMEN	-0.02882389
CDEL	-0.05897999
HARC	-0.06085003
NAPE	-0.06991517
CSLE	-0.08318656
GPAR	-0.16116478
EADN	-0.17170363
NSEM	-0.19336379
NPAL	-0.2138019
NSAP	-0.2279094
NCPL	-0.23962952
NSBM	-0.27190438
NVEN	-0.30850296
NAUR	-0.31259476
NIFR	-0.3170595

En l'extrem negatiu de l'eix els pesos són excessivament petits per a considerar-los com a significatius. En canvi, en l'extrem positiu de l'eix se separa un grup d'espècies molt característiques d'aigües mineralitzades però amb un contingut moderat de nutrients: *Nitzschia dissipata*, *Navicula reichardtiana*, *Navicula tripunctata*, *Amphora inariensis*, *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia fonticola*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis pediculus*, *Amphora pediculus*, *Gomphonema minutum*, *Melosira varians* i *Cocconeis placentula*. Aquest grup podria doncs representar aquelles situacions intermèdies a les dues anteriors definides per l'eix I. De fet, les localitats (casos) en les que aquestes espècies són més característiques vindrien a refermar aquesta opinió:

J034p	Ter a Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N35	Merdàs a Gombrén
J060p	Ter al Pasteral
J013	Fluvià a Olot ( <i>les dues campanyes</i> )
J072	Ter abans de Ripoll
C034p	Riera Major a Sant Sadurní
910p	Segre a Ponts
N42p	Segre a Artesa
J066	Riera d'Arbúcies a Hostalric
J070	Riera de Bianya a Sant Joan
J104p	Turonell a Castellfollit
J110p	Ter a Bescanó ( <i>les dues campanyes</i> )
909	Segre a la Seu
J019	Ter a Roda ( <i>les dues campanyes</i> )
E207p	Segre a Tèrmens
J091	Ges a Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N39p	Llobregós a Ponts ( <i>les dues campanyes</i> )

J080	Llobregat a Balsareny
N21p	Riera de Santa Coloma Sant Salvador ( <i>les dues campanyes</i> )
J053p	Ter a Torroella
N20	Riera de Santa Coloma a Pont de les Fosses
J001	Cardener a Cardona
J054p	Ter a Sant Julià
J011p	Fluvià a Sant Pere

És d'interès remarcar que alguns dels punts identificats per l'eix I com profundament alterats apareixen de nou amb pes en aquest eix, però en una època diferent. Aquest és el cas, per exemple del Turonell a Castellfollit, que en la primavera representa una situació de millora respecte al cas de l'eix I. Precisament aquestes diferències són les que suggereixen la necessitat d'un tractament per separat de les dades de les dues campanyes.

## 1.2. Anàlisi de components principals amb les dades de l'estiu de 2002

Amb aquest grup de dades intervingueren en l'anàlisi 56 espècies. Disposem aquí, doncs, d'un nombre major d'espècies que en el tractament conjunt i incloem algunes que tenen una distribució temporal inequívocament estiuenca. Per tant, es pot incrementar la finor de l'anàlisi.

En aquest cas era també possible interpretar dos eixos principals de variació, que defineixen la imatge per a la campanya d'estiu que acabem de desenvolupar per al tractament conjunt de les dades. Hem eliminat de la taula les espècies sense un pes considerat significatiu (major de 0.4 en els dos sentits de l'eix).

El primer eix explica un 12.7% de la variància, i les espècies amb més pes sobre ell són aquestes:

	Factor 1
AMIN	0.64728648
CMIN	0.51500794
ABIA	0.48712109
CAFF	0.46285089
NFON	0.44548452
NCTE	0.43456941
GMIN	0.41370891
CMIC	0.41093535
NAUR	-0.43726179
NSAP	-0.47142684
NERI	-0.50657223
NIFR	-0.5422931
NDES	-0.54736996
NCPL	-0.59718308
NSBM	-0.60663658
NPAL	-0.69692475
NVEN	-0.69925239

En l'extrem positiu de l'eix I hi ha les espècies *Achnanthes minutissima*, *Cymbella minuta*, *Achnanthes biasoletiana*, *Cymbella affinis*, *Nitzschia fonticola*, *Navicula*

*cryptotenella*, *Gomphonema minutum* i *Cymbella microcephala*. Amb pes sobre aquest extrem de l'eix s'hi situen els punts del Segre a la Seu, Ter a Torelló, Riera de Fontanet, Ter abans de Ripoll, Noguera P. a Pont de Suert, Riera de Santa Coloma a Pont de les Fosses, Muga a Boadella, Riera de Merlés, Noguera P. a la Pobla de Segur i la Riera d'Aiguadora.

A l'extrem negatiu de l'eix I hi tenim algunes de les mateixes espècies que ja s'identificaven en el conjunt de les dades tractades: *Navicula veneta*, *Nitzschia palea*, *Navicula subminuscula*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia frustulum*, junt amb d'altres més característiques d'aquest conjunt de dades com *Navicula erifuga*, *Nitzschia desertorum* i *Nitzschia auriarar*. Amb pes sobre aquest grup d'espècies hi ha els casos de la Riera Gavarresa, Tenes a Mollet, Anoia a Vilanova, L'Avernó, Llobregat a Martorell i al Prat, Besòs a Barcelona, Reixach i Montmeló, Riera de Rubí a la Masó i al Papiol, Congost a la Garriga, Gaià a Montferri i Riera de Clarà a Gironella.

El segon eix explica un 9.51% de la variància. Separa espècies d'aigües mineralitzades possibles de ser trobades en condicions de nutrients moderats i alts (positiu) d'altres característiques de comunitats pròpies d'aigües amb elevada alcalinitat però sense cap contribució remarcable dels nutrients:

	Factor 2
APED	0.62312789
NTPT	0.51063153
RABB	0.47187355
NDIS	0.47155874
CPED	0.46415672
NCPR	0.46124009
NAMP	0.45536136
CPLA	0.44662616
NMIN	0.43401268
ALAN	0.43313911
NCTE	0.41421945
FCBI	0.41365861
NGRE	0.40731978
ABIA	-0.48652948
CAFF	-0.52250528
CMIC	-0.55195235

Així, *Amphora pediculus*, *Navicula tripunctata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia dissipata*, *Cocconeis pediculus*, *Navicula capitatoradiata*, *Nitzschia amphibia*, *Cocconeis placentula*, *Navicula minima*, *Achnanthes lanceolata* i *Navicula cryptotenella* estan a la part positiva de l'eix. Com a casos en què aquestes espècies formen comunitats característiques de diatomees hi trobem el Ter a Roda, a Ripoll, a Sant Julià, el Pasteral i a Bescanó, la riera d'Arbúcies a Hostalric, el Fluvià a Olot, el Llobregat a Balsareny i el Segre a Tèrmens.

A la part inferior de l'eix hi apareixen espècies molt característiques dels afluents calcaris inalterats: *Cymbella microcephala*, *Achnanthes biasoletiana* i *Cymbella affinis*. I entre els casos associats a aquestes espècies, el Brugent a Capafonts, el Cadí a Cava, la Noguera Ribagorçana a Pinyana, la Muga a Albanyà i a Sant Llorenç, el Matarranya al Parrissal i a Beceit, el Cardener a Olius i el Llierca al Pont de Llierca.

### 1.3. Anàlisi de components principals amb les dades de la primavera de 2003

Finalment, una darrera anàlisi es fa efectuar amb les dades de primavera del 2003. En aquesta ocasió van intervenir a l'anàlisi 69 espècies, seleccionades de les dades descrites segons els criteris ja explicats anteriorment. Els resultats s'indiquen a la taula següent:

	Factor 1
NAPE	0.65233214
NGRE	0.64056906
NSBM	0.60369409
ALAN	0.53123389
NVEN	0.5181365
NPAL	0.45594988
SBRE	0.44341334
NINC	0.43454978
NLAN	0.42935746
NCPL	0.42002652
GANT	-0.41917002
FCAU	-0.42814826
DOBL	-0.4463004
DMON	-0.46354511
FGRA	-0.46631804
NSTR	-0.47197756
CDEL	-0.47200334
ABIA	-0.57740918
DTEN	-0.62715506
AMIN	-0.63690524
CMIC	-0.65031054
CAFF	-0.69180344

El primer eix explicava un 13% de la variància. Aquest eix, semblantment al descrit per a l'estiu i per a la totalitat de les campanyes, separa les espècies més sensibles de les més tolerants a la riquesa de nutrients i matèria orgànica, insistint en aquest gradient com al primer i més important que defineix l'estructura de les comunitats de diatomees en els rius catalans.

Així, a l'extrem positiu de l'eix I (en vermell) es troben espècies tolerants a aigües riques en nutrients, algunes d'elles pròpies d'aigües molt contaminades però d'altres que no es podrien qualificar clarament com a tals. Aquestes són *Navicula pelliculosa*, *Navicula gregaria*, *Navicula subminuscula*, *Achnanthes lanceolata*, *Navicula veneta*, *Nitzschia palea*, *Surirella brebissonii*, *Nitzschia inconspicua*, *Navicula lanceolata* i *Nitzschia capitellata*. Senyal d'aquesta barreja és que donant pes a aquestes espècies trobem punts distribuïts pel Llobregat (Llobregat al Prat, al Pont de Vilomara i a Guardiola de Berguedà), i d'altres a l'Anoia a Martorell, Cardener a Cardona, Ter a Flaçà i Terri a Sant Julià.

Per altra banda, a l'extrem negatiu de l'eix I (en blau) es troben les espècies sensibles, característiques d'aigües netes, principalment trobades en punts de capçalera o trams poc afectats per la contaminació. Aquestes són *Cymbella affinis*, *Cymbella microcephala*, *Achnanthes minutissima*, *Denticula tenuis*, *Achnanthes biasoletiana*, *Cymbella delicatula*, *Navicula stroemii*, *Fragilaria gracilis*, *Diatoma moniliformis*, *Diploneis oblongella*, *Fragilaria capucina* i *Gomphonema angustum*. Amb pes sobre aquest grup d'espècies hi ha la Riera del Carme a la Pobla de Claramunt, Llierca al Pont de Llierca, Tenes a Sant Miquel del Fai, Cardener a Manresa, Noguera de Tor a Boi, Cadí a Cava, Ges a Sant Pere i Noguera Ribagorçana a Senet.

El segon eix del PCA explicava un 8.9% de la variància, i separava espècies de punts molt contaminats (color vermell) d'altres d'aigües mineralitzades però amb menor contaminació (color blau).

#### Factor 2

GPAP	0.35079887
NSAP	0.34076796
NSBM	0.3149154
NCPL	0.27741948
NFON	-0.43695531
AINA	-0.45373433
NMEG	-0.47905232
MVAR	-0.51363578
NTPT	-0.56763425
APED	-0.57438911
NRCH	-0.59185837
NDIS	-0.71752985
NCTE	-0.75384732

Entre les primeres es troben *Gomphonema parvulum*, *Navicula saprophila*, *Navicula subminuscula* i *Nitzschia capitellata*. Les localitats que eren caracteritzades per aquestes espècies eren Besòs a Reixach, Vilanova de Maials, l'Anoia a Vilanova del Camí i Sant Sadurní, i el Llobregat a Martorell i a la Pobla de Lillet. Entre les segones hi ha *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia dissipata*, *Navicula reichardtiana*, *Amphora pediculus*, i *Navicula tripunctata*. Aquestes espècies eren característiques de punts com el Segre a Artesa i a Ponts, Ter a Torelló i Fluvià a Olot.

#### 1.4. Anàlisi de components principals. Conclusions

En totes les anàlisis de components principals descrites en aquest informe es veu clarament com *el primer eix*, que és el que resumeix més quantitat de la variància explicada, és sempre el que *descriu la qualitat ecològica del riu*. Aquests eixos arrenghen les espècies en un gradient marcat per la qualitat química i molt probablement de l'hàbitat fluvial. Així, les espècies en l'extrem de qualitat òptima són sempre característiques de localitats amb un molt petit grau d'alteració que es podrien considerar de capçalera i –intuïtivament– com de referència. L'altre extrem dels eixos primers està representat per les espècies més tolerants a les condicions de contaminació orgànica o més degradats en el seu conjunt. Els eixos segons de les anàlisis precisen la imatge dels primers en quasi tots els casos, definint grups d'espècies en un gradient més concret i curt, normalment en el que es troba en els trams migs dels rius, on la mineralització és de forma natural elevada, però on hi poden haver situacions de major o de menor contingut de nutrients.

Les anàlisis han estat molt útils per a identificar les espècies característiques de les comunitats que defineixen aquestes situacions, i per tant es mostren com una potent eina en l'expressió autoecològica de les espècies.

Per altra banda, els successius anàlisis defineixen també la certa evolució del riu entre els dues campanyes. L'anàlisi de l'estiu separa molt clarament les espècies d'aigües molt netes de les que representen una situació extrema contrària. En canvi, l'anàlisi de la

primavera, i en comparació amb el que s'observava a l'estiu, les comunitats han evolucionat de manera que el riu sembla haver atansat els extrems de la seva qualitat, per bé que la diagnosi no ha variat. En general, es pot dir que el conjunt dels rius millora la seva condició en aquesta època, probablement com a efecte de la dilució que es contraposa amb els baixos cabals de l'estiu.

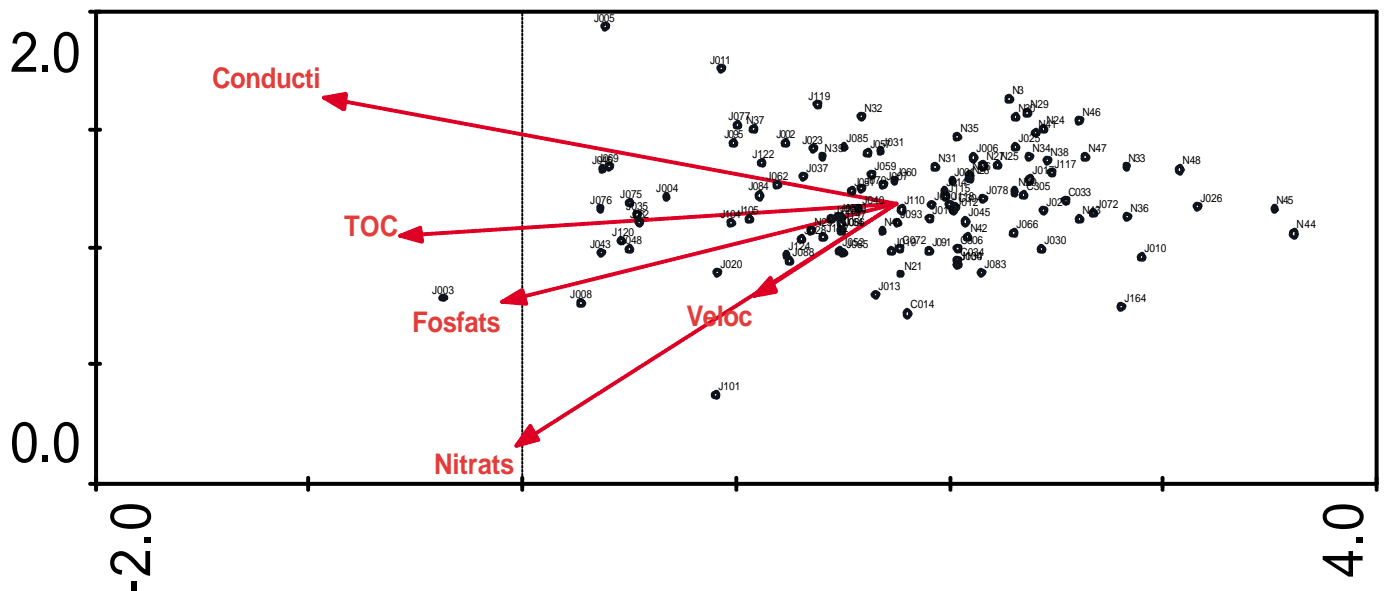
## 2. Factors relacionats amb la distribució de les comunitats de diatomees: anàlisi de correspondències

Com s'ha comentat anteriorment, la dificultat d'aconseguir un nombre respectable de variables físiques i químiques que no afectessin un nombre mínim de casos de les comunitats de diatomees, ha limitat enormement que es poguessin aplicar amb èxit els mètodes que permeten associar la distribució de les espècies amb la variació dels indicadors ambientals.

Aquesta mancança és molt acusada a la campanya de primavera, on sols s'han pogut reunir com a variables ambientals el TOC, la velocitat de l'aigua i el tipus de substrat com a descriptors ambientals comuns d'un nombre respectable de mostres. Tanmateix, a l'estiu el nombre de variables és més elevat i ha permès efectuar aquesta aproximació per al conjunt d'aquestes dades.

### 2.1. DCCA amb les dades de l'estiu de 2002

A continuació es presenta el resultat de l'ordenació per les espècies i les mostres de l'anàlisi de Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA) efectuat amb el conjunt de dades ambientals i de diatomees de la campanya d'estiu.



Només van ser incloses aquelles variables ambientals que mostraven una correlació significativa amb les associacions de diatomees. La significació per a cada variable es va estimar mitjançant un test de permutacions amb selecció avançada. El resultat de l'anàlisi de



permutacions per a les variables incloses en el DCCA (només s'han inclòs en el model final aquelles variables amb un p-valor <0,05) va ser:

Marginal Effects		
Variable	Var.N	Lambda1
Conducti	1	0,29
TOC	5	0,22
Nitrats	3	0,16
Fosfats	4	0,15
Temperat	2	0,09
Velocita	6	0,08
Tipus de	8	0,07
Vegetaci	7	0,04

Conditional Effects				
Variable	Var.N	LambdaA	P	F
Conducti	1	0,29	0,002	10
TOC	5	0,09	0,002	3,45
Nitrats	3	0,07	0,004	2,42
Velocita	6	0,06	0,006	2,17
Temperat	2	0,05	0,008	1,99
Fosfats	4	0,03	0,306	1,12
Vegetaci	7	0,03	0,32	1,07
Tipus de	8	0,03	0,804	0,8

Aquesta anàlisi ordena separadament les espècies i les localitats d'acord amb les variables ambientals de major pes. L'ordenació definida per a les espècies és essencialment la mateixa que ja ha estat descrita en detall per a l'anàlisi de PCA, i per tant no ens hi estendrem.

El sentit de la fletxa indica el valor d'augment de la variable, apuntant cap al màxim. Els angles entre les fletxes, a la vegada, indiquen de quina manera estan correlacionades entre elles, i la distància de cada un dels punts a les fletxes indiquen la influència que tenen d'aquestes variables, de manera que com més a prop estiguin d'una fletxa, més influenciats estaran i viceversa. Aquest gràfic expressa de quina manera afecten aquestes variables al conjunt de diatomees.

La fracció de la variabilitat total explicada per les variables ambientals seleccionades només representa un percentatge molt baix (10%). No obstant, l'anàlisi indirecta (DCA) de les mateixes associacions només arriba a reunir un 13% en el primer eix. Això significa que el model elaborat amb el DCCA explica fins a un 63% de les relacions entre espècies i variables ambientals pel primer eix:

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	: 0.348	0.059	0.024	0.019	3.444
Lengths of gradient	: 3.989	1.562	1.090	1.346	
Species-environment correlations	: 0.841	0.556	0.539	0.595	
Cumulative percentage variance					
of species data	: 10.1	11.8	12.5	13.0	
of species-environment relation:	62.9	74.1	0.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					3.444
Sum of all canonical eigenvalues					0.544

En aquesta anàlisi s'observa com les mostres estan marcades per l'existència d'un gradient ambiental de conductivitat, TOC, nitrats i fosfats. Inicialment, es pot interpretar com un gradient capçalera-desembocadura en el que se superposen els efectes de les variables ambientals. Però tot i l'aparent solapament, podem extreure la influència individual dels factors. Podem estimar la influència que exerceixen sobre les associacions de diatomees d'acord al pes de les variables sobre les diferents dimensions del DCCA. Així, la conductivitat pesa més sobre el primer eix, igual que passa pel fosfat. El nitrat ho fa en els dos primers eixos, però pesa més en el segon. La velocitat es comporta de la mateixa manera que el nitrat en els dos primers eixos, però ho fa en sentit contrari al tercer eix:

Conductivitat	-0.8856	0.2729	-0.2025	-0.8896
Nitrats	-0.5885	-0.6430	0.4717	-0.5303
Fosfats	-0.6078	-0.2643	-0.2073	-0.3743
TOC	-0.7679	-0.0914	0.0362	-0.0925
Velocitat	-0.2186	-0.2468	-0.6903	-0.1229
	ENVI AX1	ENVI AX2	ENVI AX3	ENVI AX4

Les estacions més properes als alts valors d'aquestes descriptors ambientals són el Llobregat a Martorell, Anoia a Vilanova del Camí, Besòs a Reixach, Riera de Rubí al Papiol i l'Avernó a Sant Sadurní d'Anoia. Les espècies que caracteritzen aquesta situació són *Navicula saprophila*, *Nitzschia auriariae*, *Nitzschia frustulum* i *Nitzschia desertorum*. En canvi, les localitats més allunyades de les elevades concentracions de nutrients i menors conductivitats són les estacions de capçalera d'alta muntanya, tals com la Noguera de Cardós i Noguera de Vallferrera, Noguera Pallaresa a Alòs i Sort, la Noguera Ribagorçana a Pont de Suert i la Tordera a la seva part alta. Les espècies associades a aquest extrem són *Hannaea (Fragilaria) arcus*, *Cymbella sinuata*, *Cymbella minuta*, *Achnanthes biasolettiana* i *Fragilaria capucina*.

Aquesta anàlisi referma, doncs, la impressió estreta del PCA i identifica les causes d'aquesta ordenació de les comunitats de diatomees i de les localitats. En el conjunt de les conques estudiades, doncs, aquestes són l'increment progressiu i simultani de les concentracions de elements minerals dissolts (identificats per la conductivitat) i l'increment de nutrients (nitrats, fosfats) i matèria orgànica (TOC).

### **3. Agrupació de les espècies i de les localitats en funció de les comunitats de diatomees, i determinació de les espècies indicadores per a cada grup**

S'ha efectuat una anàlisi de "cluster" amb les dades de les diatomees per tal d'identificar de manera independent de quina manera s'agrupen les localitats estudiades en funció de les espècies característiques. A partir d'aquesta anàlisi s'ha fet una determinació de les espècies indicadores que poden identificar cada un dels grups observats.

L'anàlisi de cluster s'ha fet conjuntament per a les dades de l'estiu de 2002, moment en el que semblen més contrastades les diferències en el conjunt dels rius catalans. La metodologia emprada per a fer l'anàlisi ha estat amb un procediment de *complete linkage* usant com a distàncies el *1-Pearson r*.

La determinació de les espècies indicadores s'ha basat en el mètode de Dufrène & Legendre (1997), definit per a qualsevol possible ordenació d'organismes. Aquest estadístic combina l'abundància relativa de les espècies amb la freqüència relativa d'aparició de cada espècie en cada un dels grups que s'hagi format. Per tant, aquesta anàlisi requereix d'una classificació prèvia dels punts (cluster). Per tal d'identificar les espècies que corresponguin als diferents punts, l'índex es calcula com a:

$$INDVAL_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

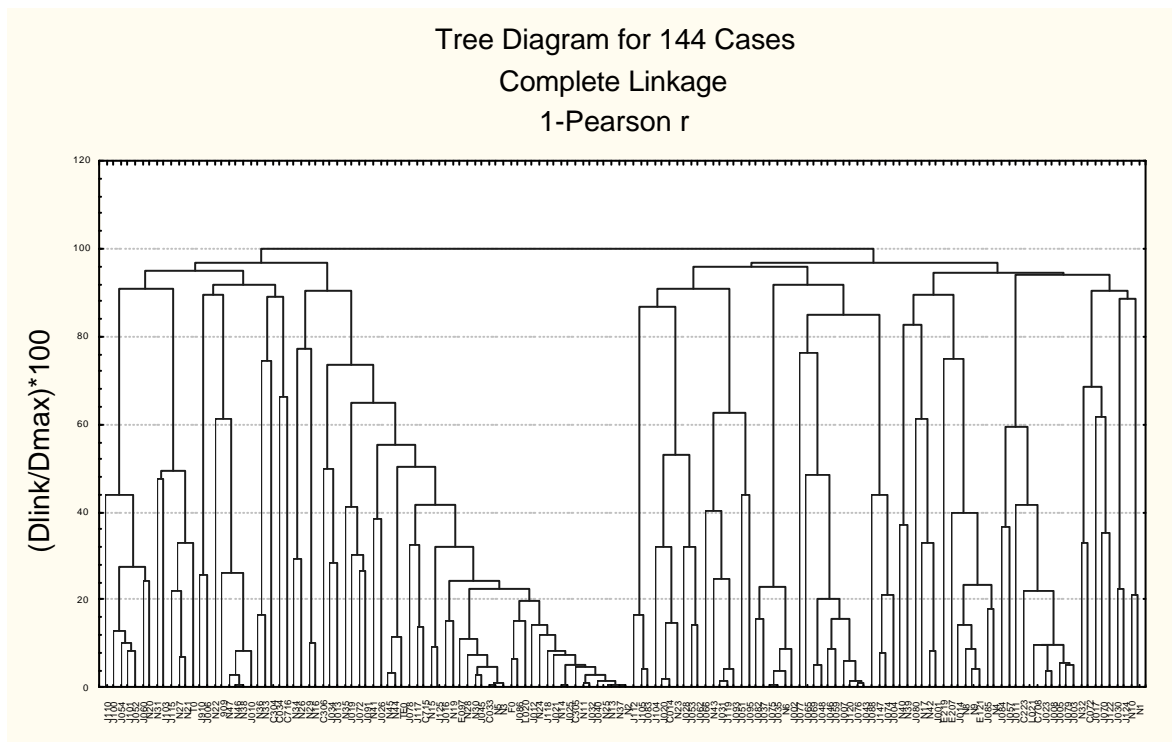
essent  $A_{ij}$  la mitjana de l'abundància de l'espècie  $i$  en el grup de punts  $j$ , i  $B_{ij}$  la freqüència relativa d'aparició de l'espècie  $i$  en els punts del grup  $j$

L'INDVAL és màxim quan tots els individus d'una espècie es troben en un únic grup de tots els possibles, i quan l'espècie es troba en tots els possibles punts que constitueixen el grup. Es defineix, doncs, com un indicador simètric del pes de les espècies en els grups, a diferència del que formulen altres procediments d'ordenació, com el TWINSpan.

És obvi que la fiabilitat dels resultats que proporciona aquesta metodologia estan sotmesos a la bondat de l'ordenació proporcionada pel Cluster. Els grups que proporciona aquesta anàlisi han estat decidits prèviament segons la distància de 1.1. Certament, però, considerant un amalgamament inferior o superior, els grups construïts poden diferir substancialment. Per tant, cal veure aquests resultats amb la necessària precaució.

### 3.1. Anàlisi de cluster amb les dades de l'estiu de 2002

Aquesta anàlisi s'ha fet usant les dades de 60 espècies de diatomees, que són les més freqüents en aquesta època segons els criteris ja definits anteriorment per a les anàlisis de PCA. Els casos considerats aquí són 144. En la figura s'observa el resultat de l'ordenació dels punts a partir de la informació de les comunitats de diatomees:



S'observa que hi ha dos grans grups de punts, que al seu torn hem distribuït en altres dos, en considerar que cada un d'ells pot –al menys- ser subdividit en dos.

Grup 1. En general punts de tram mig o de capçalera en muntanya baixa, d'aigües moderadament mineralitzades i amb contingut de nutrients baix o moderat.

909	SEGRE-LA SEU D'URGELL
910	SEGRE-PONTS
C034	RA. MAJOR-ST. SADURNÍ D'OSORMORT
C304	BRUGENT-AMER
C716	CARDENER-LA COMA
J006	RIERA DE MERLES-SANTA MARIA
J010	NOGUERA RIBAGORÇANA-PONT DE SUERT
J052	MUGA-CASTELLÓ D'EMPÚRIES
J054	TER-ST. JULIÀ DE RAMIS
J060	TER-EL PASTERAL
J100	LLOBREGAT DE LA MUGA-PERALADA
J101	MUGA-VILANOVA DE LA MUGA
J103	RA. D'ÀLGUEMA-STA. LLOGAIA D'ÀLGUEMA
J110	TER-BESCANÓ
J115	RA. BREDÀ-BREDÀ
N20	RA. STA. COLOMA-PONT DE LES FOSSES
N21	RA. STA. COLOMA-PARC ST. SALVADOR
N22	RA. FUIROSOS-GUALBA
N27	RA. DE ST.PONÇ-ST. SALVADOR DE BIANYA
N31	ORLINA-RABÓS
N33	FRESER-PLANOLES
N36	RITORT-MOLLÓ
N38	CADÍ-CAVA
N46	FLAMICELL-LLUÇÀ
N47	NOGUERA PALLARESA-LA POBLA DE SEGUR
T0	TORDERA-LES ILLES

Grup 2. Grup d'estacions principalment de capçaleres i trams superiors, aigües netes, amb un grau de mineralització generalment baix.

905	NOGUERA PALLARESA-ESTERRI D'ÀNEU
C033	GES-ST. PERE DE TORELLÓ
C305	RA. D'OSOR-ANGLÈS
C306	RA. DE LLÉMENA-ST. GREGORI
C715	LLOBREGAT-GUARDIOLA
E097	NOGUERA RIBAGORÇANA-PINYANA (ALFARRÀS)
F0	FLUVIÀ-HOSTALETS D'EN BAS
J012	MUGA-BOADELLA
J013	FLUVIÀ-OTLOT
J016	FLUVIÀ-ESPONELLÀ
J019	TER-RODA DE TER
J021	FRESER-RIPOLL
J025	CARDENER-OLIUS

J026	TORDERA-PISCINES MONTSENY
J032	GARONA-CANEJAN
J034	TER-TORELLÓ
J040	SER-SERINYÀ
J045	RIERA D'AIGUADORA-CARDONA
J072	TER-ABANS DE RIPOLL
J078	LLOBREGAT-GUARDIOLA DE BERGUEDÀ
J086	RIERA DE CALDES-CALDES MONTBUI
J091	GES-TORELLÓ
J117	LLOBREGAT-LA POBLA DE LILLET
J118	LLOBREGAT-OLVAN
J125	FOIX-SANT MARTÍ SARROCA
J164	NOGUERA PALLARESA-SORT
L020	NOGUERA RIBAGORÇANA-SENET
N11	MATARRANYA-BESSEIT
N13	MATARRANYA-PARRISSAL
N14	MATARRANYA-PARRISSAL (CUBIES)
N15	NOGUERA RIBAGORCANA-PONT DE MUNTANYANA
N16	RIERA DE CALDES-GALLIFA
N19	RIERA VALL D'HORTA-CAN BROSSA
N2	SIURANA-LA FEBRÓ
N24	GURN-ST. PRIVAT D'EN BAS
N25	RA. DE JOANETES-JOANETES
N26	LLIERCA-PONT DE LLIERCA
N28	RA. DEL FERRÓ-ST. SALVADOR DE BIANYA
N29	MUGA-ALBANYÀ
N3	BRUGENT-CAPAPNS
N30	MUGA-ST. LLORENÇ DE LA MUGA
N34	SOLANA-ST. QUIRZE DE BESORA
N35	MERDÀS-GOMBRÈN
N37	LLOBREGÓS-CASTELLFOLLIT DE RIUBREGÓS
N41	RA. DE FONTANET-ORGANYÀ
N44	NOGUERA DE CARDÓS-LLADORRE
N45	NOGUERA DE VALLFERERA -ALINS
N5	BRUGENT-FARENA
Te0	TER-SETCASES
N48	NOGUERA PALLARESA-ALÒS D'ISIL

Grup 3. Punts d'aigües afectades per un grau important de contaminació.

C014	CONFLUÈNCIA FIGUERES-MANOL-VILANOVA
J002	CARDENER-MANRESA
J004	ANOIA-SANT SADURNÍ D'ANOIA
J007	GAIÀ-MONTFERRI
J020	ONYAR-QUART
J028	TERRI-ST. JULIÀ DE RAMIS
J031	LLOBREGAT-EL PONT DE VILOMARA
J035	MOGENT-MONTORNÈS
J037	CONGOST-LA GARRIGA
J043	BESÒS-REIXAC

J046	LLOBREGAT-EL PRAT DE LLOBREGAT
J048	BESÒS-BARCELONA
J051	RIERA DE CASTELLOLÍ-VILANOVA DEL CAMÍ
J053	TER-TORROELLA DE MONTGRÍ
J059	EBRE-CAMPREDÒ
J062	TORDERA-FOGARS DE TORDERA
J065	RIERA DE CARME-LA POBLA DE CLARAMUNT
J066	RA. ARBÚCIES-HOSTALRIC
J069	BESÒS-MONTMELÓ
J074	ANOIA-MARTORELL
J075	RIPOLL-CASTELLÀR VALLÈS
J076	RIERA DE RUBÍ-EL PAPIOL
J077	RIERA GAVARRESA-CABRIANES
J082	TENES-MOLLET
J083	TORDERA-ST.CELONI (EDAR)
J088	CONGOST-BALENYÀ
J093	CALDERS-NAVARCLES
J095	ANOIA-JORBA
J104	TURONELL-CASTELLFOLLIT DE LA ROCA
J105	RA. RIDAURA-LLOCALOU
J112	TER-FLAÇA
J119	CARDENER-SURIA
J120	L'AVERNÒ-SANT SADURNÍ D'ANOIA
J147	RIERA DE CLARÀ-GIRONELLA
N23	DARÓ-GUALTA
N43	VALIRA-LA SEU D'URGELL
N6	FOIX-PONTONS

Grup 4. Punts afectats per un grau moderat de contaminació, en tot cas inferior en relació al grup anterior.

C072	RIERA DE CLARÀ-CASSERRES
C223	ONDARA-VILAGRASSA
C708	NEGRE-CLARIANA DEL CARDENER
E121	EBRE-FLIX
E207	SEGRE-TÉRMENS
E219	SEGRE-TORRES DEL SEGRE
J001	CARDENER-CARDONA
J003	ANOIA-VILANOVA DEL CAMÍ
J005	LLOBREGAT-MARTORELL
J008	FOIX-CASTELLET
J011	FLUVIÀ-ST. PERE PESCADOR
J014	RIERA DE RIUDECANYES-DUESAIGÜES
J017	RIERA D'AVENCÓ-AIGUAFREDA
J023	LLOBREGAT-CASTELLBELL
J030	ORLINA-PERALADA
J057	EBRE-CAMPEDÒ
J070	RA. DE BIANYA-ST.JOAN LES FONTS
J079	FRANCOLÍ-TARRAGONA
J080	LLOBREGAT-BALSARENY
J084	LLOBREGAT-ABRERA

J085	FRANCOLÍ-LARIBA
J122	ANGUERA-MONTBLANC
J124	RA. VALLGORGUINA-ST. CELONI
L021	NOGUERA DE TOR-BALNEARI DE BOÍ
N1	AIGUABARREIG-GRANJA D'ESCARP
N10	TRES SERRES-COLLSEOLA
N17	RIERA DE RIUDECANYES-DECANYES
N32	MÈDER-STA. EULÀLIA
N39	LLOBREGÓS-PONTS
N4	ROSSINYOL-SANT MIQUEL DEL FAI
N40	SIÓ-LA SENTIU DE SIÓ
N42	SEGRE-ARTESA DE SEGRE
N8	GAIÀ-PONTILS
N9	GAIÀ-PONT D'ARMENTERA

### 3.2. Valor indicador de les espècies per a cada un dels grups observats

Com s'ha descrit anteriorment, de la classificació sorgida del cluster s'ha calculat el valor indicador de les espècies de cada un dels grups. La taula a continuació indica la totalitat dels resultats. Hem pres com a espècies indicadores del grup de localitats aquelles que tenen com a mínim un 35% de la seva abundància en el grup :

	IndVal1	IndVal2	IndVal3	IndVal4
<i>Achnanthes biasolettiana</i>	37.67	20.23	0.02	0.38
<i>Achnanthes lanceolata</i>	16.35	4.81	3.18	4.53
<i>Achnanthes lanceolata var. frequentissima</i>	2.16	0.47	8.99	43.92
<i>Achnanthes minutissima</i>	8.29	78.88	1.46	7.42
<i>Amphora inariensis</i>	4.49	19.04	0.41	2.19
<i>Amphora pediculus</i>	7.90	8.89	4.82	56.37
<i>Amphora veneta</i>	0.05	0.86	6.83	22.33
<i>Cocconeis pediculus</i>	29.18	14.86	1.39	9.83
<i>Cocconeis placentula</i>	60.78	4.34	3.00	0.53
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	1.03	3.56	1.39	17.71
<i>Cocconeis placentula var. lineata</i>	0.40	7.50	1.58	36.78
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	18.39	2.61	17.57	9.64
<i>Cymbella affinis</i>	4.34	58.98	0.52	1.85
<i>Cymbella delicatula</i>	4.08	10.06	0.00	0.04
<i>Cymbella microcephala</i>	1.71	65.00	0.07	0.28
<i>Cymbella minuta</i>	23.13	33.13	0.24	1.08
<i>Cymbella silesiaca</i>	8.56	16.72	0.73	4.31
<i>Cymbella sinuata</i>	15.39	17.89	1.40	0.14
<i>Diatoma moniliformis</i>	0.53	30.86	0.12	0.70
<i>Diatoma vulgare</i>	33.08	3.39	0.02	0.96
<i>Epithemia adnata</i>	0.00	5.25	0.00	4.96
<i>Fragilaria arcus</i>	4.28	13.73	0.04	0.00
<i>Fragilaria brevistriata</i>	7.07	2.63	0.55	7.33
<i>Fragilaria capucina</i>	14.34	8.23	0.00	0.06
<i>Fragilaria capucina var. vaucheriae</i>	13.92	13.93	0.19	1.28
<i>Fragilaria construens var. binodis</i>	28.87	0.99	0.06	0.49
<i>Fragilaria construens var. venter</i>	37.52	0.02	2.40	1.16

<i>Fragilaria pinnata</i>	11.33	1.28	0.80	3.12
<i>Fragilaria ulna</i>	29.24	17.06	0.80	8.73
<i>Gomphonema angustum</i>	28.26	13.69	0.23	2.56
<i>Gomphonema lateripunctatum</i>	2.28	8.00	0.00	0.02
<i>Gomphonema minutum</i>	35.94	8.90	0.13	1.13
<i>Gomphonema parvulum</i>	11.67	2.77	24.35	25.95
<i>Melosira varians</i>	9.89	1.05	0.70	31.66
<i>Navicula atomus</i> var. <i>permitis</i>	17.31	1.07	14.47	10.49
<i>Navicula capitatoradiata</i>	16.27	16.32	0.88	8.35
<i>Navicula cryptotenella</i>	14.64	26.95	4.05	23.32
<i>Navicula erifuga</i>	0.00	0.07	25.73	6.22
<i>Navicula gregaria</i>	6.52	2.40	16.49	14.89
<i>Navicula minima</i>	8.82	5.12	4.75	27.34
<i>Navicula recens</i>	0.00	0.01	13.38	12.21
<i>Navicula reichardtiana</i>	2.45	19.68	5.47	9.02
<i>Navicula saprophila</i>	0.00	0.20	43.92	2.99
<i>Navicula seminulum</i>	3.64	0.66	17.66	1.82
<i>Navicula subminuscula</i>	3.52	1.24	66.12	8.38
<i>Navicula tripunctata</i>	6.08	7.33	3.07	35.29
<i>Navicula veneta</i>	3.94	3.10	43.92	23.11
<i>Nitzschia amphibia</i>	11.96	4.15	21.32	18.07
<i>Nitzschia aurariae</i>	0.00	0.06	27.48	2.43
<i>Nitzschia capitellata</i>	0.63	0.28	53.77	9.15
<i>Nitzschia desertorum</i>	0.00	0.16	34.44	6.80
<i>Nitzschia dissipata</i>	7.81	6.48	3.12	40.30
<i>Nitzschia fonticola</i>	53.80	9.58	1.29	5.47
<i>Nitzschia frustulum</i>	0.15	0.81	8.81	50.46
<i>Nitzschia inconspicua</i>	3.67	0.95	52.02	6.36
<i>Nitzschia palea</i>	2.02	1.25	57.89	17.61
<i>Nitzschia pusilla</i>	1.12	2.92	15.68	8.36
<i>Nitzschia sociabilis</i>	0.00	1.29	3.04	7.61
<i>Rhoicospenia abbreviata</i>	20.38	6.44	1.27	21.25
<i>Surirella brebissonii</i>	0.00	0.35	31.01	5.29

### 3.3. Classificació dels punts i valor indicador de les espècies

De les dues anàlisis anteriors es conclou que es poden formar **dos grans grups de localitats**. Un d'ells recull punts de qualitat bona (Grup 1) i molt bona (Grup 2). L'altre recull punts de qualitat dolenta (Grup 4) i molt dolenta (Grup 3).

El grup 1, que reuneix punts de tram mig o de capçalera en muntanya baixa, d'aigües moderadament mineralitzades i amb contingut de nutrients baix o moderat, està caracteritzat principalment per *Cocconeis placentula*, *Nitzschia fonticola*, *Achnanthes biasoletiana*, *Fragilaria construens* var. *venter* i *Gomphonema minutum*.

El grup 2, que reuneix capçaleres i trams superiors d'aigües netes i amb un grau de mineralització generalment baix està caracteritzat per *Achnanthes minutissima*, *Cymbella microcephala*, *Cymbella affinis*, *Cymbella minuta*.



El grup 3, que reuneix els punts més afectats per la contaminació en el conjunt dels rius estudiats, està caracteritzat per les espècies *Navicula subminuscula*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia inconspicua*, *Navicula saprophila*, *Navicula veneta*, *Nitzschia desertorum*.

I finalment, el grup 4, amb punts afectats per contaminació moderada, està caracteritzat per *Amphora pediculus*, *Nitzschia frustulum*, *Achnanthes lanceolata* var. *frequentissima*, *Nitzschia dissipata*, *Cocconeis placentula* var. *lineata* i *Navicula tripunctata*.



# ESTACIONS DE REFERÈNCIA I ADEQUACIÓ DELS ÍNDEXS DE DIATOMEES ALS RIUS CATALANS

Les estacions incloses en el grup de les estacions de referència recullen els diferents subtipus fluvials de les conques internes de Catalunya i de la conca de l'Ebre. Les estacions de referència per a cada un d'aquests subtipus fluvials han estat seleccionades en base a criteris geomorfològics, químics i de vegetació.

En aquest apartat contrastem la selecció efectuada de manera independent, segons els criteris abans descrits, que no han considerat indicadors biològics de cap tipus, amb la diagnosi que es pot obtenir de les comunitats de diatomees.

## **Potencial concordància entre els punts de referència i la informació dels índexs de diatomees per a cada tipologia fluvial.**

S'observa una elevada disparitat entre els valors dels índexs i la qualificació dels punts de referència per a nombrosos subtipus fluvials. Així,

- En el subtipus fluvial *Eixos principals Conques Internes* no s'han trobat estacions de referència. Hom ha considerat que les estacions del Ter a El Pasteral i el Ter a Bescanó són les de millor qualitat per aquesta tipologia. Els valors per l'índex IPS es situen al voltant del 14, i per tant considerem que aquest és el valor màxim que es pot obtenir en aquesta tipologia.
- En la tipologia *Eixos principals Ebre* els valors de les estacions de referència van de 17, trobat a la Noguera Ribagorçana al Pont de Suert, a 18.9, trobat a la Noguera Pallaresa a Sort.
- Per al subtipus fluvial *Muntanya humida calcària* els valors de les estacions de referència van de 14.1, trobat a la Riera de Merlès a Santa Maria, a 20, trobat al Cardener a La Coma.
- A la tipologia fluvial *Muntanya Mediterrània d'elevat cabal* tampoc s'han trobat estacions de referència. El punt del riu Fluvià a Esponellà i del riu Llobregat a Olvan són els de millor qualitat en aquesta tipologia. Aquestes estacions tenen valors per l'índex IPS que oscil·len entre 7 i 19.
- Els valors per l'índex IPS de les estacions de referència del subtipus fluvial *Muntanya humida silícica* estan compresos entre 14.5, trobat al Merdàs a Gombrèn, i 19.8, trobat al Freser a Planoles.
- Dins la *Muntanya Mediterrània calcària* els rangs assolits per l'IPS van de 12.2, trobat l'estiu del 2002 a la Riera de Llémèna, a un màxim de 19.2 al Matarranya.
- A la *Muntanya Mediterrània silícica* els valors de l'IPS van des d'un mínim de 13.2 a la Riera d'Avencó fins un màxim de 18.9 al riu Tordera a les Piscines del Montseny (J026).

- Al subtipus fluvial de *Rius mediterranis de cabal variable* el màxim trobat ha estat de 18.9 a la Riera de Caldes (J086) l'estiu del 2002, i el mínim de 9 a l'Orlina a Rabós (N31).
- Finalment al subtipus *Rius mediterranis d'influència càrstica* l'IPS arriba a un màxim de 19.7 al riu Brugent a Capafons, i el mínim trobat és al Gaià amb 15.2.

### Consideracions finals

Vista la informació precedent, és obvi que a cada subtipus fluvial hi ha localitats que assoleixen valors de qualitat màxims, i en general els valors de l'IPS es troben dins el rang de qualitat Bona i Excel·lent de l'aigua. Tanmateix, és també cert que hi ha punts considerats de referència on els valors dels índexs són baixos o molt baixos.

Aquesta variació és molt evident quan hom considera els “extrems estacionals”, és a dir, la informació proporcionada per una fase diluïda (primavera) i una altra amb major concentració de materials dissolts (l'estiu). Per a les estacions de referència els valors haurien de ser excel·lents en totes les situacions. Tanmateix, en alguns casos, els valors de l'IPS mostren uns valors més elevats en primavera i més baixos a l'estiu. Aquest és el cas de les localitats de la Riera de Llémna a Sant Gregori (C306), Riera d'Avencó a Aiguafreda (J017), Riera de Caldes a Caldes de Montbui (J086) i el Riu Orlina a Rabós (N31). En aquests casos, els valors mínims obtinguts durant l'estiu qualifiquen les aigües com de qualitat ecològica Mediocre. Per tant, basant-nos en les diatomees com indicadors, considerem que l'ús d'aquestes localitats com de referència per als respectius subtipus fluvials no és del tot adequada.

Per altra banda, hi ha subtipus que tenen poques estacions que arribin als valors més elevats, en concret les tipologies *Rius mediterranis de cabal variable* i *Muntanya Mediterrània silícica*, com queda reflectit en la mitjana (Taula 11). Per tant, en aquests casos és lògic plantejar la necessitat de re-escalar els valors dels índexs. Aquesta conclusió es considera també en l'apartat de la comparació entre els índexs de diatomees i les anàlisis multivariants.

Finalment, en els subtipus fluvial *Eixos principals Conques Internes i Muntanya mediterrània d'elevat cabal* no s'han trobat estacions de referència, i per tant no són considerades en les conclusions finals.

Així doncs, respecte l'utilització de les diatomees com indicadores de la qualitat ecològica les estacions triades poden ser emprades de referència, tenint en compte que També cal usar amb prudència la informació obtinguda per a alguns subtipus fluvials, ja que tenen molt pocs punts on es tingui informació de les comunitats de diatomees, i per tant no hom pot obtenir conclusions fiables.

Taula 11. Mitjana, màxims i mínims dels valors de l'IPS de les localitats de referència de cada subtipus fluvial per a les dos campanyes de mostreig.

	Mitjana	Max	Min
Muntanya humida silfíca	18.2	19.8	14.5
Muntanya humida calcària	17.8	20.0	14.1
Muntanya Mediterrània silfíca	16.2	18.9	13.2
Muntanya Mediterrània calcària	17.2	19.2	12.2
Rius mediterranis de cabal variable	15.2	18.9	9.0
Rius mediterranis d'influència càrstica	17.8	19.7	15.2
Eixos principals Ebre	18.0	18.9	17.0
<hr/>			
Eixos principals CI	14.2	14.5	13.8
Muntanya mediterrània d'elevat cabal	13.5	19.1	7.1



# RELACIÓ ENTRE L'ÍNDEX IPS I L'ANÀLISI MULTIVARIANT: AJUSTAMENT DE L'ÍNDEX IPS ALS RIUS CATALANS

Segons els resultats obtinguts es pot dir que l'índex IPS és el que millor reflecteix la qualitat de l'aigua als cursos fluvials catalans. Això ha estat discutit abastament en l'apartat **Anàlisi i comportament dels indicadors diatomològics IPS, IBD i CEE als rius catalans**.

Un element independent de contrast al que indiquen els índex és proporcionat per l'anàlisi multivariant (apartat **Anàlisi de la distribució de les comunitats de diatomees i el seu valor indicador de l'estat ecològic fluvial**). En general, els dos mètodes donen impressions molt similars. En determinades situacions, però, s'observen incoherències entre els valors dels índexs i l'anàlisi multivariant.

Això s'ha observat en punts principalment de capçaleres calcàries: la Muga a Albanyà, la Muga a St. Llorenç de la Muga, la Solana, el Ges a St. Pere de Torelló, i també a la Riera de Fuirosos. Aquests punts han estat identificats en l'anàlisi multivariant amb el màxim de qualitat (eix I), mentre que l'índex IPS no els dona el valor de 20 que s'esperaria trobar per les característiques d'aquestes localitats. Segons l'anàlisi multivariant aquestes localitats estan caracteritzades per espècies d'aigües netes i molt sensibles a la riquesa de nutrients o matèria orgànica. S'observa que en aquestes ecoregions el màxim esperable per l'IPS és de 18, essent necessari considerar aquest valor com al màxim esperable en aquests rius.

L'IPS els dona els següents valors en cada una de les campanyes de mostreig:

Codi	Riu	Municipi	2002	2003
			IPS	IPS
N29	MUGA	Albanyà	14,5	17,7
N30	MUGA	St Llorenç de la Muga	16,8	16,9
N34	SOLANA	St. Quirze de Besora	15,9	16,5
C033	GES	St. Pere de Torelló	17,6	17,3
N22	FUIROSOS	Gualba	15,8	16,7

Aquestes localitats es troben agrupades a l'extrem negatiu de l'eix I i ordenades de la següent manera (diferenciem les mostres de primavera amb una *p*):

N38p	Cadí a la Cava ( <i>les dues campanyes</i> )
N29p	Muga a Albanyà
N47p	Noguera P. a la Pobla ( <i>les dues campanyes</i> )
N26p	Lliverca a Pont de Lliverca ( <i>les dues campanyes</i> )
C033p	Ges a Sant Pere de Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N3	Brugent a Capafons
J025	Cardener a Olius
N46p	Flamicell a Lluçà
N30	Muga a Sant Llorenç de la Muga ( <i>les dues campanyes</i> )
N11	Matarranya
J045	Riera d'Aiguadora
L020	Noguera R. a Senet

N34p	Riera de la Solana
E097	Noguera R. a Pinyana
F0p	Fluvià a Hostalets
N13	Matarranya a Parrissal
N41p	Riera de Fontanet a Organyà
905p	Noguera P. a Esterri
N45	Noguera de Vallferrera a Alins
N25p	Riera de Joanetes

Els punts de tram mig com el Ter a Bescanó, el Ter a Torelló, el Ter al Pasteral, el Fluvià a Olot, el Segre a Ponts, el Segre a Artesa i el Segre a Tèrmens representen el màxim de qualitat per a aquestes situacions segons l'anàlisi multivariant (eix II). El valor màxim per l'IPS en aquests punts és 18. L'anàlisi multivariant aquí coincideix en identificar aquestes localitats de tram mig com a punts d'aigües de qualitat moderada a bona, caracteritzades per espècies molt característiques d'aigües mineralitzades però amb un contingut moderat de nutrients. S'estableix, doncs, a 18 el valor de qualitat màxima esperable per a aquests punts.

Els valors de qualitat que els dona l'IPS són:

Codi	Riu	Municipi	2002	2003
			IPS	IPS
J013	FLUVIÀ	Olot	14,4	16,9
J034	TER	Torelló	13,5	15,1
J060	TER	El Pasteral	14,2	14,5
J110	TER	Bescanó	13,8	14,5
910	SEGRE	Ponts	14,8	14,3
N42	SEGRE	Artesa de Segre	13,9	15,4
E207	SEGRE	Tèrmens	12,8	17,1

Aquestes localitats es troben agrupades a l'extrem positiu de l'eix II en l'anàlisi multivariant, i ordenades de la següent manera (diferenciem les mostres de primavera amb una p):

J034p	Ter a Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N35	Merdàs a Gombrén
J060p	Ter al Pasteral
J013	Fluvià a Olot ( <i>les dues campanyes</i> )
J072	Ter abans de Ripoll
C034p	Riera Major a Sant Sadurní
910p	Segre a Ponts
N42p	Segre a Artesa
J066	Riera d'Arbúcies a Hostalric
J070	Riera de Bianya a Sant Joan
J104p	Turonell a Castellfollit
J110p	Ter a Bescanó ( <i>les dues campanyes</i> )
909	Segre a la Seu
J019	Ter a Roda ( <i>les dues campanyes</i> )
E207p	Segre a Tèrmens
J091	Ges a Torelló ( <i>les dues campanyes</i> )
N39p	Llobregós a Ponts ( <i>les dues campanyes</i> )
J080	Llobregat a Balsareny
N21p	Riera de Santa Coloma Sant Salvador ( <i>les dues campanyes</i> )
J053p	Ter a Torroella
N20	Riera de Santa Coloma a Pont de les Fosses
J001	Cardener a Cardona



J054p Ter a Sant Julià  
J011p Fluvià a Sant Pere

Els trams baixos estan, de manera general, molt alterats i a més es disposa de pocs punts per a cada ecoregió. L'anàlisi multivariant situa aquests punts en l'extrem de qualitat dolenta. Els trams baixos de les conques del Ter i el Fluvià, però, apareixen entre les localitats amb una qualitat moderada en l'anàlisi multivariant i l'índex IPS els dona valors al voltant de 13. Amb molta precaució, doncs, es podria dir que la qualitat màxima, en el moment de millor qualitat esperable (primavera), en punts de tram baix seria 13.

Els valors de qualitat que els dona l'IPS són:

Codi	Riu	Municipi	2002	2003
			IPS	IPS
J011	FLUVIÀ	St. Pere Pescador	10,7	13,4
J054	TER	St. Julià de Ramis	11,1	12,5
J053	TER	Torroella de Montgrí	6,5	12,4

Aquestes localitats també es troben agrupades i ordenades en l'extrem positiu de l'eix II de l'anàlisi multivariant que es mostra més amunt.

Com a conclusions podem dir:

- En punts de capçaleres calcàries el valor màxim a què es pot arribar per l'IPS és de 18. Així, el rang de qualitat màxima (qualitat excel·lent) en aquests punts aniria de 17 a 18. La resta de categories quedarien igual.
- El valor màxim que dona l'IPS als punts de tram mig de rius grans (Ter, Fluvià, Llobregat, Segre i Ebre) és de 18. De la mateixa manera que per les capçaleres calcàries, doncs, la qualitat màxima aniria de 17 a 18 i la resta de categories quedarien igual.
- En els trams baixos s'arriba al valor màxim de 13. En aquests trams es disposa de pocs punts en cada ecoregió i per tant es fa més difícil fer una reescalació de l'índex.



# UTILITZACIÓ DE LES MACROALGUES BENTÒNIQUES PER A LA MESURA DE LA QUALITAT ECOLÒGICA DELS RIUS A CATALUNYA: FRANCOLÍ I TER

## 1. Objectiu

El present capítol té com a objectiu principal el d'estudiar la comunitat de macroalgues bentòniques en dues conques (Francolí i Ter), per tal d'aplicar índexs biològics de qualitat de l'aigua i avaluar la seva funcionalitat en els rius catalans. Esbrinar si són aptes per ser emprats en el tipus de rius que hi ha a la nostra àrea geogràfica o si pel contrari presenten problemes. En aquest cas tractar de descriure'ls per mirar de trobar possibles solucions.

## 2. Antecedents

La major part dels organismes que viuen a l'aigua són indicadors potencials de la qualitat ambiental del medi on viuen, però les macroalgues constitueixen un grup potencialment bioindicador, que pot arribar a ser molt adequat, ja que són de mida macroscòpica, en cada mostreig hi ha poques espècies i es poden identificar a nivell de gènere ja al camp. No obstant, la manca de dades ecològiques que delimiti clarament els requeriments ambientals de cada espècie, fa que les puntuacions que s'atribueixin als taxons siguin crítiques o s'hagin de revisar. Tot i això, sembla clar que les macroalgues presenten sensibilitat a les variacions i pertorbacions del medi, especialment les de tipus tròfic o les ocasionades per un excés de matèria orgànica.

Les anàlisis físiques i químiques de l'aigua ens donen una informació puntual del que succeeix al llarg d'un riu, mentre que els éssers vius integren la informació de l'estat biològic del sistema d'una manera molt més precisa, ja que actuen com a biosensors naturals i permanents de la qualitat de l'aigua al llarg del temps. Així com les diatomees responen ràpidament als canvis ecològics de l'aigua, les macroalgues poden integrar els canvis a més llarg termini, tot i que no arriben al nivell d'integració en el temps que assoleixen els macroinvertebrats, que pot arribar a ser de mesos.

L'avaluació de la qualitat de l'aigua ha estat un tema de creixent interès en els països industrialitzats, especialment durant la segona meitat del segle XX. És a Europa central, on es registren els primers casos d'eutrofització d'estanys, sobretot a Alemanya i a l'antiga Txecoslovàquia. Fruit de la necessitat de quantificar aquestes pertorbacions, generalment ocasionades pel l'augment desorbitat de nutrients i matèria orgànica, alguns autors utilitzen les algues com indicadors biològics (Rawson 1956, Sladeczek, 1973) i fins i tot també es considera aquest sistema a nivell de comunitat (Fjerdingstad 1964, Margalef 1969).

A nivell de rius, a principis de la dècada dels anys 1970, a Bèlgica ja es va començar a aplicar l'estudi de les diatomees bentòniques com a indicadores de la qualitat de l'aigua (Descy 1976). Posteriorment, s'han proposat diversos índexs diatomològics (Descy & Coste 1990, Prygiel 1997). A nivell de macroalgues, no existeix cap índex específicament de macroalgues, sinó que són índexs que inclouen tan microalgues com macroalgues. Els que s'han utilitzat en aquest treball corresponen a índexs que inclouen formes tan bentòniques,

com planctòniques. Les dades a partir de les quals s'han construït els índexs utilitzats són bibliogràfiques i es basen en les característiques químiques de l'aigua, especialment la matèria orgànica dissolta, és l'anomenat sistema dels saprobis (Sládecek 1973).

Cal destacar que la informació ecològica que tenim de les espècies de macroalgues no és molt extensa i que a Europa tampoc no existeixen protocols estandarditzats pel mostreig i l'anàlisi de les macroalgues (a diferència d'Estats Units on l'agència EPA sí que els ha estandarditzat: <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/>). No obstant això, existeixen alguns treballs on s'utilitzen les macroalgues com a bioindicadores de l'estat ecològic dels rius a diversos països europeus (Biggs 1985, Dell'Uomo 1991, Eloranta i Kwandrans 1996, Haury i Peltre 1993, Haury *et al.* 1996, Perona *et al.* 1999, Pipp i Rott 1993, Schmedtje i Kohmann 1987, Stevenson *et al.* 1999a, Stevenson *et al.* 1999b).

### 3. Època de mostreig i estacions estudiades

Les 39 localitats mostrejades per l'estudi de les macroalgues són les mateixes en les que es ve realitzant el seguiment per les diatomees en les conques dels dos rius investigats. En total s'ha estudiat 16 localitats al riu Francolí i 23 al riu Ter (taules 1 i 2).

A la majoria de punts de mostreig no hi ha hagut cap problema per seguir el protocol que hem establert de mostratge, el qual demana principalment cercar substrats d'una certa mida, completament submergits, colonitzats per les macroalgues (tal·lus, filaments) i s'ha pogut mostrejar amb normalitat.

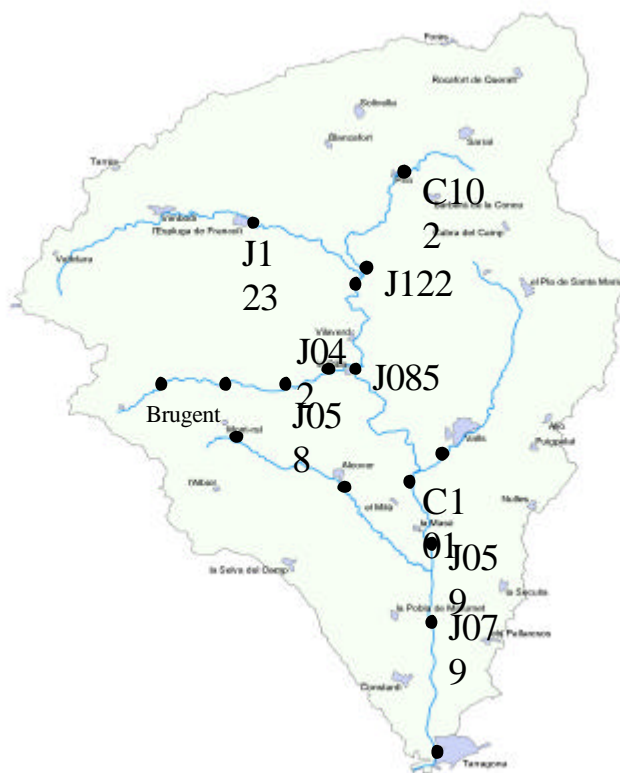


Figura 1. Distribució en l'espai de les localitats estudiades al riu Francolí.

Taula 1. Localitats estudiades al riu Francolí.

<b>C102</b>	Anguera a Sarral
<b>J122</b>	Anguera a Montblanc
<b>NOVA</b>	Glorieta a Alcover
<b>NOVA</b>	Glorieta a Albiol
<b>N5</b>	Brugent a Farena
<b>N3</b>	Brugent a Capafonts
<b>J058</b>	Brugent a Rojals
<b>J042</b>	Brugent a La Riba
<b>NOVA</b>	Torrent Puig a Valls
<b>C101</b>	Francolí a Valls
<b>J079</b>	Francolí Tarragona
<b>NOVA</b>	Francolí St. Salvador
<b>J059</b>	Francolí a Masó
<b>J085</b>	Francolí a La Riba
<b>NOVA</b>	Francolí a Montblanc
<b>J123</b>	Francolí a L'Espluga

Taula 2. Localitats estudiades al riu Ter.

<b>C033</b>	GES-ST. PERE DE TORELLÓ
<b>J091</b>	GES-TORELLÓ
<b>C034</b>	RA. MAJOR-ST. SADURNÍ D'OSORMORT
<b>C304</b>	BRUGENT-AMER
<b>C305</b>	RA. D'OSOR-ANGLÈS
<b>C306</b>	RA. DE LLÉMENA-ST. GREGORI
<b>N32</b>	MÈDER-STA. EULÀLIA
<b>J028</b>	TERRI-ST. JULIÀ DE RAMIS
<b>N33</b>	FRESER-PLANOLES
<b>J021</b>	FRESER-RIPOLL
<b>N34</b>	SOLANA-ST. QUIRZE DE BESORA
<b>N35</b>	MERDÀS-GOMBRÈN
<b>N36</b>	RITORT-MOLLÓ
<b>Te0</b>	TER-SETCASES
<b>J034</b>	TER-TORELLÓ
<b>J019</b>	TER-RODA DE TER
<b>J053</b>	TER-TORROELLA DE MONTGRÍ
<b>J054</b>	TER-ST. JULIÀ DE RAMIS
<b>J060</b>	TER-EL PASTERAL
<b>J072</b>	TER-ABANS DE RIPOLL
<b>J110</b>	TER-BESCANÓ
<b>J112</b>	TER-FLAÇA

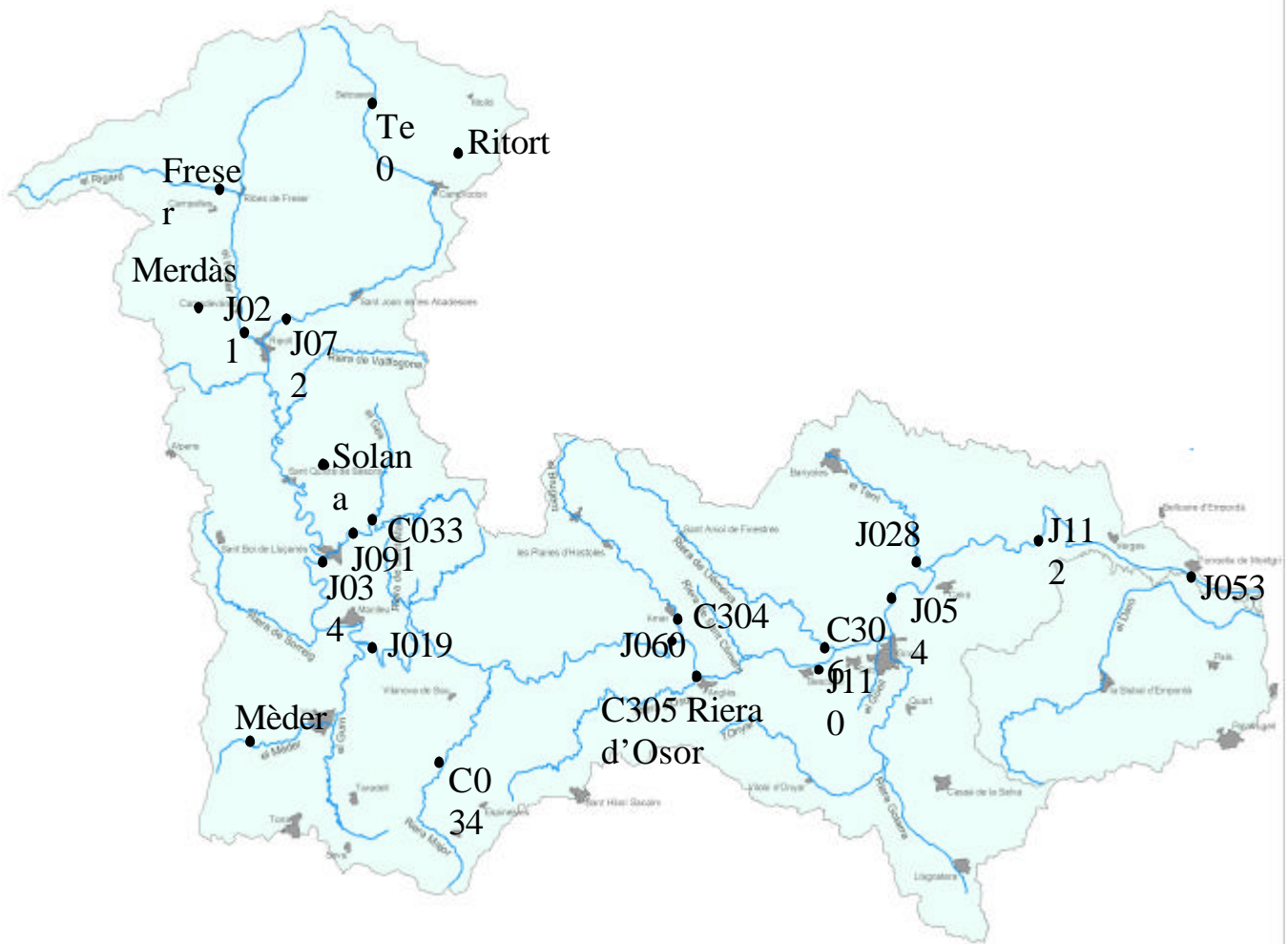


Figura 2. Distribució en l'espai de les localitats estudiades al riu Ter.

## 4. Resultats

### 4.1. La flora

En total s'ha identificat 57 taxons de macroalgues (tot i que també s'ha inclòs algunes microalgues que sortien en els inventaris). El grup més ben representat és el dels cloròfits amb un 46% de taxons de l'espectre florístic (fig. 3), seguit dels cianobacteris amb una 37% i amb menys importància els xantòfits amb un 8%.

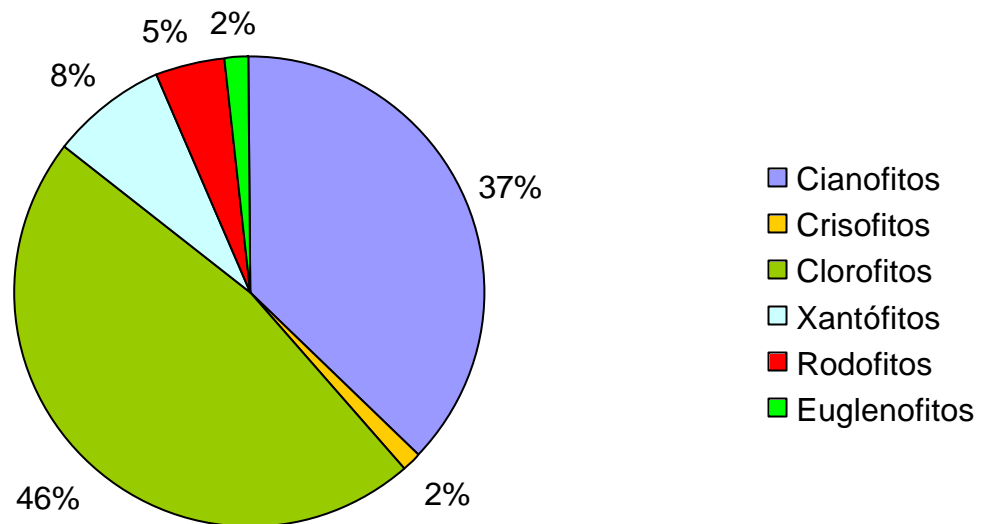


Figura 3. Espectre florístic de les macroalgues dels rius Francolí i Ter a la primavera de l'any 2003.

La major part d'espècies estan força esteses en sistemes fluvials de Catalunya. L'espècie més difosa és *Cladophora glomerata* (cloròfit) i el cianobacteri *Oscillatoria limosa*. També són freqüents els gèneres *Spirogyra* sp. (cloròfit) i *Vaucheria* sp., tot i que per arribar a identificar-los correctament haurien de trobar-se en reproducció sexual. Tots els inventaris realitzats es troben a l'Annex 4.

## 4.2. La qualitat de les aigües segons les macroalgues

### 4.2.1 El Francolí

El riu Francolí és un riu amb un règim pluvial-mediterrani, pel que circulen aigües fortament carbonatades, que en el seu curs van rebent diversos impactes, ja a les parts altes (L'Espluga de Francolí) i a Montblanc, on rep les aigües del riu Anguera, una mica pol·luïdes. A la zona mitja rep l'impacte de les explotacions agràries i urbanes, com ara Valls i també industrials en el camp de Tarragona. La conductivitat (fig. 4) del curs principal del riu és relativament baixa a l'Espluga, al voltant de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , per anar pujant fins a la Riba, a partir d'aquí la conductivitat s'estabilitza o disminueix lleugerament, fins incrementar-se en arribar a Tarragona, on assoleix valors al voltant de 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , probablement a causa de l'entrada d'aigües residuals de tota mena.

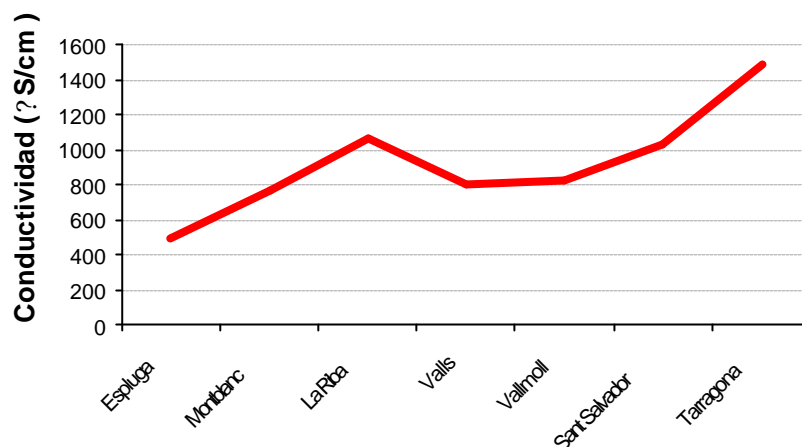


Figura 4. Perfil de la conductivitat ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en el curs principal del riu Francolí.

La qualitat de l'aigua valorada mitjançant les macroalgues descrites a les 16 localitats de la conca del Francolí es mostren als mapes de la figura 8.

En temes percentuals predominen les aigües mediocres (Fig. 5) en els tres índexs utilitzats. A continuació al voltant del 20% de punts la qualitat de l'aigua és bona o dolenta, tot i que a l'índex SLA mostra que hi ha un 30% de localitats amb aigües de qualitat dolenta.

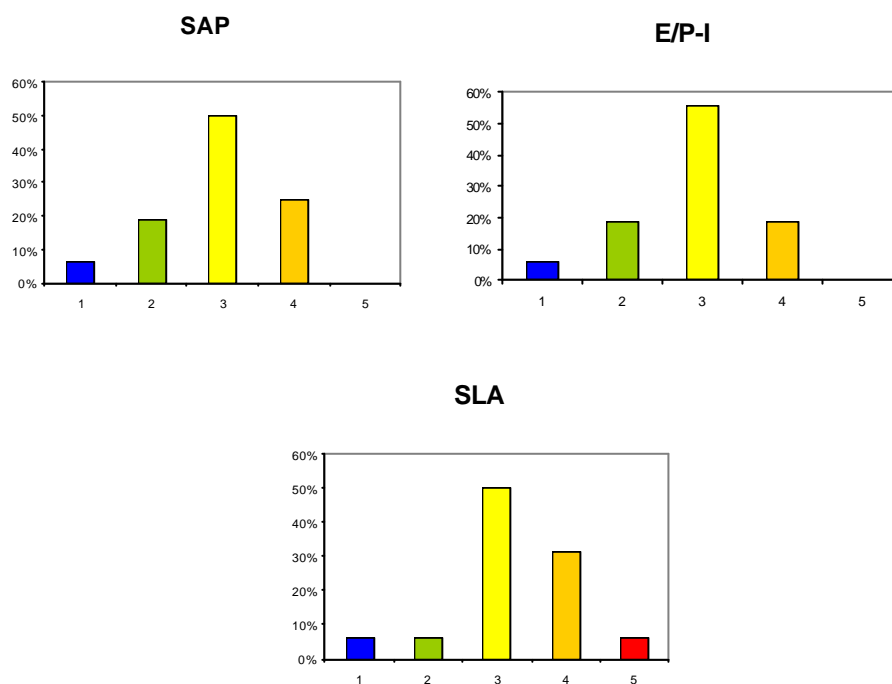


Figura 5. Percentatges de localitats en cadascuna de les categories de qualitat biològica de l'aigua al riu Francolí pels tres índexs utilitzats.



A la conca del Francolí destaca el riu Brugent, sobretot a la capçalera, on presenta una qualitat molt bona de les aigües en els tres índexs. No obstant, la qualitat biològica d'aquest riu baixa a bona, creiem a causa de l'abocament sense depurar de les aigües residuals dels pobles de Capafonts i la Farena. En aquests ambients d'aigües netes s'hi desenvolupen rodòfits com *Batrachospermum* sp., el cloròfit *Chara vulgaris* var. *longibracteata*, els cianobacteris amb heterocist *Rivularia calcarata*, *Tolypothrix tenuis* i *Calothrix parietina*. La resta de localitats de la major part del curs mig es mouen al voltant de la qualitat mediocre, tot i que a Montblanc la qualitat baixa a dolenta. Després d'aquesta localitat el riu sembla recuperar-se una mica en passar altre cop a la qualitat mediocre, però en el curs baix del riu, a partir de la Massó la qualitat baixa de nou a dolenta. En tots aquests punts predominen taxons com *Vaucheria* sp., *Stigeoclonium tenue*, cloròfit molt abundant quan les aigües tenen molt nitrogen, el cianobacteri *Phormidium* sp.pl. i el cloròfit *Cladophora glomerata*.

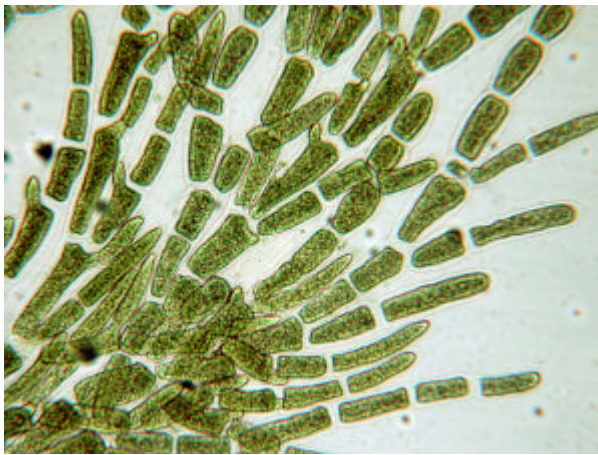
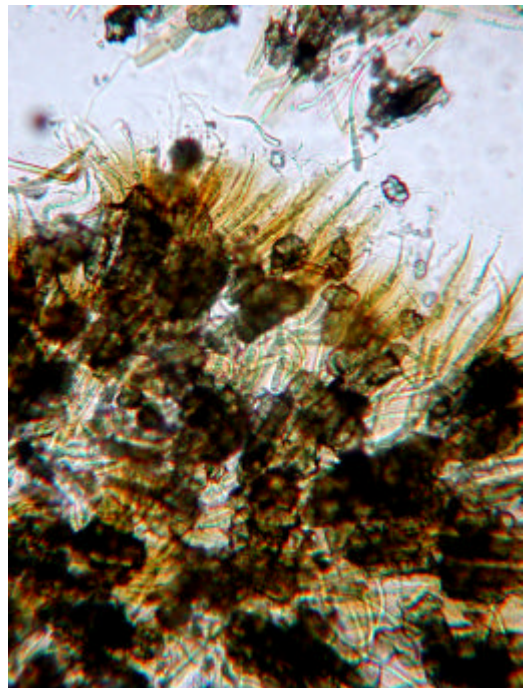


Figura 6. *Cladophora glomerata*



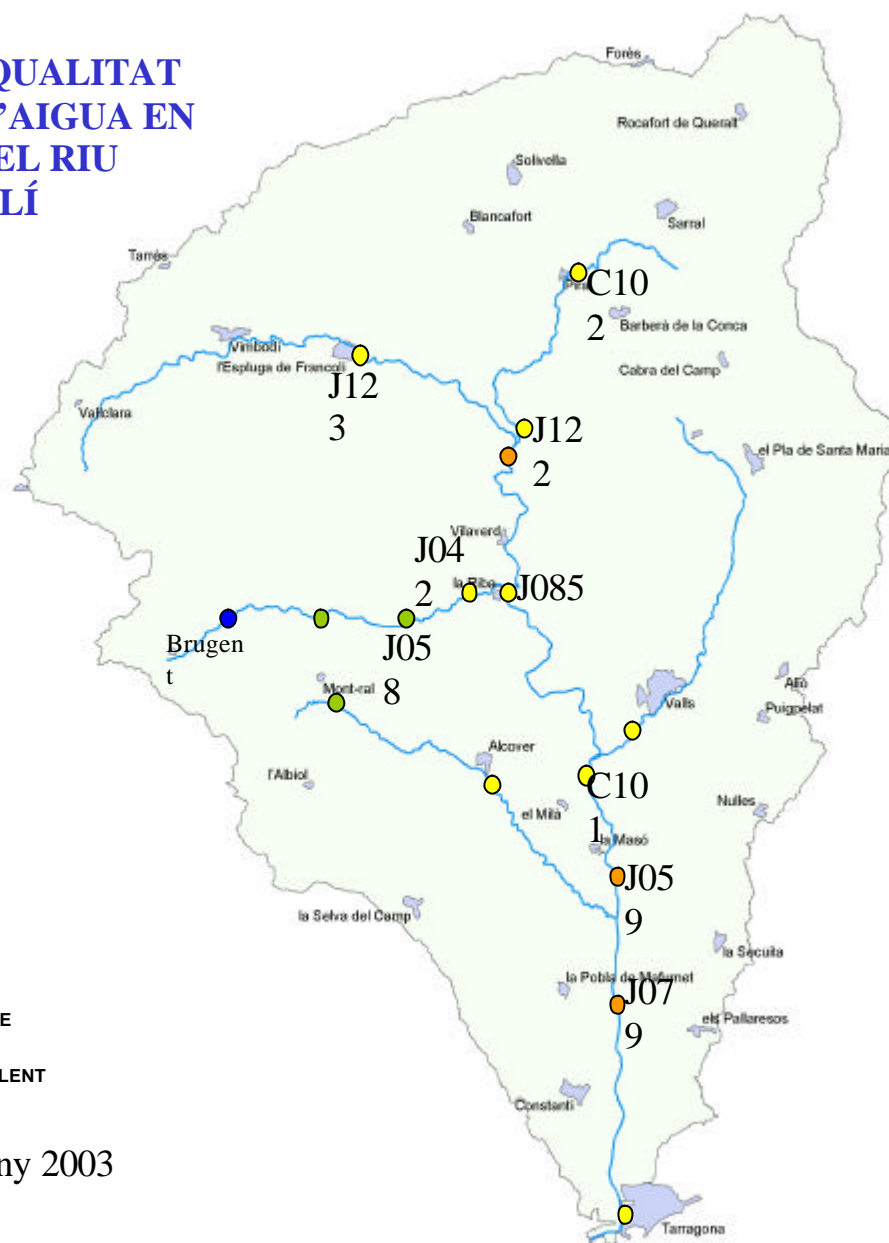
*Rivularia calcarata*

# ÍNDEX E/P-I DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA EN LA CONCA DEL RIU FRANCOLÍ

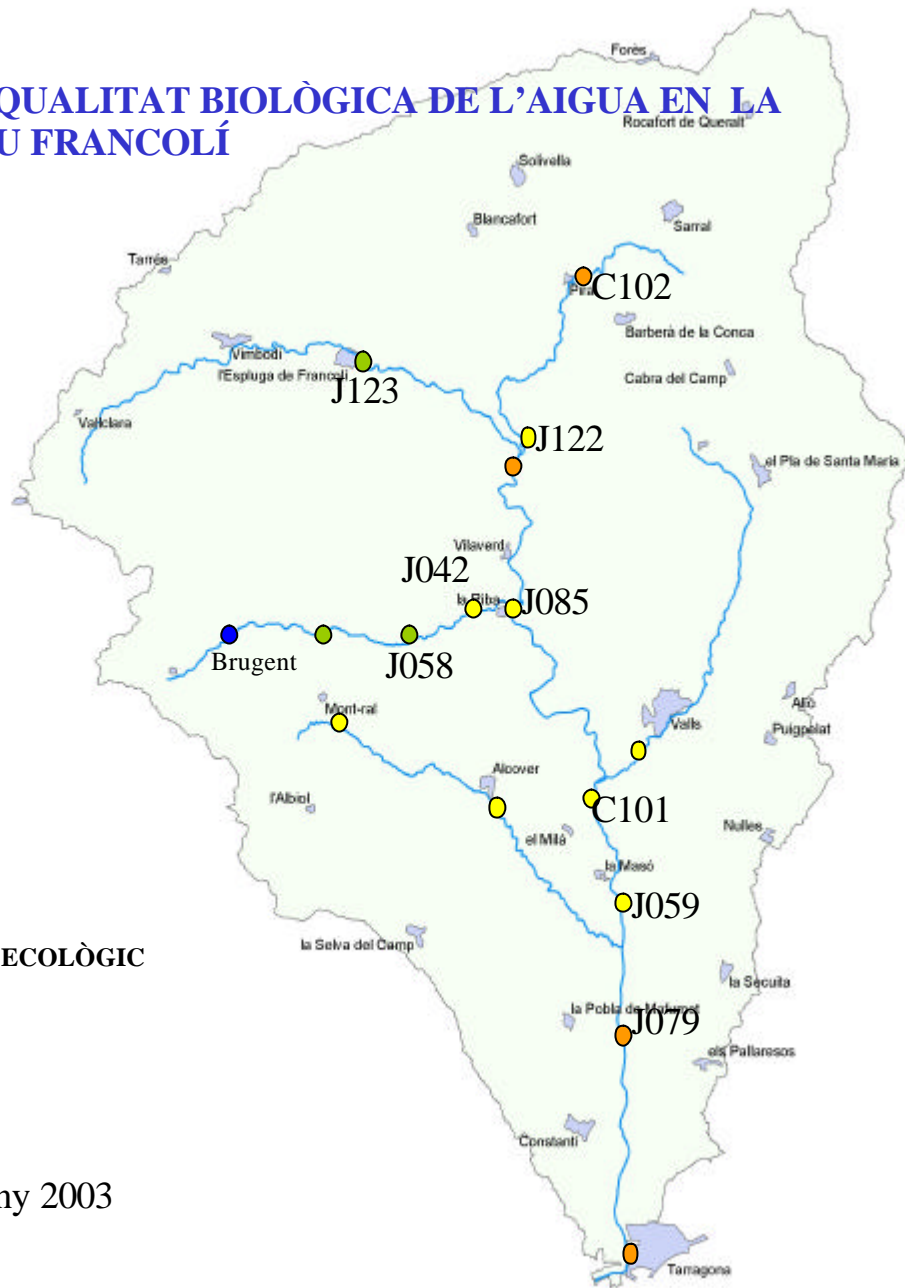
**VALORS ESTAT ECOLÒGIC**

- MOLT BO
- BO
- MEDIOCRE
- DOLENT
- MOLT DOLENT

Juny 2003



# ÍNDEX SAP DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA EN LA CONCA DEL RIU FRANCOLÍ



## VALORS DE L'ESTAT ECOLÒGIC

- MOLT BO
- BO
- MEDIocre
- DOLENT
- MOLT DOLENT

Juny 2003

# ÍNDEX SLA DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA EN LA CONCA DEL RIU FRANCOLÍ



## VALORS ESTAT ECOLÒGIC

- MOLT BO
- BO
- MEDIOCRE
- DOLENT
- MOLT DOLENT

Juny 2003

#### 4.2.2 El Ter

La conca del Ter es caracteritza per presentar un règim nivo-pluvial i per circular sobre materials geològics de diversa mena. Els impactes més adversos que rep el riu són la contaminació d'aigües residuals urbanes depurades, gran part de la conca presenta activitats agrícoles i ramaderes i també industrials en alguns sectors.

La conductivitat (fig. 7) és força baixa a les zones de capçalera (al voltant dels 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), per anar mineralitzant-se a mesura que avança en curs del riu, sobretot a la plana de Vic, amb una conductivitat més elevada (al voltant de 400-500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En el curs final, després de passar per Girona i rebre les aigües del riu Terri les aigües es carreguen de sals, fent pujar notablement els valors de la conductivitat (al voltant de 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

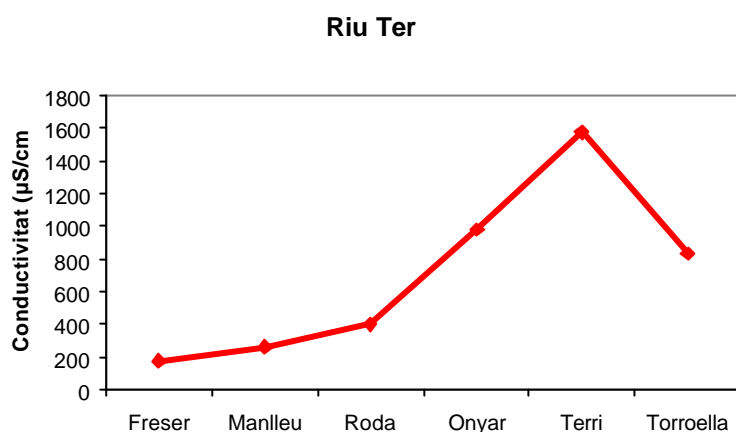


Figura 7. Valors de la conductivitat al llarg del riu Ter (també s'inclou la del riu Terri).

Pel que fa a la qualitat biològica de l'aigua en termes de percentatges (fig. 8), s'observa que en general predominen al voltant d'un 30-40% de punts estudiats presenten una qualitat molt bona aplicant els índexs E/P-I i SLA. Els de qualitat bona presenten valors més baixos, al voltant del 10% als índexs SLA i E/P-I, mentre que l'índex SAP pondera més aquest rang amb gairebé un 30% dels punts. El tres índexs presenten un percentatge similar al voltant de 30% de localitats amb una qualitat mediocre i d'un 20% de localitats amb qualitat dolenta. En darrer terme, només el SAP i l'E/P-I puntuen amb molt dolenta al voltant d'un 10% de les localitats estudiades.

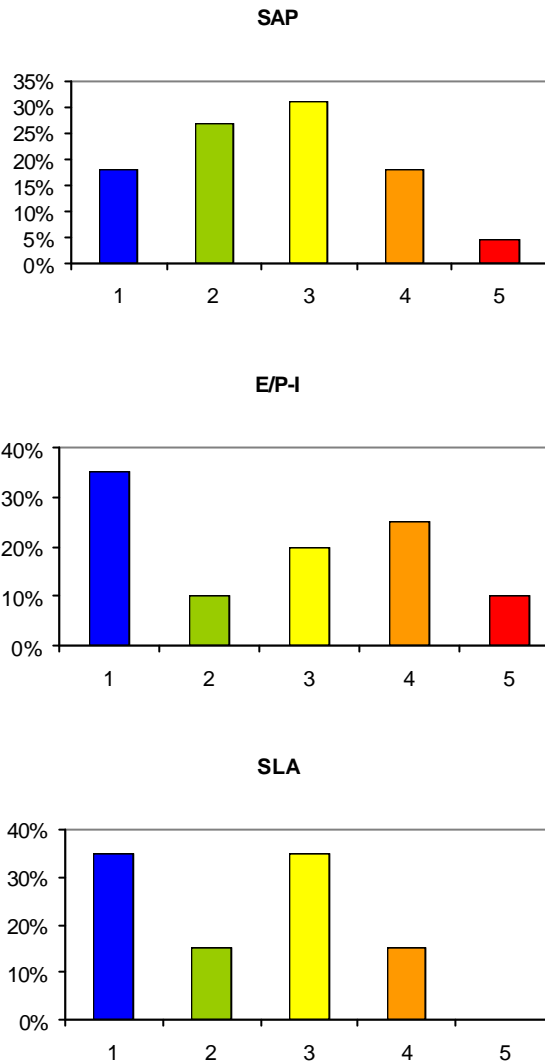
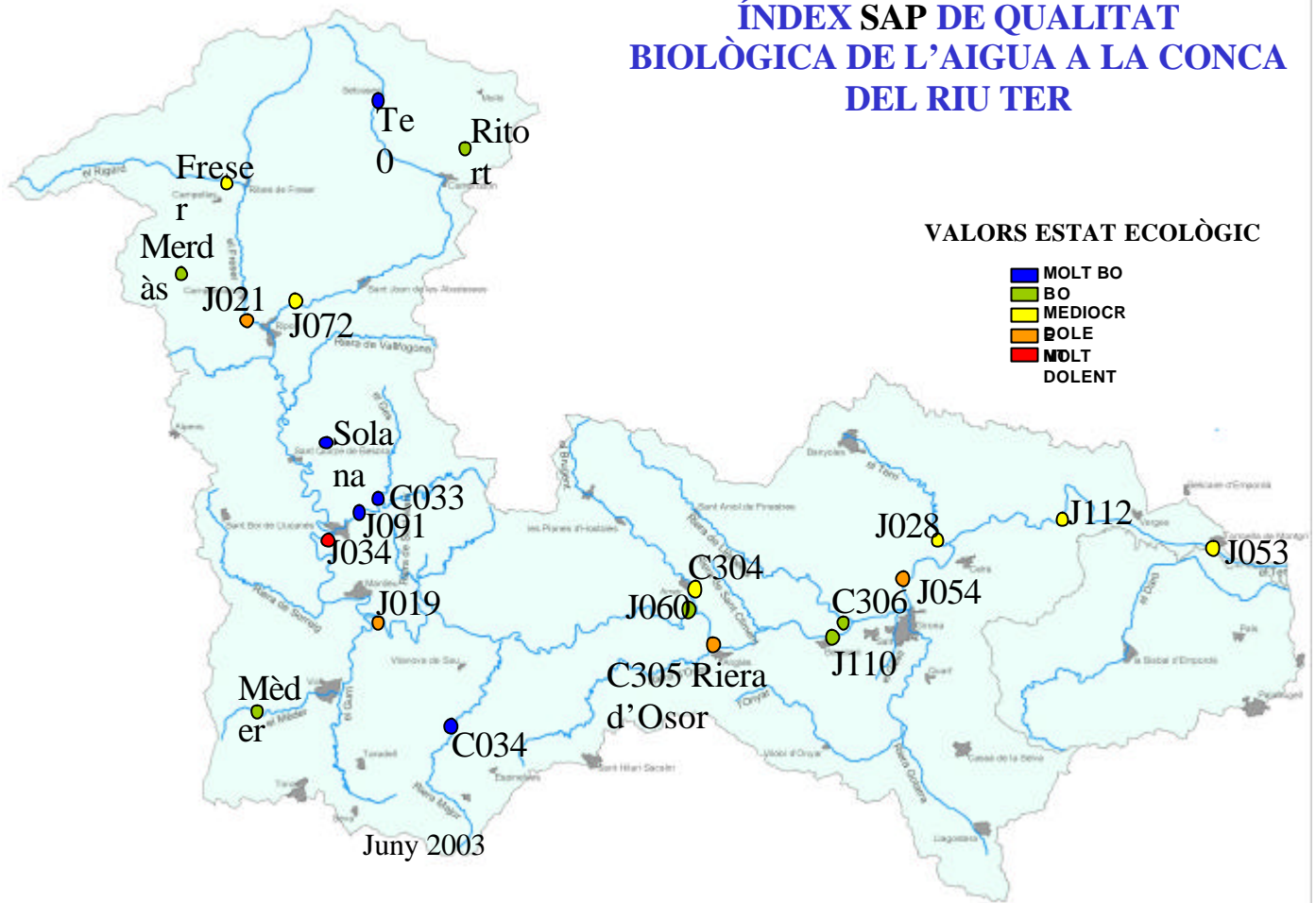


Figura 8. Percentatges de localitats en cadascuna de les categories de qualitat biològica de l'aigua al riu Ter dels tres índexs utilitzats.

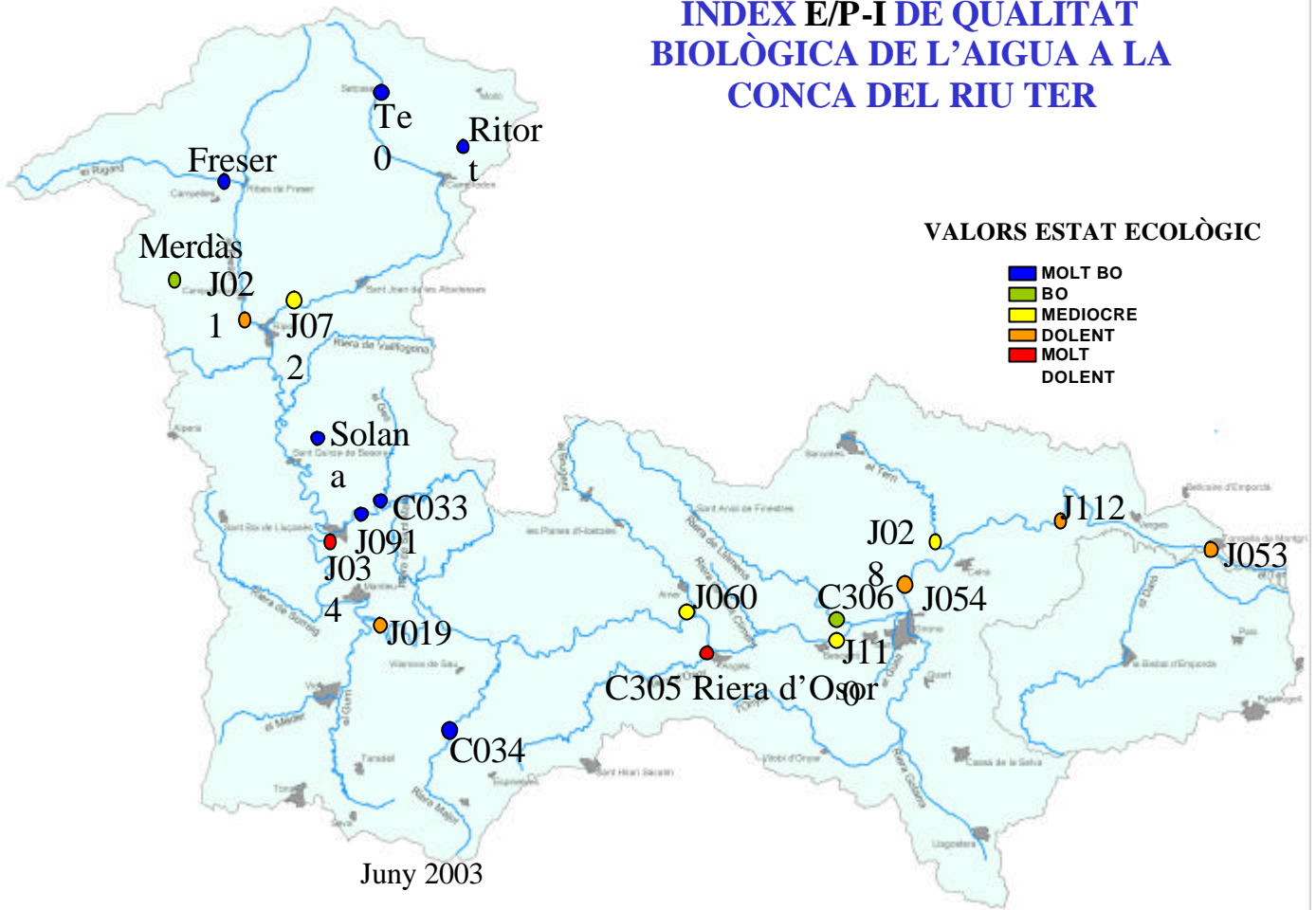
Pel que fa als mapes de qualitat, els tres presenten un patró força similar. A les zones de capçalera del riu Ter, Setcases, Ritort, Freser a Planoles i Merdàs les aigües mostren una qualitat molt bona o bona. Les espècies dominants en aquests ambients són el crisòfit *Hydrurus foetidus*, els cianobacteris *Rivularia biasoletiana*, *Schizothrix affinis*, *Phormidium incrustatum*, i el cloròfit *Gongrosira incrustans*. Moltes d'aquestes espècies presenten incrustacions o precipitats de carbonat càlcic i algunes d'elles presència d'heterocit (*Rivularia*). No obstant, al Freser es detecta un descens de la qualitat de l'aigua fins a dolenta a les rodalies de Ripoll, probablement a causa de la zona industrial de Campdevàrol. Paral·lelament, alguns afluents que van a parar al Ter presenten aigües amb una qualitat molt bona, és el cas de la Solana, Ges, Riera Major i Mèder, amb espècies també d'aigües netes i força carbonatades com les que s'han mencionat anteriorment, sense la presència del crisòfit *Hydrurus foetidus*, que es troba restringit a ambients d'alta muntanya. En aquest sector, el curs principal del riu passa a ser molt dolent a Torelló i dolent a Manlleu. En els punts més degradats sovinteja el cianobacteri *Oscillatoria limosa*. Un cop passats els embassaments de Sau i Susqueda, a nivell del Pasteral, les aigües del riu Ter recuperen la seva qualitat biològica, passant a ser bona o mediocre, fins arribar a Girona. En les aigües de qualitat

mediocre, en general, predominen espècies com *Cladophora glomerata*, en molts sectors del riu i també el cloròfit *Palmella mucosa*, menys freqüent. En aquest sector el riu rep l'impacte de la Riera d'Osor amb qualitat dolenta i les aigües del riu Brugent, de qualitat mediocre o bona. Després de Girona el riu Ter baixa a qualitat dolenta o mediocre.

## ÍNDEX SAP DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA A LA CONCA DEL RIU TER

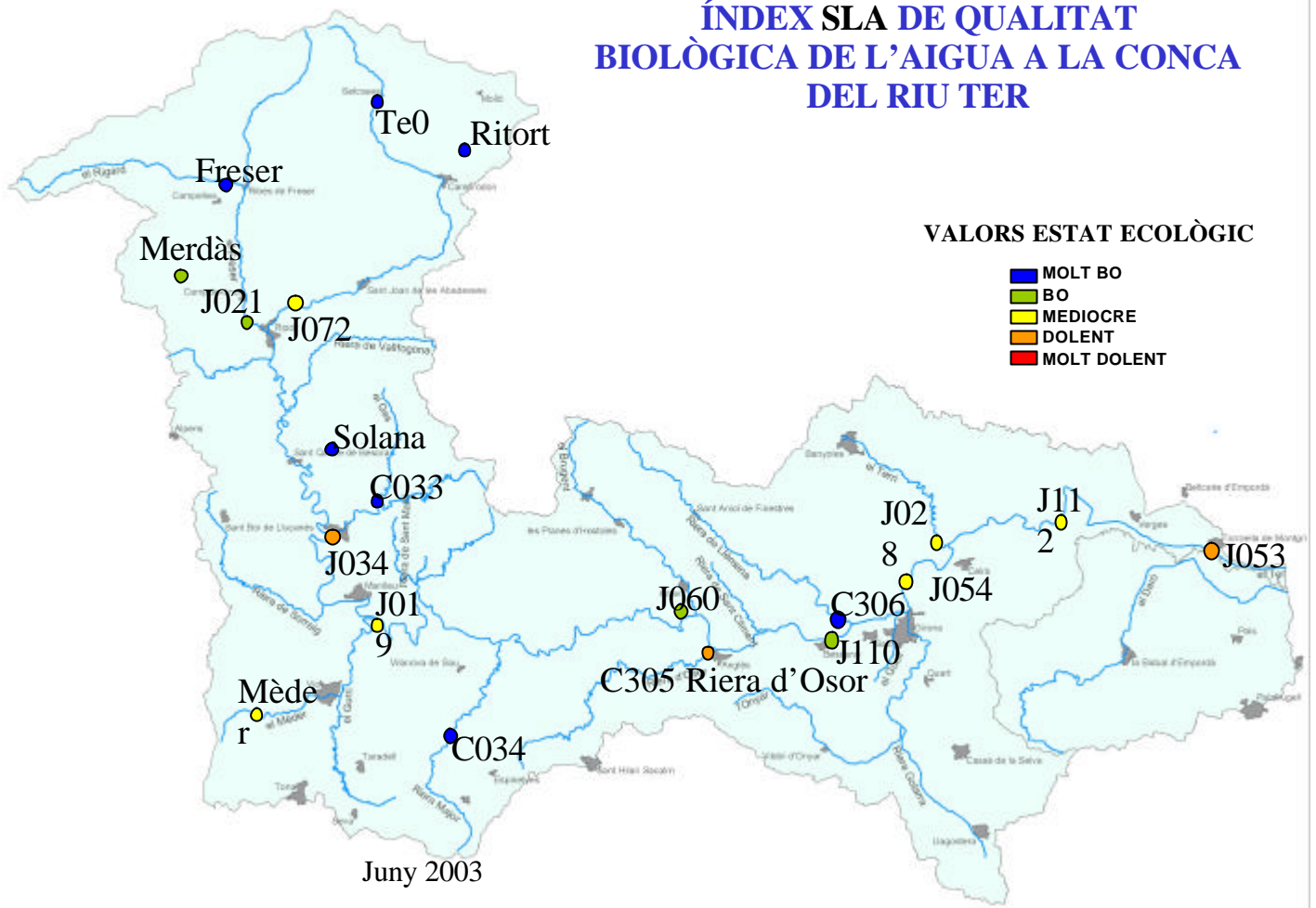


## ÍNDEX E/P-I DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA A LA CONCA DEL RIU TER





## ÍNDEX SLA DE QUALITAT BIOLÒGICA DE L'AIGUA A LA CONCA DEL RIU TER



### 4.3. Relació de les comunitats de macroalgues i els índexs SAP, E/P-I i SLA amb la qualitat de les aigües

L'augment de les concentracions de fósfor i nitrogen inorgànics a l'aigua comporta un major creixement de les algues, i per tant una eutrofització dels rius. En aquest apartat es descriu la relació dels valors obtinguts en els índexs SAP, SLA i E/P-I i les tres variables que estimen el grau d'eutròfia i pertorbació de l'aigua del riu: els fosfats, els nitrats i el TOC (Carboni Orgànic Total). A partir de les dades físiques i químiques de l'aigua, facilitades per l'ACA, s'ha calculat (amb les dades del Francolí i del Ter) el grau de correlació entre aquestes variables i els tres índexs biològics utilitzats. No obstant, abans de passar a comentar els resultats, cal recordar que els índexs SLA i SAP estan fonamentats en el contingut de matèria orgànica de l'aigua (sistema dels saprobis), mentre que l' E/P-I és més general, en principi. També cal tenir en compte, que el número de casos que s'han considerat creiem que haurien d'augmentar-se en un estudi posterior, per tal de tenir més base estadística significativa a l'hora d'interpretar aquestes dades.

Pel que fa als fosfats, els índexs SLA i E/P-I es correlacionen relativament poc amb aquesta variable, mentre que l'índex SAP s'hi correlaciona millor assolint una  $R^2=0,46$ .

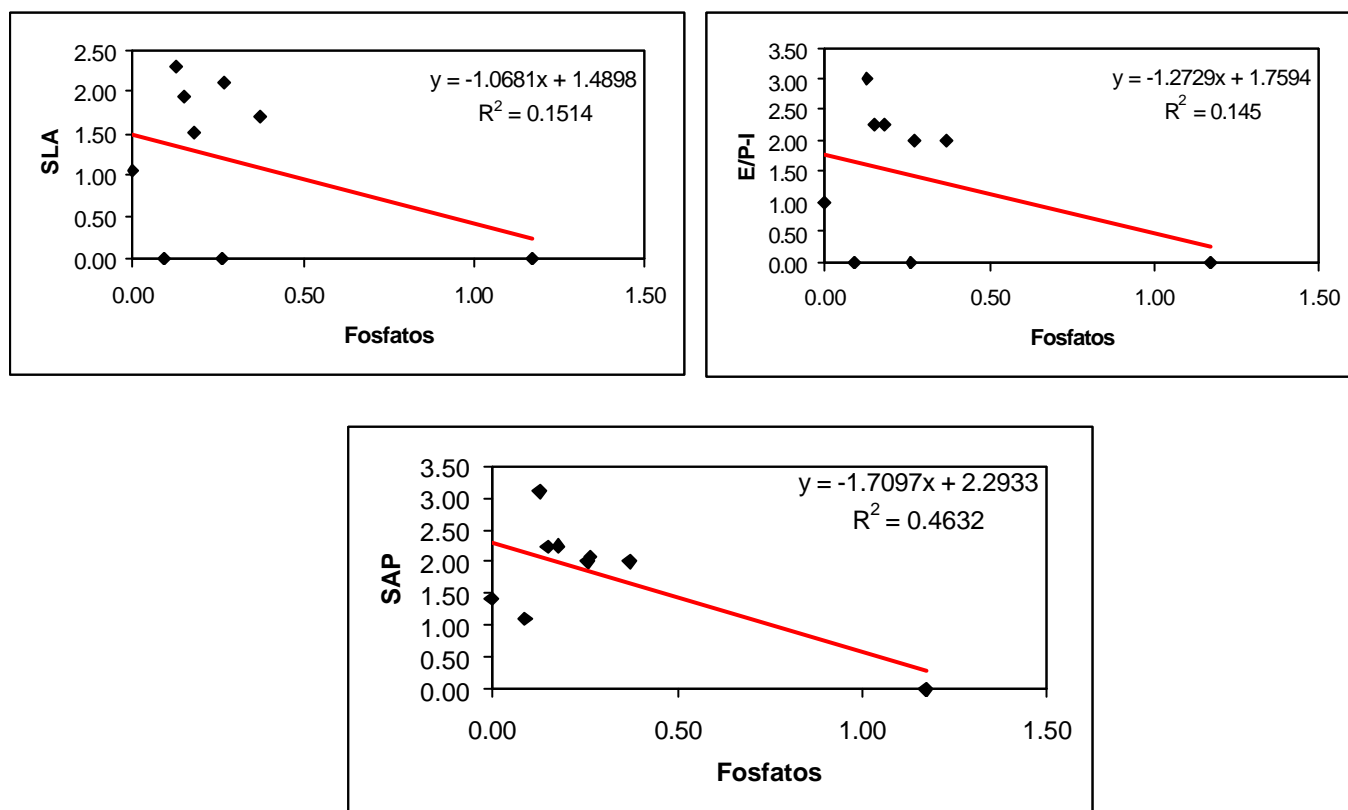


Fig. 9. Correlació de la concentració de fosfats amb els valors dels índexs SAP, SLA i E/P-I.

En el cas dels nitrats (fig. 10), les dades també són molt poc significatives. No obstant, de nou el SAP és l'índex que millor es correlaciona amb aquesta variable, assolint una correlació (baixa, però) de fins a  $R^2=0.32$ .

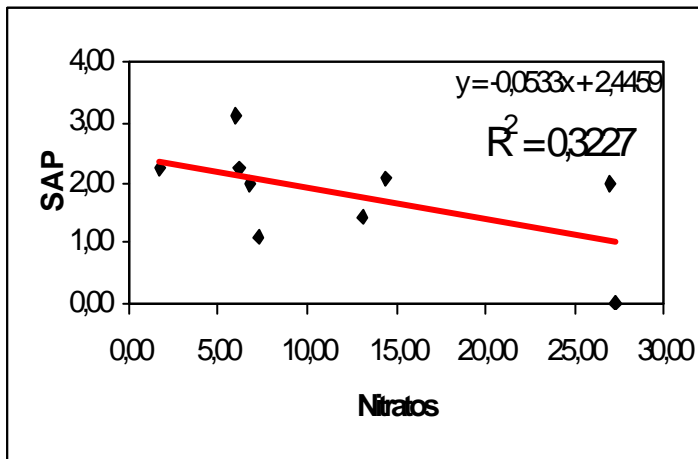
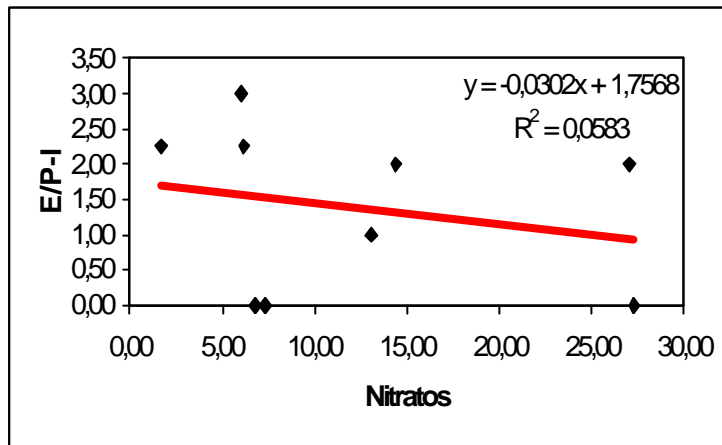
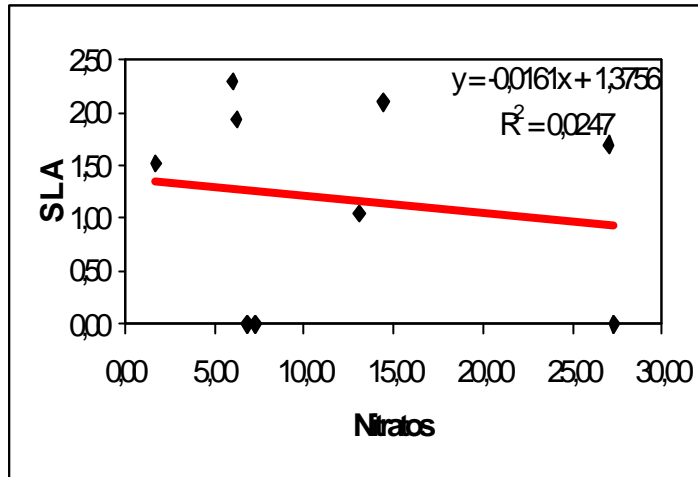


Figura 10. Correlació de la concentració dels nitrats amb els valors dels índexs SAP, SLA i E/P-I.

Per últim, els valors de carboni Orgànic Total (TOC) presenten una correlació més elevada amb els tres índexs (fig. 11), essent de nou el SAP el que mostra una major relació amb el contingut de TOC, assolint una correlació de fins a  $R^2 = 0.60$ .

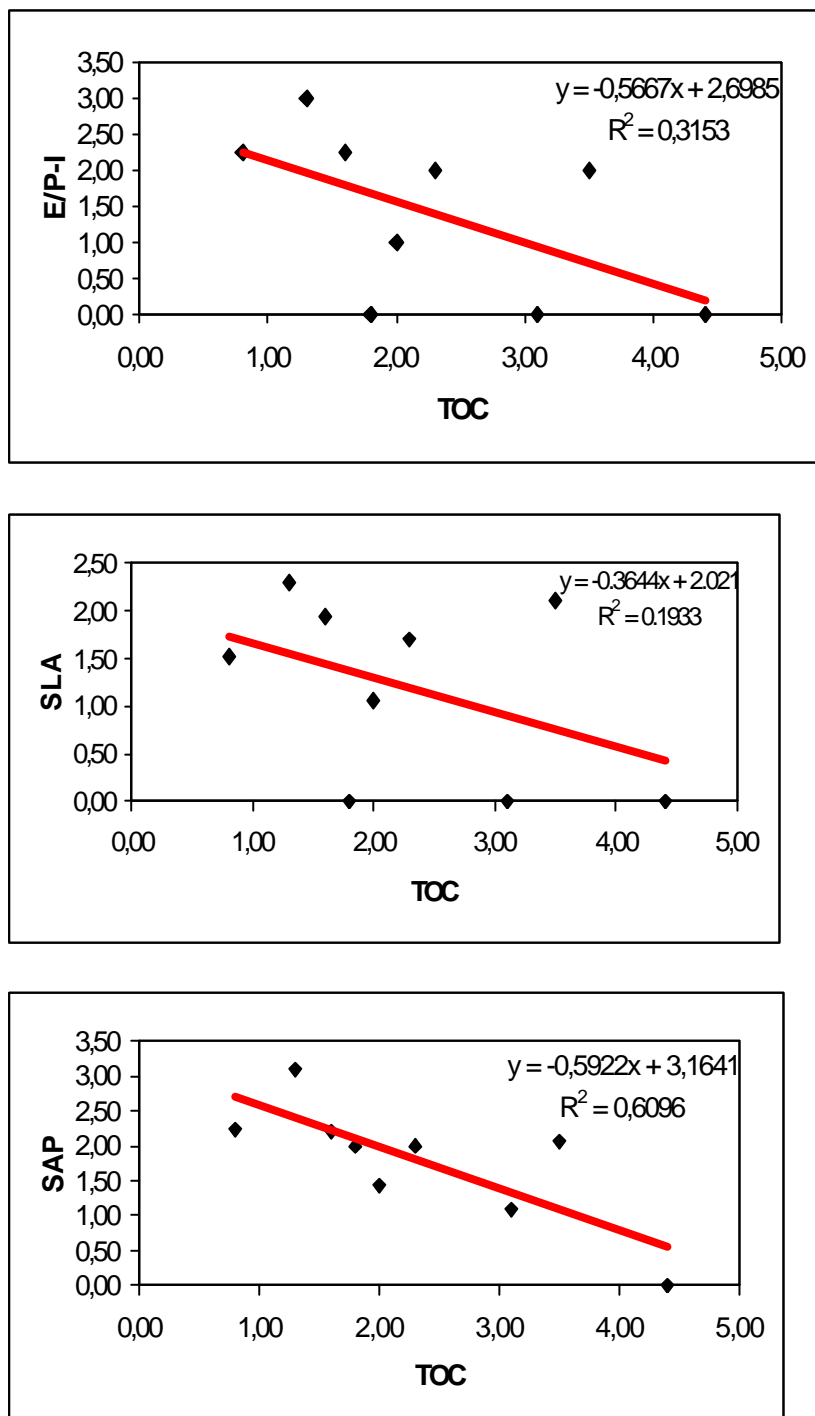


Figura 11. Correlació de la concentració del TOC amb els valors dels índexs SAP, SLA i E/P-I.

Per tant, aquests índexs són més sensibles al contingut de matèria orgànica dissolta, que en aquest cas s'ha considerat com Carboni Orgànic Total. Tanmateix, l'índex SAP és el que es correlaciona millor amb les variables considerades.

#### 4.4. Comparació dels índexs SAP, SLA i E/P-I

Hi ha moltes localitats on els valors obtinguts amb cada índex eren força similars. No obstant, en alguns casos però han estat diferents, fet que ha suposat un canvi de categoria de qualitat de l'aigua. Aquestes desviacions creiem que estan relacionades amb el fet que a cada localitat s'han trobat poques espècies. Per exemple, si algun d'aquests taxons que s'ha trobat en un punt no s'ha pogut identificar a nivell d'espècie, es perd una informació important que afecta el valor de l'índex.

La correlació entre els tres índexs és significativa en un grau elevat, com era esperable (fig. 12). Així tenim que en tots els casos la  $R^2$  està per sobre de 0,6, assolint el grau de correlació més elevat entre l'índex SAP i l'E/P/I ( $R^2 = 0.76$ ).

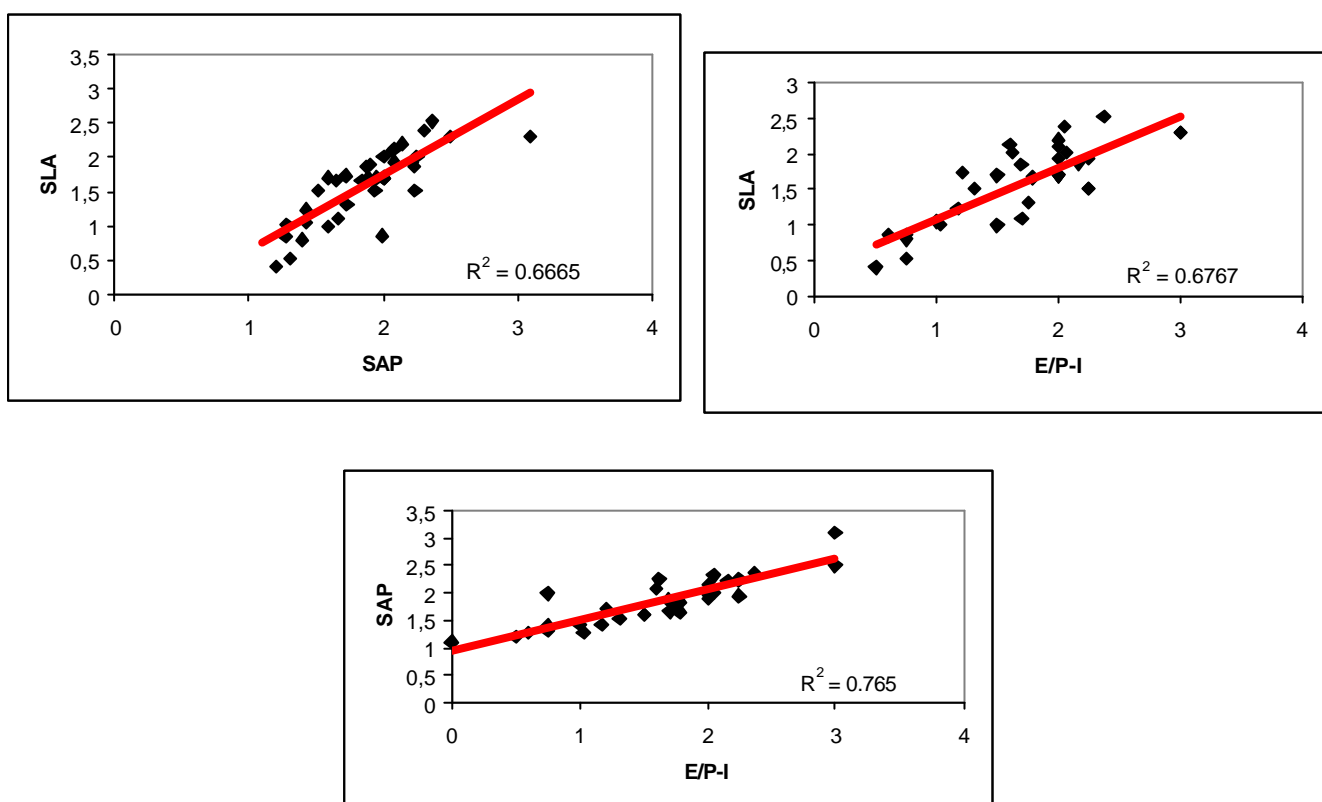


Fig. 12. Correlació entre els tres índexs de macroalgues.

Creiem que dels resultats obtinguts no es pot destacar cap dels tres índexs com a millor, els tres funcionen relativament bé, si tenim en compte el número d'espècies per localitat i el percentatge de taxons identificats a nivell de gènere. Seria molt interessant estendre aquest estudi a un número de punts que fos realment significatiu estadísticament, ja que veiem un potencial bo d'utilització de les macroalgues com indicadores de la qualitat biològica de l'aigua en rius.

Tanmateix, dels resultats es conclou que la qualitat de l'aigua, en un elevat percentatge de localitats (més de la meitat) presenta alguna mena de pertorbació.

#### 4.5 Relació dels índexs de macroalgues amb els índexs de diatomees

Per tal de tenir una visió més àmplia d'aquests resultats, els hem comparat amb les dades que tenim dels índexs de diatomees, en concret amb els valors de l'IPS (fig. 13). Per les dades que hem obtingut, veiem que l'índex de macroalgues SLA és el que es correlaciona millor amb l'IPS de diatomees. En canvi, els altres dos índexs presenten unes correlacions més baixes.

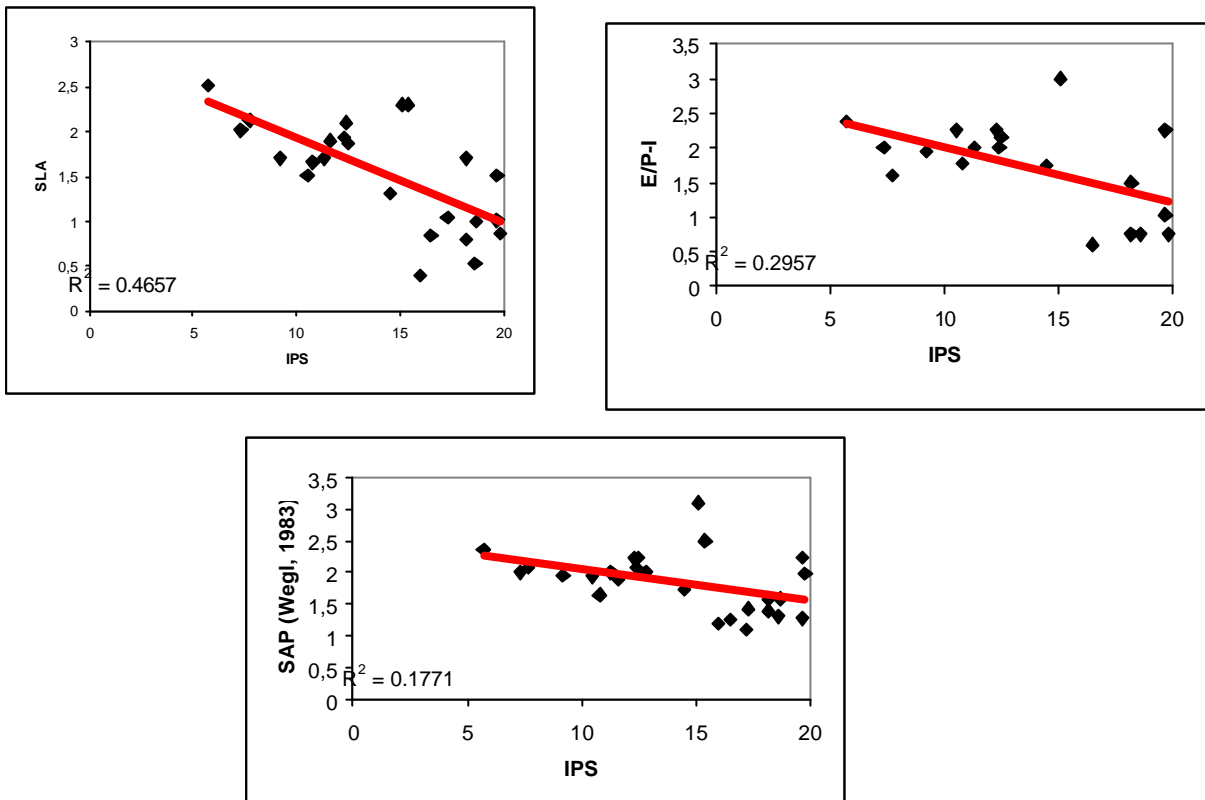


Fig. 13. Correlació entre els índexs de macroalgues i l'IPS de diatomees.

No obstant això, no vol dir que els índexs de macroalgues funcionin malament. Cal tenir en compte que l'IPS és un índex generalístic, en què les puntuacions que s'atribueixen a les espècies es fonamenten en els nutrients, la matèria orgànica i la salinitat. En canvi, els índexs utilitzats per les macroalgues assenyalen més correlació amb la matèria orgànica i amb menys intensitat amb el nivell tròfic. Per tant, s'obre la possibilitat de millorar la puntuació que s'atribueix a cada espècie si es tenen les dades que relacionin les espècies amb el rang de nutrients que pot presentar l'aigua. Fins i tot, també cal contemplar la possibilitat de crear un nou índex de macroalgues exclusivament que integri dades de perturbacions diferents (nutrients, TOC, salinitat) i sigui de perfil més generalístic. Aquesta recerca, que no s'ha treballat prou, permetria millorar la funcionalitat dels índexs utilitzats.

## CONCLUSIONS FINALS

1. Els índexs de diatomees aplicats als cursos fluvials catalans, l'IPS, l'IBD i el CEE, són en general vàlids per a ser emprats com indicadors de la qualitat biològica dels cursos fluvials de Catalunya, tal com demostra la seva bona correlació amb les variables indicadores de la qualitat de les aigües. Tal com era esperable, tots tres es correlacionen negativament amb variables indicadores d'estat tròfic (fosfats i nitrats), de pol·lució orgànica (TOC) i de pol·lució urbana i industrial (clorurs). A valors baixos d'aquestes variables, a excepció del clorur, també es troben valors baixos dels índexs, indicant que els índexs avaluen la qualitat de manera global, i per tant, no es correlacionen perfectament amb cada variable. L'IBD és el que pitjor es correlaciona, mentre que l'IPS i el CEE, que tenen un comportament similar, tenen una millor correlació amb aquestes variables.
2. L'anàlisi de correlacions entre els índexos IBD, l'IPS i CEE dona valors elevats, tot i que detectem una correlació més elevada entre l'IPS i el CEE.
3. Tanmateix dels tres índexs analitzats, l'IPS s'ajusta millor a la realitat dels cursos d'aigua catalans, i es proposa com l'indicador de la qualitat biològica basat en diatomees més fiable dels rius catalans.

De manera general, l'IBD presenta unes pitjors correlacions amb els paràmetres físics i químics i tendeix a suavitzar els valors extrems en la seva valoració de la qualitat biològica de l'aigua degut a una mala valoració d'alguns taxons. Cal recordar que aquests índexs van ser desenvolupats en altres sistemes, que difereixen dels nostres, i no es tenen en compte algunes variacions regionals.

Per altra banda, l'índex CEE es correlaciona tan bé com l'IPS amb les variables esmentades, però no utilitza espècies dominants en algunes comunitats de diatomees trobades a Catalunya i això li resta vàlidesa.

4. De manera general es pot dir que, segons els índexs aplicats, els punts amb una millor qualitat de l'aigua es troben principalment a la conca del Segre i alguns punts del Ter. A la conca del Llobregat els punts amb millor qualitat són el Llobregat a La Pobla de Lillet, Guardiola de Berguedà i Olvan, Riera de Merlès a Sta. Maria, Cardener a La Coma i Olius, i Riera d'Aiguadora; destaca el valor de 20 per l'IBD al Llobregat a La Pobla de Lillet a la primavera i per l'IPS al Cardener a la Coma a l'estiu. A la conca del Besòs els punts amb una millor qualitat s'han trobat a les capçaleres de les rieres de Caldes, de la Vall d'Horta i del riu Tenes. Al Francolí destaquen el Brugent a Capafons i Farena. A la conca del Foix destaca el Foix a St. Martí Sarroca per tenir qualitat excel·lent pels tres índexs i en els dos períodes de mostreig. Dels punts mostrejats al Gaià i a la Riera de Riudecanyes cap té qualitat excel·lent, però el Gaià a Pontils i la Riera de Riudecanyes a Riudecanyes tenen qualitat bona. A la conca de la Tordera els punts amb una millor qualitat són els punts de la capçalera, que són les Illes i les Piscines del Montseny. Al Fluvià s'ha trobat que el Fluvià a Hostalets, Riera de Joanetes, Gurn, Riera del Ferró, Riera de St. Ponç, Riera de Bianya, Llierca i Ser són els punts amb millors valors pels índexs en aquesta conca. A la conca de la Muga, amb una millor qualitat destaca la Muga a Albanyà, St. Llorenç de la Muga i

Boadella. Al Ter destaca el Ter a Setcases amb qualitat excel·lent pels tres índexs i en els dos períodes de mostreig; el Freser a Planoles i Ripoll, Ges, Riera d'Osor i Riera de Llémna també es troben dins els punts amb millor qualitat per aquesta conca, destacant el valor màxim (20) que l'IBD dona a les dues estacions del Freser a la primavera. A les conques de l'Ebre i Segre els punts amb una millor qualitat són Noguera Pallaresa a Alòs d'Isil, Esterri, Sort i La Pobla de Segur, Noguera de Cardós, Noguera de Vallferrera, Flamicell, Cadí i Riera de Fontanet, remarcant els valors per l'IBD del Flamicell, Noguera Pallaresa a Alòs a la primavera i Noguera Pallaresa a La Pobla a l'estiu, que han estat de 20.

Per altra banda, els punts amb pitjor qualitat trobats en aquest estudi es troben principalment a la conca del Llobregat i del Besòs. A la conca del Llobregat els punts amb pitjor qualitat són el Llobregat a Arbrera, Martorell i El Prat de Llobregat, Riera de Clarà a Gironella, Riera Gavarresa, Anoià a Vilanova del Camí, St. Sadurní i Martorell, l'Avernó a St. Sadurní i la Riera de Rubí al Papiol. A la conca del Besòs destaquen el Besòs a Montmeló, Reixac i Barcelona, Tenes a Mollet, Congost a les Garrigues i Ripoll a Castellar del Vallès. A la conca del Francolí, amb baixa qualitat es troben els punts de la Masó i Tarragona. El Foix a Castellet i el Gaià a Montferri són els punts amb més baixa qualitat d'aquestes conques. A la conca de la Tordera els punts més mal valorats pels índexs són la Tordera a Fogars i St. Celoni i la Riera de Vallgorguina, i a la conca del Fluvià ho són el Ridaura a Llocalou i el Turonell a Castellfollit de la Roca. El punt amb pitjor qualitat de la conca de la Muga és la confluència Manol i Figueres. Al Ter, el Mèder a Sta. Eulàlia, l'Onyar a Quart, el Terri a St. Julià, el Ter a Flaçà i el Ter a Torroella són els punts amb els valors més baixos de qualitat. A les conques de l'Ebre i el Segre, el Llobregós a Ponts i el Sió a La Sentiu tenen els pitjors valors pels índexs. Cal remarcar que en les conques de la Tordera, Fluvià, Muga, Ter i Ebre i Segre no es troben valors tant baixos dels índexs com en les primeres conques descrites, amb molt poc percentatge de punts dins la categoria de qualitat més baixa.

En diverses localitats s'ha trobat que els valors obtinguts pels tres índexs utilitzats han estat diferents, i en alguns casos aquesta diferència ha estat prou significativa com per a suposar un canvi de categoria de qualitat de l'aigua.

5. Per bé que en general els índexs poden aplicar-se acceptablement, es pot dir que no reflecteixen prou bé algunes ecorregions dels rius catalans. Principalment, les capçaleres calcàries i els trams migs i baixos fluvials apareixen valorats diferentment del que seria esperable. Per tant, un cop la regionalització estigui ben definida, es farà necessari puntuar de nou algunes espècies i/o reescalar els valors dels índexs per a algunes situacions, com les que acabem de descriure.
6. Les anàlisis multivariants efectuades amb les comunitats de diatomees descriuen la qualitat ecològica dels rius, arrenjerant les espècies en un gradient marcat per la qualitat química i de l'hàbitat fluvial. La distribució de les comunitats de diatomees explica la variabilitat en el conjunt dels sistemes fluvials catalans, on hi ha sistemes molt alterats i amb qualitat molt dolenta, situats principalment a les conques del Llobregat (Anoià a Vilanova, Martorell i Jorba, Avernó a St. Sadurní i Llobregat a Martorell), Besòs (Besòs a Barcelona, Reixac i Montmeló, i Mogent a Montornès) i alguns punts del Ter (Mèder a Sta. Eulàlia i Terri a St. Julià); i d'altres ben conservats, principalment en capçaleres arreu (Muga a Albanyà i a St. Llorenç de la Muga, Llierca al Pont de Llierca, Fluvià a Hostalets, Riera de Joanetes, Brugent a Capafons i Riera d'Aiguadora) i a la conca de l'Ebre i el Segre (Matarranya a



Besseit i Parrissal, Noguera Ribagorçana a Senet i Pinyana, Cadí, Flamicell, Riera de Fontanet, Noguera de Vallferrera i Noguera Pallaresa a La Pobla i Esterri) però també en punts de la conca del Llobregat i del Ter (Ges a St. Pere, la Solana i Cardener a Olius).

7. Les anàlisis han permès identificar les espècies característiques de les comunitats que defineixen aquestes situacions, essent una eina potent en l'expressió autoecològica de les espècies, i definir una marcada evolució del riu entre els dues campanyes. L'anàlisi de l'estiu separa molt clarament les espècies d'aigües molt netes de les que representen una situació extrema contrària. En canvi, a la primavera, les comunitats han evolucionat de manera que el riu sembla haver atansat els extrems de la seva qualitat, per bé que la diagnòsi no ha variat. En general, es pot dir que el conjunt dels rius millora la seva condició en aquesta època, probablement com a efecte de la dilució que es contraposa amb els baixos cabals de l'estiu.
  
8. En l'anàlisi efectuada a l'estiu, on es pot dir que les diferències en el conjunt del riu són màximes, s'observa com les mostres estan marcades per l'existència d'un gradient ambiental de conductivitat, TOC, nitrats i fosfats. Les estacions més significades per alts valors d'aquestes variables són el Llobregat a Martorell, Anoia a Vilanova del Camí, Besòs a Reixach, Riera de Rubí al Papiol i l'Avernó a Sant Sadurní d'Anoia, que tenen espècies de diatomees molt tolerants (*Navicula saprophila*, *Nitzschia auriariae*, *Nitzschia frustulum* i *Nitzschia desertorum*). En canvi, les localitats més allunyades de les elevades concentracions de nutrients i menors conductivitats són les estacions de capçalera d'alta muntanya, tals com la Noguera de Cardós i Noguera de Vallferrera, Noguera Pallaresa a Alòs i Sort, la Noguera Ribagorçana a Pont de Suert i la Tordera a la seva part alta. Les espècies associades a aquest extrem són *Hannaea (Fragilaria) arcus*, *Cymbella sinuata*, *Cymbella minuta*, *Achnanthes biasolettiana* i *Fragilaria capucina*. D'aquesta manera s'identifiquen les causes de l'ordenació de les comunitats de diatomees i de les localitats.
  
9. Les comunitats de macroalgues estudiades a les conques del Ter i del Francolí reflecteixen en general uns resultats similars als obtinguts amb les diatomees. De tota manera, aquestes dades són preliminars i cal interpretar-les amb cautela, ja que en alguns casos el nombre d'espècies per localitat o la impossibilitat de la seva correcta identificació taxonòmica ha dificultat el càlcul dels índexos.
  
10. L'objectiu de valorar la qualitat de les aigües dels rius de les dues conques estudiades utilitzant les macroalgues bentòniques ha estat assolit, i s'ha demostrat l'aplicabilitat i un funcionament relativament òptim dels índexs aplicats.
  
11. Els resultats que s'han obtingut a nivell de la qualitat biològica de l'aigua ha estat força similars pels tres índexs de macroalgues, que entre ells mostren una elevada correlació. L'índex SAP sembla que és l'índex que més es correlaciona amb els paràmetres químics de l'aigua, com els nutrients i el Carboni Orgànic Total. L'índex SLA és el que ha mostrat més relació amb l'índex de diatomees IPS.

12. La metodologia de recollecció de mostres ha de ser estandarditzada, per tal de millorar el mostreig i intentar detectar un major número d'espècies per localitat.
13. En els resultats obtinguts s'observa el mal estat del riu Francolí (Mediocre) i una millor qualitat de l'aigua del riu Ter.
14. Seria molt important estendre l' estudi de les macroalgues a un número de punts que fos realment significatiu estadísticament (uns 200), ja que veiem un potencial bo d'utilització de les macroalgues com indicadores de la qualitat biològica de l'aigua en rius i fins i tot crear un nou índex de macroalgues. En el futur un objectiu interessant seria la continuïtat del seguiment de la qualitat de les aigües mitjançant les macroalgues, per tal de veure com evolucionen en el temps aquesta qualitat i les comunitats de macroalgues.

## BIBLIOGRAFIA

- Anagnostidis, K., Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of *Cyanophytes*, 3. *Oscillatoriales*. *Arch. Hydrobiol./Algol. Studies*, 50: 327-472.
- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. 1981. A guide to the morphology of the diatom frustule. The freshwater biological association, Ambleside, Cumbria.
- Biggs, B.J. 1985. The use of periphyton in the monitoring of water quality. In: Pridmore, R.D., Cooper, A.B. (eds.) *Biological monitoring in freshwaters*. Water & Soil Misc. Publ. 117-142.
- Bourrelly, P. 1966. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues vertes*. Ed. Boubée. 511 pp.
- Bourrelly, P. 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation a la systematique. Les algues bleues et rouges*. Ed. N. Boubée. 512 pp.
- CEN. European Committee for Standardization. 2000. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers for water quality assessment. European Standard. prEN 13946.
- CEN. European Committee for Standardization. 2001. Water quality. Guidance standard for the identification and enumeration of benthic diatom samples from rivers and their interpretation. European Standard. TC 230 WI 00230164.
- Dell'Uomo, A. 1991. *Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy*. In: Whitton, B.A., Rott, E. Friedrich, G. (eds.) *Use of Algae for Monitoring Rivers*. Inst. Für Botanik. Univ. Innsbruck. 129-137.
- Descy J.P. 1976. *A new approach to water quality estimation using diatoms*. *Nova Hedwigia*, 64:305-323.
- Descy, J.P. & Coste, M. 1990. *Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes*. Rapport final. Univ.Namur, CEMAGREF Bordeaux CEE-B. 112 pp.
- Descy, J-P. & Coste, M. 1990. *Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes*. Contrat CEE B—71-23. Rapport final, Univeristé de Namur-Cemagref Bordeaux.
- Desikachari, T.V. 1959. *Cyanophyta*. ICAR 686 pp.
- Eloranta, P. 1990. Ecology of some acidophilic and acidobiontic diatoms in Finnish forest lakes. A: Simola (ed.): *Proceedings of the tenth Diatoms International Symposium*, Jonsuu, Finland, August 1988. Koeltz Scientific Books.Köningstein. pp 491-498.

- Eloranta, P., Kwandrans 1996. *Use of diatoms and macroalgae for river monitoring in Finland*. In: Whitton, B., Rott, E. (eds.) *Use of algae for monitoring Rivers II*. Austrian Ministry of Science. 119-124.
- Ettl, H. 1978. *Xanthophyceae*. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 3. Ed. G. Fischer. 549 pp.
- Fjordingstad, E. 1964. Pollution of streams stimulated by benthonic phytomicro-organisms. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 49: 63-131.
- Förster, 1982. *Conjugatophyceae. Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Vol. 3. 322 pp.
- Geitler, L. 1932. *Cyanophyceae*. In: Kolkwitz, R. (ed.) *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Vol. 14. 1056 pp.
- Haury, J., Peltre, M.C. 1993. Intérêts et limites des indices macrophytiques pour qualifier la mésologie et la physico-chimie des cours d'eau : exemples armoricains, picards et lorrains. *Annales Limnol.*, 29: 239-253.
- Haury, J., Peltre, M.C., Muller, S., Trémolières, M., Barbe, J., Dutartre, A. Guerlesquin, M. 1996. Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions. *Écologie*, 27: 233-244.
- Hoek, C. van den 1963. Revision of the european species of *Cladophora*. 248 pp.
- Hustedt F. 1930. Bacillariophyta. In: PASCHER A. (ed.) *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa* **10**. G. Fischer, Jena.
- Kelly, M. 1998. Use of community-based indices to monitor eutrophication in European rivers. *Environmental Conservation* 25/1: 22-29.
- Kelly, M.G., Cazaubon A., Coring E., Dell'Uomo, Ector L., Goldsmith, Guasch H., Hürlimann J., Jarlman A., Kawecka B., Kwandrans J., Laugaste R., Lisdstrøm, Leitao M., Marvan P., Padišák J., Pipp E., Prygiel J., Rott E., Sabater S., van Dam H., Vizinet J. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10:215-224.
- Komárek, J. Fott, B. 1983. *Chlorophyceae. Chlorococcales*: In: Elster, H.J., Ohle, W. (eds.) *Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Vol. 7. 1044 pp.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. -Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. -Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1997a. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae.- Süsswasserflora von Mitteleuropa 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1997b. Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süsswasserflora von Mitteleuropa 2/2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia* 64: 285-304.
- Lange-Bertalot, H. 2001. *Navicula sensu stricto* -10 genera separated from *Navicula sensu lato* -Frustulia. -Diatoms of Europe 2. Gantner Verlag, Ruggell.
- Margalef, R. 1969. *El concepto de polución en limnología y sus indicadores biológicos*. In: *Symposium sobre la polución de las aguas*. 105-133.
- Perona, E. Bonilla, I. Mateo, P. 1999. Use of benthic cyanobacteria to monitor water quality in a Spanish river. In: Prygiel, J., Whitton, B. Bukowska, J. (eds.) *Use of Algae for Monitoring Rivers III* 216-223.
- Pipp, E. & E. Rott. 1993. *Ecological evaluation of Austrian rivers by means of algal phytobenthos*. Blaue Reihe 2, Ministry of Environment, Youth and Family, Vienna, Austria.
- Printz, H. 1964. Die Chaetophorales der Binnengewässer. *Hydrobiol.*, 24 : 1-376.
- Prygiel J., Whitton B.A. & Bukowska J. 1999. Use of Algae for Monitoring Rivers III. Proceedings of the 3rd European Workshop, Douai, 1997. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai.
- Prygiel, J. 1997. *Comparison de six indices diatomiques et deux indices invertébrés pour l'estimation de la qualité de l'eau de la Rivière Sensée (France)*. *Ecologia Mediterranea*.
- PRYGIEL, J., COSTE, M. & BUKOWSKA, J. 1999. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment of rivers- State of the art in Europe. A: Prygiel, J., Whitton, B., Bukowska, J. (eds.): *Use of algae for monitoring rivers III: Agence de l'Eau Artois-Picardie*. Pp 138-144.
- Rawson, D.S. 1956. Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. Oceanogr.*, 1: 18-25.
- Rieth, A. 1980. *Xanthophyceae-2*. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning, H. (eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 4. Ed. G. Fischer. 147 pp.
- Schmedtje, U. Kohmann, F. 1987. Bioindikation durch Makrophyten Indizien Makrophyten saprobie?. *Arch. Hydrobiol.*, 109: 455-469.
- Sládeček, V. 1973. System of water quality from biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 7: 1-218.
- Sládeček, V., Saldeckova, A. 1996. *Atlas of aquatic organisms with respect to the water supply, surface waters and wastewater treatment plants*. Praga. 351 pp.

Starmach, K. 1977. *Rhodophyta. Flora Slodkowodna Polski*.

Stevenson, R.J. and L.L. Bahls. 1999. *Periphyton protocols*. In M. T. Barbour, J. Gerritsen, & B.D. Snyder, eds. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Streams and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*. Second Edition. EPA 841-B-99-002 United States Environmental Protection Agency, Washington. pp 6-1 through 6-22.

Stevenson, R.J., P.R. Sweets, Y. Pan, and R.E. Schultz. 1999. Algal community patterns in wetlands and their use as indicators of ecological conditions. In: A. J. McComb and J. A. Davis, eds. *Proceedings of INTECOL's Vth International Wetland Conference*. Pp.517-527. Gleneagles Press, Adelaide, Australia.

Wegl, R. 1983. Index für die Limnosaprobität. *Wasser und Abwasser*, 26: 1-175.

Whitton B.A. & Rott E. 1996. Use of Algae for Monitoring Rivers II. Proceedings of the 2nd European Workshop, Innsbruck, 1995. 196pp. Universität Innsbruck, Innsbruck.

Whitton B.A., Rott, E. & Friederich G. 1991. Use of Algae for Monitoring Rivers. Proceedings of the 1st European Workshop, Dusseldorf, 1991. 193ppp. Universität Innsbruck, Innsbruck.

Zakrys, B. 1986. Contribution to the Monograph of Polish members of the Genus *Euglena* Ehrenberg, 1830. *Nova Hedwigia*, 42 : 491-540.

Zelinka, M, Marvan, P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, 57: 389-407.

## **EQUIP DE TREBALL**

### **Directors:**

Lluís X. Godé i Antoni Munné,  
*Agència Catalana de l'Aigua.*

### **Autors equip de treball :**

Sergi Sabater,  
Elisabet Tornés,  
Manel Leira,  
i Rosa Trobajo,

*Universitat de Girona.  
Institut d'Ecologia Aquàtica.  
Grup de Recerca en Ecologia Aquàtica Continental  
(GREAC)*

Jaume Cambra,  
Joan Gomà,  
i Roser Ortiz,

*Universitat de Barcelona.  
Departament de Biologia Vegetal.  
Centre Especial de Recerca d'Ecologia i Gestió de  
l'Aigua.*







**Universitat de Girona**  
Institut d'Ecologia Aquàtica  
Grup de Recerca en Ecologia  
Aquàtica Continental (GREAC)



**Facultat de Biologia**  
Departament de Biologia Vegetal  
Centre Especial de Recerca  
d'Ecologia i Gestió de l'Aigua