



Universitat de Girona

DESENVOLUPAMENT D'UN SISTEMA EXPERT COM A EINA PER A UNA MILLOR GESTIÓ DE LA QUALITAT DE LES AIGÜES FLUVIALS

Esther LLORENS I RIBES

ISBN: 84-688-8628-9

Dipòsit legal: GI-I 132-2004

<http://hdl.handle.net/10803/7778>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

Desenvolupament d'un sistema expert com a eina per a una millor gestió de la qualitat de les aigües fluvials



Tesi doctoral

Girona 2004

Esther Llorens i Ribes



Universitat de Girona

Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

LABORATORI D'ENGINYERIA QUÍMICA I AMBIENTAL

TESI DOCTORAL

Desenvolupament d'un sistema expert com a eina per a una millor
gestió de la qualitat de les aigües fluvials

Memòria presentada per l'Esther Llorens i Ribes,
per a optar al títol de Doctora per la Universitat de Girona

Girona, Primavera del 2004

“Lo más hermoso que podemos experimentar es el misterio. Es la fuente de todo arte y toda ciencia de verdad. Aquel para quien esta emoción es desconocida, aquel que ya es incapaz de detenerse para maravillarse y sentirse transportado por un sentimiento reverente, vale tanto como un muerto: sus ojos están cerrados.”

(Albert Einstein, *El mundo tal como lo veo*, 1929)

Agraïments

Aquesta serà possiblement la plana més llegida de la tesi doctoral (com en tantes altres tesis). Per això mateix escriure-la resulta ser una tasca difícil. Una té la por de deixar-se algú o de no mostrar prou l'agraïment que sent. Costa plasmar els sentiments en una fulla de paper. Potser amb un poema... però no sóc poeta.

En primer lloc voldria agrair l'oportunitat i l'ajuda rebuda per part dels meus dos directors de tesi, Manel i Quim. I també la companyonia de tot el grup Lequia, especialment la gent que forma part de la Guardie (Xavi, Teia, Mireia, Francesc, Lluís, Sebastià, Anna, Montse, Helio, Clàudia, Gemma i Peter) o que n'ha format part (Elvira, Núria, Jordi B., Christian...). Però sobretot, agrair la paciència de la Guardie 2. Gràcies nois i noies!!

Per altra banda, la realització d'aquesta tesi no hauria estat possible sinó hagués gaudit de la beca predoctoral de la Universitat de Girona i sinó s'hagués dut a terme el projecte europeu STREAMES. Per tant, agrair el finançament rebut per part de la Universitat de Girona i l'oportunitat de treballar en un projecte d'unes dimensions tan considerables.

També voldria agrair als pares del projecte STREAMES el seu entusiasme en el desenvolupament del projecte i a l'oportunitat donada de conèixer diversos països, diverses cultures, i... de conèixer i treballar amb una gent fantàstica!! Certament ha estat un gran plaer treballar amb tota aquesta gent. No oblidaré els nostres viatges a Berlín, Toulouse, Creta i Roma, els nostres *meetings*, els nostres llargs sopars, ... Ha estat tota una experiència que, a més a més, ha contribuït a la meva formació com a persona. Tampoc oblidaré les estades de recerca a Roma, Heraklion i Nelson. A tot el grup STREAMES, moltes gràcies!! I dins d'aquest grup, mencionar: l'aportació d'en David (l'únic informàtic en un món bàsicament d'ecòlegs); la companyonia del grup de *PhD Students* format per la Gora, en Jesús, en Nico, en Markus, l'Antonio i en Pedro, que han fet dels *meetings* quelcom més que feina; l'ajuda i les hores compartides pel *consorci català* (Eugènia, Quico, Joan Lluís, M^a Àngels i Quim); i, finalment, agrair l'ajuda de l'Alba en l'apartat de les actuacions.

A un nivell més personal voldria agrair la paciència de totes les meves amistats, especialment a l'Estefi (gràcies per aguantar les meves neures), a l'Anna (gràcies per les trucades, els *mails* i els missatges d'ànims), a en W (gràcies per les hores compartides) i a en Carles (és agradable saber que hi ha una cara amiga darrera la pantalla).

I darrerament, durant l'escriptura de la tesi, agrair els *mails* d'ànim d'en Roger, que tot i trobar-se a les antípodes s'ha preocupat de l'evolució de la tesi i del meu estat anímic. També agrair el carinyo rebut de les meves companyes de dansa (sobretot de la Charo) i de tai txi (la Núria). I no voldria deixar-me en Jordi Canaleta, el meu professor de tai txi, el qual ha estat pendent de

mi durant tot el període d'escriptura. Gràcies per preocupar-te de la meva integritat física i anímica i pels exercicis que em vas ensenyar!! Crec que sense dansa i tai txi el camí hauria estat més dur.

A tots vosaltres, moltes gràcies.

ÍNDEX

1. Introducció	1
1.1. Situació actual	1
1.1.1. La degradació de la qualitat físico-química de les aigües fluvials	1
1.1.1.1. Excés de nitrogen	3
1.1.1.2. Excés de fòsfor	5
1.1.2. La degradació física de l'ecosistema fluvial	7
1.1.2.1. La destrucció de la vegetació de riba/ribera	7
1.1.2.2. Regulació de cabals: construcció d'embassaments	8
1.1.2.3. Regulació de cabals: eliminació de meandres, canalitzacions i dragatges ..	8
1.2. Gestió dels ecosistemes fluvials	9
1.2.1. Antecedents	9
1.2.2. Noves tendències	11
1.2.3. L'aplicació d'eines que incorporen elements d'Intel·ligència Artificial	12
1.2.3.1. La Intel·ligència Artificial i els seus dominis d'aplicació	13
1.2.3.2. Sistemes Experts	15
1.2.3.3. Sistemes de Suport a la Decisió	19
1.3. El projecte STREAMES	21
1.3.1. Objectius del projecte	21
1.3.2. Organització i participants	23
2. Objectius	25
3. Metodologia pel desenvolupament i construcció del Sistema Expert.....	26
3.1. Adquisició del coneixement	26
3.1.1. Coneixement general	27
3.1.1.1. Revisió bibliogràfica	27
3.1.2. Coneixement heurístic	30
3.1.2.1. Qüestionaris	30
3.1.2.2. Entrevistes personals	38
3.1.2.3. Fòrum	38
3.1.3. Coneixement empíric	41
3.1.3.1. Campanyes experimentals	41
3.2. Representació del coneixement	44
3.2.1. Definició d'arbre de decisió	45
3.2.2. Desenvolupament dels arbres de decisió	45
3.3. Implementació del coneixement i integració dels arbres de decisió	47
3.3.1. Integració dels arbres de decisió	47
3.3.2. Implementació del coneixement	48
4. Etapa d'adquisició del coneixement	49
4.1. Revisió bibliogràfica	49

4.1.1. Anàlisi de la recerca	49
4.1.2. Coneixement adquirit	54
4.1.2.1. Coneixement general sobre rius	54
4.1.2.2. Qualitat de l'aigua	61
4.1.2.3. Gestió de cursos i conques fluvials	64
4.1.2.4. Eines d'intel·ligència artificial de suport utilitzades en el domini fluvial	67
4.2. Coneixement adquirit dels qüestionaris, de les entrevistes, de les reunions i del fòrum	73
4.2.1. Estat de l'art de les conques i els cursos fluvials dels països participants en el desenvolupament del SSDA	73
4.2.2. Generació de noves alternatives de gestió	74
4.2.3. Requisits i potencialitat del SSDA	75
4.2.3.1. Expectatives del SSDA	75
4.2.3.2. Potencialitat del SSDA	76
4.2.3.3. <i>Outputs</i> del SSDA	76
4.2.3.4. Operació del SSDA	78
4.3. Campanyes experimentals	79
5. Etapa de representació del coneixement	83
5.1. Arbre de decisió pel problema de l'eutrofització.....	84
5.1.1. El problema de l'eutrofització	84
5.1.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi	84
5.1.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes	86
5.1.3.1. Càlcul del grau de la "alteració fluvial" com a causa	88
5.1.4. Llistat de proposta d'actuacions	90
5.2. Arbre de decisió pel problema de l'excés de nitrogen	98
5.2.1. El problema de l'excés de nitrogen	98
5.2.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi	98
5.2.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes	102
5.2.4. Llistat de proposta d'actuacions	106
5.3. Arbre de decisió pel problema de l'excés de matèria orgànica	106
5.3.1. El problema de l'excés de matèria orgànica	106
5.3.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi	106
5.3.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes	107
5.3.4. Llistat de proposta d'actuacions	109
5.4. Arbre de decisió pel problema de l'anòxia	109
5.4.1. El problema de l'anòxia	109
5.4.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi	109
5.4.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes	111
5.4.4. Llistat de proposta d'actuacions	113
5.5. Arbre de decisió pel problema de salinitat	113

5.5.1.El problema de la salinitat	113
5.5.2.Arbre de decisió parcial de diagnosi	113
5.5.3.Arbre de decisió parcial de detecció de causes	114
5.5.4.Llistat de proposta d'actuacions	117
5.6. Arbre de meta-regles	117
5.7. Relacions internes entre els diferents arbres de decisió del SE	117
6. Etapa d'implementació del coneixement i d'integració dels arbres de decisió	119
6.1. Procés de codificació	119
6.2. Arquitectura del Sistema Expert	121
6.2.1.Arquitectura conceptual	121
6.2.2.Componentes del sistema	122
7. Funcionament del Sistema Expert	124
7.1. Marc conceptual del Sistema	124
7.1.1. Fase de diagnosi	125
7.1.2. Fase de solucions	126
7.1.3. Fase de prognosi	127
7.2. El Sistema Expert com a eina de suport a la decisió	127
7.2.1.Dades necessàries per a executar el Sistema Expert	127
7.2.2. Exemples del funcionament del Sistema Expert	131
7.2.2.1. Avaluació de la qualitat físico-química i dels possibles problemes que pot patir un tram fluvial	132
7.2.2.2. Avaluació de l'estat qualitatiu i de la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial	141
8. Conclusions	148
Bibliografia	150
Annexos	166
Annex I: Legislació	166
Annex II: Càlcul del grau de la "alteració fluvial"	170
Annex III: Taules d'actuacions	176

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1.1. Diagrama de flux de la interacció ecosistema terrestre-ecosistema fluvial	2
Figura 1.2. Relació existent entre els diversos problemes fluvials	7
Figura 1.3. La complexitat de la gestió fluvial	13
Figura 1.4. Disciplines i aplicacions de la Intel·ligència Artificial	14
Figura 1.5. Arquitectura general amb els components típics	18
Figura 1.6. Components conceptuals d'un SSDA	21
Figura 1.7. Països participants en el projecte STREAMES	23
Figura 1.8. Flux de les vies de comunicació de la informació en els diferents estadis de desenvolupament del projecte	23
Figura 3.1. Adquisició del coneixement	27
Figura 3.2. Part 1 del primer qüestionari	33
Figura 3.3. Part 2 del primer qüestionari	34
Figura 3.4. Part 3 (A) del primer qüestionari	35
Figura 3.5. Part 3 (B) i part 4 (A) del primer qüestionari	36
Figura 3.6. Part 4 (B) del primer qüestionari	37
Figura 3.7. Coneixement adquirit dels qüestionaris	32
Figura 3.8. Entrevista realitzada als gestors de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne	39
Figura 3.9. Entrevista realitzada als gestors de la Yarqon River Authority	40
Figura 3.10. Plana inicial del fòrum de discussió	41
Figura 3.11. Localització dels escenaris d'estudi	42
Figura 3.12. Característiques diferenciadores dels rius estudiats	42
Figura 3.13. Caracterització d'un escenari	43
Figura 3.14. Esquema d'un arbre de decisió	45
Figura 3.15. Procedència del coneixement estructurat en un arbre de decisió	46
Figura 3.16. Fases d'un arbre de decisió	46
Figura 3.17. Arbre de decisió simplificat pel problema de l'eutrofització	47
Figura 3.18. Procés de discussió sobre el marc conceptual del SE	48
Figura 4.1. Percentatge dels grups de referències en la revisió bibliogràfica	50
Figura 4.2. Anàlisi global sobre els anys de publicació de la recerca realitzada	51
Figura 4.3. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup DSS	51
Figura 4.4. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup ES	52
Figura 4.5. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup NN	52
Figura 4.6. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup MF	53
Figura 4.7. Anàlisi dels anys de publicació pel grup AI	53
Figura 5.1. Problemes considerats en el SE	83
Figura 5.2. Arbre de diagnosi del problema de l'eutrofització	85
Figura 5.3. Enllaços interns entre els nivells dels arbres de decisió parcials de l'eutrofització ..	86
Figura 5.4. Arbre de detecció de causes del problema de l'eutrofització	88

Figura 5.5. Fitxa per a l'actuació de l'estaquillado	91
Figura 5.6. Fitxa per a l'actuació del <i>buffer strip</i>	92
Figura 5.7. Balanç de matèria que es realitza en l'etapa de la prognosi	95
Figura 5.8. Arbre de diagnosi pel problema del nitrogen	101
Figura 5.9. Enllaços entre les diagnosis i els arbres de detecció de causes pel cas del nitrogen	102
Figura 5.10. Arbre de detecció de causes <i>Nitrogen Cause DT1</i>	102
Figura 5.11. Arbre de detecció de causes <i>Nitrogen Cause DT2</i>	103
Figura 5.12. Arbre de detecció de causes <i>Nitrogen Cause DT3</i>	103
Figura 5.13. Arbre de detecció de causes <i>Nitrogen Cause DT4</i>	104
Figura 5.14. Arbre de detecció de causes <i>Nitrogen Cause DT5</i>	104
Figura 5.15. Arbre de diagnosi pel problema d'excés de matèria orgànica	107
Figura 5.16. Enllaços interns entre els resultats de la diagnosi i l'arbre de detecció de causes per la matèria orgànica	107
Figura 5.17. Arbre de detecció de causes pel problema de contaminació per un excés de matèria orgànica	108
Figura 5.18. Arbre de diagnosi de l'anòxia	110
Figura 5.19. Correspondència entre els resultats de les diagnosis i l'arbre de detecció de causes pel problema de l'anòxia	111
Figura 5.20. Arbre de detecció de causes pel problema de l'anòxia	112
Figura 5.21. Arbre de diagnosi de la salinitat	114
Figura 5.22. Enllaços interns entre els resultats de la diagnosi i els arbres de detecció de causes pel problema de la salinitat	115
Figura 5.23. Arbre de detecció de causes <i>Salinity Cause DT1</i>	116
Figura 5.24. Arbre de detecció de causes <i>Salinity Cause DT2</i>	116
Figura 5.25. Arbre de meta-regles del SE	117
Figura 5.26. Connexions internes entre els diferents arbres de decisió: el cas de l'eutrofització	118
Figura 6.1. Codificació d'una branca de l'arbre de diagnosi de l'anòxia	119
Figura 6.2. Comparació entre l'estructura original d'una regla i la modificada pel SE desenvolupat	120
Figura 6.3. Arbre de diagnosi de l'anòxia codificat en forma de regles	120
Figura 6.4. Arquitectura conceptual del SE desenvolupat	122
Figura 6.5. Estructura relacional entre els diferents mòduls del SE	123
Figura 7.1. Funcionament del SSDA	124
Figura 7.2. Marc conceptual del SE	125
Figura 7.3. Identificació dels problemes en la fase de diagnosi (amb els corresponents passos seguits pel SE)	126
Figura 7.4. Fase de generació del llistat d'estratègies d'actuació (fase solucions)	127
Figura 7.5. Imatge de l'escenari d'estudi	134

Figura 7.6. Pantalla d'entrada de dades pel punt de mostreig Jon1	135
Figura 7.7. Pantalla d'ajuda per a la identificació dels quironòmids i oligoquets vermells	136
Figura 7.8. Pantalles corresponents a l'etapa de diagnosi del SE	137
Figura 7.9. Pantalles corresponents a la causa i a l'elecció del tipus d'accions a mostrar	138
Figura 7.10. Pantalles corresponents a la proposta d'actuacions	139
Figura 7.11. Pantalla referent a la prognosi dels efectes en la qualitat de l'aigua del tram d'estudi de l'actuació proposada d'intercalar roques en el llit fluvial	141
Figura 7.12. Pantalla que descriu breument el SE STREAMES	141
Figura 7.13. Escenari d'estudi amb els corresponents punts de mostreig	142
Figura 7.14. Pantalles corresponents als resultats de la diagnosi de l'estat qualitatiu i la capacitat d'autodepuració del cas d'estudi	147

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1.1. Els models de qualitat d'aigua més rellevants	11
Taula 1.2. Primers SE	15
Taula 1.3. Relació entre les categories de SE i els problemes als quals són adreçats	17
Taula 3.1. Bases de dades consultades	29
Taula 3.2. Descripció dels paràmetres mesurats	44
Taula 4.1. Relació entre els problemes més comuns dels ecosistemes fluvials i els seus efectes	58
Taula 4.2. Comparació entre els índexs biològics i els físico-químics	63
Taula 4.3. Diferències entre el SSD <i>STREAMPLAN</i> i el SSD <i>DESERT</i>	71
Taula 4.4. Característiques dels diferents trams estudiats en les campanyes experimentals ...	79
Taula 4.5. Resum estadístic del mostreig dels efluentes de les EDARs	80
Taula 4.6. Resum estadístic d'alguns dels paràmetres físico-químics bàsics dels 11 llocs d'estudi	81
Taula 5.1. Coneixement obtingut pel desenvolupament dels arbres de decisió	83
Taula 5.2. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una EDAR	93
Taula 5.3. Valors adoptats per la facilitat d'implementació, l'èxit d'aplicació i el temps de resposta de les actuacions del SE	94
Taula 5.4. Detall de la informació de prognosi relativa a algunes de les solucions proposades	94
Taula 7.1. Resum de les dades necessàries per a fer córrer el SE (una vegada s'han seleccionat totes les opcions)	129
Taula 7.2. Resum de les dades mínimes requerides per a l'opció: avaluació de la qualitat físico-química de l'aigua fluvial	130
Taula 7.3. Resum de les dades mínimes requerides per a l'opció: avaluació de l'estat ecològic i avaluació de la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial	131
Taula 7.4. Dades que defineixen el tram d'estudi	132
Taula 7.5. Dades referents als punts de mostreig i a les fonts puntuals i difoses	133
Taula 7.6. Dades que defineixen el tram d'estudi i les fonts puntuals i difoses	143
Taula 7.7. Dades referents als punts de mostreig	144
Taula 7.8. Relació entre les concentracions d'amoni, nitrat i fòsfor en l'aigua fluvial i les categories de qualitat per a l'àrea de Catalunya	146
Taula 7.9. Relació entre els valors de les capacitats autodepuradores i les corresponents categories	147
Taula II.1. Relació entre els paràmetres avaluats i els valors assignats pel càlcul de la DL ...	171
Taula II.2. Equivalència entre el valor de la DL, l'estat del llit fluvial i el grau d'alteració d'aquest	173
Taula II.3. Relació entre els paràmetres avaluats i els valors assignats pel càlcul de la DR ...	174

Taula II.4. Equivalència entre el valor de la DR, l'estat de la zona de riba i el grau d'alteració d'aquesta	174
Taula III.1. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una EDAR	177
Taula III.2. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una indústria	179
Taula III.3. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és una àrea urbana sense EDAR	181
Taula III.4. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura	183
Taula III.5. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és la "alteració del llit fluvial"	186
Taula III.6. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és la "alteració de la riba"	187
Taula III.7. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'efluent d'una EDAR	188
Taula III.8. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'efluent d'una indústria	191
Taula III.9. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és una àrea urbana sense EDAR	194
Taula III.10. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura	197
Taula III.11. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és la "alteració del llit fluvial"	201
Taula III.12. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és la "alteració de la riba"	202
Taula III.13. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'efluent d'una EDAR	204
Taula III.14. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'efluent d'una indústria	206
Taula III.15. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és una àrea urbana sense EDAR	208
Taula III.16. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura	210
Taula III.17. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és la "alteració del llit fluvial"	212
Taula III.18. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és la "alteració de la riba"	213
Taula III.19. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és l'efluent d'una EDAR	214

Taula III.20. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és l'efluent d'una indústria	216
Taula III.21. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és una àrea urbana sense EDAR	218
Taula III.22. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura	220
Taula III.23. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és la "alteració del llit fluvial"	222
Taula III.24. Llista d'actuacions pel problema de l'anòxia quan la causa és la "alteració de la riba"	223
Taula III.25. Llista d'actuacions pel problema de salinitat quan la causa és l'efluent d'una EDAR	224
Taula III.26. Llista d'actuacions pel problema de salinitat quan la causa és l'efluent d'una indústria o d'una extracció d'àrids	225

ACRÒNIMS:

AG:	algoritme genètic
DBO:	demanda biològica d'oxigen
Cond:	conductivitat
DL:	alteració del llit fluvial
DOC:	carboni orgànic dissolt
DQO:	demanda química d'oxigen
DR:	alteració de riba
DT:	arbre de decisió
EDAR:	estació depuradora d'aigües residuals
EPA:	Environmental Protection Agency
EUTROP:	eutrofització
GIS:	sistema d'informació geogràfica
IA:	Intel·ligència Artificial
M.O.:	matèria orgànica
N:	nitrogen
OD:	oxigen dissolt
O.M.:	matèria orgànica (en anglès)
P:	fòsfor
P _S :	fòsfor soluble; fosfats
P _T :	fòsfor total
SBC:	sistema basat en el coneixement
SE:	sistema expert
SP:	espècies
SSD:	sistema de suport a la decisió
SSDA:	sistema de suport a la decisió ambiental
SST:	sòlids en suspensió totals
T:	temperatura
TOC:	carboni orgànic total
UE:	Unió Europea
v.H ₂ O:	velocitat de l'aigua
VB:	Visual Basic
WWTP:	estació depuradora d'aigües residuals (en anglès)

Capítol 1. Introducció

1. Introducció

1.1. Situació actual

En les darreres dècades els rius estan patint la major degradació antròpica de la seva història (Schmidt i Otaola-Urrutxi, 2002). La mala qualitat de l'aigua fluvial ha esdevingut un problema seriós, especialment en les regions desenvolupades (Comas et al., 2003a), degut a l'important estrès en el que es troben els rius d'aquestes zones al experimentar un enriquiment en nutrients i d'altres compostos contaminants.

El canvi dels usos del sòl de les planes al·luvials, els canvis en la cobertura vegetal, la modificació del paisatge, l'abocament directe o indirecte d'aigües residuals urbanes i/o industrials, les extraccions d'aigua pel consum humà i pel reg agrícola, l'ús de productes químics com ara fertilitzants, herbicides i plaguicides, així com les in comptables actuacions de regulació de cabals realitzades en els cursos fluvials (construcció de preses, canalitzacions, dragatges...), han contribuït a la degradació de la qualitat de les aigües fluvials i, consegüentment, a la degradació dels seus ecosistemes (García de Jalón i González del Tanago, 1988). Totes aquestes actuacions d'origen antropogènic comporten la pèrdua de les funcions originals dels sistemes afectats (Sterba et al., 1997), reduint, així, la seva capacitat de resposta envers l'increment de les càrregues contaminants.

El problema s'agreuja en les regions on l'aigua és escassa, com ara la regió Mediterrània (on la climatologia determina una estacionalitat marcada en el règim dels cursos fluvials).

1.1.1. La degradació de la qualitat físico-química de les aigües fluvials

Avui en dia no pot negar-se el fet que els humans són un component més de les conques fluvials i que la seva activitat afecta enormement la qualitat de l'aigua fluvial (figura 1.1), abocant substàncies contaminants o bé alterant els cicles biogeoquímics dels nutrients (per exemple, mitjançant la modificació dels usos del sòl). La càrrega de nutrients ha augmentat amb la creixent activitat humana. Durant el darrer segle la producció industrial i ramadera, el consum domèstic, l'extensió de les terres cultivades i l'ús de fertilitzants inorgànics s'han incrementat, produint aigües residuals riques en nutrients. Però el problema no havia estat tan greu com en les darreres dècades, en les que l'increment de les càrregues de nutrients en els sistemes aquàtics ha esdevingut un problema prioritari a solucionar per les administracions competents en matèria d'aigua.

Aquest fet és especialment rellevant en els països europeus, on la majoria de les conques fluvials estan densament poblades. Pel que fa als països mediterranis, aquests tendeixen a

tenir condicions molt més crítiques degut a l'escassetat de l'aigua, cosa que impedeix la dilució de l'entrada d'elevades càrregues de nutrients.

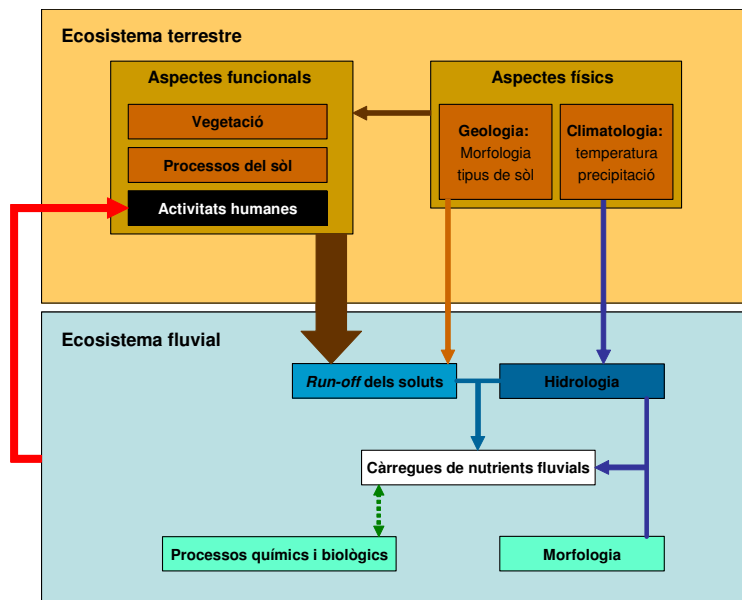


Figura 1.1. Diagrama de flux de la interacció ecosistema terrestre-ecosistema fluvial, en el que pot observar-se la incidència de l'activitat humana en ambdós ecosistemes

(adaptada de Martí et al., 2001)

La qualitat de l'aigua fluvial, però, no només depèn de les entrades de nutrients (nitrogen i fòsfor), sinó que també depèn de la capacitat dels ecosistemes aquàtics de retenir o eliminar part de les càrregues d'aquests nutrients (Martí et al., 2002). Els rius es caracteritzen per la seva gran capacitat d'autodepuració. El problema sorgeix quan reben l'entrada de grans quantitats de contaminants, essent incapaços de retenir i assimilar càrregues tan grans (Martí et al., 2004). Llavors el sistema se satura i perd l'equilibri. D'aquí se'n deriva la definició del terme de contaminació: alteració desfavorable del medi deguda a la incapacitat d'aquest medi per eliminar els contaminants, considerant un contaminant com a qualsevol substància que, sigui per la seva toxicitat o per la seva quantitat, no pot ésser reciclada pel medi i, per tant, es va acumulant tot produint un desequilibri en l'ecosistema (Llorens, 2000). No obstant, la resposta del riu enfront l'alteració humana dependrà de les seves característiques fluvials i de les fonts de contaminació.

L'entrada de contaminants, incloent-hi els nutrients, en els ecosistemes fluvials pot ésser puntual (per exemple, l'efluent d'una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR)) o bé difosa (per exemple, l'entrada de fertilitzants usats en l'agricultura deguda a un ús excessiu d'aquests). En termes generals, es considera que l'activitat agrícola és una de les màximes responsables en la degradació de la quantitat i qualitat de les aigües (Sterba et al., 1997), ja que és l'ús del sòl predominant en termes de superfície en el conjunt de la Unió Europea (UE).

El Fondo Mundial para la Naturaleza (2001) estableix que el sector agrari és un dels principals usuaris d'aigua a Europa degut a què, per terme mig, consumeix aproximadament un 30% de l'extracció de l'aigua en els 15 Estats Membres de la UE. Ara bé, aquest percentatge varia considerablement entre els Estats Membres del nord i del sud, essent d'un 80% en el cas de Grècia i Espanya, com a conseqüència de l'extensió de zones de regadiu. L'impacte de l'agricultura en la qualitat de l'aigua és bàsicament l'aportació de nutrients (fòsfor, per l'ús de fertilitzants rics en fòsfor, i nitrats, per l'ús de fertilitzants nitrogenats), tot i que, actualment, hi ha un increment en l'intent de reduir les aplicacions de nitrogen (Everard i Powell, 2002).

Per tal de determinar si un nutrient es troba en excés i, per tant, comporta un problema en referència a la qualitat de l'aigua fluvial l'Environmental Protection Agency (EPA) estableix que un nutrient es troba en excés quan: "una càrrega de nutrient subministrada provoca: 1) efectes directes que poden ser immediats o predecibles i que poden ésser observats directament en l'ecosistema, en el riu o en els usos de l'aigua; i/o 2) un increment de la producció de la biomassa que excedeix la capacitat de reciclatge de l'ecosistema". Per tant, es defineix un nutrient en excés quan les seves concentracions naturals són excedides i aquest fet causa algun tipus de molèstia o alteració a l'ecosistema.

Pel que fa a l'impacte ocasionat per un excés de nutrients, aquest pot ésser directe (el nutrient actua com a toxina) o pot donar-se a través, per exemple, de l'efecte de l'eutrofització, on el nutrient actua directament dins de la cadena tròfica existent.

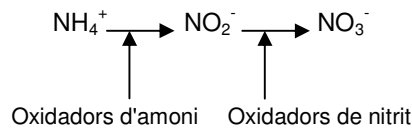
1.1.1.1. Excés de nitrogen

Les formes més importants del nitrogen en els sistemes aquàtics són el nitrogen orgànic (la major part), l'amoni, els nitrats i els nitrits, essent els més problemàtics l'amoni i els nitrats.

Contaminació per un excés d'amoni

L'amoni és un compost tòxic, degut a què en el riu és metabòlicament molt actiu. Afecta a peixos i macroinvertebrats, podent-se observar una baixa biodiversitat i/o abundància d'espècies. Sortosament, en ambients aeròbics l'amoni és ràpidament mobilitzat en forma de nitrat pel procés de nitrificació. Però, durant la nit, quan la concentració d'oxigen dissolt (OD) és baixa, aquesta mobilització no és possible i llavors el problema de la seva toxicitat apareix.

La nitrificació és la reacció d'oxidació de l'amoni present en l'aigua a nitrat, dividida en dues fases (Manga, 2000). En la primera fase actuen els anomenats oxidadors d'amoni i en la segona, els oxidadors de nitrit. Ambdós tipus de microorganismes són autòtrofs i precisen d'oxigen dissolt en el medi per tal de poder obtenir energia del procés.



Els factors ambientals que afecten a la nitrificació són la concentració del substrat, la concentració d'amoni, la temperatura, l'oxigen dissolt i el pH.

Finalment, a la incidència de l'amoni en la qualitat de les aigües fluvials cal afegir-hi l'impacte ocasionat quan es donen alteracions en el pH d'aquestes aigües. Aquestes alteracions, a part de comportar modificacions en les comunitats animals i vegetals, també condueixen a la formació de certs compostos, com ara l'amoniac (a pH alts l'amoni esdevé amoniac), i a la solubilització dels metalls pesants presents en els ambients aquàtics (quan el pH és baix). Per sort, si les aigües són suficientment dures les variacions de pH no són importants degut a l'efecte tampó de l'aigua. No obstant això, en aigües toves l'efecte tampó no existeix i llavors es fa necessària alguna actuació per solventar el problema.

Contaminació per un excés de nitrats

El nitrat, provinent de la contaminació difosa ocasionada per l'agricultura, a més de tenir efectes negatius pel medi ambient, també comporta un problema d'utilització de l'aigua en processos industrials i alhora un problema de caràcter sanitari quan els nivells superen els 50mg NO₃⁻/l, valor a partir del qual l'aigua deixa de ser apta pel consum humà. En aquest cas hi ha el risc de patir metahemoglobinèmia en grups vulnerables com ara els nens petits.

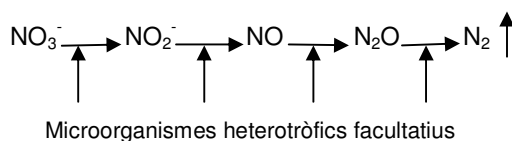
Es caracteritza per ser un compost d'elevada capacitat d'infiltració. Travessa qualsevol tipus de filtre, ja sigui sorra, sediments, ... D'aquí que un excés de nitrats sigui un bon indicador de la contaminació general de les aigües, incloses les subterrànies (degut a què el nitrat és el principal contaminant dels aqüífers). Per això mateix la seva evolució en el temps ha esdevingut un bon indicador de l'ús sostenible de les aigües a Europa i d'aquí que avui en dia ningú estudiï un riu sense tenir en compte els aqüífers de la zona.

La contaminació per nitrats es tracta d'un fenomen comú a tota la Unió Europea. Per aquest motiu en l'any 1991 entrà en vigor la directiva comunitària 91/676/CEE, també coneguda com la Directiva del Nitrat, per tal de reduir aquest tipus de contaminació. A nivell de Catalunya, el Govern de Catalunya redactà i aprovà el decret 283/1998, de 21 d'octubre, seguint la línia de l'esmentada Directiva, definint les àrees catalanes amb risc de patir contaminació per nitrats.

L'única via d'eliminació del nitrat de l'aigua és mitjançant la desnitrificació (la reacció de reducció del nitrat a nitrogen gas). Els microorganismes responsables són heteròtrofs

facultatius i precisen de condicions d'anòxia (el nitrat és l'acceptor d'electrons, enlloc de l'oxigen) i de matèria orgànica dissolta en l'aigua.

El pas que es dona és el següent:



Els factors que afecten al procés són el tipus i concentració de substrat orgànic, la temperatura, la presència d'oxigen dissolt, el pH i l'absència de sulfat.

El problema és que en els rius ben oxigenats el potencial de desnitrificació és baix. Sortosament, però, en termes generals, les zones de riba sanes afavoreixen el desenvolupament de les condicions necessàries per a la desnitrificació (Sabater et al., 2002). Així doncs, cal tenir-les en compte davant d'un problema d'excés de nitrats.

1.1.1.2. Excés de fòsfor

El fòsfor és el principal responsable de l'eutrofització de les aigües superficials. Acostuma a ser el nutrient limitant en la majoria de sistemes aquàtics naturals, tot i que també pot ser-ho el nitrogen. La determinació de quin dels dos macronutrients és el limitant s'obté a partir de la mesura de les concentracions d'ambdós nutrients en la massa d'aigua i del càlcul de les proporcions C:N:P. A nivell pràctic és més fàcil utilitzar les proporcions màssiques de les formes biològicament disponibles de nitrogen i fòsfor que les molars. Si es mesuren les concentracions dels nutrients (per exemple, en mg/l), el valor de la proporció molar de referència serà 16N:1P, que correspon a una proporció màssica de 7'2N:1P. En resum, una proporció màssica de 7-8N:P sembla ser un límit aproximat raonable per a definir el nutrient possiblement limitant (Ryding i Rast, 1992). Si la proporció és superior a 8 el fòsfor és el limitant i si és inferior a 7, ho és el nitrogen. En el cas de trobar-se entre 7 i 8, els dos nutrients són els limitants o bé ho és algun altre factor com ara la llum o la temperatura.

L'eutrofització en els rius és el resultat d'una pertorbació severa del balanç normal entre el subministrament extern de matèria orgànica, l'activitat fotosintètica interna de les comunitats de plantes de riu i la capacitat de mineralització d'aquesta matèria orgànica. Aquestes pertorbacions són generalment el resultat d'una contaminació per matèria orgànica i entrades excessives de nutrients. L'origen de les pertorbacions pot ésser per un augment de la fotosíntesi i de la respiració de la biomassa, donant-se llavors una important variació en la concentració d'oxigen dissolt en l'aigua entre el dia i la nit (Guasch et al., 1998).

L'EPA caracteritza el procés d'eutrofització a partir de diferents criteris (Peñarrocha, 1999): a) disminució de la concentració d'oxigen dissolt; 2) augment en la concentració de nutrients; 3) augment en la concentració de substrat soluble ràpidament biodegradable; 4) progressió cap a una població dominada per algues verdes i/o cianofícies a partir d'una població de diatomees; 5) augment de la terbolesa de l'aigua; i, 6) augment de la concentració de fòsfor en els sediments.

Existeixen altres definicions dignes d'esmentar. Moth Iversen (1997) defineix l'eutrofització com "l'enriquiment nutricional del medi ambient aquàtic que condueix a un increment en la raó de subministrament de matèria orgànica, incloent-hi la producció primària. Aquest enriquiment condueix a una pertorbació ambiental i canvis en la qualitat ecològica, i en darrer lloc redueix la utilitat del cos aquàtic". Per altra banda, la *Urban Waste Water Treatment Directive*, també coneguda com a Directiva UWWT (91/271/CEE), i Young (1995) la defineixen com "l'enriquiment de l'aigua per nutrients, especialment substàncies de nitrogen i/o fòsfor, causant un creixement accelerat d'algues i plantes majors i produint una indesitjable pertorbació del balanç dels organismes presents en l'aigua i en la qualitat de l'aigua tractada". En la mateixa línia els ecòlegs la defineixen com un enriquiment de les aigües en substàncies nutritives que condueix generalment a modificacions simptomàtiques com l'augment de la producció d'algues i d'altres plantes aquàtiques, la degradació de la pesca, el deteriorament de la qualitat de l'aigua i dels seus usos en general. Finalment, la *Nitrate Directive* (91/676/CEE) defineix l'eutrofització en la mateixa via que la Directiva UWWT, però amb la diferència que només es fa referència als components de nitrogen (ambdues directives es troben resumides en els annexos).

Així, mentre que en condicions normals les algues es troben limitades principalment per les concentracions de nitrogen i fòsfor, quan aquests nutrients es troben en excés en els sistemes fluvials, aquests perden l'equilibri i s'observa un increment de la presència d'algues. Com a conseqüència s'observa una davallada de la concentració de l'oxigen dissolt (Sabater et al., 2000) i en casos extrems les poblacions piscícoles poden arribar a morir. Si l'eutrofització esdevé crònica (cap actuació és duta a terme), el problema pot tendir cap a una lleugera contaminació orgànica, que pot derivar en un problema d'anòxia (García de Jalón i González del Tanago, 1988), tal i com pot observar-se en la figura 1.2. En estadis terminals poden arribar-se a donar condicions d'anaeròbia, situació que en molts casos és irreversible.

Tal i com pot observar-se en la figura 1.2, els problemes de l'eutrofització, de contaminació per matèria orgànica, d'anòxia i anaerobiosi estan molt lligats. Podria dir-se que formen part d'un problema molt més gran: el de l'alteració del metabolisme de l'oxigen, l'origen del qual podria ser un excés de nutrients i/o una aportació de matèria orgànica. D'aquesta manera, a mida que la concentració d'OD baixa la qualitat de l'aigua fluvial és menor fins arribar al punt en el que la vida aquàtica ja no és possible (estadi d'anaerobiosi).

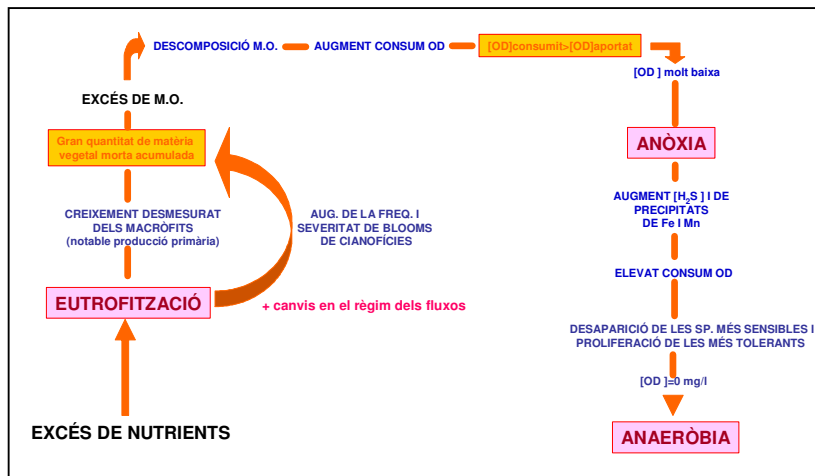


Figura 1.2. Relació existent entre els diversos problemes fluvials
(on M.O.= matèria orgànica; OD = oxigen dissolt; SP.= espècies)

1.1.2. La degradació física de l'ecosistema fluvial

La modificació física directa d'una o més parts integrants d'un ecosistema fluvial comporta un impacte associat a les funcions d'aquest ecosistema i, per tant, una alteració en la qualitat de les seves aigües.

Fins a l'actualitat la gran majoria de les actuacions dutes a terme en planes al·luvials, zones de ribera, marges i cursos fluvials han incidit negativament en la qualitat de les aigües fluvials, donat que han comportat la pèrdua de les funcions originals dels sistemes. Algunes d'aquestes actuacions són:

- Canvis en la cobertura vegetal mitjançant la destrucció o neteja dels boscos de ribera
- Construcció d'embassaments i preses
- Eliminació de meandres
- Canalització dels cursos fluvials
- Dragatges en els llits fluvials

1.1.2.1. La destrucció de la vegetació de riba/ribera

En el darrer segle s'ha experimentat una major degradació de les zones inundables, provocada majoritàriament per l'activitat agrícola (Sterba et al., 1997). La neteja de l'ecosistema riberenc condueix a la pobresa ecològica dels rius, és a dir, a la degradació dels rius i dels seus aqüífers, així com a pèrdues en la valoració del paisatge (per exemple, la pèrdua d'arbres) i a pèrdues econòmiques (una menor capacitat d'autodepuració precisa de l'aplicació de certes mesures per a garantir una mínima qualitat de l'aigua). Algunes de les conseqüències derivades de la destrucció i alteració de la vegetació ripícola especificades per Schmidt (2002) són la reducció de la diversitat florística i faunística, la pèrdua de refugis per a la fauna terrestre

i aquàtica i la falta d'ombra del curs fluvial, originant majors oscil·lacions tèrmiques (que poden sobrepassar els nivells de tolerància a la temperatura i al grau de saturació de l'OD d'algunes espècies) i un augment del creixement de macròfits i algues (Sabater et al., 1998). D'aquí se'n deriva l'estreta relació existent entre la vegetació de riba i l'estat ecològic dels ecosistemes fluvials.

Així doncs, preservar la vegetació de riba en bon estat és necessari per tal de garantir una condició òptima dels ecosistemes fluvials.

1.1.2.2. Regulació de cabals: construcció d'embassaments

La construcció d'embassaments modifica substancialment la composició i funcionalitat dels sistemes fluvials afectats, especialment dels trams situats aigües avall (Chibana et al., 2003). Representen barreres que aïllen trams fluvials prèviament comunicats, provocant aigües amunt dels embassaments la transformació d'un tram de riu en un gran sistema lacustre, afectant, així, als peixos migratoris marins (García de Jalón i González del Tanago, 1988). L'alteració artificial del règim fluvial també afecta als processos hidrodinàmics del transport i deposició dels sediments, tan gruixuts com fins. D'aquesta manera un riu pot passar de no ser ramificat a ser ramificat (canvis en la seva forma) o de tenir un substrat de grava a tenir un substrat de sorra (canvis en la naturalesa dels sediments del llit fluvial) (Carling, 1995).

Cal afegir l'impacte de la quantitat d'aigua alliberada per aquestes preses. Al ser irregular, no permet l'assentament de comunitats biològiques estables produint, així, una important pobresa faunística dels trams afectats. Quan es dona aquest fet sol dir-se que l'ecosistema afectat pateix un estrès per falta del cabal ecològic (Gippel et al., 2002), entenent-se com a cabal ecològic el cabal mínim necessari per a garantir el desenvolupament de la vida en els ecosistemes fluvials (Orth i Leonard, 1990). El problema es veu agreujat quan el tram afectat per l'estrès rep l'entrada d'algun abocament. En aquest cas, els efectes de l'abocament augmenten al no poder-se diluir.

Addicionalment, en certes ocasions l'aigua alliberada pels embassaments pot ser tòxica pels macroinvertebrats i pels peixos (sobretot a l'estiu, quan es dona l'estratificació en els embassaments).

1.1.2.3. Regulació de cabals: eliminació de meandres, canalitzacions i dragatges

Tot i que en un inici l'eliminació de meandres, la construcció de canals i els dragatges es realitzen per a prevenir inundacions, controlar l'erosió fluvial, estabilitzar terres agrícoles... s'ha observat que malmeten l'ecosistema fluvial provocant la generació de nous problemes o incrementant el problema ja existent.

Els canals construïts causen un increment de la velocitat de l'aigua i del pendent, provocant un increment de la força erosiva de l'aigua, creant així un problema d'avingudes en els trams baixos del riu afectat. A més a més, la canalització i l'eliminació de meandres condueixen a una baixa biodiversitat i/o abundància, ja que les espècies piscícoles perden l'aliment i els llocs d'amagatall. Els rius perden les seves funcions originals, tot observant-se una menor producció en el riu i una menor capacitat d'autodepuració.

A això cal afegir les conseqüències dels dragatges. Al dragar es remou el fons del llit i, per tant, es destrueix el macrobentos, el perifiton, els macròfits i, fins i tot, les posades d'ous piscícoles, reduint les poblacions de macroinvertebrats (García de Jalón i González del Tanago, 1988). Sortosament, els rius tenen una gran capacitat de recuperació. Si el temps de dragatge és curt, el tram dragat pot ésser recolonitzat en pocs mesos. Ara bé, si el dragat es dóna de forma continuada (periòdicament), aquest pot ocasionar la total desaparició de certes espècies.

1.2. Gestió dels ecosistemes fluvials

Els gestors es troben amb el problema de la gran complexitat del sistema a gestionar, donada l'estreta relació dels ecosistemes fluvials amb els ecosistemes terrestres que drenen (García de Jalón i González del Tanago, 1988).

Addicionalment a la complexitat dels ecosistemes fluvials es troba la dificultat associada de la gestió o control de les entrades de substàncies contaminants de fonts puntuals i/o difoses. Mentre que les entrades de fonts puntuals poden ésser controlades amb relativa facilitat, ja que poden identificar-se clarament, la identificació i control de les d'origen difós no és una tasca fàcil. Alhora, cal tenir en compte, que cada conca, riu o tram té unes característiques determinades, cosa que fa que la seva reacció sigui diferent i, per tant, que requereixi solucions diferents i específiques.

Per totes aquestes raons, la gestió de la qualitat de les aigües fluvials esdevé una tasca complexa que requereix un enfocament multidisciplinar. Per tal d'aconseguir aquest enfocament multidisciplinar diverses eines han estat utilitzades, des de models matemàtics fins a sistemes experts i sistemes de suport a la decisió.

1.2.1. Antecedents

Els models de qualitat de l'aigua fluvial han estat i són àmpliament utilitzats en el disseny i l'anàlisi de mesures de gestió de la qualitat de l'aigua. L'aplicació de models matemàtics amb aquest objectiu data des dels estudis inicials de la reducció de la concentració de l'oxigen dissolt deguda a la contaminació per un excés de matèria orgànica (Rauch et al., 1998). Des de

llavors, els models han estat refinats i actualitzats per trobar nous problemes de contaminació de les aigües fluvials. En els darrers setanta anys les variables d'estat han estat gradualment incorporades en els models seguint l'evolució dels problemes de qualitat de l'aigua.

La diversitat de models existents cobreix un ampli rang des del simple model de Streeter i Phelps (Streeter i Phelps, 1925), amb dues variables, fins el model QUAL2E i des de models que descriuen completament els cicles del nitrogen, fòsfor i oxigen, amb 10 variables d'estat, fins a models d'ecosistema, que consideren els sòlids en suspensió, les algues, el zooplàncton, els invertebrats, les plantes i els peixos.

El primer model desenvolupat fou el de Streeter i Phelps, el qual descrivia la variació de l'oxigen dissolt deguda a l'entrada de matèria orgànica en el sistema. Posteriorment, el model fou ampliat, incloent-hi els processos del nitrogen. Aquest nou model desenvolupat per l'EPA fou anomenat QUAL1 (Orlob, 1982). Finalment, a aquest nou model s'hi incorporà el cicle del fòsfor, creant el popular model QUAL2E (Brown i Barnwell, 1987), àmpliament utilitzat i versionat. Els processos físics i bioquímics integrats en el QUAL2E són (Rauch et al., 1998):

- Degradació de la matèria orgànica
- Creixement i respiració de les algues
- Nitrificació
- Hidròlisi del nitrogen i fòsfor orgànics
- Reaireació
- Sedimentació de les algues i del nitrogen i fòsfor orgànics
- Taxa de sedimentació de l'oxigen
- Alliberació del nitrogen i fòsfor dipositats en els sediments

D'altres models desenvolupats més recentment es troben resumits en la taula 1.1, mostrant-se, a més a més, els paràmetres que són avaluats en cadascun d'ells. Molts d'aquests inclouen extensions del QUAL2E.

A nivell europeu la tendència fins fa relativament pocs anys ha estat la d'aplicar dilucions per tal d'aconseguir la qualitat de l'aigua desitjada (Shanahan et al., 1998). Així doncs, la modelització de cabals i de la quantitat d'aigua ha estat molt més generalitzada que la modelització de la qualitat. No obstant això, la tendència a modelitzar-la ha experimentat en la darrera dècada un increment gradual. Aquest fet ha estat degut, principalment, a l'aplicació de noves mesures legislatives, les quals remarquen la necessitat d'utilitzar models de qualitat i de planificar estratègies de gestió per tal d'avaluar els impactes que afecten a la qualitat de l'aigua fluvial.

A mida que gran part de les fonts puntuals han estat controlades, la gestió de les fonts difuses ha anat adquirint una major importància. El model QUAL2E i d'altres models similars tenen

l'inconvenient que, si bé són molt bons en l'avaluació de contaminacions d'origen puntual, no són vàlids per a problemes derivats de la contaminació difosa i l'inconvenient de no poder ésser aplicats en rius amb variacions temporals de cabal.

Taula 1.1. Els models de qualitat d'aigua més rellevants (taula modificada de Rauch et al., 1998)

Aspectes avaluats	Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hidrodinàmica	Inputs externs	X	X			X					X
	Simulació		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Control de l'estructura			X	X	X	X	X	X	X	X
Transport	Transport	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sediments	Models de qualitat		X	X		X	X			Estructura oberta*	X
Qualitat de l'aigua	Temperatura	X		X	X	X	X	X	Estructura oberta*	Estructura oberta*	
	Bacteris			X	X	X	X	X			
	OD-DBO	X	X	X	X	X	X	X			
	Nitrogen	X	X	X	X	X	X	X			
	Fòsfor	X	X	X	X	X	X	X			
	Silici			X		X	X	X			
	Fitoplàncton	X	X		X	X	X	X			
	Zooplàncton			X		X	X				
	Algues bentòniques					X	X	X			
Anàlisi dels sistemes	Estimació dels paràmetres									X	X
	Anàlisi de la sensibilitat i incertesa	X								X	X

1 = QUAL2E; 2 = WASP5; 3 = CE-QUAL-ICM; 4 = HEC5Q; 5 = MIKE11; 6 = ATV; 7 = Salmon-Q; 8 = DUFLOW; 9 = AQUASIM; 10 = DESERT; * L'usuari pot determinar quin d'aquests paràmetres seran avaluats pel model.

1.2.2. Noves tendències

Tal i com s'ha comentat, en els darrers anys s'ha experimentat un creixent interès en l'avaluació de la importància relativa de les fonts difoses com a determinants de les càrregues de nutrients en els rius així com en la minimització de l'enorme cost ambiental que suposen certes actuacions antròpiques (com ara, l'eliminació de meandres o la canalització de cursos fluvials) (Schmidt i Otaola-Urrutxi, 2002). Paral·lelament, hi ha hagut un increment generalitzat de la demanda d'aigua amb un bon nivell de qualitat per part de la societat. Aquest nou corrent social es basa en l'anomenada "Nova Cultura de l'Aigua", la qual promou la realització d'actuacions basades en la sostenibilitat futura dels usos i de les activitats en els rius, tal i com Everard (2002) defensa. Everard estableix que en un món ecològicament empobrit, la restauració de les funcions dels ecosistemes i de la capacitat de les conques per a suportar les necessitats humanes és possiblement l'única forma d'invertir en un futur a llarg termini sostenible. Segons aquest autor, cal un canvi en la manera de pensar i actuar: reconèixer la importància de les funcions dels ecosistemes, protegint aquestes funcions mitjançant

estratègies de gestió, valorant-les adequadament i prenent mesures o decisions de gestió amb perspectives de futur.

En la mateixa línia la Directiva comunitària 2000/60/EEC, també anomenada Directiva Marc de l'Aigua, promou un consum sostenible de l'aigua basat en la planificació a llarg termini dels recursos hídrics disponibles (Poch, 1999). El principal objectiu de la Directiva és el d'aconseguir un "bon o molt bon estat ecològic" dels rius. Pretén aconseguir-ho mitjançant la conservació, restauració i gestió dels ecosistemes aquàtics amb una visió integrada de la conca i una elevada ponderació dels valors naturals (Schmidt i Otaola-Urrutxi, 2002).

La Directiva (veure annexos I) denomina "l'estat ecològic" com una "expressió de la qualitat de l'estructura i funcionament dels ecosistemes aquàtics associats a les aigües superficials. Té en compte la naturalesa físico-química de l'aigua i dels sediments, les característiques dels fluxos de l'aigua i l'estructura física de la massa d'aigua, però se centra en la condició dels elements biològics de l'ecosistema" (Poch, 1999). La gran quantitat de paràmetres a tenir en compte per tal de determinar l'estat ecològic d'un riu afegeix més complexitat en la gestió d'un riu o conca fluvial (Comas et al., 2002a).

1.2.3. L'aplicació d'eines que incorporen elements d'Intel·ligència Artificial

En les darreres dècades els models matemàtics/estadístics, els algorismes numèrics i les simulacions han estat eines utilitzades per a fer front a la gestió dels problemes ambientals i proporcionar la informació necessària a aquells que prenen les decisions finals. Amb aquesta idea s'han desenvolupat i aplicat un ampli ventall de tècniques científiques durant un llarg període de temps amb l'objectiu de solucionar els problemes de la gestió ambiental. Els resultats han estat força satisfactoris (Comas et al., 2002b).

Però, la major part d'aquests esforços han estat encarats cap a la resolució de problemes de reduïda complexitat (del primer nivell de complexitat establert per Funtowicz i Ravetz (1993, 1999), el qual correspon a sistemes simples i amb poca incertesa). Això fa que molts problemes ambientals complexos, com ara la gestió dels ecosistemes fluvials, no hagin estat vertaderament tractats per la comunitat científica.

La complexitat de la gestió dels ecosistemes fluvials (veure figura 1.3) requereix l'aplicació d'eines que siguin de gran ajuda en els processos de presa de decisions i que incorporin un ampli coneixement heurístic i empíric. Per tant, la detecció i solució dels diferents problemes fluvials no poden ésser aconseguits només amb un model numèric. Tal i com indiquen treballs recents, es necessita algun tipus d'eina intel·ligent capaç d'integrar eines clàssiques (com ara models i sistemes d'informació geogràfica) amb models d'intel·ligència artificial (Comas et al., 2002a; Comas et al., 2003a; Poch et al., 2004). L'òptima gestió de la qualitat de l'aigua fluvial

requereix una aproximació integrada i multidisciplinària. Aquesta aproximació pot ésser aconseguida amb una eina intel·ligent construïda sobre els conceptes i mètodes del raonament humà.

L'intent d'integrar noves eines per tal de fer front a sistemes més complexos ha facilitat el desenvolupament dels anomenats Sistemes Experts i Sistemes de Suport a la Decisió Ambientals (Guariso i Werthner, 1989; Rizzoli i Young, 1997), entre d'altres.



Figura 1.3. La complexitat de la gestió fluvial

1.2.3.1. La Intel·ligència Artificial i els seus dominis d'aplicació

La Intel·ligència Artificial (IA) s'inicia formalment en el 1956, moment en el que sorgeix el concepte d'Intel·ligència Artificial (Russell i Norvig, 1996; Turban, 1992; Pazos Sierra, 1987).

Existeixen diverses definicions d'IA:

- Estudi de com fer que els ordinadors facin coses que, de moment, les persones les fan millors (Rich, 1983).
- Branca de la informàtica destinada a crear *softwares* i *hardwares* informàtics que produeixin resultats com els que produeixen les persones (Turban, 1992).
- La ciència de construir màquines que realitzin tasques que si les fes l'home necessitaria aplicar la intel·ligència (Serra, 1993).
- Branca de la informàtica que intenta entendre els conceptes i mètodes del raonament humà i aplicar aquest raonament en el desenvolupament de programes informàtics que mostrin un comportament intel·ligent.

- La solució de problemes complexos amb el recolzament de l'ordinador mitjançant l'aplicació de processos que són anàlegs al procés de raonament humà (Rolston, 1991).
- L'automatització d'activitats que vinculem amb processos del pensament humà, activitats tals com la presa de decisions, la resolució de problemes, l'aprenentatge... (Bellman, 1978).

La darrera definició és la que s'ajusta més a la línia seguida per la present tesi.

La IA, com a disciplina, engloba moltes diverses ciències i tecnologies, tal i com es mostra en la figura 1.4. En les arrels es representen les diferents disciplines involucrades en la IA i en la capçada de l'arbre, les seves aplicacions.

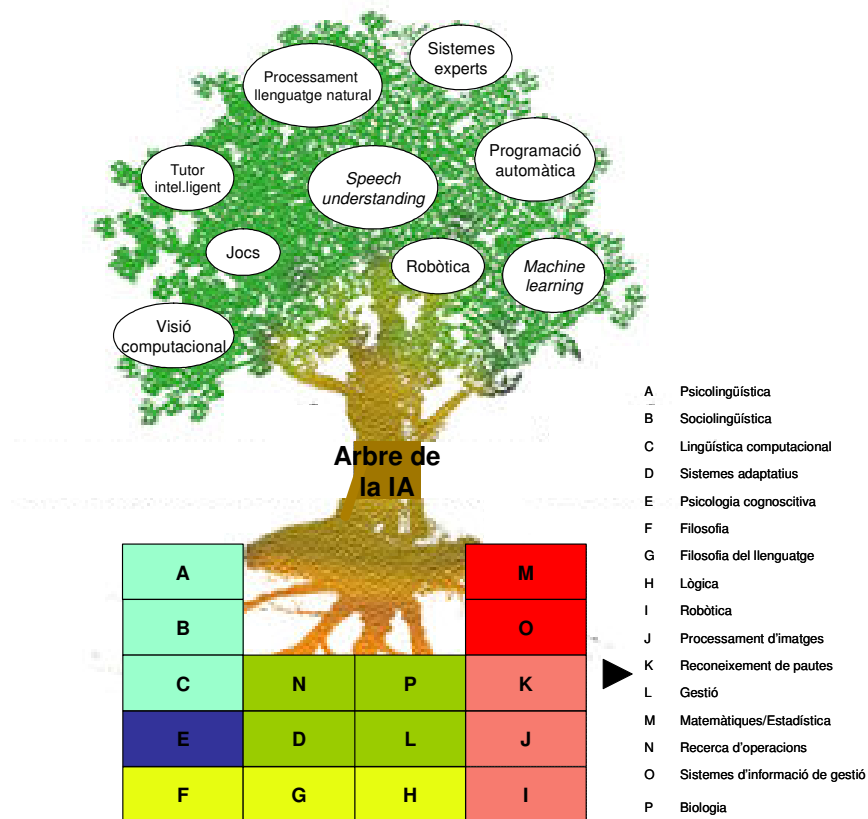


Figura 1.4. Disciplines i aplicacions de la Intel·ligència Artificial (figura modificada de Turban, 1992)

Tot i que Turban (1992) i Pazos Sierra (1987) coincideixen en el fet de diferenciar nou dominis d'aplicació de la IA, aquests divergeixen en el moment d'establir els límits d'aquests dominis. Coincideixen en sis dels nou dominis: problemes combinatoris (trencaclosques i jocs), sistemes experts, programació automàtica, robòtica, sistemes de processament de llenguatges naturals i traducció automàtica i psicologia i processament de la informació. Per altra banda, Nebendahl (1988) únicament distingeix quatre àrees d'aplicació: sistemes experts, sistemes de llenguatge

natural, sistemes de processament d'imatges i robòtica. D'aquí se'n deriva que els Sistemes Experts siguin àmpliament acceptats com a eines d'intel·ligència artificial, mentre que la cosa no és tan clara amb els Sistemes de Suport a la Decisió (veure apartat 1.2.3.3).

1.2.3.2. Sistemes Experts

La investigació científica en els Sistemes Experts (SE) va començar a mitjans dels anys 1960 (Rolston, 1991; Turban, 1992). Suposa la transició del processament de dades al processament del coneixement i, alhora, comporta la substitució dels algorismes pels mecanismes d'inferència (Nebendahl, 1988). Entre el 1965 i el 1970 diversos sistemes foren desenvolupats, la majoria d'abast molt limitat. En la taula 1.2 es presenten diversos sistemes que són d'especial interès, principalment perquè formen part de la base tècnica i històrica de la tecnologia dels SE.

Taula 1.2. Primers SE (taula modificada de Rolston, 1991)

Sistema	Data	Autor	Tema
Dendral	1965	Stanford	Dedueix informació sobre estructures químiques
Macsyma	1965	MIT	Realitza anàlisis matemàtiques complexes
Mycin	1972	Stanford	Diagnosi d'enfermetats de la sang
Prospector	1972	Stanford Research Institute	Exploració mineral i eines d'identificació
Age	1973	Stanford	Eina per a generar SE
OPS5	1974	Carnegie-Mellon	Eines de desenvolupament de SE
Caduceus	1975	Universitat de Pittsburgh	Eina de diagnosi per a la medicina interna
Rosie	1978	Rand	Eines de desenvolupament de SE

Existeixen diverses definicions del que és un SE, entre les quals cal destacar les següents:

- Aplicació informàtica que soluciona problemes complicats que d'una altra manera exigirien àmpliament l'experiència humana. Per aconseguir-ho se simula el procés del raonament humà mitjançant l'aplicació específica de coneixements i d'inferències (Rolston, 1991; Turban, 1992).
- Programa basat en el coneixement que utilitza la diagnosi com a mecanisme de resolució de problemes associats a situacions molt específiques i concretes, que pertanyen a un camp d'aplicació o domini perfectament acotat, i que normalment precisarien de la intervenció d'un expert per a la seva correcta resolució (R.-Roda, 1998).
- Programa informàtic que realitza tasques sofisticades que només les pot realitzar i pensar un expert humà (Benfer et al., 1991).

- Sistema informàtic basat en el coneixement que soluciona problemes mitjançant la imitació o simulació d'un expert. Usa bases de coneixement, processament simbòlic i tècniques d'inferència (Silver, 1991).
- Sistema que proporciona conclusions expertes sobre àrees de temes especialitzats (Pazos Sierra, 1987).
- Tipus de *software* que simula el comportament de resolució de problemes d'un expert humà. Aquest *software* emmagatzema el coneixement d'una àrea concreta i resol problemes mitjançant la realització de deduccions lògiques (Nebendahl, 1988).

Partint de totes aquestes definicions, en la present tesi un Sistema Expert és entès com un programa informàtic de consulta, dissenyat per a simular els processos de presa de decisions que d'una altra manera requeririen experiència humana i càlculs molt elaborats, amb l'objectiu de donar consells, diagnòstic i recomanar solucions als problemes diagnosticats, executar certes accions crítiques i donar explicacions. Per tal d'aconseguir-ho s'usen tècniques d'IA com ara representacions simbòliques, inferència i recerca heurística.

Degut a què el nom de SE deriva del terme *Sistema Expert basat en el Coneixement*, els SE també poden ésser anomenats Sistemes basats en el Coneixement.

L'objectiu de tot Sistema basat en el Coneixement (SBC) és el d'interpretar la informació que es recull d'un procés i raonar d'una manera prou correcta per tal d'afrontar amb certes garanties els problemes que es puguin plantejar. Això fa que els SBC presentin un comportament racional, flexible i adaptat en funció de l'entorn i que tinguin capacitat de percebre diferents tipus d'informació, a vegades simbòlica i gairebé sempre amb un elevat component d'incertesa (R.-Roda, 1998).

Àmbit d'aplicació

Els SE s'utilitzen per a executar una àmplia varietat de tasques molt complicades que en el passat únicament podien dur-se a terme per un reduït nombre de persones expertes, les quals disposaven d'una gran experiència. A través de l'aplicació de les tècniques d'IA els SE capten i emmagatzemen el coneixement i l'experiència d'un o més experts, cosa que permet a una persona exercir com un expert davant de problemes complicats. Tot i això, l'ús dels SE no és aconsellable per a qualsevol tipus d'aplicació. Únicament són apropiats els casos en els que el problema està ben definit i limitat, quan es disposa d'experts humans reals dels quals se'n pot extreure el coneixement i en aquells casos en els que la resolució del problema implica l'ús de l'heurística. S'entén per heurística tot aquell coneixement que l'expert ha anat adquirint a través de la seva pròpia experiència, com a resultat de treballar molts anys en un mateix àmbit, i que li

permet resoldre certes situacions tot i que no pugui explicar gaire el perquè (R.-Roda, 1998). D'aquesta manera gran part del coneixement inclòs en els SE és de tipus heurístic.

Es pot concloure que l'aplicació de SE resulta ideal pel control de processos poc estructurats, complexes i ben acotats, com ara els ecosistemes fluvials.

Cal incidir en el fet que l'objectiu dels SE no és substituir els experts, sinó ser una eina de suport a la decisió en les tasques d'aquests. D'aquesta manera, els avantatges d'usar un SE són segons Turban (1992): 1) increment de la productivitat d'aquells que l'utilitzen; 2) millora de la qualitat de les decisions preses pels que l'usen; i, 3) solució dels problemes en el cas de no disposar d'un expert en el moment que es precisa.

Els SE han estat i són utilitzats en un ampli ventall d'aplicacions que comprenen, entre d'altres, diagnosi, planificació, predicció, disseny, interpretació, control, monitorització i instrucció (taula 1.3).

Taula 1.3. Relació entre les categories de SE i els problemes als quals són adreçats (Turban, 1992)

Categoria	Problema
Interpretació	Inferència de la descripció de la situació a partir d'observacions
Predicció	Inferència de les possibles conseqüències d'unes situacions donades
Diagnosi	Inferència del mal funcionament d'un sistema a partir d'observacions
Disseny	Configuració d'objectes amb restriccions
Planificació	Desenvolupament de plans per aconseguir objectius
Monitorització	Comparació d'observacions en projectes, assenyalant les excepcions
Eliminació d'errors	Prescripció de remeis pels malfuncionaments
Reparació	Execució d'un pla per a dur a terme una solució prescrita
Instrucció	Diagnosi, eliminació d'errors i correcció de la instrucció de l'estudiant
Control	Comportament dels sistemes d'interpretació, predicció, reparació i monitorització

Estructura

Els SE usen una àmplia varietat d'arquitectures específiques en els seus sistemes, degut principalment a què una arquitectura és més adequada que una altra per a una aplicació donada. Tot i les diferències significatives, la majoria de les arquitectures tenen molts components en comú (veure figura 1.5).

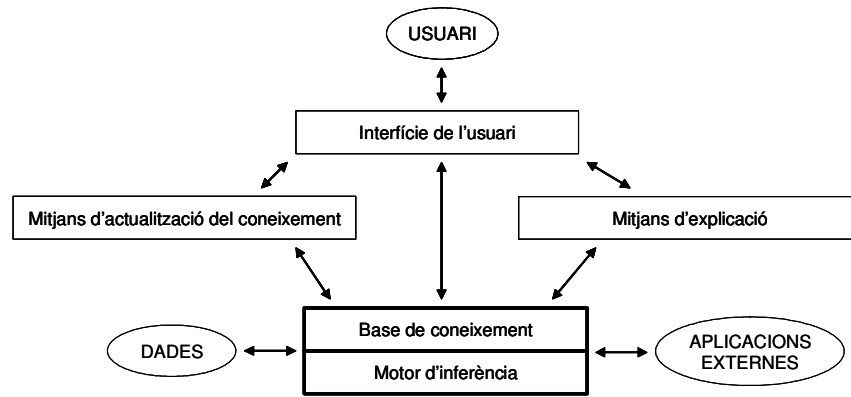


Figura 1.5. Arquitectura general amb els components típics (modificada de Rolston, 1991)

Sol dir-se que l'estructura d'un SE presenta dos mòduls independents principals: la base de coneixement i el motor d'inferència (figura 1.5). Són el cor d'un SE i la seva funció és emmagatzemar el coneixement de l'expert per a recuperar-lo i inferir nou coneixement quan sigui necessari.

La base de coneixement és el *software* on es troba emmagatzemat i organitzat el coneixement. Conté tots els fets, regles i procediments que són importants en la resolució dels problemes d'una àrea específica d'aplicació. Depenent de la manera com està representat el coneixement en aquesta base de coneixement es distingeixen quatre tipus de SE:

- Sistemes basats en regles
- Sistemes basats en *frames*
- Sistemes híbrids
- Sistemes basats en models

El motor d'inferència és el sistema de *software* que ubica el coneixement i n'infereix de nou usant la base de coneixement. Controla l'operació de raonament duta a terme pel SE i proveeix mètodes de resolució de problemes en el que regles, xarxes semàntiques o *frames* són processats. És a dir, és l'encarregat de gestionar les operacions de raonament, activant en cada moment aquells fets, regles, hipòtesis i probabilitats que són necessàries per a la resolució del problema. Nebendahl (1988) distingeix tres funcions del motor d'inferència:

- Determina quines accions han de ser executades entre els diferents mòduls del SE, com han de ser executades i en quina seqüència
- Determina com i quan seran processades les regles i selecciona quines regles seran les processades

- Controla el diàleg entre el sistema i l'usuari

Una característica important dels SE a destacar és la separació del coneixement dels mecanismes utilitzats per a processar-lo. D'aquesta manera, el coneixement és emmagatzemat en la base de coneixement i processat amb estratègies de resolució de problemes emmagatzemades en el motor d'inferència.

Un altre tret important a destacar dels SE és la separació física i lògica entre els seus dos components principals. Aquest fet facilita en gran mesura el seu desenvolupament, ja que d'aquesta manera l'expert del procés pot incorporar la seva experiència a la base de coneixement mitjançant l'ús d'un llenguatge proper al natural, mentre que l'enginyer del sistema pot codificar el motor d'inferència mitjançant l'ús de llenguatge de programació, sense que sigui necessari que entengui res del domini on serà aplicat el SE.

L'ús de Sistemes Experts en la gestió dels sistemes ambientals

Els SE són una de les eines més populars i àmpliament acceptades en la disciplina de la Informàtica Ambiental, nova disciplina que combina camps de recerca com la IA, els sistemes d'informació geogràfica, la modelització i la simulació, les interfícies d'usuari i d'altres en l'àmbit ambiental.

La primera aplicació dels SE en l'àmbit ambiental es dona en els anys 1980. Des de llavors s'han aplicat a un ampli ventall de processos de gestió ambiental. Recentment, la recerca ha estat orientada cap el desenvolupament de sistemes intel·ligents basats en el coneixement que escurcen el temps de presa de decisions mantenint la consistència i la qualitat de les decisions.

1.2.3.3. Sistemes de Suport a la Decisió

Existeixen divergències a l'hora de definir què és un Sistema de Suport a la Decisió (SSD). Mentre que Silver (1991) adopta una definició àmplia de SSD, Fox i Das (2000) adopten una definició més acotada:

- Un SSD és un sistema informàtic basat en el coneixement que dona suport a la gent en la presa de decisions no estructurades o semiestructurades (Silver, 1991).
- Un SSD és un sistema informàtic que aplica el coneixement del domini per assistir a qui té la responsabilitat de prendre la decisió en la tria d'alternatives o accions, mitjançant la recomanació de diferents opcions (Fox i Das, 2000).

Partint d'això, Silver (1991) considera que els SE són una subclasse dels SSD perquè són exemples de sistemes informàtics basats en el coneixement que afecten o estan adreçats a incidir en la manera com els usuaris prenen les decisions. Luconi (1986), per altra banda, conclou que són dos tipus de sistemes diferents degut a què els SSD donen suport però no substitueixen la solució del problema per part de l'usuari; mentre que els SE, sí generen solucions sense la intervenció humana al usar la seva base de coneixement i les seves capacitats d'inferència. D'aquí se'n deriva que Luconi (1986) entén un SSD com una eina no intel·ligent i un SE, com una eina intel·ligent. Tot i això, degut a què els sistemes construïts poden ésser implementats sols o ésser integrats amb d'altres sistemes informàtics basats en el coneixement, sorgeixen els anomenats Sistemes de Suport a la Decisió Intel·ligents, els quals incorporen algun agent intel·ligent (sistemes experts, xarxes neuronals...). Aquest tipus de sistemes aplicats en el domini ambiental reben el nom de Sistemes de Suport a la Decisió Ambientals (SSDA).

Haagsma (1994) i Cortés (2001) defineixen un SSDA com un sistema intel·ligent d'informació que permet reduir el temps de presa de decisions, alhora que millora la seva consistència i qualitat.

Àmbit d'aplicació

El ventall de problemes ambientals en els quals els SSDA han estat aplicats és ampli i variat. En la dècada dels 90, un 25% dels casos van ésser aplicats en la gestió de l'aigua, un 11'5% en l'avaluació de riscos i un 11% en la gestió de boscos (Comas et al., 2002b). Pel que fa a les tasques on els SSDA han estat aplicats, aquestes són molt diverses, des de la monitorització i emmagatzematge de dades fins a la predicció, anàlisi de decisions, control de la planificació, gestió i comunicació.

Els SSDA tenen la capacitat de fer front a problemes complexos, en els quals l'experiència dels experts implicats aporta un suport indispensable a l'hora de trobar la solució al problema plantejat. Proporcionen formes d'accelerar la identificació del problema i permeten generar un major nombre de possibles solucions al problema, estudiar amb més cura les conseqüències de cada solució proposada i proposar i defensar les decisions d'una manera més convincent. Així doncs, permeten reduir el temps destinat a la presa de decisions.

Estructura

Els SSDA es construeixen mitjançant la integració de diversos mètodes d'IA, components de sistemes d'informació geogràfica, tècniques estadístiques i matemàtiques i ontologies ambientals tal i com pot observar-se en la figura 1.6.

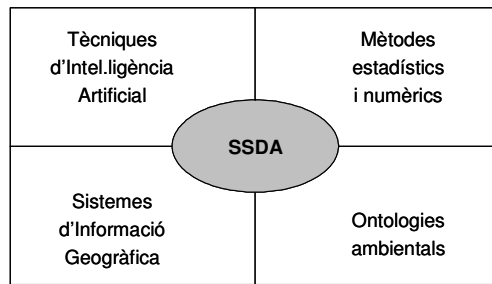


Figura 1.6. Components conceptuals d'un SSDA (Comas et al., 2002b)

Segons el tipus de problema al qual es vol fer front i el tipus d'informació i coneixement que pot ésser adquirit, es construeix un SSDA d'una o altra manera. En la tria de les eines més adequades cal tenir en compte aquestes restriccions, alhora que cal realitzar una anàlisi de la informació disponible.

1.3. El projecte STREAMES

La present tesi doctoral s'emmarca dins del projecte STREAMES (Stream REAch Management, an Expert System)¹, subvencionat pel 5è. Programa Marc de Recerca de la Unió Europea.

1.3.1. Objectius del projecte

L'objectiu final del projecte STREAMES ha estat desenvolupar i implementar un SSDA basat en el coneixement que ajudi als gestors de l'aigua en la presa de decisions per tal de millorar la qualitat de l'aigua fluvial a escala de tram. Tot i que el nom del projecte fa referència al desenvolupament d'un SE, el que ha estat desenvolupat en realitat és un SSDA.

El producte final, doncs, és un SSDA, una eina de suport pels gestors de l'aigua en la gestió de trams fluvials alterats antròpicament de conques mitjanes (50-100km²). El sistema està orientat a l'escala de tram perquè els gestors de l'aigua sovint estan limitats a actuar a aquesta escala de treball.

El SSDA està adreçat als problemes de contaminació de l'aigua fluvial, especialment als problemes relacionats amb l'entrada d'elevades càrregues de nutrients provinents de fonts puntuals (per exemple, una EDAR) i de fonts difoses (per exemple, l'agricultura). En aquest sentit, el projecte STREAMES proposa una nova aproximació, integrant l'heurística amb el coneixement existent i nou coneixement empíric sobre la capacitat de retenció de nutrients tenint en compte no només paràmetres descriptius i estructurals sinó que també paràmetres

¹ "Human effects on nutrient cycling in fluvial ecosystems: the development of an ES to assess stream water quality management at reach scale", EVK1-CT-2000-00081, Vth Framework Programme EC; www.streames.org

funcionals. Partint d'això, el projecte pretén avaluar l'efecte d'elevades càrregues de nutrients en la retenció fluvial d'aquests i examinar les relacions existents entre la retenció fluvial de nutrients i diversos paràmetres físics, químics i biològics (estructurals o funcionals) que poden limitar o controlar la capacitat de retenció dels nutrients en rius alterats, amb especial èmfasi en els rius mediterranis.

Una vegada desenvolupat el SSDA, aquest serà una eina de gestió útil pels gestors de l'aigua en dos sentits:

- Els ajudarà a avaluar les fonts i la magnitud de les càrregues de nutrients (nitrogen i fòsfor) que afecten al tram fluvial d'interès.
- Els ajudarà a diagnosticar la qualitat de l'aigua i a decidir la millor estratègia d'actuació en el tram estudiat, tenint en compte la millora de la qualitat de l'aigua i de l'estat ecològic del riu d'acord a la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/EEC).

D'aquesta manera es pretén desenvolupar una eina aplicada a la gestió fluvial que incorpori, entre d'altres, coneixement científic. Tal i com reclama Petts (1995), cal una integració dels desenvolupament científic en la gestió fluvial integrada i en la presa de decisions en aquest àmbit.

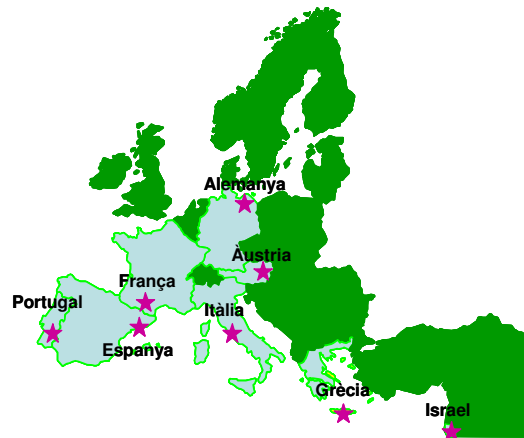
El SSDA desenvolupat està integrat per un sistema expert o basat en el coneixement (un SE), un model numèric per a estimar emissions de nutrients (el model Moneris², modificat per a poder ésser usat en les conques mediterrànies) i un sistema d'informació geogràfica per adreçar la informació espacial (tipus de sòl, pendent, usos del sòl...).

El fet de desenvolupar un SSDA enlloc de qualsevol altre sistema es deu al fet que es considera que els SSDA són adequats per a la representació del coneixement adquirit en el domini fluvial degut a la seva modularitat, simplicitat i capacitat de ser fàcilment entesos pels usuaris finals. Per altra banda, el fet de seleccionar un sistema basat en regles es deu al fet que part de la informació s'ha obtingut principalment de la gent que té experiència en la gestió dels sistemes fluvials i, per tant, a aquesta gent els és molt més fàcil verbalitzar les relacions mitjançant regles.

² Model desenvolupat per Behrendt et al. (1999) per estimar descàrregues de nutrients provinents de fonts puntuals i difoses en conques fluvials d'Alemanya. La resolució regional del model permet la identificació de punts calents per a diferents vies de fòsfor i nitrogen.

1.3.2. Organització i participants

En el projecte STREAMES hi han participat 17 institucions (10 centres de recerca científica o universitats i 7 agències de l'aigua) de vuit països europeus. La majoria d'aquests països es troben en la regió mediterrània tal i com pot observar-se en la figura 1.7.



★ Localització de les institucions participants

Figura 1.7. Països participants en el projecte STREAMES

Un total de 50 persones han participat en el projecte. Aquestes, degut al caràcter multidisciplinari del projecte, provenen de diverses disciplines, teòriques i aplicades.

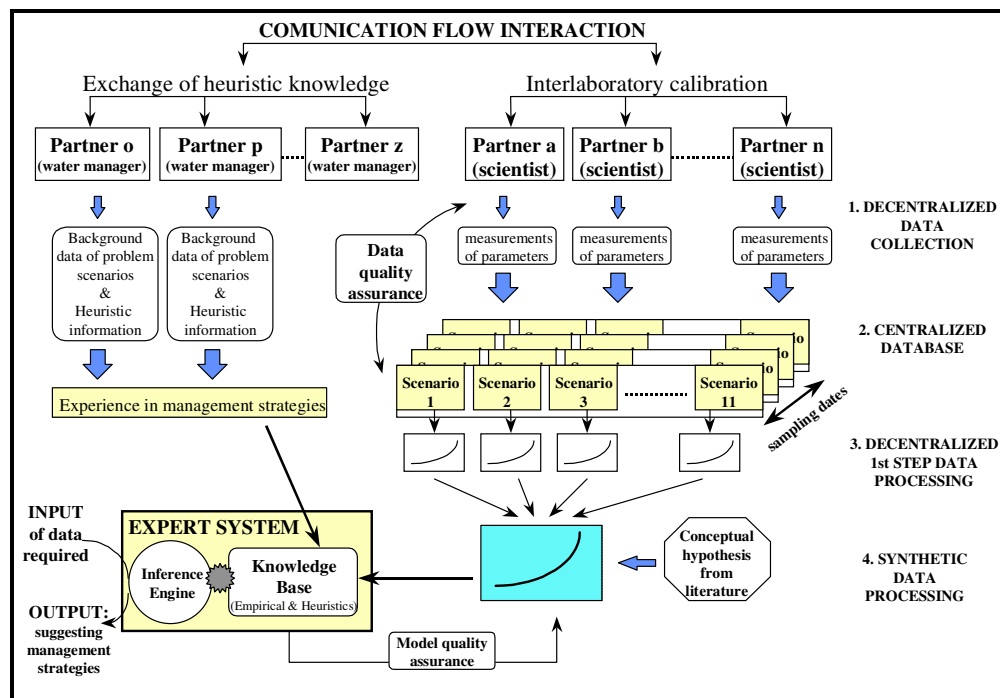


Figura 1.8. Flux de les vies de comunicació de la informació en els diferents estadis de desenvolupament del projecte

La gran quantitat de participants féu necessari el desenvolupament d'una bona estructura de treball, així com un bon flux de comunicació. El flux de comunicació estava regulat per l'estructura del consorci tal i com es mostra en la figura 1.8.

El treball fou dividit en cinc paquets de treball, anomenats WP1, WP2, WP3, WP4 i WP5. L'objectiu de cada un d'aquests paquets de treball era:

- WP1: desenvolupament de mètodes per a l'avaluació de la importància relativa de les fonts puntuals vs les fonts difoses en les càrregues de nutrients, anàlisi de les relacions existents entre els usos del sòl i les càrregues de nutrients a l'escala de treball de conca i adaptació del model Moneris a les conques mediterrànies.
- WP2: avaluació dels efectes de la geomorfologia i la hidrologia en la retenció de nutrients en rius que tenen elevades càrregues de nutrients i dels afectes d'aquestes elevades càrregues en el transport, transformació i retenció dels nutrients a l'escala de treball de tram.
- WP3: anàlisi del rol de la biota fluvial en el control de la retenció de nutrients a escala de sub-tram i de com es veuen afectades les comunitats bentòniques per l'increment de les càrregues de nutrients en els rius.
- WP4: desenvolupament del SSDA i del SE.
- WP5: promoció de la utilitat i l'aplicació del SSDA entre altres usuaris potencials.

Els resultats obtinguts del WP1, WP2 i WP3 van ser transferits al WP4 per tal de poder construir la base de coneixement del SE.

Capítol 2. Objectius

2. Objectius

L'objectiu principal de la present tesi és el desenvolupament d'un Sistema Expert com a una eina útil en la gestió de trams fluvials. El Sistema Expert desenvolupat pretén ésser una eina d'ajuda en el procés de presa de decisions dels gestors de l'aigua, no només permetent una millora en la qualitat de l'aigua, sinó que, també, permetent una millora de l'entorn del riu i, fins i tot, de la conca. Per tal d'assolir tal objectiu s'han definit un seguit d'objectius més específics:

- Desenvolupament de la metodologia aplicada en la creació i construcció del Sistema Expert.
- Adquisició del coneixement general (a partir de la revisió bibliogràfica), del coneixement heurístic (a través d'enquestes, entrevistes personals i reunions amb experts i gestors de l'aigua) i del coneixement empíric (resultat de les campanyes experimentals).
- Anàlisi del coneixement adquirit (anàlisi de l'estat de l'art de la problemàtica existent en la qualitat de les aigües fluvials i anàlisi de les estratègies i eines de gestió desenvolupades pel control i millora de la situació dels ecosistemes fluvials).
- Construcció de la base de coneixement del Sistema Expert amb les dades de camp, les obtingudes de la literatura i les derivades de les consultes amb científics i administracions.
- Representació del coneixement de la base de coneixement en forma d'arbres de decisió i posterior codificació d'aquests en regles "SI-ALESHORES".
- Implementació i descripció del funcionament del Sistema Expert.

El Sistema Expert en qüestió és el principal mòdul de raonament del Sistema de Suport a la Decisió Ambiental desenvolupat com a producte final del projecte STREAMES.

Capítol 3. Metodologia pel desenvolupament i construcció del Sistema Expert

3. Metodologia pel desenvolupament i construcció del Sistema Expert

El present capítol de la tesi presenta la metodologia utilitzada en el desenvolupament del Sistema Expert (SE). Aquesta es compon de tres parts:

- Adquisició del coneixement necessari per al desenvolupament de la base de coneixement del SE (apartat 3.1)
- Representació del coneixement adquirit (apartat 3.2)
- Implementació del coneixement i integració dels arbres de decisió (apartat 3.3)

3.1. Adquisició del coneixement

En el desenvolupament d'una base de coneixement l'etapa més complexa és l'adquisició del coneixement, tant pel que fa al coneixement general (relacionat amb el domini d'estudi) com pel que fa a l'específic (molt més lligat a les característiques d'on el Sistema de Suport a la Decisió Ambiental (SSDA) serà aplicat). El procés d'adquisició d'aquest coneixement és l'etapa clau per a la construcció d'una bona i completa base de coneixement, que en aquest cas es tracta d'un manual d'operació en gestió fluvial.

La idea és recopilar tot el coneixement necessari per a identificar els problemes de qualitat que es puguin donar en els ecosistemes fluvials i solucionar-los, o si més no, minimitzar-los.

El coneixement adquirit no hauria de tractar només de com els gestors de l'aigua s'enfronten als problemes fluvials reals sinó que també hauria d'incloure com els científics creuen que es podria millorar la gestió fluvial basant-se en el coneixement de l'estructura i funcionament d'aquests ecosistemes. En aquest sentit, es distingeixen dos tipus de coneixement necessari: el general i l'específic. Mentre que el general fa referència al domini i pot obtenir-se principalment a través de la literatura, l'específic s'obté dels gestors de l'aigua i dels científics (en aquest cas, principalment ecòlegs). No obstant això, la gran majoria dels estudis existents de perspectiva funcional en ecosistemes fluvials han estat duts a terme sota condicions prístines. Per tant, els resultats existents no poden ser aplicats a aquells rius afectats antròpicament. Existeix la necessitat d'incloure nova informació obtinguda empíricament que complementi aquest coneixement i que ompli el buit existent. En aquest sentit dins del projecte STREAMES, es dugueren a terme un seguit de campanyes experimentals per tal d'obtenir nou coneixement sobre l'estructura i funcionament dels rius alterats i la seva resposta a l'entrada d'elevades càrregues de nutrients. D'aquesta manera el coneixement específic es desglossa en coneixement heurístic i coneixement empíric, tal i com es mostra en la figura 3.1.

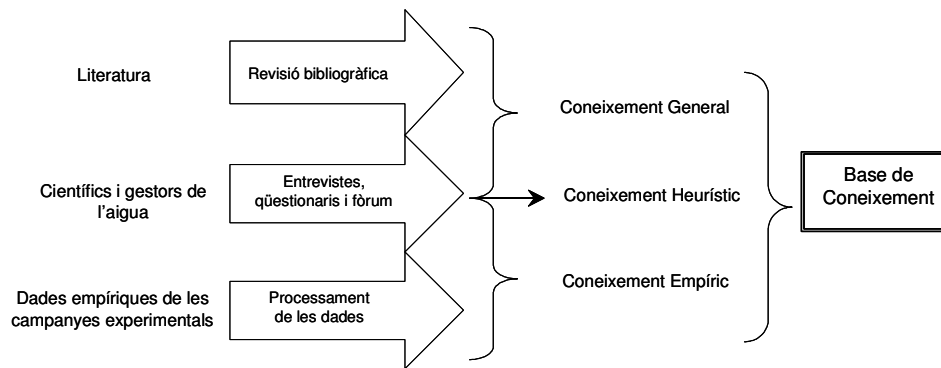


Figura 3.1. Adquisició del coneixement

Les diferents fonts de coneixement consultades són les següents (Comas et al., 2003a):

- Literatura, a través de la realització d'una revisió bibliogràfica
- Experts en temàtica fluvial i gestors de l'aigua, mitjançant la distribució de qüestionaris/enquestes, la realització d'entrevistes personals i la participació en el fòrum de discussió obert dins del mateix projecte STREAMES
- Dades empíriques, resultat de les campanyes experimentals

A continuació es descriu en més detall la metodologia utilitzada en cadascuna d'elles.

3.1.1. Coneixement general

El coneixement general s'obtingué a partir de la realització d'una revisió bibliogràfica.

3.1.1.1. Revisió bibliogràfica

Inicialment, i de forma paral·lela a l'ús de les altres fonts de coneixement, es va realitzar una revisió bibliogràfica l'objectiu de la qual era adquirir un bon coneixement de:

- L'estat de l'art de les eines d'intel·ligència artificial (amb especial èmfasi als sistemes experts i als sistemes de suport a la decisió) utilitzades en dominis ambientals, especialment en ecosistemes fluvials
- Com gestionar un riu o un tram fluvial (problemes habituals, com detectar-los, com solucionar-los, etc.)
- Els impactes generats per l'entrada massiva de nutrients als ecosistemes fluvials

- Factors i/o paràmetres que incideixen en la capacitat de retenció de nutrients en un riu

Se cercaren tots aquells articles, capítols de llibre, llibres i manuals que poguessin aportar quelcom d'interessant. Diverses bases de dades foren consultades en la recerca dels articles, tal i com es mostra en la taula 3.1, en la qual es detalla el període consultat i el nombre de revistes que la base de dades incloïa en el moment de fer la revisió bibliogràfica (per exemple, per la base de dades Compendex, s'explorà el període de 1995 al 2002 i incloïa 5400 títols de revistes). En algunes bases de dades no ha estat possible completar la informació detallada.

Simultàniament, també es van consultar diverses pàgines d'internet, com ara la *IDEAL online library*, que conté totes les revistes i llibres de la IDEAL Publishers (<http://www.europe.idealibrary.com/>), la pàgina d'Elsevier Science (www.elsevier.com) i la pàgina de l'EPA (www.epa.gov). Els informes ambientals de l'Agència Ambiental Europea també foren consultats (<http://www.eea.eu.int/>).

En la recerca dels articles s'utilitzaren les següents paraules i combinacions clau. Les seqüències foren buscades arreu dels articles (títols, paraules clau, resum o text):

expert + system + river
expert + system + river + nutrient
expert + system + river + management
expert + system + stream + ecology
decision + support + system + river
decision + support + system+ river + nutrient
decision + support + system + river + management
decision + support + system + stream + ecology
decision + support + system + river + stream + ecology
artificial + Intelligence + river + management
artificial + Intelligence + stream + ecology
artificial + Intelligence + nutrient + river
neural+network+river
neural+network+stream
neural+network+management
neural+network+ nutrient
fuzzy+river
fuzzy+stream
fuzzy+management
fuzzy+nutrient

Taula 3.1. Bases de dades consultades

Bases de Dades	Període Consultat	Revistes, Llibres, Actes de Congressos & <i>Proceedings</i> de Conferències	Breu Descripció
Analytical WebBase (chemistry)	1978-2001	38	Base de dades que cobreix tots els aspectes de la química analítica: aplicacions generals, química orgànica, química farmacèutica, medi ambient, agricultura i instrumentació, entre d'altres.
Life Science Collection	1990-2002	5000	Base de dades bibliogràfica de biologia
CSIC (ICYT)	1979-2002	600	Base de dades bibliogràfica en Ciència i Tecnologia. Inclou el catàleg de les biblioteques del CSIC
Inside Conferences	1993-2001	36000	Produïda per la British Library. Recull articles de congressos, conferències, seminaris, etc.
Rebiun	1978-2002	5090000 registres de monografies 78900 referències de revistes	Base de dades bibliogràfica de monografies i revistes corresponents als fons de 39 revistes espanyoles
The Serials Directory	1978-2002	163000	Publicacions periòdiques de tot el món sobre totes les matèries
Applied Science & Technology Plus	1986 -2002	712	Produïda per Wilson. Recull les publicacions més importants en ciència i tecnologia. Les matèries que inclou són informàtica, enginyeria, física, telecomunicacions i transports
Current Contents	1991-2002	8000 publicacions acadèmiques 2000 llibres	Base de dades de sumaris de publicacions acadèmiques i llibres de ciències, ciències socials i humanitats. Ofereix enllaços amb més de 4300 llocs web acadèmics avaluats per ISI (ISI search)
Compendex	1995-2002	5400	Produïda pel Engineering Information Inc. És una de les bases de dades més prestigioses en enginyeria mecànica, civil i química. Tracta temes de residus, medi ambient, bioenginyeria, etc.
Environmental Management	1984-1989	-	Antiga base de dades Environmental Science & Pollution Management
Environmental Sciences & Pollution Management	1990-2002	4000	Antiga base de dades Environmental Chemistry, Health and Safety. Produïda per la Royal Society of Chemistry (RSC) i Dialog. Referència informació científica i tècnica sobre medi ambient
International Civil Engineering Abstracts (ICEA)	1972-2002	150	Produïda per Anbar Electronic Intelligence. Recull referències de les revistes més importants en enginyeria civil i construcció (impacte mediambiental i enginyeria estructural)
Wasteinfo	1970-2001	900	Produïda per Cambridge Scientific Abstracts (CSA). Conté referències procedents d'informes tècnics, monografies, conferències, tesis, patents i articles de publicacions especialitzades en medi ambient
IEE/IEEE Electronic Library	1988-2002	1988-2002	Accés al text complet de <i>IEEE transactions, journals, magazines and conference proceedings</i> i a totes les IEEE Standards vigents

Degut a la gran quantitat de material trobat es féu necessari l'ús d'una base de dades on recollir-lo i ordenar-lo. El software utilitzat fou el ProCite V.5.0. (<http://www.procite.com/>).

3.1.2. Coneixement heurístic

El coneixement heurístic s'obtingué a partir de la distribució d'enquestes als participants del projecte STREAMES (tant científics com gestors de l'aigua), de la realització d'entrevistes personals a experts en el tema i de la participació en el fòrum de discussió obert pels participants del projecte.

3.1.2.1. Qüestionaris

Al llarg dels 3 anys destinats al desenvolupament del SE es varen repartir tres enquestes entre els integrants del projecte per tal d'obtenir principalment coneixement heurístic així com saber de quines dades històriques es disposava o de quines dades es podria disposar en un futur pròxim.

La primera enquesta sobre gestió fluvial fou distribuïda a científics i gestors de l'aigua, una per país, en l'etapa inicial del projecte (als dos mesos d'haver-se iniciat el projecte). L'objectiu era adquirir informació per tal d'entendre els mecanismes de raonament dels experts quan s'enfronten a un excés de nutrients i, alhora, obtenir informació de primera mà de com aquests experts fan front a diferents problemes de contaminació, tant d'origen puntual com difós, en el seu dia a dia. A més a més, es va demanar informació addicional com ara la disponibilitat de dades, els requeriments del SSDA, les capacitats i utilitats d'aquest SSDA, etc. L'enquesta constava de 4 parts:

- La part 1 tenia la intenció d'obtenir informació general sobre les conques fluvials de cada un dels països participants en el projecte (veure figura 3.2), sobre la freqüència de la presència de fonts puntuals i/o difoses en cada un dels països i sobre els principals usos del sòl de les seves conques. En aquesta enquesta, la informació específica de cada un dels trams d'estudi no interessava, ja que s'obtindria a partir d'altres vies (per exemple, via entrevistes).
- La part 2 es referia a la qualitat de l'aigua fluvial. Es demanava la disponibilitat i el format de la sèrie de dades, alhora que també es demanava quins eren els paràmetres més rellevants a l'hora d'avaluar la qualitat de l'aigua fluvial (veure figura 3.3).
- La part 3 estava relacionada amb els principals problemes de qualitat que els gestors de l'aigua han de fer front a l'hora de gestionar els rius i els criteris utilitzats

per a identificar-los. Es pretenia identificar les dades i el coneixement mínim utilitzat pels gestors quan tracten un problema. Aquesta informació es traduí posteriorment en les dades mínimes requerides pel SSDA (veure figures 3.4 i 3.5).

- Els requisits i el potencial del SSDA eren demanats en la quarta part. Es preguntava sobre les preferències dels gestors de l'aigua en referència als possibles productes del SSDA (veure figures 3.5 i 3.6).

Posteriorment, al cap d'un any d'haver-se repartit la primera enquesta i mostrada ja una *demo* del prototipus del SE, es va distribuir la segona enquesta, tant a científics com a experts. En aquest cas l'enquesta estava constituïda per les 4 preguntes següents:

1. *Què necessita el SE per a ser més útil?*
2. *Que hi ha d'innecessari en el SE?*
3. *Quins tipus d'escenaris són més interessants a l'hora de fer-ne una prognosi?*
4. *Quines actuacions proposaries per tal de solucionar els següents problemes?*
 - a. *Eutrofització (excés de fòsfor)*
 - b. *Excés d'amoni*
 - c. *Excés de nitrat*
 - d. *Destrucció de la vegetació de ribera.*

La informació obtinguda dels resultats de la segona enquesta fou útil en el desenvolupament del SE.

Finalment, la tercera enquesta fou repartida als dos anys d'haver-se iniciat el projecte amb l'objectiu d'obtenir informació de com solucionar o minimitzar els diferents problemes fluvials contemplats en el SE. La distribució d'aquest darrer qüestionari coincidí amb el desenvolupament del llistat de possibles actuacions o plans de gestió pels problemes fluvials plantejats. D'aquí la importància de la informació que se'n podia derivar.

Cal esmentar que algunes de les preguntes de la segona enquesta foren tornades a preguntar en la tercera degut a què el coneixement heurístic adquirit en aquell moment no havia estat suficient. L'objectiu principal era reiterar la pregunta per tal d'obtenir nova informació al respecte.

Les preguntes de la tercera enquesta eren les següents:

1. *Quines actuacions podem dur a terme per a resoldre/minimitzar els següents problemes?*
 - a. *Eutrofització (excés de fòsfor)*

- b. *Excés de nitrat*
 - c. *Excés d'amoni*
 - d. *Variació de pH*
 - e. *Variació de l'oxigen dissolt / Anòxia / Anaerobiosi*
 - f. *Contaminació per un excés de matèria orgànica*
 - g. *Contaminació per un excés de sòlids en suspensió*
 - h. *Problema de salinització de les aigües fluvials*
2. *Quines actuacions es poden dur a terme per a minimitzar els efectes de les fonts no-puntuals?*

Una vegada compilada i tractada tota la informació obtinguda de les tres enquestes, els resultats finals d'aquestes foren utilitzats en el procés d'elaboració de les entrevistes personals (veure figura 3.7).

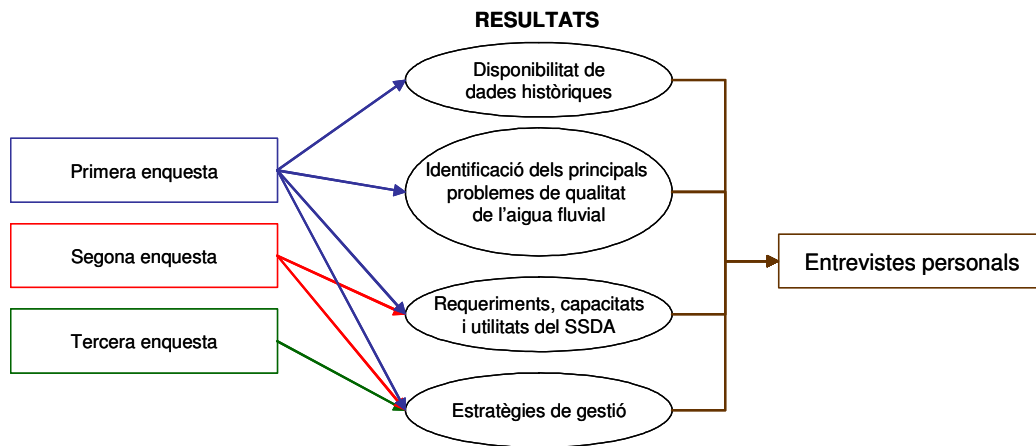


Figura 3.7. Coneixement adquirit dels qüestionaris

Figura 3.2. Part 1 del primer qüestionari

Page 1 of 10

PART 1: BASIN INFORMATION

These questions are general queries related to all the river basins that are under your responsibility. We intend to discover whether point (WWTP, industrial discharges and other point sources) and non-point sources are usually present in the river basin, and the availability of historical data in most of the river basins. Specific information of each study site will be obtained from face-to-face interviews and from the answers to questionnaire of WP1.

1.1 Indicate which of the next point sources can be usually found in most of the river basins of your country:

Point source	Remarks
WWTP effluents	Choose one
...include nutrient removal	Choose one
Wastewater not treated	None
Households not connected	Few
Industrial discharges	Some
Other:	Common
Other:	Many
Other:	Choose one
Other:	Choose one
Other:	Choose one

1.2 Indicate the main use of the river basin lands of your country (as an average percentage), in order to estimate possible non-point sources:

Agricultural	<input type="checkbox"/>	Residential/urban	<input type="checkbox"/>
Pastureland	<input type="checkbox"/>	Forestry	<input type="checkbox"/>
Services (service areas, petrol stations, tourism...)	<input type="checkbox"/>	Other	<input type="checkbox"/>
Industrial	<input type="checkbox"/>		

1.3 Information about the availability of historical data.

1.3.1 Availability of groundwater quality data?

Choose one →

In affirmative case, indicate which data are available:

Nitrate	<input type="checkbox"/>	Nitrite	<input type="checkbox"/>	Ammonium	<input type="checkbox"/>
TOC	<input type="checkbox"/>	Phosphates	<input type="checkbox"/>	Conductivity	<input type="checkbox"/>
Chloride	<input type="checkbox"/>	Other	<input type="checkbox"/>		

Choose one

- None
- In some rivers
- In most of the rivers
- In all rivers

Page 2 of 10

1.3.2 Availability of sub-surface water quality data?

Choose one →

In affirmative case, indicate which data are available:

Nitrate	<input type="checkbox"/>	Nitrite	<input type="checkbox"/>	Ammonium	<input type="checkbox"/>
TOC	<input type="checkbox"/>	Phosphates	<input type="checkbox"/>	Conductivity	<input type="checkbox"/>
Chloride	<input type="checkbox"/>	Other	<input type="checkbox"/>		

Choose one

- None
- In some rivers
- In most of the rivers
- In all rivers

1.3.3 Availability of surface water quality data?

Choose one →

In affirmative case, indicate which data are available:

Nitrate	<input type="checkbox"/>	Nitrite	<input type="checkbox"/>	Ammonium	<input type="checkbox"/>
TOC	<input type="checkbox"/>	Phosphates	<input type="checkbox"/>	Conductivity	<input type="checkbox"/>
Chloride	<input type="checkbox"/>	Other	<input type="checkbox"/>		

Choose one

- None
- In some rivers
- In most of the rivers
- In all rivers

End of Part 1. Continue to Part 2.

Figura 3.3. Part 2 del primer qüestionari

Page 8 of 10

PART 2: INFORMATION ABOUT STREAM WATER QUALITY

These questions are related to the information that can be obtained from the stream water quality of most of the river basin of your country (indicate a parameter even if it is only analysed in one river basin).

2.1 Availability of on-line data provided by automatic analysers.
Choose one
In affirmative case, indicate which of them are available:

2.2 Available historical data.

PARAMETER	Period	Periodicity	Type	Units	Format	Remarks (e.g. specify pH, °C or B)	
Chemical	Nitrate	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	Ammonium	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	Phosphate	<input type="checkbox"/>	Daily	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	Chloride	<input type="checkbox"/>	Weekly	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	COD	<input type="checkbox"/>	Monthly	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	BOD	<input type="checkbox"/>	Annual	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	DO	<input type="checkbox"/>	Other	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>
	TOC	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Ch	Choose one	<input type="checkbox"/>
	Conductivity	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Cl	Paper	<input type="checkbox"/>
	% O ₂ saturation	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Ch	Digital	<input type="checkbox"/>
Suspended Solids	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
Physical	pH	<input type="checkbox"/>	Annual average	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
	T	<input type="checkbox"/>	Monthly average	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
	Flow	<input type="checkbox"/>	Weekly average	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
	Macrophytes	<input type="checkbox"/>	Daily average	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
Biological	Vegetation	<input type="checkbox"/>	punctual values	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
	Chlorophyll	<input type="checkbox"/>	Minimum values	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
	Macromicroinvertebrates	<input type="checkbox"/>	Maximum values	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	
Other	<input type="checkbox"/>	Choose one	Choose one	Choose one	Choose one	<input type="checkbox"/>	

Choose one
mg/l
ppm
umol/l
g/m3
S/cm
m
ug/l
°C
mm
Other:

Page 9 of 10

2.3 Indicate a weight from 1 to 5 according to their relevance in order to know the stream water quality. Select from 1 (less important) to 5 (most important).

PARAMETER	Relevance	Remarks
Chemical	Nitrate	Choose one
	Ammonium	Choose one
	Phosphate	1
	Chloride	2
	COD	3
	BOD	4
	DO	5
	TOC	Choose one
	Conductivity	Choose one
	% O ₂ saturation	Choose one
Physical	Suspended Solids	Choose one
	pH	Choose one
	T	Choose one
Biological	Flow	Choose one
	Macrophytes	Choose one
	Vegetation	Choose one
	Chlorophyll	Choose one
Other	Choose one	Choose one

2.4 Data interpretation and management. Mark and emphasize any remark about data treatment and interpretation.

Collection Filtering Comparison with standards criteria

Average Registering Other remarks:

End of Part 2. Continue to Part 3.

Figura 3.4. Part 3 (A) del primer qüestionari

Page 1 of 10

PART 3: INFORMATION ABOUT THE STREAM WATER MANAGEMENT

The questions of part 3 relate to the main stream quality problems that water managers have to face when managing rivers and the criteria used to identify them. This part intends to identify the minimum data and knowledge used for *Water Managers* (minimum required data for the ES) to tackle any problem.

3.1 Usual problems of the streams and their degree of affection (from unusual -1- to very common -5-).

Degree of affection	Problem	Clear signs (how are they identified?)
Choose one	Eutrophication	
Choose one	pH and DO disturbances	
Choose one	Organic matter pollution	
1	Excess of phosphorus	
2	Excess of ammonium	
3	Excess of nitrate	
4	Anoxia (low [DO] and high respiration)	
5	Anaerobiosis	
Choose one	Low biodiversity and/or abundance	
Choose one	Toxic waste	
Choose one	Canals	
Choose one	High salts concentrations	
Choose one	Dam or reservoir construction	
Choose one	Dredge of the river bottom/bed alteration	
Choose one	Stress for ecological water flow	
Choose one	Destruction of the riparian vegetation	
Choose one	Other	
Choose one	Other	
Choose one	Other	

¹The most common methods for the evaluation of nutrient related nuisances (basically, eutrophication) throughout Europe are, by decreasing order of occurrence: comparison of nutrient data with standards, planktonic chlorophyll measurements, oxygen and pH perturbations, macrophyte observations, nutrients loads and modelling and planktonic species counting. A country may use several methods concurrently.

²There exist also a classification to give the level of planktonic eutrophication according to the soluble phosphorus concentration: $\leq 0.010 \text{ mg}^l \text{ P}$, pristine; > 0.010 to $\leq 0.050 \text{ mg}^l \text{ P}$, low eutrophication; > 0.050 to $\leq 0.100 \text{ mg}^l \text{ P}$, significant eutrophication; > 0.100 to $\leq 0.150 \text{ mg}^l \text{ P}$, high eutrophication; > 0.150 to $\leq 0.200 \text{ mg}^l \text{ P}$, excessive eutrophication; and $> 0.200 \text{ mg}^l \text{ P}$, hyper-eutrophication.

3.2 Water Quality Criteria.

3.2.1 Availability and use of any kind of indexes in order to know the water quality:

Nutrients: Yes No Name

Physical-chemical parameters: Yes No Name

Macroinvertebrates: Yes No Name

Macrophytes: Yes No Name

Other

Do you have any method to relate and combine nutrient and physical-chemical indexes?
 Yes No How?

Page 2 of 10

In order to facilitate the identification of the most used criteria and indexes, we have prepared the next table. Please feel free to modify and fill out.

	Thresholds or criteria used (in your country)	Indexes (in your country)
Standard concentrations for nitrate (mg N/l)		
Standard concentrations for ammonium (mg N/l)		
Standard concentrations for total phosphorus (mg P/l)		
Macroinvertebrates		*
Physical-chemical parameters		**
DO		
Chlorophyll		
pH		
Salt concentrations		
Other		

¹ In Catalonia: BMWPC (Biological Monitoring Water Pollution Control, an adapted index that includes 131 families of macroinvertebrates).

² In Catalonia: ISQA (Simplified water quality criteria), it combines specific deoxygenation, DO, oxidability by permanganate, temperature and conductivity.

(The water quality thresholds and indexes will be created in an external database and will be modifiable by the user).

Figura 3.5. Part 3 (B) i part 4 (A) del primer qüestionari

Page 1 of 10

3.2.2 Availability of reference values for key nutrient concentrations in rivers and discharges. According to the new Water Framework directive, we should take care of the ecological state of the river. Please complete the next table according to the reference values you use for key nutrients, in order to divide the ecological state of the river into 5 categories (1/2/3/4/5, being 1 very good and 5 very bad).

Nutrient concentrations IN RIVERS:

Ecological state	1	2	3	4	5
Nitrate (mg N/l)					
Nitrite (mg N/l)					
Ammonium (mg N/l)					
Ammonia (mg N/l)					
Phosphorus (mg P/l)					

Reason the categories you use: _____

Please complete the next table according to the reference values you use for key nutrients in the discharges to the rivers.

Nutrient concentrations in the DISCHARGE: _____ (e.g., WWTP effluent, industrial...)

Ecological state	1	2	3	4	5
Nitrate (mg N/l)					
Nitrite (mg N/l)					
Ammonium (mg N/l)					
Ammonia (mg N/l)					
Phosphorus (mg P/l)					

Reason the categories you use: _____

(Copy and paste this last table so many times as different types of river discharges, i.e., industrial discharge, WWTP...)

End of Part 3. Continue to Part 4.

Page 2 of 10

PART 4: INFORMATION ABOUT THE FINAL PRODUCT (EXPERT SYSTEM)

These questions relate to the requirements and capabilities of the expert system. It asks about the preferences of *Water Managers* with respect to the three possible outputs of the ES: diagnosis, range of solutions and types of prognosis.

4.1 Expert System Requirements.

4.1.1 Minimal data or information needed by you to be able to establish the stream water quality or state (Minimum data that you use for to manage the river now): _____

4.2 Expectations of *Water Managers* about the Expert System.

4.2.1 What do you expect from the ES? _____

4.2.2 Do it have to solve everyone of the problems previously mentioned or just some? Which are the most important according to your criteria? _____

4.3 Capabilities/features of the Expert System.

4.3.1. Questions related to the 3 different types of the ES *Outputs* (diagnosis, actuations and predictions):

4.3.1.1 **DIAGNOSI** of the stream state.

Mark from 1 (less) to 5 (more important) in order of importance.

Outputs	Importance order
Identify the stream state: is it shared or not?	Choose one
Identify the work scale (i.e., identify whether there is activity upstream or not and, in affirmative case, if it is more important than the local activity. It should decide whether the management is local or regional).	Choose one
Distinguish between the 11 different types of streams (according to the dominant direction of surface-subsurface water interaction, the relative importance of point versus non-point nutrient sources, the magnitude of point nutrient sources relative to stream baseflow and whether mechanisms of nutrient removal from point sources prior to discharge into the stream are implemented or not).	Choose one
Give the water quality according to the concentrations of solutes.	Choose one
Detection of problems (of section 3.1) which decrease water quality (according to water quality criteria)	Choose one
Establish the degree of morphology alteration/degree of stream humanization/degree of flow alteration	Choose one
Estimate the potential nutrient retention ability of the stream (%).	1
Indicate the control ability or intervention of the stream.	2
Identify possible relationships between parameters.	3
Other: _____	4
Other: _____	5

Figura 3.6. Part 4 (B) del primer qüestionari

Page 10 of 10

Outputs	Importance order
Other:	Choose one

4.3.1.2. Proposals of **ACTIONS** to solve or alleviate the problem.

4.3.1.2.1. First, indicate which solutions or interventions you think are important and which is degree of importance (from 1 to 5).

Give solutions according to the problem identified Yes No Score

Give solutions related to the river morphology Yes No Score

Give solutions related to increase the water flow Yes No Score

Give solutions related to improve water quality Yes No Score

4.3.1.2.2. Mark from 1 to 5 the next concrete proposals of actuations according to which you consider more important for the ES to take into account:

Outputs	Importance order	
Measures to reduce inputs from point sources	Urban WWTP	Choose one
	Identify key industrial emissions	Choose one
	Identify hot spots	Choose one
	Application of <i>Best Available Techniques</i> in the industry	Choose one
	Stricter reduction legislation	Choose one
	Cleaner technologies	Choose one
Measures to reduce inputs from non-point sources	Charge for discharges of nutrients	Choose one
	Legislation (e.g. establishing protection zones)	Choose one
	Economic instruments (e.g. incentives to adopt alternative farming practices); use of fertiliser taxes; economic to decrease the use of fertilisers	Choose one
	Information (e.g. education programmes, codes of good agricultural practice)	Choose one
	Storing of manure and for silage, impermeable storage facilities, requirements for storage capacity, covering storage facilities	Choose one
	Spreading manure and sludge to match nutrients per hectare on a farm basis, taking account of ground conditions	Choose one
	Less intensive farming	Choose one
	Reduce the use of fertilisers	Choose one

1
2
3
4
5

Page 10 of 10

Outputs	Importance order	
Measures to safeguard terrestrial habitats	Integration of environmental considerations with the formulation and implementation of economic and social policies (five target sectors for special attention are key to achieving nutrient reductions: industry, energy, transport and, in particular, agriculture)	Choose one
	Sustainable development	Choose one
	Modification/alteration of morphology	Choose one
Measures about river morphology	Modification of the river banks	Choose one
	Modification of the river route	Choose one
	Modification of the water flow (residence time)	Choose one
	Generate peaks of water flows (flow management)	Choose one
	Management over the aquatic plants	Choose one
Other	Other	Choose one
	Other	Choose one
	Other	Choose one

4.3.1.3. **PROGNOSI (Prediction)**. Mark from 1 (less) to 5 (more) according to what you consider more important for the ES to take into account.

Pseudo-simulation ability (with models found by means of experimental campaigns)	Choose one
Give several action proposals (each one with its % success)	Choose one
% success of an action	1
% change due to a modification	2
Ability to implement an action	3
Recovery capacity	4
Cost-Benefit evaluation	5
Cost-Benefit evaluation	Choose one
Action planning	Choose one
Control optimisation	Choose one
Rational assess	Choose one
Simulation of the investments	Choose one
Investment optimisation	Choose one
Uptake length (or nutrient efficiency/simulation distance)	Choose one
Assimilation rate of a solute ($(\text{solute conc.} \times \text{river flow}) / (\text{uptake length} \times \text{width})$)	Choose one
Mass transfer coefficient (VF) of a solute (river velocity \times depth \times uptake length)	Choose one
Recovery time after applying the actuation strategy (short/long term)	Choose one

3.1.2.2. Entrevistes personals

De la manipulació i tractament dels resultats de les enquestes s'obtingueren 2 tipus de coneixement:

- informació específica de cada un dels països que contestà el qüestionari; i,
- informació aplicable a qualsevol país i dades comparables.

A partir d'aquí sorgiren certs dubtes i preguntes que es reflexaren en les diferents entrevistes personals.

Amb les entrevistes es pretenia conèixer la situació específica de cada país: els problemes fluvials més comuns, les dades i estratègies de gestió utilitzades i les seves expectatives vers el SSDA.

S'entrevistaren els gestors de l'aigua de cada un dels països individualment. D'aquesta manera s'aconseguí que el flux d'informació entrevistat-entrevistador fos molt més fluid i eficient que en els qüestionaris degut al procés de retroalimentació que caracteritza la comunicació oral. Per tant, cadascuna de les entrevistes fou única i diferent. A tall d'exemple la pauta de preguntes de les entrevistes realitzades als gestors de l'aigua francès (de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne) i israelià (de la Yarqon River Authority) es troba en les figures 3.8 i 3.9.

3.1.2.3. Fòrum

Vista la necessitat de definir clarament els objectius i les especificacions del SE per tal d'assegurar el desenvolupament d'una eina realment útil i fiable s'obrí un fòrum de discussió en una pàgina d'internet (veure figura 3.10).

La idea era construir una plataforma de gestió del coneixement on tant els gestors de l'aigua com els científics del projecte poguessin compartir el seu coneixement i enviar les seves opinions, comentaris i/o suggerències respecte a l'evolució del SE (per exemple, els usos potencials d'aquest). En aquest cas els gestors modularen les idees i suggerències dels científics, ja que disposaven d'una major experiència en el camp de la gestió.

El fòrum també permeté la distribució de les *demos* que s'anaven fent en el curs del desenvolupament del Sistema i així obtenir més fàcilment l'opinió dels futurs usuaris finals.

El fòrum resultà ser una bona plataforma d'intercanvi d'impressions sobre el SE.

PERSONAL INTERVIEWS: FRANCE

1.- Could you give a qualitative estimation about WWTP implementing nutrient removal?

2.- Which superficial water data are available?

PARAMETER	YES	NO
Ammonium		
Nitrate		
Nitrite		
Phosphate		
TOC		
Chloride		
Conductivity		
BOD		

3.- Do you have on-line data provided by automatic analysers? Which data?

4.- In the initial survey you answered that you have a method to relate and combine nutrient criteria and physico-chemical criteria in order to know the water quality. Which method is? What does this method comprise about?

5.- What does the Expert System need to be more useful? And which aspect of the Expert System do you think is not necessary?

7.- Which minimum data or minimum information do you consider necessary needed by the Expert System to be able to establish the stream water quality or state?

8.- Do you know any action to minimize the effects of non-point sources?

9.- Which action on terrestrial habitats can we do to improve the water quality?

10.- Which actuations do you usually carry out to solve the following problems? (We need specific actions): a) excess of nitrate; and, b) destruction of the riparian vegetation.

11.- Which tool do you need to improve your stream river management?

12.- Which geomorphological data do you think are needed? Which information do we obtain from these?

Figura 3.8. Entrevista realitzada als gestors de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne

PERSONAL INTERVIEWS: ISRAEL

- 1.- What does the Expert System need to be more useful? Which aspect of the Expert System do you think is not necessary?
- 3.- Which tool do you need to improve your stream river management?
- 4.- Do you think PHOSPHOROUS could be useful to determine the stream water quality or its state? The other water managers think that these parameters could be useful data for the Expert System.
- 5.- Which quality index for macrophytes do you usually use? What does this index comprise?
- 6.- Which geomorphological data do you think are needed? Which information do we obtain from these?
- 7.-Do you know any action to minimize the effects of non-point sources?
- 8.- Which action on terrestrial habitats can we do to improve the water quality?
- 9.- Which actuations do you usually carry out to solve the following problems? (we need specific actions): a) excess of phosphorous (eutrophication); b) pH variation; c) DO variation; d) organic matter pollution; e) excess of ammonium; f) excess of nitrate; g) low biodiversity or/and abundance; h) destruction of the riparian vegetation; and, i) sediments in the river.
- 10.- In the survey you considered important the following actions as interesting outputs from the Expert System: a) modification of the water flow (residence time); b) modification of the river banks; and, c) modification/alteration of the morphology.
 - ❖ How can we improve the river ecological state modifying the water flow? (specific actions)
 - ❖ And modifying the river banks?
 - ❖ Which aspect of river ecological state will improve with the modification or alteration of the stream morphology?

Figura 3.9. Entrevista realizada als gestors de la Yarqon River Authority

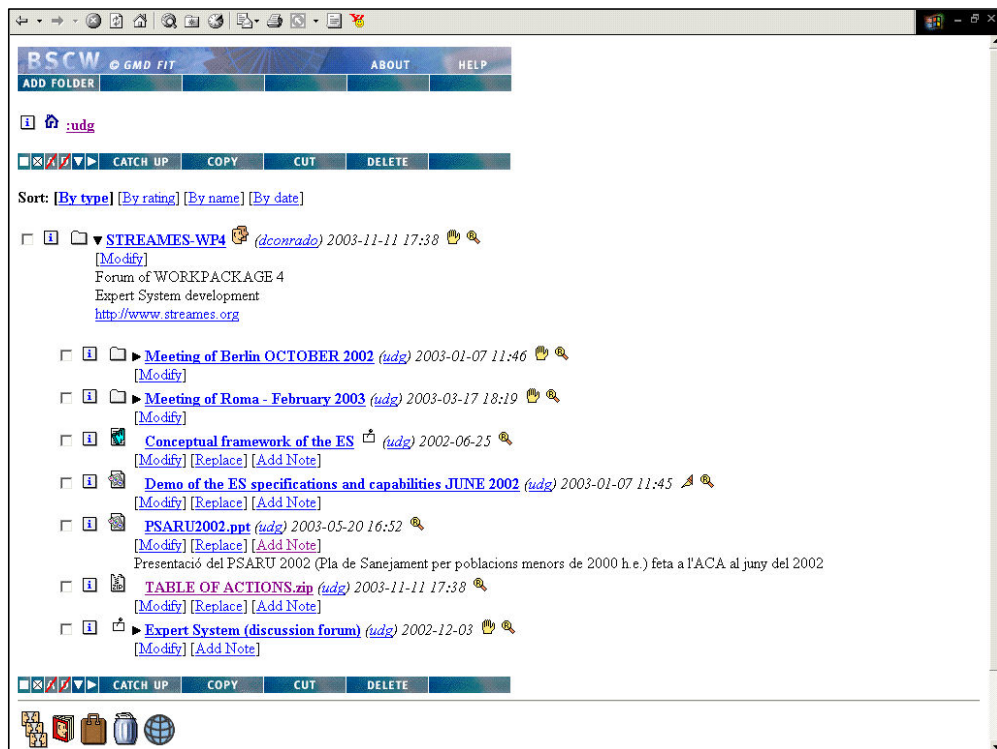


Figura 3.10. Plana inicial del fòrum de discussió

3.1.3. Coneixement empíric

El coneixement empíric s'obtingué a partir de les dades resultants de les campanyes experimentals dutes a terme dins del projecte STREAMES.

3.1.3.1. Campanyes experimentals

Tal i com ja s'ha comentat en paràgrafs anteriors (apartat 3.1), existeix un buit en el coneixement del funcionament i estructura dels rius afectats antròpicament, així com del seu comportament al patir l'entrada d'elevades càrregues contaminants. D'aquí es veié la necessitat de realitzar una sèrie de campanyes experimentals per tal de cobrir el buit existent, proporcionant, així, el coneixement empíric necessari per al desenvolupament del SE (figura 3.1). Els mostrejos foren dirigits cap a l'obtenció de coneixement empíric útil per a la gestió dels problemes derivats d'un excés de nutrients.

Per tal de cobrir un ampli rang de condicions climàtiques, geomorfològiques i ambientals se seleccionaren 11 escenaris d'estudi entre els 8 països europeus participants en el projecte (Martí et al., 2003) (veure figura 3.11).

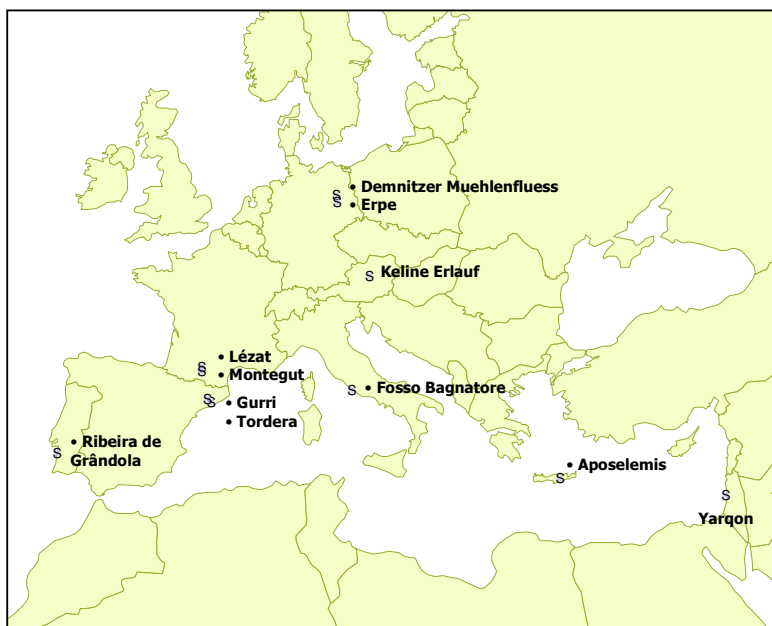


Figura 3.11. Localització dels escenaris d'estudi

Cadascun dels escenaris es diferenciava dels altres d'acord a les seves condicions hidrològiques, al relatiu domini de fonts puntuals vs fonts difuses en referència als nutrients i al principal ús del sòl en la conca seleccionada (veure figura 3.12). De fet, un escenari es definí com un tram on una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) abocava el seu efluent i on els impactes d'aquest podrien ésser avaluats en la qualitat de l'aigua fluvial.

Study sites with loosing water to groundwater	Effluent discharge* less than the stream baseflow	Diffuse loadings higher than point sources	Without nutrient treatment	1 Aposelemis stream (Greece)
		Diffuse loadings less than point sources	With nutrient treatment	2 Montegut River (France)
	Effluent discharge* higher than the stream baseflow	Diffuse loadings higher than point sources	Without nutrient treatment	3 Tordera stream (Catalonia)
		Diffuse loadings less than point sources	With nutrient treatment	4 Fosso Bagnatore (Italy)
(xeric regions)	Effluent discharge* higher than the stream baseflow	Diffuse loadings higher than point sources	Without nutrient treatment	5. Gurri stream (Catalonia)
		Diffuse loadings less than point sources	With nutrient treatment	6 Ribeira de Grândola stream (Portugal) and Yarqon River (Israel)
(messic regions)	Effluent discharge* less than the stream baseflow	Diffuse loadings higher than point sources	Without nutrient treatment	8 Kelline stream (Austria)
		Diffuse loadings less than point sources	With nutrient treatment	9 Lézat River (France)
	Effluent discharge* higher than the stream baseflow	Diffuse loadings higher than point sources	Without nutrient treatment	10 Demnitzer Muehlenfluss (Germany)
		Diffuse loadings less than point sources	With nutrient treatment	11 Erpe stream (Germany)

Figura 3.12. Característiques diferenciadores dels rius estudiats

(* cabal de l'efluent de l'EDAR)

D'aquesta manera, cada tram fou dividit en 2 sub-trams: el sub-tram d'aigües amunt de l'EDAR, també anomenat de control o *upstream*, i el sub-tram d'aigües avall de l'EDAR, també anomenat sub-tram alterat o *downstream*, tal i com pot observar-se en la figura 3.13. Comparant els 2 sub-trams podria percebre's l'impacte generat per l'efluent de l'EDAR sobre l'ecosistema fluvial.

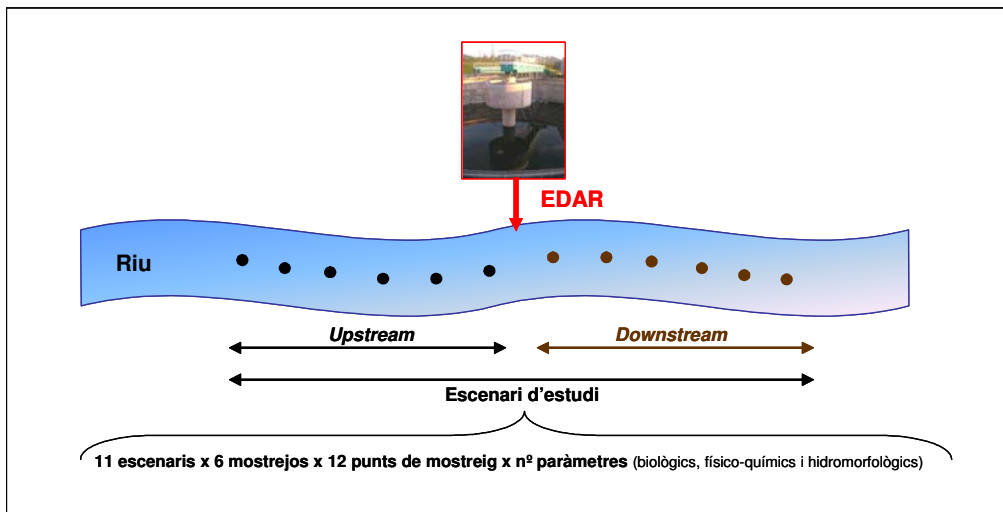


Figura 3.13. Caracterització d'un escenari

En cadascun dels escenaris es dugueren a terme 6 mostres amb 12 punts de mostreig (6 a cada sub-tram) en el període de temps d'1 any i mig, per tal de cobrir un ampli rang de condicions ambientals i climatològiques. En cadascun d'aquests mostres es mesuraren paràmetres físics (hidrologia, hidràulica i morfologia), químics (concentracions de nutrients i ions majoritaris) i biològics, tan estructurals (biomassa dels productors primaris, biomassa i composició de la comunitat de consumidors) com funcionals (capacitats d'autodepuració, taxes de desnitrificació, taxes de metabolisme).

Tant en les mesures fetes *in-situ* com en aquelles realitzades en el laboratori, així com en el processament de les dades, se seguí una metodologia comuna per a tots els escenaris per tal que totes les dades resultants poguessin ésser comparades. Els paràmetres avaluats i la metodologia utilitzada es troben en la taula 3.2.

A partir dels resultats obtinguts dels mostres i l'estudi estadístic de les analítiques pertinents, prèvia manipulació d'aquests, s'obtingueren una sèrie de correlacions molt útils per a la base de coneixement del SE.

Cal destacar que tota la feina realitzada en referència a les campanyes experimentals i les analítiques posteriors fou duta a terme pels científics (majoritàriament ecòlegs) del projecte STREAMES. La persona que defensa la present tesi doctoral només adquirí el coneixement derivat del tractament de les dades resultants.

Taula 3.2. Descripció dels paràmetres mesurats
(DOC = Dissolved Organic Carbon, TOC = Total Organic Carbon, AFDM = Ash Free Dry Mass)

Research questions	Parameters to be measured	Methodology
Study reach characterisation		
	Reach slope	
	Percentage of substrate types: cobbles, sand..	Areal coverage conducting cross-stream transects
	Existence of riparian vegetation and percentage of canopy cover	Visual records along the reach
	Water chemistry: major ions composition	Chemical analyses:SO ₄ , Cl, HCO ₃ ,Ca, Mg, Na, K
	Geomorphologic features	
How does high stream nutrient loads (N and P) affect nutrient retention at the reach scale?		
	Nutrient uptake length and rates Nutrient mass-transfer coefficient	Short-term nutrient (N-NO ₃ , N-NH ₄ , PO ₄) and tracer (Cl) additions Chemical analyses of N, P, and Cl
	Light, temperature	Light meter and thermometer
	Conductivity	Conductivity meter
	DOC concentration	TOC autoanalyser
	Dissolved oxygen concentration	Oxygen meter
What mechanisms control nutrient (N and P) retention in streams affected by high nutrient loads?		
• Hydrologic mechanisms at reach scale (WP2)		
	Vertical hydraulic gradient (VHG)	Transects along the sub-reaches using manometer
	Stream water velocity and discharge	Conservative-tracer (Br or Cl) additions
	Measurement of sediment clogging	Collection of sediment cores (5 cm depth, 5 replicates) and measurement of percentage of sediment particles <2mm and its AFDM content
	Hydrologic transient storage zone Vertical exchange coefficient	Conservative-tracer (Br or Cl) additions Solute transport model
• Biological mechanisms at sub-reach scale: From dissolved nutrients to particulate forms		
	Whole-reach net primary production and respiration	Diurnal upstream-downstream dissolved oxygen change technique Direct measurements of reach reaeration coefficient using propane additions.
	<i>In situ</i> denitrification rates	<i>In situ</i> incubations in the 3 most dominant substrate types using acetylene-block technique.
	pH, alkalinity and Ca	pH-meter, potentiometric titration, and inductively coupled plasma emission spectroscopy
	Algal biomass (filamentous and biofilm) and composition of dominant taxa	Chlorophyll and AFDM content
	Biofilm C, N, P content	Elemental analyses technique
• Biological mechanisms at sub-reach scale: From food sources to consumers		
	Biomass and taxa composition of different feeding groups	
	C, N, P content of each feeding group	Elemental analyses technique

3.2. Representació del coneixement

Finalitzada l'etapa d'adquisició del coneixement, el fet de disposar d'una gran quantitat de coneixement fa necessària una bona estructuració d'aquest coneixement adquirit. La transformació del coneixement en una forma de representació gràfica, fàcil d'entendre i de

revisar per part dels experts, com ara els arbres de decisió, és una bona manera de fer-ho. D'aquesta manera la base de coneixement pot organitzar-se i documentar-se en forma d'arbres de decisió, com a pas previ per al desenvolupament del SE (Poch et al., 2004).

3.2.1. Definició d'arbre de decisió

En termes generals els arbres de decisió són considerats una bona via de representació del coneixement degut a què segueixen un raonament lògic similar a l'humà i, per tant, són fàcils d'entendre. En el nostre cas els arbres de decisió permeten modelitzar gràficament el procés de decisió amb relativa facilitat.

El coneixement és estructurat en forma d'arbres, amb els seus nodes, branques i fulles (Atanasova i Kompare, 2002). Els nodes representen decisions o alternatives, les branques (que són els arcs que connecten els nodes) representen el conjunt d'alternatives possibles i les fulles (que són els nodes terminals) representen una variable dependent (veure figura 3.14).

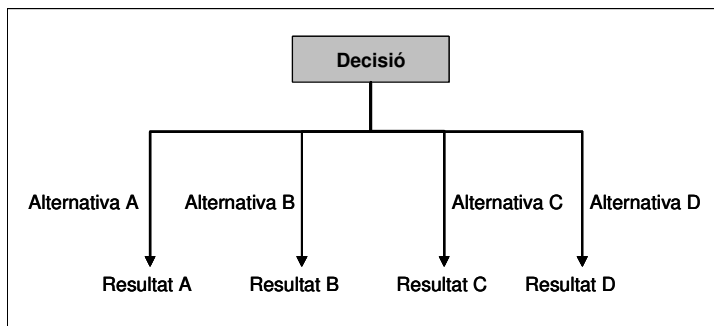


Figura 3.14. Esquema d'un arbre de decisió

Una vegada s'inicia el recorregut per un d'aquests arbres es realitza un examen sistemàtic de totes les variables d'informació de l'arbre, establint i interpretant relacions entre les diferents variables. D'aquí que Comas (2003b) defineixi els arbres de decisió com a representacions de cadenes causals d'interaccions des dels símptomes als problemes, causes i solucions en un procés de presa de decisions.

3.2.2. Desenvolupament dels arbres de decisió

Partint del coneixement adquirit en la fase d'adquisició del coneixement es construïren els diversos arbres de decisió, tal i com pot observar-se en la figura 3.15. D'aquí l'estreta relació que existeix entre les fonts de coneixement i els arbres resultants. Com més bones són les fonts, més fiables són els arbres desenvolupats.

Es construïren tants arbres de decisió com problemàtiques avaluades. La idea era que en cada arbre hi hagués representat tot aquell coneixement necessari per a diagnosticar el problema, detectar-ne les possibles causes i llistar un seguit d'accions o plans d'actuació per a solventar o minimitzar el problema.

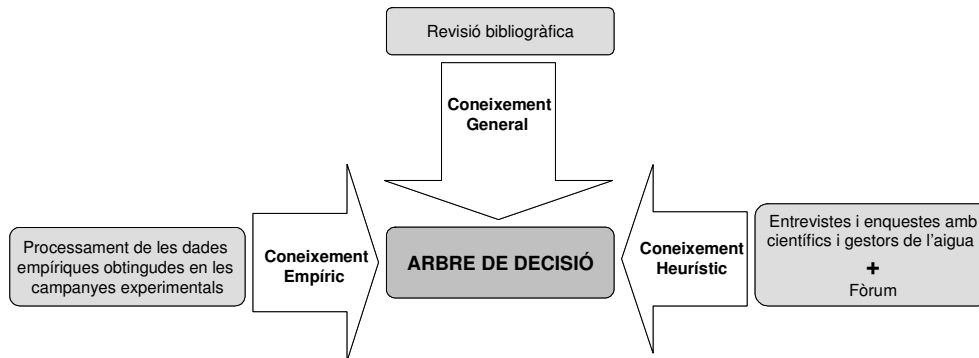


Figura 3.15. Procedència del coneixement estructurat en un arbre de decisió

Degut a la quantitat de coneixement existent la construcció dels arbres s'esdevingué tan complexa que es decidí crear uns altres arbres de decisió parcials per a les diferents etapes de diagnosi del problema, de detecció de la/les causa/es i de proposta d'actuacions. D'aquesta manera l'arbre de decisió resultant té l'estructura que es mostra en la figura 3.16.

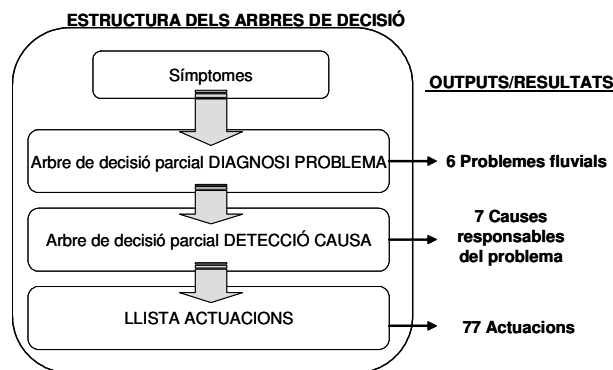


Figura 3.16. Fases d'un arbre de decisió

Així l'arbre de diagnosi és capaç d'inferir la qualitat de l'aigua fluvial així com l'estat ecològic del riu. Una vegada detectat el problema, el següent arbre avalua les diferents fonts de contaminació que afecten al tram estudiat per a detectar-ne les causes i, finalment, el darrer arbre proposa possibles accions o estratègies de gestió per a la millora del riu en el tram estudiat. En la figura 3.17 pot observar-se l'estructura simplificada d'un dels arbres de decisió construïts, el de l'eutrofització.

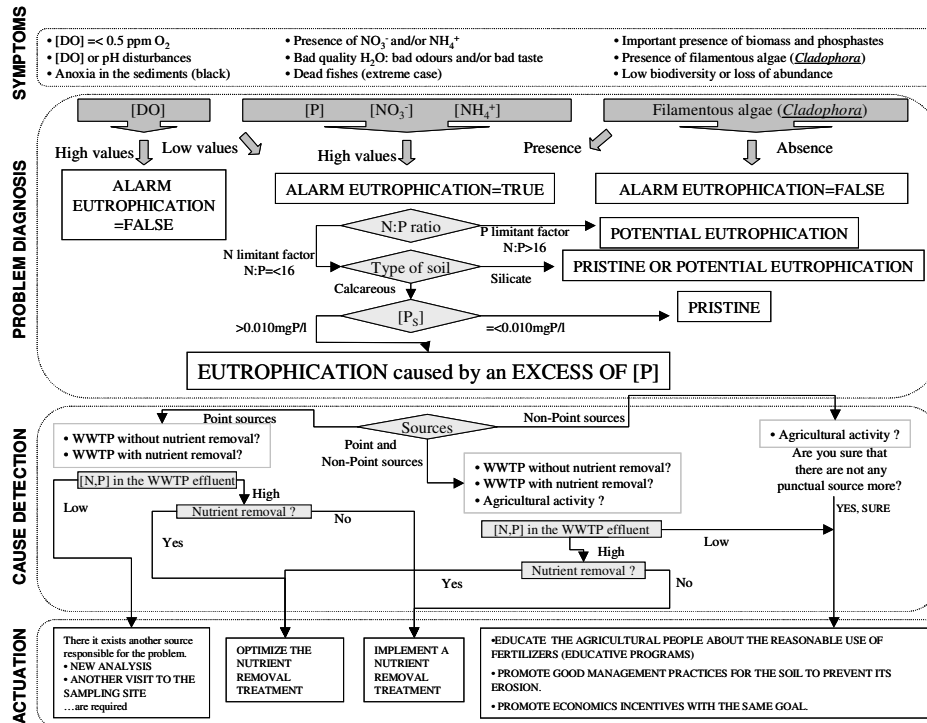


Figura 3.17. Arbre de decisió simplifcat pel problema de l'eutrofització

Un cop fets els arbres, aquests foren mostrats als experts, els quals els revisaren i modificaren a través d'un procés iteratiu.

3.3. Implementació del coneixement i integració dels arbres de decisió

3.3.1. Integració dels arbres de decisió

En aquesta etapa cadascuna de les branques dels arbres fou codificada en forma de regles heurístiques del tipus "SI-ALESHORES" ("if-then" rules). Això es deu al fet que, si bé els arbres són molt útils per a la representació i revisió del coneixement, al tenir un format molt visual, tot permetent la discussió de les seves branques, els motors d'inferència no eren capaços d'interpretar aquests arbres. Així es féu necessari un canvi de format: d'arbres a regles.

El procés de codificació dels arbres en regles del tipus "si-aleshores" (SI <condicions> ALESHORES <conclusions>) fou un procés relativament fàcil. La transferència dels arbres a regles es féu seguint cadascuna de les branques, des dels nodes fins a les fulles. D'aquesta manera es creà la base de coneixement del SE, un manual d'operació per a gestors de l'aigua. El *software* utilitzat fou la base de dades relacional ACCESS.

Durant el procés de codificació, els avenços parcials que s'anaven fent foren implementats utilitzant el programa G2, de Gensym Co (Gensym. 1990), en forma de *demos*.

3.3.2. Implementació del coneixement

Una vegada s'establí que el sistema a desenvolupar seria un sistema basat en el coneixement o SE calia definir quina seria l'estructura general d'aquest sistema.

La definició del marc conceptual del SE a desenvolupar fou una tasca complexa i llarga. Es realitzà paral·lelament als períodes d'adquisició i representació del coneixement, ja que s'alimentava progressivament dels resultats dels dos processos. Així, de la revisió bibliogràfica, les enquestes, les entrevistes i el fòrum s'obtingué el coneixement necessari:

- Quines funcions hauria de realitzar el SE
- Quines característiques hauria de tenir el SE
- A què hauria de fer front el SE
- Quines fases/etapes caldria distingir dins del SE
- Productes del SE

A mida que s'anaven fent avenços, aquests es visualitzaven en forma de *demos* del SE. Les *demos* eren mostrades en els diversos grups de treball via directa o a través del fòrum, per tal de rebre un seguit de comentaris, opinions i suggerències i així definir millor el marc conceptual. D'aquesta manera, les consideracions fetes eren integrades en noves *demos* que eren mostrades de nou als participants del projecte. Es tractava, doncs, d'un procés iteratiu (figura 3.18) amb l'objectiu final de construir una eina útil.

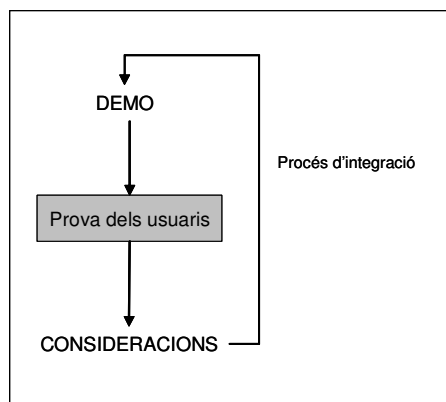


Figura 3.18. Procés de discussió sobre el marc conceptual del SE

Si bé el primer prototipus del SE es féu en G2, posteriorment s'utilitzà una altra plataforma per al desenvolupament del SE. Un expert en informàtica construí aquesta nova plataforma o entorn per tal de poder desenvolupar l'eina desitjada. L'entorn construït està format per un motor d'inferència (codificat en JAVA) i una interfície (codificada en Visual Basic 6.0).

Capítol 4. Etapa d'adquisició del coneixement

4. Etapa d'adquisició del coneixement

El coneixement adquirit es resumeix en els apartats següents segons la metodologia utilitzada i les fonts consultades:

- Revisió bibliogràfica (apartat 4.1)
- Coneixement adquirit dels qüestionaris, de les entrevistes, de les reunions i del fòrum (apartat 4.2)
- Campanyes experimentals (apartat 4.3)

4.1. Revisió bibliogràfica

En aquest apartat es detalla el coneixement adquirit a partir de la recerca bibliogràfica realitzada. La informació obtinguda ha ajudat a entendre els ecosistemes fluvials i ha permès obtenir el coneixement de SEs i SSDs previament desenvolupats amb objectius similars.

L'apartat s'organitza de la següent manera:

- Anàlisi de la recerca bibliogràfica (subapartat en el que s'analitzen els articles trobats en la recerca bibliogràfica (apartat 4.1.1))
- Descripció del tipus de coneixement adquirit en la recerca bibliogràfica (apartat 4.1.2)

4.1.1. Anàlisi de la recerca

Totes les referències trobades en la recerca bibliogràfica objecte de l'anàlisi foren publicades en el període de temps 1970-2002. Posteriorment s'adquiriren referències més recents per a complementar la base de coneixement del SE. L'anàlisi, però, només se centra en les referències publicades dins del període de temps anteriorment mencionat (1970-2002).

Es recolliren un total de 504 referències, les quals foren classificades segons la seva temàtica en els següents grups:

- *Decision Support System* (Sistemes de suport a la decisió)
- *Expert System* (Sistemes experts)
- *Neural Networks* (Xarxes neuronals)
- *Model; Fuzzy* (Models i teoria fuzzy)

- *Artificial Intelligence* (totes aquelles referències d'Intel·ligència artificial que tracten de la disciplina en termes generals, sense aprofundir en cap eina (sistemes experts, etc.) en particular)
- *Altres*

En la figura 4.1 es troben representats els 6 grups de referències amb el percentatge corresponent. S'observa que el tant per cent més elevat (27%) correspon al grup de *Decision Support System*. Aquest fet possiblement és degut a què el terme "*decision support system*" sovint se sol utilitzar genèricament per a designar qualsevol eina que ajudi a l'usuari a prendre una decisió. Aquesta eina pot ésser des d'un model numèric fins a un sistema "intel·ligent" individual –sistemes experts, xarxes neuronals, fuzzy- o un sistema que integri més d'una eina de les anteriors. Per tant, el terme "*decision support system*" s'usa a vegades per designar qualsevol de les altres tècniques. Pel que fa al grup de *Expert System*, aquest només representa un 7% del total, ja que és molt més específic. Per altra banda, cal destacar el 23% del grup *Altres*, grup dins del qual s'hi inclouen totes aquelles referències que no es pogueren englobar dins de cap dels altres grups. S'hi poden diferenciar vuit subgrups: eutrofització (5'55%), qualitat de l'aigua superficial (31'48%), legislació (8'33%), documentació diversa sobre gestió de rius (13'90%), tècniques de conservació i recuperació dels ecosistemes fluvials (9'26%), dinàmica fluvial (9'26%), ecologia de rius (7'41%) i retenció de nutrients (14'81%).

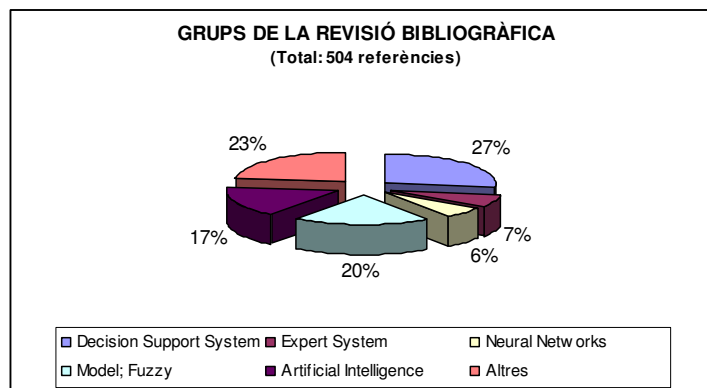


Figura 4.1.- Percentatge dels grups de referències en la revisió bibliogràfica

Per tal de realitzar una anàlisi de l'evolució temporal de la publicació dels articles referents a l'ús d'eines d'intel·ligència artificial en l'àmbit ambiental s'han agrupat tots els resultats de la recerca de cadascun dels grups a excepció del grup *Altres*. La figura resultant ha estat la figura 4.2, en la qual s'observa que a mitjans dels anys 80 comença a publicar-se esporàdicament algun article. Però, no és fins a la dècada dels 90 en què pot apreciar-se un augment considerable i amb pendent fortament positiva (any 1995, 24 entrades; any 1999, 55 entrades).

En referència als països, els EUA són capdavanters en la publicació d'articles amb un 70%. Pel que fa a les institucions que investiguen sobre el tema, la universitat és amb un 49'86% la més

important. Les institucions de recerca públiques o privades es troben en segon lloc, amb un 23'51%.

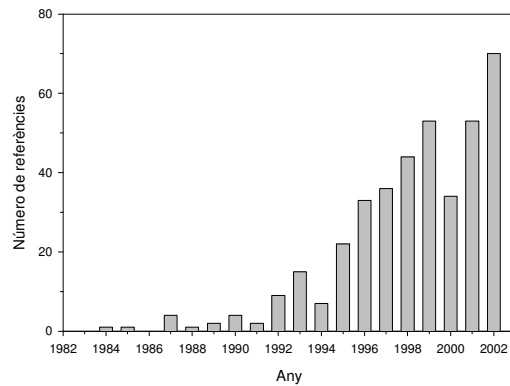


Figura 4.2.- Anàlisi global sobre els anys de publicació de la recerca realitzada

Grup Decision Support System (DSS)

La combinació de les paraules clau cercades (apartat 3.1.1.1) que conté un major nombre d'entrades és la de "*decision+support+system+river*", amb un 70%. Per contra, la combinació de "*decision+support+system+stream+ecology*" és la que té el menor nombre d'entrades, amb un percentatge del 3'20%.

En la figura 4.3 es mostra la relació d'anys dels articles trobats. S'observa un increment considerable de la publicació d'articles des del 1984 (any en el que data la primera referència trobada) fins el 2002. La major producció es concentra en la dècada dels 90 i la tendència creixent continua en els primers anys dels 2000.

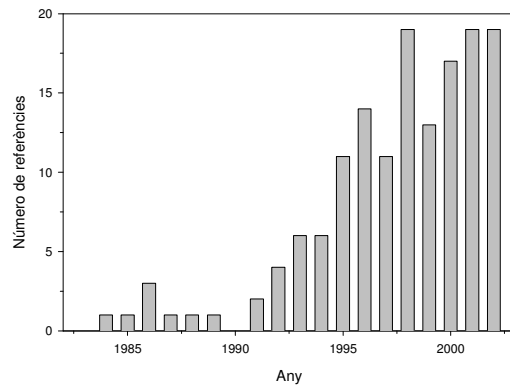


Figura 4.3.- Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup DSS

Grup Expert System (ES)

Pel que fa al grup ES, un 25% de les entrades no tracten directament el tema fluvial. Bàsicament, la totalitat d'aquestes entrades correspon a articles d'introducció a la matèria dels sistemes experts (què és un sistema expert, com es construeix...). Pel que fa a les referències restants, un 70'45% fa referència a rius, de les quals un 34'09% és sobre gestió de rius. En cap dels casos es troba com a paraula clau el terme "nutrient".

Respecte als anys de publicació, tal i com pot observar-se en la figura 4.4, no s'aprecia una tendència clara. L'any de major producció fou el 1997.

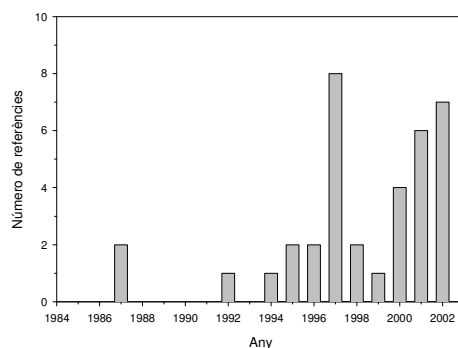


Figura 4.4. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup ES

Grup Neural Networks (NN)

El 62% de les referències corresponen a termes de rius i a la seva gestió. La resta, es refereixen a l'aplicació de xarxes neuronals en d'altres àmbits (38%).

En relació als anys de publicació d'articles sobre xarxes neuronals, s'observa una tendència creixent des de l'any 1993 fins a l'actualitat (figura 4.5).

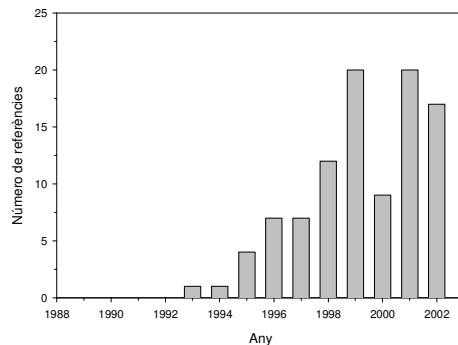


Figura 4.5. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup NN

Grup Model; Fuzzy (MF)

El subgrup *Fuzzy* és el més representatiu amb un 57'78%. Pel que fa a la combinació "model+fuzzy", el nombre d'entrades és reduït (15%).

En relació als anys de publicació, el primer article data del 1987, tal i com pot observar-se en la figura 4.6. Tot i que hi ha certa continuïtat en el tema, no s'observa una clara tendència. L'any de major publicació fou el 2002.

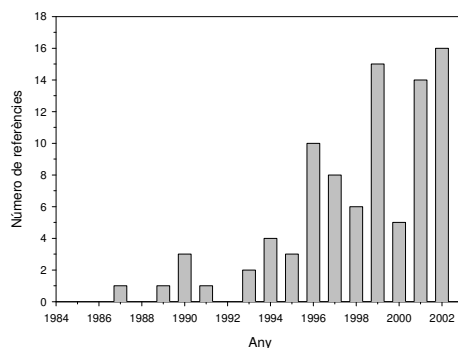


Figura 4.6. Anàlisi dels anys de publicació de la recerca realitzada pel grup MF

Grup Artificial Intelligence (AI)

En la figura 4.7 no s'observa una clara tendència en la publicació d'articles. Des de meitats dels anys 80 fins a l'actualitat la publicació ha estat desordenada. Aquest fet pot ésser degut a què es tenen poques referències.

Pel que fa als països, la major part de les entrades corresponen a Espanya. Aquest fet pot ésser degut a què es consultà alguna base de dades només amb referències espanyoles.

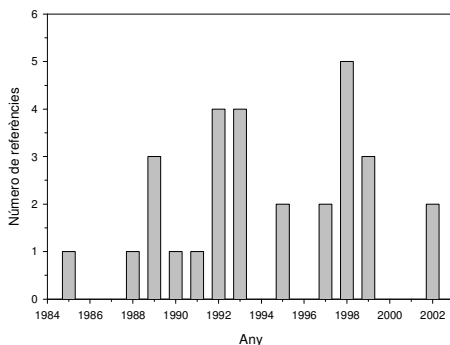


Figura 4.7.- Anàlisi dels anys de publicació pel grup AI

4.1.2. Coneixement adquirit

Tal i com es menciona en l'apartat 3.1.1.1 de la present tesi, l'objectiu principal de la revisió bibliogràfica era adquirir un bon coneixement de:

- els rius (dinàmica dels ecosistemes fluvials i funció dels ecosistemes de riba, problemes més comuns en els rius, estat de l'art dels rius europeus, detecció dels problemes fluvials, actuacions per a solventar-los o minimitzar-los i retenció de nutrients)
- les eines utilitzades en l'avaluació de la qualitat de les aigües (models i índexs de qualitat utilitzats en rius)
- la gestió de cursos i conques fluvials
- l'estat de l'art de les diferents eines utilitzades en la gestió de la qualitat de l'aigua fluvial (models fuzzy, xarxes neuronals, sistemes de suport a la decisió i sistemes experts)

4.1.2.1. Coneixement general sobre rius

Es tracta d'una introducció a l'ecologia fluvial: química de l'aigua, hidrologia, fonts d'energia per als microorganismes, relacions tròfiques, problemes de contaminació, dinàmica de nutrients, etc. Tot aquest coneixement és molt general però necessari, ja que constitueix la base per a construir i desenvolupar la base de coneixement del SE, que posteriorment fou completada amb el coneixement heurístic i empíric, ja que, tal i com diu García de Jalón (1988), profunditzar en l'estudi dels rius, analitzant els seus components i funcionament és, potser, el camí més curt per aconseguir la seva recuperació.

Dinàmica fluvial i funció dels ecosistemes de riba

Cadascun dels ecosistemes aquàtics es caracteritza per tenir una funció especial. Així, mentre que la funció dels aiguamolls és de drenatge, acumulació, transformació i font de matèria orgànica, els rius únicament tenen la funció de drenatge. Això es deu principalment a la taxa de renovació de l'aigua de cadascun d'ells; és a dir, a la velocitat a la que circula l'aigua en cada un d'aquests ecosistemes. D'aquesta manera, en els aiguamolls i llacunes el temps de residència de l'aigua és major que en els rius, d'aquí que s'hi puguin donar processos d'acumulació i transformació. Aquestes característiques són de gran importància a l'hora d'entendre els diferents processos que es donen en els ecosistemes fluvials.

Per altra banda, la vegetació juga un paper molt important en la regulació hídrica de les conques, ja que disminueix fins a valors inapreciables l'escorrentia superficial i perllonga

l'estada de l'aigua en la conca, donant una major oportunitat per al seu aprofitament en la mateixa conca. Alhora, al potenciar la via retardada de l'escorrentia subterrània *versus* la superficial evita les crescudes, tot tenint un efecte molt positiu sobre la torrencialitat dels cabals (García de Jalón i González del Tanago, 1988).

Per tant, la vegetació de les ribes duu a terme importants funcions en la dinàmica fluvial:

- Determina l'estabilitat del llit i dels marges fluvials davant de crescudes, influint en la seva forma i traçat.
- Forma part del funcionament de l'ecosistema fluvial, participant en l'intercanvi de matèria i energia.
- Controla la temperatura de les aigües i la llum (amb la llum es pot controlar el creixement de les algues i els macròfits, evitant així situacions extremes de fotosíntesi).

En contraposició, cal tenir en compte que, en el cas que la vegetació caigui en el riu, aquesta pot obstaculitzar el pas de les aigües i incrementar, així, els risc d'inundacions. Per tant, cal un bon manteniment d'aquesta vegetació.

Concretament, en la vessant mediterrània les condicions climàtiques afavoreixen avingudes, d'aquí que sigui necessari cuidar amb detall les característiques dels sòls i de la vegetació, en especial les del curs fluvial i les de la riba, per tal que les fortes pluges no produeixin excessives erosions ni arrastrin grans quantitats de terra, llots, restes vegetals... La millor manera d'evitar els efectes de les avingudes és respectar l'espai o territori propi al riu, sense fer ocupacions que dificultin el pas de les aigües.

Problemes més comuns en els rius

Els problemes dels ecosistemes fluvials poden ésser deguts per l'abocament o entrada de compostos contaminants (tant en dissolució com en suspensió) o per l'alteració directa d'aquests ecosistemes per l'acció de l'home.

Els problemes més comuns observats són:

- Excés de nutrients
 - Contaminació per un excés d'amoni
 - Contaminació per un excés de nitrats
 - Contaminació per un excés de fòsfor (eutrofització)
- Contaminació d'origen orgànic i anòxia

- Problemes de salinitat
- Presència de residus tòxics (hidrocarburs i/o metalls pesants)
- Alteracions del pH
- Destrucció de la vegetació de riba i ribera
- Estrès per la falta de cabal ecològic
- Alteracions del llit fluvial (per exemple, canalitzacions del llit fluvial)

Estat de l'art de la qualitat dels rius europeus respecte els nutrients

Mentre que en els darrers 10-20 anys la concentració de fòsfor dissolt s'ha reduït pel tractament de les aigües i la substitució del fòsfor en els detergents, els nivells de nitrat en molts dels rius europeus han incrementat, principalment com a resultat dels fertilitzants nitrogenats i per la intensificació de la producció de cultius en sòls poc fèrtils i fràgils. El valor guia així com la concentració màxima establerta per la Drinking Water Directive (98/83/EC) són superats en moltes de les aigües subterrànies europees (European Environment Agency, 2000).

En l'escala europea, els sectors més importants responsables de les càrregues substancials de nutrients en el medi ambient són l'agricultura, els consumidors, la indústria, la producció d'energia i el transport. Molts d'aquests són les fonts clau de nutrients en el medi ambient (European Environment Agency, 1999).

Així no és estrany que a França s'observin greus problemes d'excés de nitrats en les seves aigües i Israel pateixi grans problemes de contaminació dels aqüífers per nitrats. Tot i així, cal mencionar que entre uns i altres països s'observen diferents graus d'un mateix problema. Per exemple, mentre que al riu Yarqon d'Israel no poden utilitzar-se índexs de macròfits per no haver-hi gairebé vida en les seves aigües, a Àustria aquests són usats amb relativa normalitat.

Pel que fa al problema de l'excés de fòsfor en les aigües fluvials, aquest es veu agreujat per l'escassetat d'aigua en les regions mediterrànies. En aquest sentit els rius mediterranis tendeixen a sofrir una elevada eutrofització i una elevada producció primària (sobretot algues filiformes com ara Cladophora) degut a l'elevada insolació, les altes temperatures i l'elevada quantitat de fertilitzants agrícoles abocats en els rius (Jolma et al., 1997; García de Jalón i González del Tanago, 1988). A Espanya, concretament, els ecosistemes més eutròfics, per ordre decreixent, són sèquies, rius, llacs i embassaments, segons el CSIC (Álvarez et al., 1991). El 63% dels rius espanyols pateixen d'eutròfia així com el 84% dels llacs i el 70% dels embassaments.

Detecció dels problemes fluvials

El primer pas en qualsevol planificació d'estratègies de gestió d'un sistema fluvial és detectar i reconèixer el/s problema/es que es dona/donen en aquest sistema de drenatge (NIWA, 1995).

En la taula 4.1. es troben recollits els principals problemes que poden afectar els rius i els seus efectes, per tal de facilitar la detecció d'aquests problemes. Així, per exemple, en el cas d'observar-se l'absència de macroinvertebrats, la presència de macròfits halòfils i la presència de peixos morts pot afirmar-se que l'ecosistema fluvial avaluat es veu afectat per un problema de salinitat.

Actuacions per a solucionar els problemes de riu o riba

Una vegada s'ha detectat el problema, el següent pas és la detecció de la font de contaminació. Tot i que a vegades no resulta fàcil detectar-la, sobretot si es tracta d'una font difosa, és una etapa important a realitzar i, per tant, no s'hi haurien d'escatimar esforços. Detectada la/es causa/es del problema, ja es pot passar a avaluar les possibles actuacions a fer per tal de minimitzar o solucionar el problema. De solucions a dur a terme n'hi ha forces, cadascuna amb els seus pros i contres.

En general, per al control del fenomen existeixen, bàsicament, dos tipus de programes d'actuació. Uns es basen en el tractament de les causes bàsiques i d'altres en el dels efectes. On sigui possible, generalment és més eficaç tractar les causes, que es poden controlar més ràpidament, que no pas intentar simplement eliminar els efectes (Ryding i Rast, 1992). D'aquí la importància de conèixer la causa del problema.

El problema sorgeix quan es precisa d'informació pràcticament inexistent com ara: 1) quin és el grau de degradació del riu?; 2) quines funcions naturals del riu han estat aturades o modificades?; 3) com rectificar certs impactes molt específics? Sense aquesta informació no es pot definir una estratègia bàsica d'actuació. En aquesta línia Sterba (1997) proposa una metodologia per a estudiar els rius i així obtenir la informació necessària. Els punts que proposa la metodologia són: a) comparació relativa objectiva de l'estat ecològic dels rius; b) avaluació de tota la conca en un cert període de temps (uns dos anys); c) il·lustració de les principals conseqüències de la degradació dels rius; i, d) realització d'un primer inventari de les diferents parts dels rius per a la protecció d'hàbitats naturals valuosos i/o per a la restauració.

De la revisió bibliogràfica s'obtingué informació sobre possibles estratègies de gestió fluvial, sobretot aquelles mesures que es refereixen a incrementar la capacitat d'autodepuració,

Taula 4.1. Relació entre els problemes més comuns dels ecosistemes fluvials i els seus efectes

PROBLEMA FLUVIAL EFECTES / SÍMPTOMES	Excés amoni	Excés nitrat	Presència amoníac	Eutrofització	Contaminació origen orgànic	Anòxia	Salinitat	Presència residus tòxics	Alteracions pH	Destrucció vegetació riba/ribera	Estrès per falta de cabal ecològic	Alteracions lilit fluvial
Baixa concentració d'OD	X	X	X	X	X	X						
Alteracions del balanç diari de la producció d'OD	X	X	X	X	X							
Alteracions del pH			X	X				X	X			
Elevada concentració de fosfats				X								
Elevada concentració de sals							X					
Alta conductivitat							X					
Elevada DBO					X							
Presència de nitrats		X		X		X						
Presència d'amoni	X		X	X		X					X	
Important presència de biomassa	X	X		X								
Elevada presència d'algues				X ¹	X							
Presència macròfits hal.lòfits							X					
Acumulació de vegetació morta (en estat de descomposició)				X	X	X						
No hi ha bosc de riba o ribera										X		
Alta població de macroinvertebrats					X							
Elevada biomassa piscícola					X							
Baixa biodiversitat d'espècies i pèrdua de la seva abundància	X	X	X	X	X	X ²	X		X ³	X	X ⁶	X ⁵
Peixos morts	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
Absència de peixos i d'invertebrats						X	X				X	
Sediments negres				X		X						
Metalls mobilitzats						X			X			
Producció d'àcid sulfhídric i metà						X ⁴						
Mala olor i mal gust				X		X						

¹ Es tracta d'algues filamentosos, sobretot del gènere *Cladophora*; ² Davallada en el nombre d'espècies i clara dominància dels gèneres *Chironomidae* i *Oligochaeta* (De Graça et al., 1995); ³ (Hildrew et al., 1995); ⁴ (García de Jalón i González del Tanago, 1988); ^{5,6} (García de Jalón i González del Tanago, 1988; Sterba et al., 1997).

mesures que afecten la morfologia del riu, la quantitat de l'aigua o la vegetació de riba per a retornar a l'estat natural de l'ecosistema. Alhora, també s'obtingué coneixement de les característiques funcionals de cada alternativa de gestió (ex. el % d'èxit, de benefici o el temps de resposta de l'ecosistema), que depenen de les característiques de cada regió ecològica.

En general, s'observà que la majoria d'estratègies de gestió fluvial utilitzades per a millorar la qualitat de l'aigua fluvial van dirigides a reduir els *inputs* que provenen de fonts puntuals terrestres (ex. construint EDARs o millorant la qualitat dels efluents de les EDARs). Menor atenció ha estat donada a desenvolupar estratègies de control per a les fonts difoses o augmentar la retenció de nutrients en la columna d'aigua. Això és degut a què les fonts difoses són molt més difícils de controlar. No obstant això, estudis actuals que avaluen l'ús de zones de riba com a *buffers* per a fonts difoses mostren resultats prometedors (Landesumweltamt Brandenburg, 1996; Sabater et al., 2003). Addicionalment, tot i la gran quantitat d'informació relacionada amb la dinàmica de nutrients en rius pristins, hi ha un buit en el coneixement d'aquests processos en rius alterats o contaminats. Això fa difícil desenvolupar adequades estratègies de gestió per a controlar els processos de retenció en la columna d'aigua en aquest tipus de rius.

Degut a la gran quantitat d'actuacions trobades per dur a terme es mostren a nivell d'exemple algunes actuacions per a alguna de les problemàtiques comentades en aquest mateix apartat.

Cas 1: Contaminació per un excés de fòsfor (eutrofització)

En la majoria dels casos es requereix en primer lloc la reducció o eliminació de les aportacions excessives de nutrients. Aquest procediment aconseguirà eliminar el problema bàsic i generalment és l'estratègia més efectiva a llarg termini (Ryding i Rast, 1992). Així, una de les possibles actuacions seria millorar la qualitat dels efluents de les EDARs (menor concentració de fosfats). Alhora, una altra solució seria la biomanipulació (modificació de l'estructura tròfica afavorint uns nivells tròfics envers els altres), una tècnica molt útil en els embassaments eutrofitzats que podria ser traslladada als ambients fluvials (Ridge et al., 1995). Per altra banda, és notable l'efecte que poden tenir en els rius els canvis d'ús del sòl, els canvis en la coberta vegetal, etc, tal i com mostra Rekolainen (1999), el qual proposa el canvi de les pràctiques de cultiu per tal de solventar el problema de l'eutrofització (García de Jalón i González del Tanago, 1988).

Cas 2: Contaminació per un excés de nitrats

En aquest cas, gran quantitat de mesures poden dur-se a terme per tal d'eliminar el problema del nitrat, com ara: a) millorar la qualitat dels efluents de les EDARs (seria implementar un tractament d'eliminació del nitrat en les EDARs causants del problema o, en el cas que ja

existís, una optimització d'aquest per tal que la desnitrificació fos efectiva); b) el.laboració d'un pla educatiu per als pagesos amb l'objectiu d'informar-los de l'ús adequat i racional dels fertilitzants (en el programa, a apart d'indicar-los les dosis adequades dels fertilitzants a usar també caldria informar-los dels efectes d'un mal ús d'aquests tant en la qualitat de les aigües fluvials com en els seus conreus); c) afavorir la captació del nitrat per part de les plantes aquàtiques mitjançant l'ús de macròfits en l'àrea afectada (els macròfits s'utilitzen com a sistema de depuració de l'aigua. Es tracta de promocionar la seva colonització) (García de Jalón i González del Tanago, 1988); i, d) augmentar la zona hiporreica activa per tal d'afavorir el procés de desnitrificació en aquesta zona (en el cas que el substrat del llit fluvial no sigui grava ni sorra, l'actuació és afegir sorres i grava al llit fluvial; per contra, en el cas que el substrat sigui grava o sorra, l'actuació a dur a terme és remoure el substrat per tal de netejar els intersticis existents d'aquest).

Cas 3: Problema de salinitat

Es coneixen poques estratègies d'actuació per a solventar el problema. El control de les entrades de sals al riu afectat així com els plans d'educació destinats a la població del sector contaminant són les úniques accions possibles a dur a terme en aquests moments (Mitchell, 1989). Pel que fa a l'efectivitat d'aquestes actuacions, el control dels *inputs* en el riu és el més efectiu degut a què l'entrada del contaminant és eliminada.

Retenció de nutrients

La temperatura conjuntament amb els paràmetres hidrològics influencien la capacitat de retenció dels nutrients.

En termes generals la velocitat del cicle del fòsfor (el seu tancament) és molt més ràpida que la del nitrogen, tot i així, la seva taxa de reciclatge depèn de la taxa de renovació de l'aigua en el sistema aquàtic d'estudi. En taxes de renovació elevades la taxa de reciclatge serà menor que en el cas contrari. En els aiguamolls, per exemple, les taxes de renovació són relativament baixes (taxa ràpida però no tant com en els rius). D'aquí que es doni l'acumulació del fòsfor i una part del nitrogen en els sediments. El fet que la major part sigui fòsfor és degut a què aquest sedimenta molt més ràpidament que el nitrogen i a què el fosfat tendeix a precipitar molt més fàcilment en ambients rics en oxigen. En aquests ambients els fosfats es caracteritzen per ser força insolubles. Tot i així, en ambients anòxics el fòsfor es redissol. Pel que fa al nitrogen, aquest és eliminat pel procés de la desnitrificació o per filtració cap a les aigües subterrànies.

4.1.2.2. Qualitat de l'aigua

Models de qualitat d'aigua utilitzats en els rius

Diversos models han estat utilitzats a l'hora de determinar la qualitat de les aigües fluvials (Somlyódy et al., 1998; Choy et al., 2002; Kelly, 1997; DeGasperi i Khangaonkar, 1997; Gromiec, 1997). D'entre aquests cal mencionar els següents per la seva importància o bé per la seva potencial utilitat:

Models estàtics:

- *Streeter-Phelps model*: model utilitzat per a simular variacions espaials i temporals de DBO sota diverses condicions de cabal i temperatura.
- *QUAL-I model*: model utilitzat per a avaluar les concentracions de DBO.
- *Stream Water Quality Model QUAL2E*: model àmpliament utilitzat per a la simulació de la qualitat de les aigües i de situacions de descàrregues d'aigües residuals. Es tracta d'un model complex però efectiu. Permet l'anàlisi de certs contaminants convencionals: substàncies conservatives, temperatura, bacteris, DBO, OD, nitrogen, fòsfor i algues. L'únic inconvenient és que treballa en condicions estacionàries i és unidimensional.
- *QUAL2E-UNCAS model*: és el model QUAL2E millorat. Continua essent unidimensional i continua treballant en estat estacionari.

Models dinàmics:

- *CE-QUAL-W2 model*: és un model bidimensional considerat un bon simulador.
- *El PC-QUASAR* (www.nwl.ac.uk/ih): és un model de qualitat d'aigua i d'avaluació del cabal de les xarxes fluvials. Fou dissenyat per a l'administració (usuari final) com a eina de suport a la gestió de la qualitat de l'aigua fluvial. Permet una fàcil comparació entre l'estat del riu existent i el que hi hauria després d'un canvi planejat. Per tant, permet predir els efectes reals o potencials de certs canvis realitzats en els usos fluvials. En aquesta línia, es pot modelitzar, entre d'altres, l'amoni, el nitrat, l'OD i la DBO.

De l'anàlisi de tots aquests models se n'extreu la línia evolutiva en el temps que ha experimentat el desenvolupament dels models de qualitat de l'aigua. Tots ells han estat desenvolupats amb un objectiu comú: representar matemàticament els processos que es donen en els ecosistemes fluvials i, així, analitzar els possibles problemes que s'hi poden

donar. D'aquí que s'aprecii una tendència a l'augment de la complexitat en els models a mida que s'incorporen nous processos i problemes.

L'anàlisi d'aquests models ha permès un major coneixement dels processos que es donen en els ecosistemes aquàtics afectats, principalment, per entrades de nutrients (nitrogen i fòsfor) i matèria orgànica. Aquest coneixement ha estat molt útil en el desenvolupament de l'etapa de diagnosi del SE. Addicionalment, dels models dinàmics (especialment del *PC-QUASAR*) s'ha adquirit coneixement molt útil per a l'etapa de prognosi del SE (com simular nous escenaris, com realitzar la comparació entre diferents escenaris, etc.).

L'ús d'índexs de qualitat de l'aigua

En els darrers anys la societat ha observat amb preocupació com les alteracions en els cursos fluvials incrementaven, situació que ha fet augmentar la sensibilitat ambiental de la població i que ha provocat en tots els països desenvolupats la posada en marxa de programes de vigilància i de control de la qualitat de les seves aigües fluvials (Benito i Puig, 1999). Amb aquesta finalitat s'han utilitzat nombrosos mètodes, principalment en forma d'índexs, que tracten d'obtenir informació de la situació real o grau d'alteració del sistema aquàtic. Uns es basen exclusivament en l'observació dels paràmetres químics, que si bé són de gran precisió (les anàlisis ens informen dels elements presents i de la seva concentració), tenen el problema de ser únicament testimonis de les condicions de l'aigua en l'instant mateix del mostreig. Alhora que només contempen, per costos i temps, l'examen d'uns pocs paràmetres enfront un ampli ventall de múltiples substàncies contaminants de diferents orígens. Per tant, poden donar una ràpida i bona perspectiva del moment, però no una visió integradora de les alteracions i canvis donats en el sistema a través del temps.

Per altra banda, l'ús dels organismes que de forma natural viuen en els sistemes aquàtics permet un coneixement més real de l'estat de salut del sistema hídic. Quan les condicions del medi es modifiquen i/o pateixen una pertorbació té lloc un canvi en l'estructura de la comunitat, el que permet conèixer la mesura en la que han resultat alterades les associacions dins la comunitat, tant en el temps com en l'espai, tot i que no és possible distingir la font del problema. Així doncs, els índexs biològics es comporten com a bons integradors de les alteracions sofertes pels rius, però poden contemplar-se com a mals analistes de les causes en la majoria dels casos (taula 4.2).

L'ús dels índexs biològics s'ha generalitzat en els estudis sobre la qualitat dels sistemes aquàtics fluvials, principalment aquells que tenen com a base la comunitat de macroinvertebrats bentònics degut a què:

- Són abundants en els rius

- Són relativament fàcils d'identificar
- Són còmodes de recol·lectar
- Són fàcils de veure
- Permeten anàlisis ràpides i econòmiques.

D'entre els índexs biològics de qualitat existents cal destacar el BMWP (Best, 1997) i el BMWPC (índex BMWP' adaptat a les característiques biogeogràfiques de les conques catalanes) per a complementar el control sistemàtic de la qualitat físico-química. El BMWPC, en concret, dóna la puntuació a 131 famílies de macroinvertebrats utilitzades com a bioindicadors, d'acord amb la seva corresponent sensibilitat a la contaminació. La suma dels valors de totes les famílies identificades dóna el valor final de l'índex, que ens permet classificar els punts de control en 5 classes, cadascuna de les quals correspon a un nivell diferent de qualitat ecològica de les aigües. Es veié la necessitat de desenvolupar aquest nou índex després d'haver utilitzat altres índexs emprats en d'altres països europeus amb el punt comú de l'ús dels macroinvertebrats com a organismes indicadors de qualitat (Alba-Tercedor i Sanchez-Ortega, 1988; Armitage et al., 1983; Ghetti, 1986; Hellowell, 1986; Prat et al., 1986; Tuffery i Davine, 1970; Verneaux i Tuffery, 1967; Woodiwis, 1964).

Taula 4.2. Comparació entre els índexs biològics i els físico-químics

ÍNDEXS BIOLÒGICS	ÍNDEXS FÍSICO-QUÍMICS
Bons integradors	Mals integradors
Indiquen l'estat de l'aigua durant un període de temps extens	Informen de la qualitat dels rius en el moment de la presa de mostres
Mals analistes	Bons analistes
No identifiquen els agents contaminants	Precisen i quantifiquen els contaminants presents en l'aigua

Com ja s'ha comentat, també s'utilitzen els índexs físico-químics. Dins d'aquests caldria destacar el ISQA, paràmetre que permet classificar ràpidament i amb senzillesa la qualitat físico-química de l'aigua d'un riu. Aquest paràmetre treballa únicament amb 5 variables analítiques (temperatura (T), conductivitat (D), oxidabilitat (A), matèries en suspensió (B) i OD (C)). Es calcula de la següent manera, classificant les aigües en 7 classes de qualitat segons el valor obtingut:

$$ISQA = T \cdot (A+B+C+D) \quad (\text{equació 4.1})$$

Però no tots els índexs físico-químics són tan senzills. A França, per exemple, s'utilitza un mètode que relaciona índexs de nutrients amb índexs físico-químics per tal de conèixer la qualitat de l'aigua. El mètode integra més de 20 paràmetres (amoni, nitrats, fòsfor, pesticides...). És un mètode útil però complicat, d'aquí que s'estigui mirant de canviar-lo. Ara per ara és just una matriu d'estàndards, en la que es distingeixen 5 categories per a tot el seguit de paràmetres. La primera categoria correspon al valor 1 i indica una qualitat excel·lent

del paràmetre avaluat. La darrera categoria correspon al valor 5 i indica una qualitat molt dolenta. A partir d'aquestes categories s'estableix la categoria global del riu, que correspon a la pitjor de tots els paràmetres. Així, per exemple, si la categoria de l'amoni és 2, la del nitrat, 2, i la del fòsfor, 3, la categoria del riu és 3.

El millor mètode a utilitzar és aquell que combina índexs biològics amb índexs físico-químics, degut a què el coneixement aportat per uns i altres es complementa.

4.1.2.3. Gestió de cursos i conques fluvials

Els rius són sistemes difícils de “conservar” degut a l'estreta relació amb els ecosistemes terrestres que drenen (García de Jalón i González del Tanago, 1988). D'aquí que en el procés de planificació dels recursos hídrics sigui necessari el treball conjunt entre experts de diverses disciplines (hidròlegs, enginyers, economistes, polítics, sociòlegs, ambientòlegs...) (UNESCO, 1990).

Degut a la complexitat dels sistemes aquàtics, així com de la diversitat d'interessos, existeixen diversos sistemes de gestió, tots ells vàlids. En aquest sentit Mitchell (1989) distingeix 3 interpretacions de la gestió integrada de l'aigua. La primera interpretació considera únicament l'aigua. La segona, considera l'aigua com un sistema, entenent la seva interacció amb d'altres sistemes com ara la terra i el medi ambient. Pel que fa a la tercera, aquesta considera les interrelacions existents entre l'aigua i el desenvolupament socio-econòmic, donant molta importància a la relació entre l'economia i el medi ambient. Comparant una i altra interpretació amb la que s'ha definit en el projecte STREAMES, la segona interpretació és la que s'adiu més a la gestió proposada pel projecte. En línies generals aquest tipus de gestió va dirigida a :

- Gestió de planes inundables
- Control del fenomen de l'erosió
- Identificació i gestió de les fonts de contaminació difoses
- Preservació d'aiguamolls i dels hàbitats piscícoles
- Drenatge agrícola
- Ús de l'aigua en activitats d'oci

El concepte de gestió integrada de l'aigua pot ésser aplicat en 3 nivells d'anàlisi depenent de la pregunta a la qual es vulgui respondre: a) normatiu (què s'hauria de fer?); b) estratègic (què podem fer?); i, c) operacional (què farem?).

Per altra banda, Sunaryo (2000) sosté que la gestió d'aquest tipus s'ha de basar en el principi de “un riu, un pla, una gestió integrada”. És a dir, una gestió ben planificada, sostenible i de caire ambiental. En aquest sentit caldria planificar els usos de l'aigua fluvial així com aquelles

activitats que afecten al riu en funció de la capacitat de recuperació o autodepuració de les aigües (García de Jalón i González del Tanago, 1988), alhora que de la càrrega contaminant dels abocaments que rep.

En termes generals s'han desenvolupat una sèrie de models com a eines de suport en la gestió dels rius o conques fluvials, els quals es caracteritzen per ésser el resultat de la combinació de diversos models. Poden ésser integrats per models hidràulics, biològics, de qualitat, de quantitat, etc. L'ús d'aquests models integradors i no dels models de qualitat es deu al fet que mentre que els models de qualitat de l'aigua únicament avaluen els aspectes químics de l'aigua, els models de gestió contempnen també els aspectes biològics i físics dels ecosistemes fluvials. D'aquí que siguin molt més complets i, per tant, molt més utilitzats com a eines de suport a la gestió fluvial. Per altra banda, també s'han dut a terme un seguit de projectes amb l'objectiu de gestionar àrees molt concretes. Tot i això, la majoria d'eines utilitzades es basen en sistemes d'intel·ligència artificial (veure apartat 4.1.2.4.).

En referència als models utilitzats, la gran majoria són models hidràulics, hidrodinàmics, de determinació de l'hàbitat i de poblacions. Tots els models trobats en la revisió bibliogràfica es basen en el càlcul del cabal ecològic i en l'avaluació dels impactes generats per una regulació del cabal fluvial:

- *River2D*: model hidrodinàmic bidimensional utilitzat en diversos llocs de Canadà i els EUA, entre altres països, per a l'anàlisi del cabal fluvial i la predicció dels efectes d'aquest cabal (García-Rodríguez i García de Jalón, 2003; Katopodis, 2003; Kelly, 2003; Gard, 2003). També ha estat usat conjuntament amb d'altres models desenvolupats amb l'objectiu de predir com els canvis en el cabal fluvial afecten a la qualitat i quantitat d'hàbitats de determinades espècies piscícoles (Hayes, 2003).
- *PHABSIM (Physical Habitat Simulation System, (Bovee, 1982))*: model unidimensional, combinació d'un model biològic i un model hidràulic. És a dir, lliga un model hidràulic amb corbes de preferència de diverses espècies per a estimar els canvis en l'hàbitat d'aquestes espècies (Lamouroux i Souchon, 2002). És una de les tècniques més utilitzades en els EUA, França, Noruega, Nova Zelanda, Canadà i Austràlia per a descriure el sistema fluvial usant les variables físiques de velocitat, profunditat de l'aigua i diàmetre del substrat (Tashiro i Tsujimoto, 2003). A partir d'aquí es prediu l'àrea útil pels peixos (es prediu la variació de l'hàbitat piscícola, tan qualitativa com quantitativa, en referència al cabal (García-Rodríguez i García de Jalón, 2003; Bérubé et al., 2003; Sanz-Ronda i Martínez-de-Azagra, 2003). Aquest model en particular permet la modelització dels impactes generats per les regulacions del cabal fluvial en les comunitats piscícoles (Gard, 2003; Clipperton et al., 2003; Martínez-Capel et al., 2003; Tompkins i Herricks, 2003). Aquesta modelització és útil per a entendre el funcionament ecològic de les comunitats piscícoles, per al disseny de

polítiques de gestió i per a l'establiment de prioritzacions en termes de restauració en els cursos fluvials. A Noruega, per exemple, el model ha estat utilitzat en els darrers 15 anys per a l'avaluació, entre d'altres, dels impactes ocasionats pel desenvolupament d'hidroelèctriques i pel disseny de cabals mínims (Alfredsen et al., 2003).

- *RHYHABSIM* (Jowett, 1989; Jowett, 1992): és el model PHABSIM adaptat a les espècies piscícoles de Nova Zelanda. El model és una bona via per a quantificar els impactes del canvi dels hàbitats físics en les comunitats piscícoles. Se centra en els efectes dels canvis hidràulics en els peixos per a la predicció de les conseqüències en les poblacions a escala de tram (Lamouroux i Souchon, 2002). És una bona eina de gestió del cabal per a identificar els requeriments ecològics del riu afectat. En aquesta línia ha estat utilitzat per a avaluar els possibles impactes d'una futura presa aigües avall d'aquesta (McKenny i Maxwell, 1999).
- *IBM*: model de poblacions que permet la predicció dels efectes de les variacions de cabal en referència al creixement i reproducció dels individus piscícoles en rius d'ordre mitjà a gran (Railsback i Harvey, 2003).

Per altra banda, Greenwood-Smith (2002) recomana enfocar la gestió en dues fases, utilitzant diverses tècniques i/o índexs, enlloc de models, que anomena *Rapid Environmental Assessment Techniques*. En la primera fase recomana utilitzar una tècnica ràpida de baix cost per a l'avaluació dels rius d'una conca, com ara el *Anderson Method* (eina de ràpida avaluació de l'estat del curs fluvial) o el *Index of Stream Condition* (eina de gestió per a l'avaluació general de l'estat del curs fluvial, per a la identificació dels principals problemes d'aquest curs fluvial i per a l'avaluació en el temps dels canvis produïts en el riu degut a l'aplicació de certes actuacions de gestió). D'aquesta manera, obtinguts els resultats es poden prioritzar aquelles àrees de la conca o aquells trams on les condicions de risc de deteriorament són mitjanes o altes. Això permet identificar aquelles zones on cal centrar l'atenció. Tot seguit, es passa a la segona fase, en la qual es proposa utilitzar una tècnica més detallada per a avaluar aquestes àrees de risc mitjà i alt, com ara el *PBH (Pressure, Biota, Habitat Stream Assessment)*, mètode científic molt més rigorós que els mètodes utilitzats en la primera fase que permet la comprensió de l'estat de l'àrea o trams afectats.

Finalment, tal i com s'ha comentat en paràgrafs anteriors diversos projectes han estat duts a terme amb l'objectiu de crear noves eines de gestió, entre els quals cal destacar el projecte holandès *The aquatic Outlook* (J. de Jong et al., 1996), el qual té l'objectiu de proporcionar la base científica i les anàlisis polítiques a partir de les quals s'obtiniran futurs plans de gestió de l'aigua. Aposta per la sostenibilitat, per arribar a un equilibri entre economia i ecologia. El fet més remarcable del projecte és que es qüestiona com aconseguir una gestió efectiva de les conques fluvials. El projecte identifica la manca de 3 condicions essencials: objectius

verificables, coneixement del sistema i mesures efectives. En aquest sentit es comenta la manca d'un sistema coherent d'objectius verificables en totes les conques fluvials (per exemple, què vol dir usos desitjats o sostenibles?, què vol dir qualitat de l'aigua o estat ecològic?...no hi ha definits ni números ni espècies de microorganismes...).

Pel que fa a tots els projectes trobats, cal remarcar la importància de la participació conjunta de científics, gestors de l'aigua i la població en general, especialment aquella que viu o practica certes activitats en l'àrea d'estudi (Marques et al., 2003; Holas i Hrnčir, 2002; Wilson, 2002; Ellway et al., 2002; Scholz et al., 2002).

De l'anàlisi de totes aquestes eines se n'ha extret coneixement de l'estat de l'art de la gestió de cursos i conques fluvials (què s'ha fet, requisits mínims de les eines utilitzades, limitacions...), el qual ha permès direccionar el desenvolupament del SE cap a la creació d'una eina útil i capdavantera en la gestió dels ecosistemes fluvials.

4.1.2.4. Eines d'intel·ligència artificial de suport utilitzades en el domini fluvial

En la revisió bibliogràfica s'obtingué informació sobre les diferents eines de la intel·ligència artificial que han estat aplicades en temes ambientals, preferiblement sistemes experts i sistemes de suport a la decisió aplicats a la gestió fluvial. D'aquí s'obtingué informació de quins tipus de sistemes existeixen, quins problemes solucionen, quines limitacions tenen, etc. Tota aquesta informació ajudà a definir posteriorment el potencial del SE a desenvolupar.

Pel que fa a l'aplicació de les eines d'intel·ligència artificial en el terreny ambiental, aquesta és relativament nova. A mitjans dels anys 1980 es publicaren alguns articles esporàdicament, però no va ser fins als 1990 quan el nombre d'articles experimentà un increment rellevant (Cortés et al., 2000), tal i com s'ha pogut observar en la figura 4.2. Algunes aplicacions ambientals interessants són el *MEDEX* (Hadjimichael et al., 1996), una eina de suport intel·ligent per a la predicció meteorològica en l'àrea del Mediterrani; el *CHARADE* (Avesani et al., 1993), un sistema de presa de decisions per a emergències ambientals; el *FRAME* (Calori et al., 1994), un SE dissenyat per ajudar en la selecció de models de contaminació de l'aire; i el *DAI-DEPUR* (Sánchez et al., 1996), un sistema basat en el coneixement per a supervisar la gestió de plantes de tractament d'aigües residuals (R.-Roda et al., 2002). En el terreny del domini fluvial, models matemàtics, models de simulació i sistemes de suport a la decisió han estat utilitzats per a la gestió de conques fluvials, per a reduir les càrregues de nutrients o per solucionar problemes d'eutrofització (Rekolainen et al., 1999; Young et al., 1995; Davis et al., 1998). Per exemple, models d'optimització multi-objectiu han estat usats per a identificar el millor lloc on situar abocaments contaminants (o el lloc òptim on instal·lar una EDAR (Chen i Chang, 1998)) per a minimitzar els seus efectes en el riu (Lee i Wen, 1997). També s'han utilitzat xarxes neuronals, per exemple, per a predir la qualitat de l'aigua fluvial (Zhang i Stanley, 1997; Walley

i Fontama, 1998) i per a formar *clusters* de conques amb característiques hidrometeorològiques homogènies amb l'objectiu de classificar les conques fluvials (Thandaveswara i Sasikumar, 2000). Pel que fa als sistemes de suport a la decisió, aquests també han estat utilitzats, els quals es componen per un o més models de simulació i optimització (Xu et al., 1998; Chen et al., 1997). Alguns d'aquests SSD desenvolupats per a la gestió de la qualitat de l'aigua són *STREAMPLAN* i *DESERT* (Somlyódy, 1997; Jolma et al., 1997; De Marchi et al., 1999), construïts per a ésser eines útils per a científics, gestors d'aigua i polítics, i amb l'objectiu de resoldre les limitacions dels SSD tradicionals, que solen ser massa específics. Entre els SSD desenvolupats, cal destacar també el sistema *GIBSI* (Gestion Intégréé des Bassins versants à l'aide d'un Système Informatisé). Aquest és el prototipus d'un sistema de modelització integrat dissenyat per a assessorar els gestors de l'aigua sobre la gestió de conques al Canadà (Rousseau et al., 2000). Pel que fa als sistemes experts, hi ha pocs articles publicats sobre l'ús de SE per a resoldre gran diversitat de problemes o tasques en termes de gestió de rius tal i com ho faria un expert humà. Un exemple seria un SE per a la classificació de la qualitat de l'aigua fluvial mitjançant l'establiment de paràmetres, normalment només numèrics (Lee et al., 1997). No obstant, cap de les eines descrites implica una cooperació entre models numèrics i sistemes basats en el coneixement i només consideren paràmetres descriptius.

En aquest sentit, Somlyódy (1997) reclama la participació i col·laboració de professionals (químics, biòlegs...) en el desenvolupament dels models d'optimització de qualitat d'aigua i dels SSD en general per tal que la seva aplicació es doni a la vida real, cosa pràcticament inexistent. Per tant, defensa i fa una crida a la participació interdisciplinària.

Estimació de la contaminació fluvial utilitzant models fuzzy d'algoritmes genètics multi-objectiu

Aquest apartat fa referència a models d'optimització multi-objectiu utilitzats per a identificar la millor localització de descàrregues contaminants (o òptima instal·lació d'EDARs) per minimitzar els efectes sobre el riu. De fet, amb aquests models es pretén optimitzar la capacitat assimilatòria (o càrrega de contaminació suportable), minimitzant els costos de tractament de les aigües residuals. Bàsicament s'utilitzen models matemàtics d'optimització. Alguns d'ells incorporen conceptes de lògica fuzzy i/o d'algoritmes genètics.

L'algoritme genètic (AG) és un procediment de recerca probabilístic que imita la selecció natural Darwiniana. Els AGs permeten incorporar processos de decisió multicriteria amb característiques no-lineals i característiques fuzzy dins del procés d'optimització matemàtica (facilitant l'establiment d'objectius i restriccions). Els AGs també permeten generar corbes entre costos econòmics i ambientals, mentre s'identifiquen les estratègies de control adequades (Chen i Chang, 1998).

Existeixen diversos exemples a destacar:

- Ús de les tècniques d'algoritme genètic i programació matemàtica fuzzy per a l'optimització matemàtica amb l'objectiu d'identificar les estratègies òptimes de gestió de la qualitat d'aigua (de fet, es tracta d'identificar els millors llocs per situar EDARs) (Chen i Chang, 1998).
- Ús de dues aproximacions *fuzzy goal programming* (FGP) per a la gestió de la qualitat de l'aigua fluvial, per tal de resoldre un problema d'optimització multi-objectiu amb informació imprecisa. La gestió òptima de la qualitat d'aigües implica obtenir una anàlisi òptima de la capacitat assimilatòria (també coneguda com a càrrega de contaminació permesa/suportable) i del cost de tractament de les aigües residuals, basant-se en models i estàndards de qualitat d'aigua (Lee i Wen, 1997).
- Desenvolupament d'un model fuzzy d'assignació de la localització d'una càrrega contaminant per a la gestió de la qualitat de l'aigua d'un riu utilitzant optimització multi-objectiu (FWLAM). El model desenvolupat té la capacitat d'incorporar les aspiracions i els objectius conflictius de les agències d'administració de l'aigua i dels que aboquen els contaminants, per tal de decidir quin és el millor lloc i quantes fonts puntuals poden situar-se al riu, segons la seva capacitat assimilatòria. La incertesa associada en especificar els criteris de qualitat d'aigua i nivells d'eliminació es tracta amb lògica fuzzy (Sasikumar et al., 1998).

Ús de xarxes neuronals en el domini fluvial

Les xarxes neuronals són programes informàtics que permeten simular processos (en funció d'unes entrades la xarxa dóna valors de sortida) (Serra, 1993). En l'àmbit dels sistemes aquàtics les xarxes neuronals han estat utilitzades per a objectius molts diversos:

- Zhang (1997) utilitzà les xarxes neuronals en la predicció del color de l'aigua bruta d'un riu que entrava en una planta potabilitzadora.
- Walley (1998) utilitzà les xarxes neuronals en la predicció de l'*unpolluted average score per taxon* (ASPT) i del número de famílies presents (NFAM).
- Thandaveswara (2000) utilitzà una xarxa neuronal artificial per a la identificació de la homogeneïtat hidrològica de diferents conques fluvials; o, dit d'una altra manera, per al *clustering* de conques basant-se en la seva homogeneïtat hidrològica o hidrometeorològica.

- Ús d'una xarxa neuronal per a la predicció del cabal fluvial (Liong et al., 2000). Resulta ser un model de xarxes molt utilitzat a Dhaka (Bangladesh) per tal de prevenir inundacions, degut a què és un model de gran eficàcia en la predicció del nivell de l'aigua (predicció amb 7 dies d'antelació) que requereix d'un temps de computació molt reduït.

Estat de l'art dels sistemes de suport a la decisió

Els sistemes de suport a la decisió trobats es componen d'un o més models d'optimització i simulació. Tenen l'objectiu de desenvolupar estratègies d'actuació en la gestió de conques fluvials tenint en compte criteris econòmics. La majoria d'aquests SSD són models de caire matemàtic i no integren cap eina d'intel·ligència artificial pròpiament dita. Per tant, podríem dir que són sistemes de suport a la decisió vistos des d'una perspectiva clàssica, ja que no són capaços per ells sols de prendre una decisió degut a què no contenen cap eina "intel·ligent" que els capaciti per fer-ho. Tot i això, aquests SSD solen permetre l'estudi de diferents escenaris *What...if...?*.

Alguns exemples són:

- *RBWM (River Basin Water Management)*: sistema de suport a la decisió desenvolupat per a la gestió de l'aigua d'una conca fluvial compostat per models d'optimització i simulació, anàlisi d'estratègies, un procés d'anàlisi de decisions interactiu, un Sistema d'Informació Geogràfica i una fulla de càlcul (Chen et al., 1997). Els objectius d'aquest SSD són econòmics, socials i ambientals. Es pretén planificar adequadament els usos del sòl, obtenir una bona distribució de l'aigua, una bona gestió de la qualitat de l'aigua i una reducció de la contaminació d'aquesta. El *RBWM* genera una sèrie d'estratègies o solucions, examinant-les posteriorment per tal d'assegurar-ne la millor.
- *STREAMPLAN* i *DESERT*: sistemes de suport a la decisió desenvolupats per a la gestió de les aigües fluvials amb l'objectiu d'obtenir una millor qualitat de l'aigua (Somlyódy, 1997; Jolma et al., 1997; De Marchi et al., 1999). Els dos SSD tractats únicament accepten paràmetres/valors quantitatius i bàsicament es basen en la seqüència de models d'optimització i simulació. Ambdós SSD desenvolupen estratègies per a la reducció de la càrrega de les emissions dels contaminants, inclosos els nutrients, a escala regional, alhora que tenen en compte instruments econòmics per a l'obtenció d'estratègies del mínim cost. Tot i que un i altre tenen trets diferencials, es complementen en certs aspectes (veure taula 4.3).

Taula 4.3. Diferències entre el SSD *STREAMPLAN* i el SSD *DESERT*.

STREAMPLAN	DESERT
No es calibra	Es calibra
Escala de conca, escala municipal, i escala d'EDARs	Escala de conca
Estat estacionari i reaccions lineals	Estat estacionari i no-estacionari i reaccions no-lineals
Creació d'alternatives de tractaments en EDARs	No creació d'alternatives de tractaments en EDARs

- Ús d'un SSD per a la gestió conjunta de l'aigua superficial i subterrània, el qual integra 3 components: un sub-sistema de gestió de les bases de dades i de sistemes d'informació geogràfica, un sub-sistema del model (models de qualitat de l'aigua de superfície i subterrània) i una interfície usuari-sistema (Fredericks et al., 1998). El SSD inclou la capacitat d'utilitzar conjuntivament un model de flux d'aigua subterrània i un model de flux de l'aigua de superfície. A més, el SSD té la capacitat d'estudiar diversos escenaris d'ús conjuntiu de l'aigua mitjançant ambdós models.
- *CMSS (Catchment Management Support System)*: sistema de suport a la decisió simple, desenvolupat per a la gestió de nutrients amb l'objectiu de reduir la seva concentració en les conques fluvials (Davis et al., 1998; Young et al., 1995). Permet als gestors de l'aigua valorar els efectes provocats pels usos del sòl i per la política de gestió del sòl en la càrrega de nutrients. Es caracteritza per poder treballar amb un mínim molt reduït de dades, les quals poden no ser quantitatives. És important destacar la possibilitat del *CMSS* d'estimar la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial.
- *GIBSI (Gestion Intégrée des Bassins versants à l'aide d'un Système Informatisé)* (Rousseau et al., 2000) : prototipus d'un sistema de modelització integrat, dissenyat per a assessorar els gestors de l'aigua en la gestió de les conques fluvials. Els components bàsics del sistema són una base de dades, un model d'hidrologia física, un model per a l'erosió del sòl, un model de transport agroquímic, un model de qualitat d'aigua i un sistema d'informació geogràfica. Com a cosa a destacar, ofereix l'habilitat de predir els impactes de projectes industrials, forestals, urbans i agrícoles respecte a la qualitat de l'aigua.
- *IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)*: sistema de suport a la decisió integrat per un sistema d'anàlisi i un simulador d'hàbitat (generalment el *PHABSIM*), dissenyat per a assessorar la gestió dels recursos aquàtics (Bovee et al., 1998) com ara l'avaluació d'una proposta de construcció d'un embassament en referència als potencials impactes generats (McKenny i Maxwell, 1999). Determina els beneficis i conseqüències de les diferents alternatives de gestió aquàtica. És un SSD àmpliament utilitzat per a la determinació del cabal ecològic d'un riu.

- *WAIORA (Water Allocation Impacts on River Attributes)*: sistema de suport a la decisió dissenyat pel càlcul del cabal ecològic així com per a l'avaluació dels impactes generats per cabals inferiors a aquest cabal ecològic (NIWA, 1998a; NIWA, 1998b). Avaluava els possibles impactes del baix cabal en els següents paràmetres ambientals: OD, amoni total, temperatura de l'aigua i hàbitat per a la vida aquàtica. *WAIORA* utilitza models numèrics simplificats.

Estat de l'art dels sistemes experts

Els articles trobats presenten sistemes experts per a la realització/resolució "intel·ligent" d'alguna tasca/problema molt específic, tal i com ho faria un expert humà en gestió de rius. Per exemple, el problema de la classificació dels rius segons la qualitat de l'aigua determinada a partir d'uns paràmetres establerts, sovint únicament numèrics (Lee et al., 1997).

En termes generals, l'aplicació dels SE només té sentit en sistemes amb les característiques següents (Serra, 1993):

- L'experiència acumulada del procés és molt important de cares a trobar la solució (en aquest cas el coneixement heurístic soluciona el problema)
- El problema admet més d'una solució
- Els coneixements i les solucions d'un problema canvien ràpidament
- Cal una solució que pugui anar essent actualitzada fàcilment

Pel que fa al camp de la protecció del medi ambient és interessant l'ús dels SE en els següents àmbits, entre d'altres:

- Gestió del terreny
- Classificació d'aqüífers
- Gestió de neteja i regeneració de zones contaminades
- Diagnosi
- Valoració de diferents processos de depuració per un efluent donat

Vistes les referències de la recerca bibliogràfica pot dir-se que existeix un nombre reduït de sistemes referits a qüestions ambientals (Serra, 1993). La raó d'aquesta absència podria ser el fet que les qüestions ambientals requereixen la integració de moltes disciplines diferents i això dificulta el procés. Un exemple dels primers passos en el camp ambiental és OASIS, per a la gestió dels recursos aquàtics a Florida del Sud (Floris, 1989). Un altre exemple és l'ús d'un sistema expert fuzzy per a la determinació de *WQCS (Water Quality Classification for Stream)* (Lee et al., 1997). Aquests *WQCS* estant basats en informació quantitativa (pH, DBO, sòlids en suspensió, OD i coliforms), però sovint únicament es basen en la DBO.

En la recerca realitzada no s'ha trobat cap exemple de sistema expert similar al que es pretén desenvolupar dins del projecte STREAMES (que tingui en compte tots els possibles problemes dels rius, especialment respecte als nutrients, que proposi actuacions adequades segons el coneixement proporcionat pels científics pel que fa a rius alterats, que faci prediccions segons l'actuació, que s'integri amb un model matemàtic i un sistema d'informació geogràfica, etc.).

4.2. Coneixement adquirit dels qüestionaris, de les entrevistes, de les reunions i del fòrum

El coneixement adquirit del tractament de les respostes dels qüestionaris, de les entrevistes personals, de les reunions entre els diferents participants del projecte STREAMES i dels comentaris i suggerències emesos a través del fòrum es resumeix en els apartats següents:

- Estat de l'art de les conques i cursos fluvials dels països participants en el desenvolupament del SSDA (apartat 4.2.1)
- Generació de noves alternatives de gestió (apartat 4.2.2)
- Requisits i potencialitat del SSDA (apartat 4.2.3)

Tot i això, cal esmentar que part d'aquest coneixement adquirit és més aviat de caire general (que pot ésser extret de la literatura) que de caire heurístic. Per això mateix aquest coneixement més general ha estat resumit conjuntament amb el coneixement obtingut de la recerca bibliogràfica en l'apartat 4.1.2. En el present apartat només es tracta del coneixement pròpiament dit heurístic (més específic de cada conca).

4.2.1. Estat de l'art de les conques i els cursos fluvials dels països participants en el desenvolupament del SSDA

S'adquirí coneixement de la situació actual dels rius europeus, amb especial rellevància a aquells pertanyents als països participants en el projecte STREAMES. S'adquirí coneixement dels principals problemes fluvials, dels sistemes de mostreig realitzats, dels índexs de qualitat utilitzats i de l'estat de l'art de la gestió fluvial. A partir d'aquí s'observà que les situacions són diferents d'un país a un altre, i d'una regió a una altra, degut sobretot al fet que els problemes més comuns són diferents i a què els organismes gestors de les aigües no gaudeixen de les mateixes competències. Per tant, no és estrany que s'apreciïn diferents tipus d'estratègies de gestió de la qualitat de les aigües fluvials a nivell europeu.

En termes generals les EDARs són les principals fonts puntuals de nutrients en tots els països, ja que només poques d'aquestes EDARs tenen implementat un tractament terciari per a

l'eliminació dels nutrients. Únicament Alemanya i Àustria tenen la majoria d'EDARs amb eliminació de nitrogen i fòsfor. Pel que fa a les fonts difoses, la majoria provenen dels usos del sòl de les ribes fluvials (principalment agricultura, pastures i boscos).

Pel que fa a les eines utilitzades per avaluar la qualitat de l'aigua fluvial, gairebé tots els països usen algun tipus d'índex o indicador basat en paràmetres físico-químics o biològics (en aquest cas, de macroinvertebrats). Els índexs basats en nutrients i macròfits i els índexs que relacionen paràmetres físico-químics amb nutrients són menys utilitzats. En referència als paràmetres que aporten major informació sobre l'estat de l'aigua fluvial, és a dir, sobre la seva qualitat, els 5 més importants per ordre de prioritat són l'amoni, el fosfat, els macroinvertebrats, el nitrat i la DBO. Curiosament, la *Water Framework Directive (2000/60/EC)* fixa com a macroindicadors per a la qualificació de la qualitat de l'aigua els paràmetres d'amoni, fosfat, nitrat i DBO. D'altra banda, el cabal del riu així com l'OD i el seu percentatge de saturació també són de rellevant importància a l'hora d'establir la qualitat d'una aigua fluvial. Per contra, en referència a l'avaluació de la qualitat de l'aigua sub-superficial, cap país, a excepció d'Alemanya, disposa de dades, degut a què és poc usual analitzar aquest tipus d'aigua. Per l'aigua subterrània, en canvi, sí existeixen dades disponibles per a la majoria d'aqüífers.

Pel que fa als llistats i valors de referència usats per a la valoració de la qualitat de l'aigua fluvial respecte els nutrients existeixen importants diferències degut a les diferències legislatives d'uns i altres (en alguns països les lleis són molt més restrictives que en d'altres).

Finalment, s'identificaren els principals problemes de qualitat dels rius europeus. Els més comuns són els següents:

- Estrès per la manca de cabal ecològic
- Destrucció de la vegetació de riba
- Contaminació per un excés de matèria orgànica
- Construcció de canals o canalització del curs fluvial
- Excés d'amoni
- Excés de nitrats

4.2.2. Generació de noves alternatives de gestió

En aquest apartat l'aportació dels gestors de l'aigua fou molt important, degut a què són ells els que s'enfronten en el seu dia a dia a les problemàtiques fluvials, a part de que disposen d'una gran experiència en el món de la gestió fluvial.

En primer lloc, doncs, s'obtingueren diferents definicions de gestió fluvial, segons la seva manera d'entendre-la, alhora que s'obtingueren un seguit d'estratègies de gestió per a millorar

la qualitat de l'aigua fluvial (ex. millorant la capacitat de retenció dels nutrients). D'aquesta manera es pretenia entendre els mecanismes de raonament dels experts a l'hora de fer front a diversos problemes en les aigües fluvials.

Una vegada obtingut aquest coneixement, el següent pas fou discutir quin tipus de gestió fluvial era la que interessava. En aquest punt l'aportació conjunta de gestors de l'aigua i científics fou d'especial importància. El que es pretenia era respondre la pregunta "com es podria millorar la gestió fluvial basant-nos en el coneixement de l'estructura i funcionalitat de l'ecosistema fluvial?" per tal de proposar noves idees, noves alternatives de gestió. D'aquí sorgí un nou concepte, anomenat "grau d'alteració fluvial", el qual afegí noves dimensions d'anàlisi en el marc conceptual del SE. Així, per exemple, si un tram té una baixa capacitat d'autodepuració pot ésser deguda a un problema de contaminació o bé a l'alteració, sovint antropogènica, d'algun factor hidràulic, geològic o morfològic. En el cas que sigui per la segona causa, podria dir-se que el riu o tram estudiat pateix una "alteració fluvial".

4.2.3. Requisits i potencial del SSDA

Els requisits i potencialitats del SSDA i, per tant, del SE foren discutits al llarg del projecte. L'objectiu final era saber què s'esperava del SSDA, quines característiques hauria de tenir, a què hauria de fer front, quins serien els seus *outputs*...

4.2.3.1. Expectatives del SSDA

Els usuaris finals del SSDA no volien només una eina de diagnosi, sinó que esperaven un instrument capaç de donar estratègies de gestió adequades respecte a la diagnosi realitzada. D'aquí que requerissin un SSDA:

- Fàcil d'utilitzar
- Que estalviés temps en comparació amb els mètodes tradicionals
- Que detectés els problemes que es donessin en el tram
- Que fos una eina d'ajuda a la presa de decisions transparent
- Que incorporés nou coneixement científic en temes de gestió fluvial
- Que proposés actuacions per tal de millorar la qualitat de l'aigua
- Que determinés la tolerància del riu vs les variacions de cabal (avaluació del cabal ecològic)
- Que calculés la capacitat d'autodepuració a escala de tram
- Que permetés l'estimació dels beneficis ambientals vs els costos de la modificació del riu
- Que donés decisions concretes, no teòriques, en rius difícils (ex. rius amb la temporalitat de les regions mediterrànies)

- Que diferenciés si la contaminació prové de font natural o antropogènica
- Que diferenciés si la contaminació prové de font puntual o difosa
- Que se centrés a escala de tram però dins d'una gestió de conca integrada
- Que modelitzés els nutrients en rius contaminats
- Que relacionés els nutrients amb índexs d'estat ecològic.

4.2.3.2. Potencialitat del SSDA

Diverses suggerències foren donades sobre el potencial del SSDA. Aquest hauria de ser capaç de:

- seleccionar el millor lloc dins d'un mateix riu on col·locar una nova EDAR
- tenir sempre en compte els diferents usos de l'aigua fluvial
- contemplar si una acció/intervenció en el riu pot crear algun altre problema; és a dir, si l'acció pot crear conseqüències
- permetre la simulació d'escenaris *What...if*
- donar un llistat de possibles estratègies de gestió per a millorar la capacitat de retenció de nutrients

4.2.3.3. Outputs del SSDA

El SSDA hauria de proporcionar 3 tipus d'*outputs*: diagnosi del problema, llista d'estratègies de gestió per a solucionar o minimitzar el problema i prognosi. Per exemple, si un riu té una elevada concentració de fòsfor en les seves aigües, el SSDA en l'etapa de diagnosi hauria de diagnosticar que el sistema pateix un problema d'eutrofització. Tot seguit, detectaria la/es causa/es del problema, (ex. l'efluent d'una EDAR) i, finalment proposaria el control de les entrades de nutrients en el riu i la millora del tractament d'eliminació del nutrient en l'EDAR. En darrer terme l'usuari podria veure les millores de la qualitat de l'aigua en la fase de prognosi en cas que es decidís aplicar alguna de les solucions proposades.

Fase de la diagnosi

En aquesta fase el SSDA hauria de ser capaç d'identificar si el tram està alterat o no. En cas afirmatiu, detectar els problemes que redueixen la qualitat de l'aigua, establir el grau d'alteració morfològica, el grau d'humanització del tram i el grau d'alteració del cabal, estimar la capacitat de retenció dels nutrients, indicar la capacitat de control o intervenció en el tram i identificar possibles correlacions entre paràmetres.

Fase de la proposta d'actuacions

Es va decidir per acord unànim que el SSDA hauria de tenir en compte la Directiva Marc (2000/60/EC), especialment aquesta fase, la de proposta d'actuacions.

En aquesta fase el SSDA hauria de proporcionar solucions relacionades amb la modificació/alteració de la morfologia del riu, la modificació de les ribes i el llit fluvial i la modificació del cabal (que és el mateix que modificar el temps de residència de l'aigua), alhora que donar solucions relacionades amb la millora de la qualitat de l'aigua o la solució del problema identificat. Les solucions haurien d'anar encaminades a incrementar la retenció de nutrients, jugar amb la variabilitat de l'OD i incrementar el potencial dels hàbitats.

Algunes de les actuacions recomanades foren:

- Millorar la qualitat dels efluent de les EDARs urbanes mitjançant la implementació o optimització dels tractaments d'eliminació
- Construcció de noves EDARs
- Establir emissions màximes industrials
- Actuar en els punts calents (també anomenats *hot spots*)
- Aplicació de bones pràctiques en la indústria
- Ús de la legislació (ex. protecció de zones)
- Ús d'instruments econòmics
- Programes educatius
- Codis de bones pràctiques en l'agricultura
- Procurar que la quantitat de granges intensives sigui menor
- Reduir l'ús dels fertilitzants
- Integrar consideracions ambientals en la implementació de polítiques econòmiques i socials
- Plantar arbres de riba i afavorir la creació de *buffer strips*
- Regular el règim del cabal
- Etc.

En aquest sentit es proposà la classificació de les possibles estratègies de gestió proposades pel SSDA en funció de les escales d'actuació (conca, zona riberenca i llit fluvial) i del tipus de paràmetres afectats per les accions (s'establiren les categories de *hidrogeomorfologia* (accions en hidràulica, geologia i morfologia), *concentracions/emissions* (qualitat de l'aigua relacionada amb la química), *biota*, *bones pràctiques* (regulació, legislació, política, aspectes legals...) i *règim del cabal fluvial*).

Per altra banda, es decidí que les actuacions se centrarien en les fonts puntuals, les difoses, les ribes i el llit fluvial amb la següent prioritats:

- 1r fonts difoses
- 2n fonts puntuals
- 3r actuacions en el llit fluvial
- 4t restauració física, plantació d'arbres de riba, *buffer strips* (en els marges fluvials)

Finalment, es decidí que amb les solucions proposades s'afegiria informació addicional sobre els pros i contres de cada una d'aquestes solucions. D'aquesta manera els gestors de l'aigua podrien avaluar cada una de les opcions. En aquest sentit també caldria precisar quant tardaria a millorar el problema aplicant una de les solucions proposades: a llarg, mitjà o curt termini.

Fase de la prognosi

Els usuaris finals declararen que el SSDA en aquesta fase hauria de ser capaç, per a cada proposta d'actuació, de:

- Donar i/o estimar el seu percentatge d'èxit
- Estimar el percentatge de canvi degut a la modificació realitzada
- Avaluar la capacitat de recuperació i la raó cost-benefici
- Determinar l'*uptake length*, la raó d'assimilació d'un solut i el coeficient de transferència de massa d'aquest mateix solut
- Determinar el temps de recuperació de la qualitat de l'aigua fluvial en termes de curt/llarg termini

D'altra banda, la fase de la prognosi també hauria de permetre la simulació de nous escenaris

Es determinà que en aquesta fase el model Moneris seria molt útil, així com en la detecció de les causes del problema.

4.2.3.4. Operació del SSDA

Es discutí sobre els diferents nivells d'operació del SSDA, així com de les dades mínimes per a fer córrer el SE, tipus i periodicitats. D'aquí se n'extragué que les dades mínimes requerides per tal de fer córrer el SE i, per tant, d'obtenir una diagnosi fiable de la qualitat de l'aigua serien l'amoní, els fosfats o el fòsfor total, el nitrat, l'OD, la DBO i els macroinvertebrats. Tot i així, altres dades serien necessàries per a una millor diagnosi de l'estat ecològic del riu (ex. dades físiques, geomorfològiques...). A part d'això, també es decidí que hi hauria dos nivells diferents

d'operació (simple/avançada) depenent de les dades de les que es disposés (poca/gran quantitat de dades) i que es treballaria, tal i com en un principi s'havia acordat, en rius petits (d'ordre 3).

4.3. Campanyes experimentals

L'objectiu de la realització de les campanyes experimentals fou bàsicament obtenir coneixement del comportament dels rius alterats en rebre càrregues elevades de nutrients, degut a què hi havia un buit en el coneixement del funcionament d'aquest tipus de rius. Si bé els rius pristins han estat estudiats àmpliament, permetent un coneixement profund de la seva estructura i funcionalitat, pel cas dels rius contaminats ha estat tot el contrari, tal i com es comenta en l'apartat de la metodologia.

D'aquesta manera es pretenia obtenir nou coneixement, en aquest cas empíric, per tal de desenvolupar una eina útil i completa per a la gestió dels problemes fluvials derivats d'un excés de nutrients.

La caracterització dels diferents escenaris d'estudi es troba en la taula 4.5.

En les campanyes experimentals es prengueren mostres dels efluent de les EDARs que dividien els trams, anomenats també escenaris d'estudi, en 2 sub-trams i mostres de l'aigua aigües amunt i aigües avall d'aquestes EDARs. Alguns dels resultats es troben en les taules 4.4 i 4.6.

Taula 4.4. Resum estadístic del mostreig dels efluent de les EDARs

Riu (tram)	Cabal (l·s ⁻¹)	NH ₄ -N (mg·l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg·l ⁻¹)	PO ₄ -P (mg·l ⁻¹)
Aposolemis	?	?	?	?
Montegut	0'5	1'16	0'09	1'74
La Tordera	15	13'9±3'80	0'91±0'37	1'52±0'79
Fosso Bagnatore	26	14'08±1'41	13'5±3'01	0'94±0'14
Gurri	23	0'09±0'06	8'20±0'64	0'49±0'12
Ribeira de Grândola	?	7'17±2'39	1'75±1'45	0'05±0'04
Yarqon	?	26'7±4'98	2'75±0'77	17'0±9'45
Keline	6	0'45±0'27	13'45±2'45	0'80±0'30
Lézat	0'6	0'16	2'34	5'65
Demnitzer Muehlenfluss	?	?	?	?
Erpe	510	0'17±0'03	9'78±1'32	0'28±0'05

Taula 4.5. Característiques dels diferents trams estudiats en les campanyes experimentals

Riu	País	Clima	Pluviometria (mm/any)	Usos del sòl	Llargada del tram (km)	Amplada del tram (m)	Profunditat del tram (cm)	Tipus de substrat dominant
Aposelemis	Grècia	Mediterrani	802	Vegetació natural i agricultura	4'6	1'5-2'5	5-15	Pedres, còdols, grava i sorra
Montegut	França	Oceànic	500-1000	Boscós i agricultura	9	8	100	Sorres i llims
La Tordera	Catalunya	Mediterrani	820	Boscós	21'7	6'3	7'18	Pedres, còdols i grava
Fosso Bagnatore	Itàlia	Mediterrani	102	Boscós, agricultura, pastures i ús urbà	5	2	40	Roques, còdols i grava gruixuda
Gurri	Catalunya	Mediterrani	720	Agricultura	14'3	2'4	8	Roca mare
Ribeira de Grândola	Portugal	Mediterrani	670	Boscós	7	4	11	Còdols i grava
Yarqon	Israel	Mediterrani	600	Agricultura	7'5	5	100	Fang i sediments tous
Keline	Àustria	Continental	1000-1300	Boscós, pastures, agricultura i ús urbà	9'5	6	0'3	Graves
Lézat	França	Oceànic	500-1000	Agricultura, herba i boscós	10	8	100	Sorres i llims
Demnitzer Muehlenfluss	Alemanya	Subcontinental	520	Boscós, pastures i agricultura	6'2	1	20	Sorrenc i orgànic
Erpe	Alemanya	Subcontinental	550	Agricultura, àrea urbana i boscós	20	3	80	Sorrenc i orgànic

Taula 4.6. Resum estadístic d'alguns dels paràmetres físico-químics bàsics dels 11 llocs d'estudi (*Upstream* i *downstream* es refereixen al sub-tram de control i al sub-tram que rep l'impacte de l'efluent de l'EDAR, respectivament. Els valors donats són mitjanes±desviació estàndard)

Riu (tram)	Sub-tram	Cabal (l·s ⁻¹)	NH ₄ -N (mg·l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg·l ⁻¹)	PO ₄ -P (mg·l ⁻¹)
Aposolemis	<i>Upstream</i>	8±4	Inferior al nivell de detecció	0'66±0'38	0'009±0'001
	<i>Downstream</i>	198±104	0'01±0'001	1'41±0'33	0'009±0'005
Montegut	<i>Upstream</i>	69±29	0'03±0'01	0'56±0'10	0'005
	<i>Downstream</i>	63±21	0'46±0'40	0'86±0'17	0'11±0'08
La Tordera	<i>Upstream</i>	195±47	0'03±0'01	1'15±0'20	0'010±0'001
	<i>Downstream</i>	258±62	0'58±0'27	2'53±0'34	0'23±0'09
Fosso Bagnatore	<i>Upstream</i>	10±4	0'06±0'04	3'99±0'45	0'39±0'05
	<i>Downstream</i>	6±1	10'9±1'9	9'83±2'41	0'84±0'23
Gurri	<i>Upstream</i>	55±17	0'03±0'01	6'58±0'90	0'24±0'07
	<i>Downstream</i>	124±49	0'04±0'01	6'69±0'74	0'35±0'08
Ribeira de Gràndola	<i>Upstream</i>	137±119	0'09±0'03	6'40±4'27	0'03±0'02
	<i>Downstream</i>	141±51	2'85±1'05	9'62±2'85	0'08±0'04
Yarqon	<i>Upstream</i>	63±63	0'06±0'04	1'06±0'03	0'40±0'20
	<i>Downstream</i>	429±25	34'4±9'8	4'77±1'49	15'2±7'69
Keline	<i>Upstream</i>	391±79	0'01±0'01	1'10±0'07	0'008±0'001
	<i>Downstream</i>	391±79	0'10±0'02	1'58±0'09	0'05±0'01
Lézat	<i>Upstream</i>	122±34	0'06±0'02	0'61±0'15	0'010±0'003
	<i>Downstream</i>	131±32	0'44±0'13	0'59±0'18	0'07±0'01
Demnitzer Muehlenfluss	<i>Upstream</i>	26±5	0'14±0'03	10'2±2'52	0'09±0'02
	<i>Downstream</i>	25±5	0'17±0'04	10'6±2'14	0'10±0'02
Erpe	<i>Upstream</i>	188±16	0'07±0'02	2'49±1'05	0'03±0'01
	<i>Downstream</i>	534±25	0'14±0'02	7'40±0'99	0'20±0'03

A partir dels valors obtinguts es pretenia percebre els impactes de les EDARs en els diferents escenaris. Per exemple, si s'observen els valors de nitrat i amoni, tant per l'efluent de l'EDAR com pels dos sub-trams, en el cas de l'escenari del riu Fosso Bagnatore, pot veure's com claríssimament l'efluent de l'EDAR comporta un augment de la concentració dels valors del nitrogen: pas de 0'06±0'04 a 10'9±1'9 mg/l de NH₄-N i de 3'99±0'45 a 9'83±2'41 mg/l de NO₃-N.

A part de l'avaluació de l'efecte de les fonts puntuals (en aquest cas l'efluent d'una EDAR) en rius de determinades característiques ecològiques, les dades obtingudes del treball

experimental van permetre examinar les relacions existents entre els diversos paràmetres físico-químics i funcionals i la comparació de les diferents respostes dels rius avaluats.

Finalment, de tot el coneixement adquirit en aquesta fase, el més innovador fou l'obtenció d'una sèrie de correlacions, previ estudi i interpretació dels resultats dels mostrejos i de les analítiques, molt útils per a la base de coneixement del SE. Les correlacions trobades relacionaven paràmetres descriptius amb paràmetres estructurals i funcionals. Un exemple és el següent pel càlcul de l'*uptake length* (Sw) del fosfat:

Regressió multivariant ($r=0'7996$; $r^2=0'6394$)

$$\log Sw_{PO4} = \beta \cdot \log NO3 + \beta \cdot \log Q + \beta \cdot \log Cond + \beta \cdot \log PO4 + \beta \cdot \log NH4 + \beta \cdot \log DOC \quad (\text{equació 4.2})$$

on β és:

	β	Error estàndard de β
LogNO3	0'43973713	0'07670462
LogQ	0'30363953	0'07291925
LogCond	0'58380167	0'10383439
LogPO4	0'66232274	0'11355215
LogNH4	0'43954063	0'10804076
LogDOC	0'26183224	0'10908262

Aquestes correlacions foren incorporades en les etapes de diagnosi i prognosi del SE.

Capítol 5. Etapa de representació del coneixement

5. Etapa de representació del coneixement

Finalitzada l'etapa d'adquisició del coneixement i prèvia codificació d'aquest, s'estructurà i representà tot el coneixement referent a la dinàmica dels ecosistemes fluvials, als problemes de qualitat de l'aigua i a les alternatives de gestió dels cursos i conques fluvials en forma d'arbres de decisió.

En un inici es pretenia construir tants arbres de decisió com problemàtiques podien afectar a un riu. El problema sorgí en observar la gran quantitat de problemes que es poden donar en l'ecosistema fluvial. La solució fou seleccionar aquells problemes pels quals els usuaris finals tenien més interès i posposar la creació dels altres arbres de decisió per a noves versions del SE. Els problemes considerats es troben en la figura 5.1.

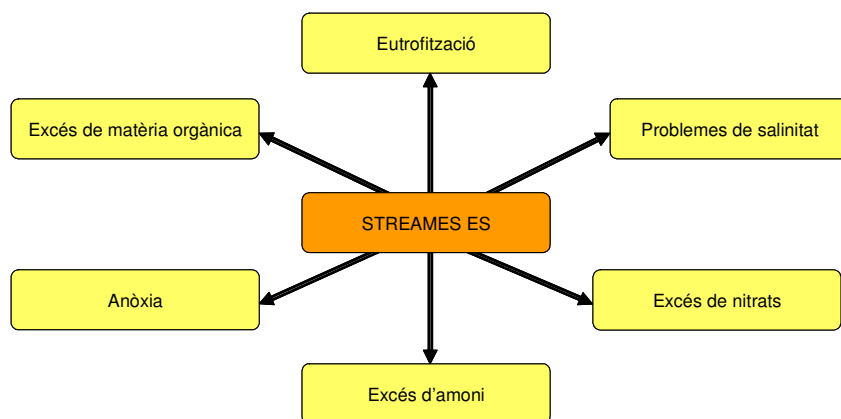


Figura 5.1. Problemes considerats en el SE

Es construí un sol arbre pels problemes del nitrogen: el de l'excés de nitrogen. Construint-se, així, 5 arbres de decisió enlloc de 6, tal i com pot apreciar-se en la taula 5.1, on també poden observar-se les fonts de coneixement a partir de les quals s'obtingué la informació necessària per a construir aquests arbres.

Taula 5.1. Coneixement obtingut pel desenvolupament dels arbres de decisió

FONTS	Recerca bibliogràfica	Qüestionaris	Reunions i entrevistes personals
ARBRES DE DECISIÓ			
Excés de matèria orgànica	X	X	X
Anòxia	X	X	X
Excés de nitrogen	X	-	X
Eutrofització	X	X	X
Salinització	X	X	X

Tot i ésser arbres de decisió individuals, alguns d'aquests estan relacionats (per exemple, el del nitrogen amb el del fòsfor o el de l'excés de matèria orgànica amb el de l'anòxia).

Tal i com ja s'ha comentat en l'apartat 3.2.2, la gran quantitat de coneixement obtingut féu necessària la divisió de cadascun dels arbres de decisió en d'altres arbres de decisió parcials (figura 3.16). D'aquesta manera cada arbre de decisió general fou constituït per:

- un arbre de decisió de diagnosi (que recull tot el coneixement necessari per a la fase de diagnosi de l'estat del tram fluvial avaluat);
- un arbre de detecció de causes (que recull tot el coneixement necessari per a detectar i avaluar les causes del/s problema/es detectat/s); i,
- un llistat de propostes d'actuacions (que recull les possibles accions a dur a terme per a resoldre el/s problema/es o per a minimitzar els seus efectes en la qualitat i l'estat de l'ecosistema aquàtic). En el llistat s'hi inclogué també la prognosi, ja que aquesta està lligada a cadascuna de les actuacions del llistat.

En els apartats següents es descriuen cadascun dels arbres de decisió, fent especial esment al referent a l'eutrofització, el qual és descrit amb més detall.

5.1. Arbre de decisió pel problema de l'eutrofització

Tot el coneixement adquirit sobre l'eutrofització (impactes, fonts de contaminació, solucions, etc.) fou recollit, tractat i estructurat en l'arbre de decisió de l'eutrofització.

5.1.1. El problema de l'eutrofització

El problema de l'eutrofització és degut a un enriquiment de l'aigua per nutrients, especialment nitrogen i fòsfor, que causa un creixement accelerat de les algues i dels macròfits i que produeix una indesitjable pertorbació de la qualitat de l'aigua (Young et al., 1995).

5.1.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi

Es distingeixen dues branques principals per a diagnosticar el problema de l'eutrofització depenent de la disposició de dades del fòsfor (figura 5.2):

- a) La branca de l'esquerra depèn de valors quantitius, bàsicament de les concentracions del fòsfor. Segons aquests valors és possible establir cinc graus del problema:

hipereutrofització, elevada eutrofització, eutrofització moderada, baixa eutrofització i prísti. Es tracta d'una branca quantitativa.

- b) La branca de la dreta permet identificar el problema de l'eutrofització tot i no disposar de dades analítiques del lloc d'estudi, ja que només demana informació qualitativa (com ara si s'observa la presència d'algues). Es tracta d'una branca qualitativa.

L'arbre funciona de la següent manera: en cas de tenir dades de fòsfor d'un riu però no de nitrogen, el sistema passa a revisar la concentració del fòsfor total abans de continuar amb la inferència. Si el valor és igual o superior a 1'8 mg P/l, llavors el sistema conclourà que el tram fluvial estudiat pateix un problema d'hipereutrofització. Per altra banda, si la concentració del fòsfor total és inferior a 1'8 mg P/l, l'arbre de decisió guiarà la inferència cap a la revisió del tipus de substrat. Si el substrat és silícic, el sistema continuarà la diagnosi revisant el valor del pH. En cas contrari, si el substrat és calcari, el sistema revisarà la concentració del fòsfor soluble i diagnosticarà el problema amb el grau d'afectació de prísti a hipereutrofització.

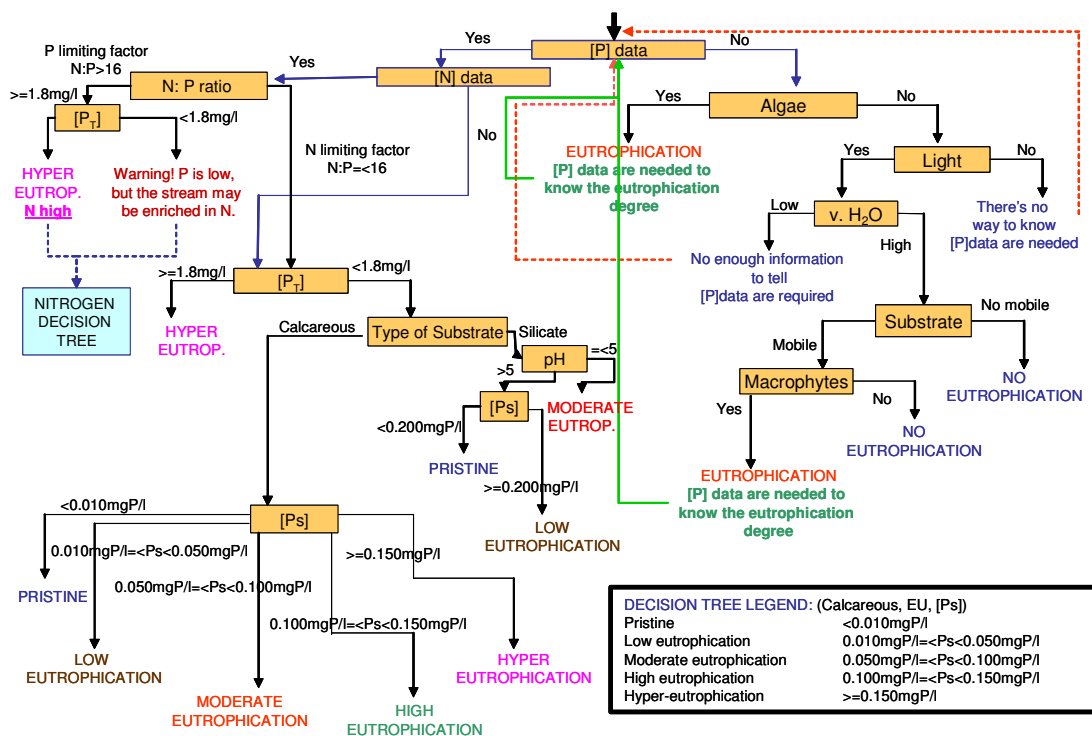


Figura 5.2. Arbre de diagnosi del problema de l'eutrofització (on EUTROP = *Eutrophication*)

Els valors llindars dels diferents paràmetres químics de la branca quantitativa, segons els quals es detecta un grau o altre del problema, han estat determinats, a excepció dels valors del fòsfor soluble, a partir dels resultats de les enquestes distribuïdes entre els companys del projecte STREAMES. Es considera que una concentració superior o igual als 1'8 mg P/l de fòsfor total indica un cas d'hipereutrofització en tots els casos possibles, sigui el fòsfor el nutrient limitant o no. A concentracions inferiors, és important diferenciar la naturalesa geològica del substrat,

degut a què els problemes d'eutrofització són molt més importants en els sòls silícics que en els calcaris. Això és degut a què l'eutrofització comporta una variació del pH de l'aigua, la qual es veu contrarestada per l'efecte tampó del substrat calcari però no en el cas que el substrat sigui silícic. D'aquí que segons el valor del pH es diagnostiqui un grau o altre del problema quan el substrat és silícic. Pel que fa als valors del fòsfor soluble (Ps), aquests han estat establerts per la European Environment Agency amb l'objectiu de classificar els diferents graus del problema de l'eutrofització en els rius europeus (European Environment Agency, 1999). En l'arbre són utilitzats bàsicament pels substrats calcaris per consell dels ecòlegs del projecte STREAMES.

En referència a la branca qualitativa, l'abundància d'algues filamentoses es considera un bon indicador de l'estat d'eutròfia d'un riu. Mentre que la seva presència indica un problema segur d'eutròfia, la seva absència no indica que no hi hagi el problema, degut a què, apart dels nutrients, hi ha altres factors que influencien el creixement de les masses algals. Alguns d'aquests factors són la disponibilitat de llum (que pot estar condicionada a l'existència de vegetació de ribera o a la pròpia terbolesa de l'aigua) i el tipus de substrat (un substrat molt inestable, és a dir, mòbil, dificulta el desenvolupament de comunitats algals). Pel que fa al valor de la velocitat de l'aigua, es considera que aquesta és lenta a velocitats inferiors als 0'1 m/s tal i com pot observar-se en la taula II.1 dels annexos II.

5.1.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes

Una vegada ha estat avaluat i diagnosticat l'estat del riu, la fase següent és la detecció de la/es causa/es del problema. Amb aquesta finalitat es construí un arbre de decisió de detecció de causes (veure figures 5.3 i 5.4). En el cas que el resultat de la diagnosi fos prísti, el sistema no activaria cap arbre de detecció de causes, ja que aquest valor de diagnosi indica que l'estat del tram és bo.

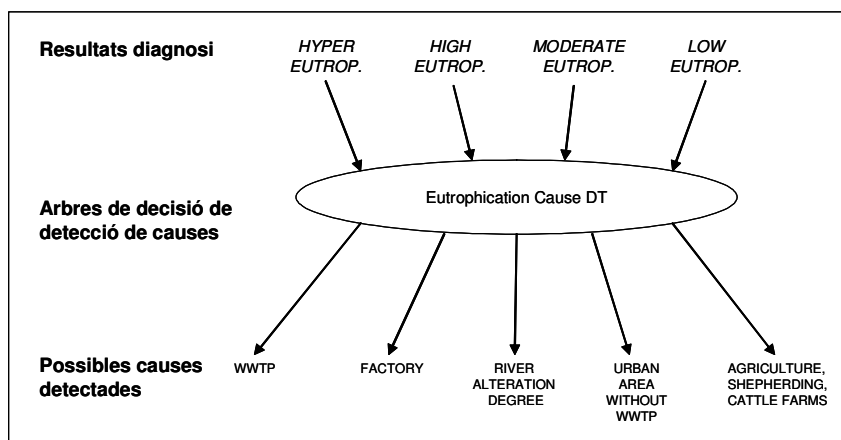


Figura 5.3. Enllaços interns entre els nivells dels arbres de decisió parcials de l'eutrofització

(on DT = Decision Tree; EUTROP.= Eutrophication)

D'aquesta manera, fos quin fos el grau del problema diagnosticat, el sistema passaria a activar l'arbre de detecció de causes desenvolupat. Arribats a aquest punt el SE detectaria, a partir de les dades d'entrada i de forma automàtica, de quines fonts puntuals disposa el tram avaluat i a partir d'aquí resseguiria les diferents branques de l'arbre en funció de les respostes. Si el tram patís l'entrada dels efluents de dues EDARs, només es resseguirien dues branques: una per a l'EDAR número 1 i l'altra per a l'EDAR número 2. Per altra banda, si en el tram hi hagués una EDAR i una indústria, el sistema també resseguiria dues branques, però diferents: una per a l'EDAR i l'altra per a la indústria. I així en tots els casos.

L'objectiu d'aquesta fase és identificar les causes responsables de l'eutrofització fluvial. Cinc causes són considerades: dues fonts puntuals (l'efluent d'una EDAR i l'abocament d'aigües residuals industrials), dues fonts difoses (les aigües residuals no depurades d'àrees urbanes no consolidades i les activitats agrícoles i de pastura) i la "alteració fluvial" (dins d'aquesta causa es distingeixen la "alteració del llit fluvial", deguda a una alteració del llit fluvial, i la "alteració de la riba", deguda a una alteració del bosc de ribera).

Inicialment només es consideraren les quatre primeres:

- Efluent d'una EDAR: s'avaluen els paràmetres químics de l'efluent (concentracions de nitrogen total i fòsfor total).
- Aigües residuals d'origen industrial: s'avalua el tractament que aquestes reben abans d'ésser abocades al riu. En el cas de passar per una EDAR, s'avalua l'efluent d'aquesta. En el cas de no ser tractades, s'avalua la destinació d'aquestes. Si van a parar al riu, la indústria és considerada una de les fonts puntuals causants del problema. Si van a clavegueram, no són un problema pel riu i, per tant, no es tenen en compte.
- Aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada: si existeix una àrea d'aquest tipus, aquesta és sempre considerada una causa del problema.
- Aigües provinents de la pràctica agrícola, de les pastures i granges de bestiar: es consideren conjuntament.

Aviat, però, es detectà una cinquena causa. Què passa quan no hi ha fonts puntuals ni difoses i el riu no funciona tal i com ho hauria de fer? En aquest sentit, el terme de "alteració fluvial" va aparèixer com un intent de definir la nova causa (quan les característiques del riu no permeten un bon funcionament d'aquest degut a què aquestes característiques han estat modificades per alguna actuació antropogènica).

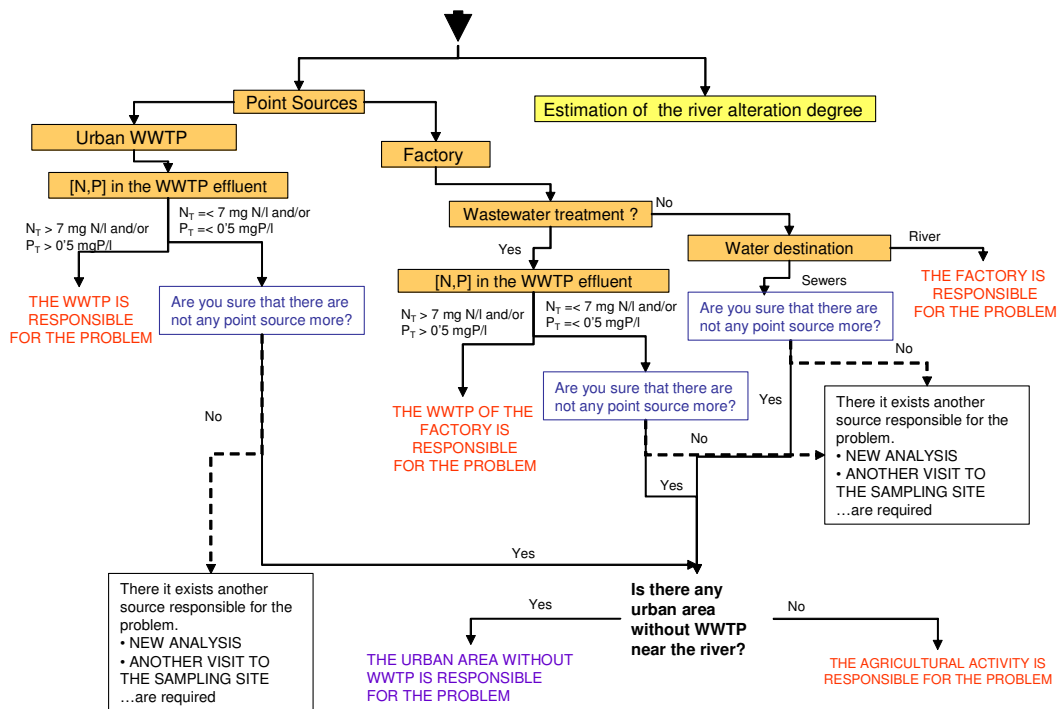


Figura 5.4. Arbre de detecció de causes pel problema de l'eutrofització

Els valors de nitrogen total i fòsfor total que estableixen si una font és causant o no del problema es deriven de la Directiva 91/271/CEE, la qual estableix uns límits d'abocament per una EDAR de 15 o 10 mg N/l pel nitrogen total i 1 o 2 mg P/l pel fòsfor total (depenent de les dimensions de l'EDAR). Al referir-se a valors de l'efluent, sense tenir en compte els efectes d'aquest sobre la biota fluvial, es decidí baixar aquests límits d'abocament (7 mg N/l pel nitrogen total i 0.5 mg P/l pel fòsfor total) i decidir a partir d'aquests nous límits si una font puntual és o no la causant del problema.

La gran diferència entre aquests arbres de detecció de causes i el de diagnosi és que, mentre en l'arbre de diagnosi el sistema només activa una de les branques en funció de les dades d'entrada, en els arbres de detecció de causes el sistema activa totes les branques en paral·lel. D'aquesta manera el sistema pot arribar a la conclusió que el problema és degut per una única font o per més d'una.

5.1.3.1. Càlcul del grau de la "alteració fluvial" com a causa

Aquest és obtingut a partir del càlcul de les equacions següents (aquestes són sempre les mateixes sigui quina sigui la diagnosi a la qual ha arribat el sistema), les quals són explicades amb més detall en els annexos II:

- Pel càlcul del grau de “alteració del llit fluvial” (DL):

(equació 5.1)

$$DL = [3 \cdot TSR + 2 \cdot (S + CS + WV + SE + LT) + 1'5 \cdot (MC + DST) + 4 \cdot (P + DMM + DD) + A + M + B + MV + F + D] \cdot (100/168)$$

On,

TSR és el valor que s'assigna segons el tipus de tram fluvial

S és el valor que s'assigna segons el pendent del tram

CS és el valor que s'assigna segons la sinuositat del tram

WV és el valor que s'assigna segons la velocitat de l'aigua en el tram

SE és el valor que s'assigna segons la cobertura del substrat del llit fluvial

LT és el valor que s'assigna a la presència o no de troncs o elements semblants en el llit fluvial

MC és el valor que s'assigna al coeficient de Manning

DST és el valor que s'assigna al tipus de substrat dominant del llit fluvial

P és el valor que s'assigna a la presència o no de llacunes en el llit fluvial

DMM és el valor que s'assigna a la presència de salts d'aigua o de petites preses d'origen antròpic en el tram estudiat

DD és el valor que s'assigna a la presència de petits salts d'aigua o petites preses d'origen natural en el tram estudiat

A és el valor que s'assigna a la presència d'algues filamentoses

M és el valor que s'assigna a la presència de macròfits

B és el valor que s'assigna a la presència de biofilm

MV és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent als macroinvertebrats

F és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent als peixos

D és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent a les diatomees

- Pel càlcul del grau de “alteració de riba” (DR):

(equació 5.2)

$$DR = \{[3 \cdot TRV + 2 \cdot RVZW + CC + 0'5 \cdot (SP + FC)] \cdot RB\} \cdot (100/167'5)$$

On,

TRV és el valor que s'assigna segons el tipus de vegetació de riba

RVZW és el valor que s'assigna segons l'amplada de la zona de riba vegetada

CC és el valor que s'assigna segons la cobertura del sòl

SP és el valor que s'assigna segons la permeabilitat del sòl

FC és el valor que s'assigna segons les característiques freàtiques del tram avaluat

RB és el valor que s'assigna segons l'estat dels marges fluvials i de la riba

Segons els resultats d'aquestes equacions el grau de “alteració fluvial” pot ésser determinat com una causa o no. Si el DL és inferior o igual a 45, aquest és detectat com una de les causes del problema. En el cas del DR, aquest també és detectat com una de les causes del problema si el seu valor és igual o inferior a 45.

5.1.4. Llistat de propostes d'actuacions

Una vegada han estat detectades les causes del problema, el SE ja estaria preparat per a proposar plans d'actuacions centrats en: a) reduir els efectes de les fonts puntuals i/o difoses; i, b) incrementar en el riu la capacitat de retenció de nutrients a més a més de la *riparian buffer capacity* de l'aigua. Totes les accions proposades s'emmarquen dins de la filosofia de la Directiva Marc (2000/60/EC).

Un bon coneixement de les causes responsables del problema de l'eutrofització és molt important per tal de proposar la llista més adequada d'actuacions.

Les accions són recollides i presentades en forma de taula (veure taula 5.2), en funció de l'escala de treball i la categoria: a) hidrogeomorfologia (accions sobre la hidràulica, la geologia i la morfologia fluvials); b) accions relacionades amb la gestió de les fonts d'origen puntual (reducció de concentracions i/o emissions); c) accions que afecten a la gestió de la biota; d) propostes de bones pràctiques per a reduir els efectes de les fonts difoses (regulació, legislació, política...); i, e) accions per a gestionar el règim del cabal i la velocitat de l'aigua. Cal mencionar que es van trobar poques actuacions per a la darrera categoria esmentada.

En la taula 5.2 poden observar-se part de les actuacions vàlides per a cada un dels graus de l'eutrofització. La resta de les taules d'actuacions es troben recollides en els annexos III.

Tot i que en un principi no s'estableixen prioritats a l'hora d'actuar, la primera cosa a fer quan la causa és una font puntual hauria de ser controlar (reduint o eliminant) les entrades d'aquesta font en el riu (Davis et al., 1998). No obstant, no sempre és tan fàcil (per exemple, quan els gestors no tenen competències per actuar en una indústria o quan les actuacions són massa cares). Per aquest motiu es proposen també accions no dirigides al control de les fonts puntuals. En aquest cas, un bon ús del sòl i una bona gestió de l'erosió (com ara desenvolupant una bona riba fluvial (les arrels de les plantes fixen el sòl tot reduint-ne el potencial d'erosió) o evitant l'accés de bestiar a les lleres del riu (la pressió exercida per les seves peülles afavoreix l'erosió de les zones de riba i dels marges fluvials)) són dues bones eines per a evitar, per exemple, les condicions que afavoreixen l'eutrofització (Rekolainen et al., 1999).

Grau de descripció de les actuacions

Si bé en les taules les actuacions proposades es troben molt resumides, l'usuari sempre podrà accedir a una descripció més detallada de cada una d'elles a través de diferents fitxes. Cada actuació està organitzada en un format de fitxa igual per a totes les actuacions. Cada una d'aquestes fitxes inclou el títol de l'actuació, la definició o descripció d'aquesta, la finalitat de

l'actuació, limitacions, avantatges i inconvenients, fonts addicionals d'informació (planes d'internet i bibliografia) i observacions (apartat obert per a l'usuari, per tal que pugui anar incorporant informació i, d'aquesta manera, enriquir la informació continguda en la fitxa en funció de la seva experiència)

En les figures 5.5 i 5.6 pot observar-se la informació addicional que incorporen les fitxes referents a les propostes d'aplicar la tècnica de l'*estaquillado* de la taula 5.2 (setena fila) i de desenvolupar un *buffer strip* amb fustes/arbres i sotabosc de la mateixa taula (sisena actuació proposada).

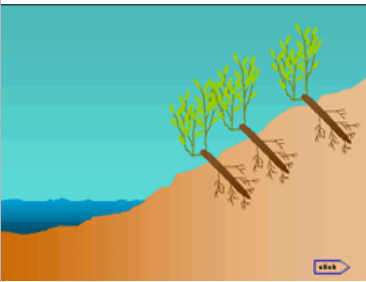
Estabilització dels marges fluvials usant tècniques de bioenginyeria		
Tècnica	<i>Estaquillado</i>	
Descripció	La tècnica consisteix en clavar un seguit d'estaques vives de salze o vimetera d'una llargada aproximada d'uns 20-40 cm en els marges del riu.	
Beneficis	Útil per a incrementar la retenció de nutrients i per a l'estabilització i diversificació de ribes evitant així l'erosió de les ribes, generant refugis per a la fauna piscícola, augmentant la diversitat d'hàbitats, generant ombres i fent que les ribes funcionin com a filtres verds.	
Comentaris	L'objectiu principal és la millora d'aquelles ribes estables que, en un principi, no disposen de vegetació arbòria-arbustiva. L'esforç és mínim i els resultats excel·lents a mitjà i llarg termini. L'inconvenient és que a curt termini no s'aprecia cap millora de la mesura adoptada. A Espanya ha estat utilitzada per a la reducció dels impactes causats per esculleres. En el cas que els marges fluvials pateixin una gran erosió, es recomana utilitzar una altra tècnica d'estabilització de ribes anomenada <i>empalizada</i> , degut a què l'estructura que es crea amb aquesta tècnica és molt més robusta.	
Notes	<i>Anotacions de l'usuari</i>	
Fonts d'informació	<p>Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998). <i>Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices</i>. Federal agencies of the US government. (http://www.usda.gov/stream_restoration/)</p> <p>Schmidt, G. i Otaola-Urrutxi, M. (2002). <i>Aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas</i>. Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, CEDEX. Madrid.</p> <p>The River Restoration Centre (2002). <i>Manual of River Restoration Techniques 2002</i>. Update published by RRC, May 2002. (http://www.therrc.co.uk/manual.php)</p>	

Figura 5.5. Fitxa per a l'actuació de l'*estaquillado*


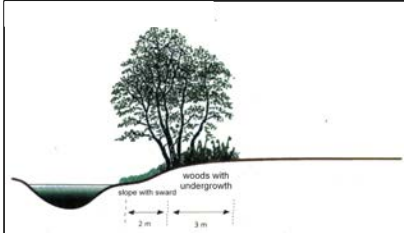

Desenvolupament d'un <i>buffer strip</i>: arbres i sotabosc	
Tècnica	<i>Buffer strips</i>
Descripció	Plantació arbres, permetent la instauració de sotabosc. En el cas que el vent sigui molt fort, caldrà una combinació d'arbres petits i arbustos de diferents alçades.
Beneficis	Increment de la protecció del riu vers el vent, proporció de més ombra i reducció del potencial d'erosió dels marges fluvials. També és útil per a augmentar la retenció de nutrients.
	
Comentaris	<p>Els <i>buffer strips</i> en general es caracteritzen per desenvolupar diverses funcions, entre les quals cal destacar la protecció de les aigües fluvials del vent (reduint, així, l'entrada de contaminants en l'aigua via vent), la reducció dels processos d'erosió dels marges fluvials, la generació d'ombra i la funció d'hàbitat i de retenció de sediments i de nutrients.</p> <p>Sempre s'aplicarà la tècnica amb espècies autòctones, mai al·lòctones. Alguns exemples pel cas d'Espanya són: <i>Salix purpurea</i>, <i>Salix atrocinerea</i>...</p> <p>Segons l'objectiu a aconseguir les característiques del <i>buffer</i> seran:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Per a l'estabilització dels marges fluvials</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Per a la protecció del vent i la generació d'ombra en rius que tenen una amplada inferior als 2m</p> </div> </div>
Notes	<i>Anotacions de l'usuari</i>
Fonts d'informació	<p>Department of Primary Industries, Water & Environment. Environmental best practice guidelines: management of riparian vegetation. Web page last published on 11th March 2003. Tasmanian Government, Australia. (http://www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/CDAT-5EJ4LS)</p> <p>Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998). <i>Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices</i>. Federal agencies of the US government. (http://www.usda.gov/stream_restoration/)</p> <p>Landesumweltamt Brandenburg (Ed.) (1996). <i>Ausweisung von Gewässerrandstreifen – Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ausweisung von Gewässerrandstreifen</i>, Märker, Werder (Havel), 86 pp.</p> <p>Schmidt, G. i Otaola-Urrutxi, M. (2002). <i>Aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas</i>. Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, CEDEX. Madrid.</p> <p>The River Restoration Centre (2002). <i>Manual of River Restoration Techniques 2002</i>. Update published by RRC, May 2002. (http://www.therrc.co.uk/manual.php)</p>

Figura 5.6. Fitxa per a l'actuació del *buffer strip*

Taula 5.2. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una EDAR (urbana o industrial)

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Optimitzar el tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquests mòduls poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(Continua)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Prognosi de les actuacions

Tal i com s'ha comentat anteriorment, el llistat de propostes d'actuació també inclou la informació necessària per a la prognosi d'aquelles accions que ho permetin (ja que en alguns casos no es disposa de la suficient informació com per a dur-la a terme). En la taula 5.4 es mostra la informació corresponent a algunes de les actuacions resumides en la taula 5.2. Per a cada actuació es detalla la facilitat d'implementació, l'èxit de la seva aplicació i el temps de resposta (veure taula 5.3).

Taula 5.3. Valors adoptats per la facilitat d'implementació, l'èxit d'aplicació i el temps de resposta de les actuacions del SE

Facilitat implementació	Èxit de l'actuació	Temps de resposta
Molt fàcil d'implementar	Nul	Mesos
Difícil d'implementar	Baix	1-2 anys
Fàcil d'implementar	Moderat	2-10 anys
Molt fàcil d'implementar	Alt	dècades

Taula 5.4. Detall de la informació de la prognosi relativa a algunes de les solucions proposades

Actuació	Facilitat implementació	Èxit de l'actuació	Temps de resposta	Benefici vs esforç**
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva*	Molt fàcil	Moderat	Mesos	7
			1-2 anys	6
			2-10 anys	5
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci	Fàcil	Baix	1-2 anys	4
Optimitzar el tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR	Fàcil	Alt	Mesos	9
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització	Fàcil	Moderat	2-10 anys	6

* El temps de resposta depèn de la matèria difosa, de l'objectiu i del tipus de programa educatiu que es dugui a terme

** El quocient benefici vs esforç pot assolir valors de 0 a 10, essent 10 el valor que indica un major benefici vers un mínim esforç

Finalment, es calcula el quocient del benefici ambiental *versus* l'esforç d'aplicar l'actuació (QBE) amb l'objectiu d'integrar tota aquesta informació. Aquest quocient es troba a partir de la següent relació:

$$QBE = \frac{(\text{èxit} * \text{factor1 de ponderació del temps de resposta})}{(\text{facilitat d'implementació} * \text{factor2 de ponderació del temps de resposta})}$$

A part de la informació continguda en el llistat de les actuacions referent a la prognosi, el SE realitza un seguit de càlculs addicionals per tal de perfilar més aquesta informació, arribant a incloure, fins i tot, valors numèrics. La gran majoria de les actuacions que inclouen aquests càlculs estan dirigides a reduir els impactes generats per les fonts puntuals, degut a la dificultat d'avaluar amb exactitud els efectes de les accions dirigides al control de les fonts difoses.

Els passos seguits en els càlculs són:

1. Cada actuació pronosticada té associat un percentatge d'eficiència obtingut a partir de la consulta de les diferents fonts de coneixement realitzada en l'etapa d'adquisició del coneixement.
2. Es parteix de la hipòtesi que la concentració del contaminant A de l'efluent de la font puntual es redueix amb l'aplicació de l'actuació.
3. Es calcula el nou valor de la concentració del contaminant A en l'efluent de la font puntual tenint en compte el percentatge d'eficiència de l'actuació avaluada.
4. Es realitza un balanç de masses, tal i com s'indica en la figura 5.7, essent A2 el nou valor de la concentració del contaminant A en el tram.

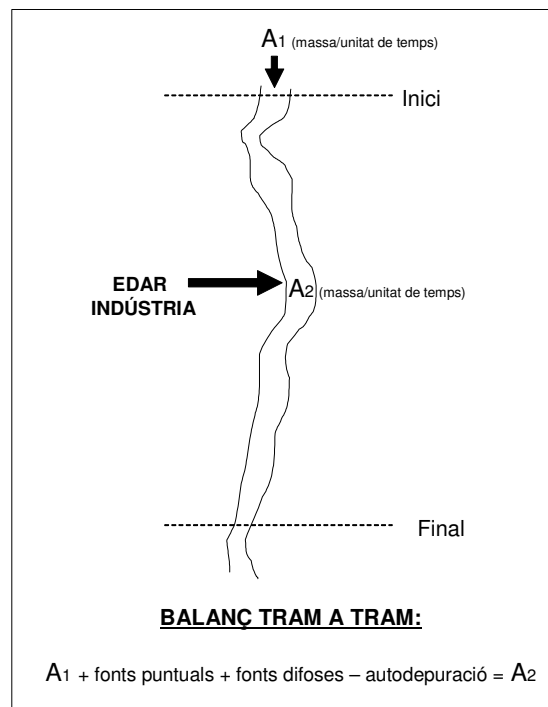


Figura 5.7. Balanç de matèria que es realitza en l'etapa de la prognosi

Dos casos concrets d'exemple són:

- a) Suposem un riu que pateix una hipereutrofització i que, a més a més, pateix les conseqüències d'un transvasament d'aigua aigües amunt del lloc estudiat. Les causes del problema són l'activitat agrícola de la zona i la "alteració del llit fluvial". Observant les taules III.4 i III.5 dels annexos III referents a la problemàtica de l'eutrofització i a les causes, es veu com una de les propostes d'actuació que dona el SE és eliminar el transvasament (en el que l'aigua va cap a d'altres rius). L'actuació únicament és vàlida en el cas que la qualitat de l'aigua transvasada no estigui afectada per la pràctica agrícola. En aquest cas la prognosi s'estructuraria de la següent manera:

HIPÒTESI DE LA PROGNOSI: Si s'elimina el transvasament, el cabal de l'aigua en el tram estudiat serà major i, per tant, la concentració de fòsfor serà menor (per efecte de la dilució).

Prenent com a base el balanç de matèria de la figura 5.7:

$$P2 = P1 + \text{fonts puntuals} + \text{fonts difoses} - \text{autodepuració}$$

On,

$$\begin{aligned} P2 &= [P2] \cdot (Q1 + Q); & P1 &= (Q1 \cdot [P1]); & \text{fonts puntuals} &= (Q \cdot [P]); \\ \text{fonts difoses} &= \text{NPS}; & \text{autodepuració} &= (U_P \cdot \text{Àreastb}) \end{aligned}$$

L'equació utilitzada pel càlcul de la variació de la concentració del fòsfor és la 5.3, condicionada pels valors de les equacions 5.4, 5.5 i 5.6.

$$[P2] \cdot (Q1 + Q) = (Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot [P]) + \text{NPS} - (U_P \cdot \text{Àreastb}) \quad (\text{equació 5.3})$$

$$[P2] = \{(Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot [P]) + \text{NPS} - (U_P \cdot \text{Àreastb})\} / (Q1 + Q)$$

$$U_P = ([P1] \cdot Q1) / (S_P \cdot \text{amplada}) \quad (\text{equació 5.4})$$

$$S_P = 12082'32 \cdot \text{Manning} + 2478'66 \quad (\text{equació 5.5})$$

$$\text{Àreastb} = (\text{llargada} \cdot \text{Àrea}) / \text{profunditat} \quad (\text{equació 5.6})$$

On,

[P2] és la concentració del fòsfor en el tram avaluat (mg P/l)

[P1] és la concentració del fòsfor aigües amunt del tram avaluat (mg P/l)

[P] és la concentració del fòsfor d'origen puntual que entra en el riu (mg P/l)

Q1 és el cabal del riu aigües amunt del tram avaluat (l/s)

Q és el cabal de les fonts puntuals (l/s)
 NPS és la càrrega màssica de les fonts difoses respecte al fòsfor (mg P /s)
 U_P és la raó d'autodepuració del fòsfor (mg/ m² · s)
 S_P és la distància de recuperació del fòsfor (m)
 Amplada és l'amplada del canal fluvial (m)
 Manning és el coeficient de rugositat de Manning, el qual no té unitats
 Àreastb és l'àrea del canal fluvial (m²)
 Àrea és l'àrea de pas del tram d'estudi (m²)
 Llargada és la llargada del tram d'estudi (m)
 Profunditat és l'alçada de l'aigua en el tram d'estudi (m)

D'aquesta manera en el moment de fer la diagnosi el cabal del tram estudiat és Q1 i en el moment de fer la prognosi, aquest passa a ser 2·Q1, obtenint-se un nou valor [P2]', inferior al valor inicial [P2]:

$$[P2]' = \frac{\{(2 \cdot Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot [P]) + NPS - (U_P \cdot Àreastb)\}}{(2 \cdot Q1 + Q)}$$

$$U_P = \frac{([P1] \cdot 2 \cdot Q1)}{(S_P \cdot amplada)}$$

Tot seguit es recorreria de nou la fase de la diagnosi amb aquest nou valor de concentració de fòsfor [P2]', obtenint un nou grau de diagnosi, que indicaria una millora de l'estat o de la qualitat de l'aigua del tram avaluat. En aquest cas el nou grau d'afectació del problema podria continuar essent el d'hipereutrofització (el grau es manté) o bé podria reduir-se al d'eutrofització elevada, moderada o baixa. Seria difícil arribar al grau de pristí, ja que l'actuació és únicament una acció de dilució de l'aigua.

Comparant-se un i altre grau del problema (cas real *versus* cas pronosticat (una vegada s'ha dut l'acció a la pràctica)) poden apreciar-se les millores que aportarà dur a terme l'actuació proposada en el tram estudiat.

- b) Considerem un riu que pateix una eutrofització elevada deguda, majoritàriament, a l'entrada d'elevades concentracions de fòsfor de l'EDAR situada en la mateixa riba del riu, la qual no elimina el fòsfor. Una de les propostes d'actuació del SE (tal i com es pot observar en la taula 5.2) seria implementar un tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR, ja que aquesta no el tracta. La prognosi seria:

HIPÒTESI DE LA PROGNOSSI: Si la càrrega de fòsfor de l'EDAR es redueix, el seu impacte sobre el riu serà menor; és a dir, que la concentració del fòsfor en l'aigua serà menor. Depenent de la configuració adoptada per a eliminar el fòsfor aquesta concentració variarà. Segons Balaguer (1998), el procés A/O modificat té un percentatge d'eficiència d'eliminació del 80%, el Bardenpho modificat, del 88% i el Phostrip II, del 90%, en referència al fòsfor.

Les equacions utilitzades pel càlcul de la variació de la concentració del fòsfor són les mateixes que en l'exemple anterior (cas a): equacions 5.3, 5.4, 5.5 i 5.6.

D'aquesta manera, en el moment de fer la diagnosi la concentració de fòsfor d'origen puntual és [P], mentre que en el moment de fer la prognosi, aquest passa a ser $0'20 \cdot [P]$ si la configuració que adopta l'EDAR per a eliminar el fòsfor de les seves aigües residuals d'entrada és el procés A/O modificat. Per contra, si la configuració adoptada és el Bardenpho modificat, serà $0'12 \cdot [P]$ o $0'10 \cdot [P]$ en el cas que s'adopti la configuració anomenada Phostrip II. Sigui quina sigui la configuració adoptada s'obté un nou valor per al paràmetre [P2]', inferior al valor inicial [P2]:

$$[P2]' = \{(Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot 0'20 \cdot [P]) + NPS - (U_P \cdot \text{Àreastb})\} / (Q1 + Q)$$

o

$$[P2]' = \{(Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot 0'12 \cdot [P]) + NPS - (U_P \cdot \text{Àreastb})\} / (Q1 + Q)$$

o

$$[P2]' = \{(Q1 \cdot [P1]) + (Q \cdot 0'10 \cdot [P]) + NPS - (U_P \cdot \text{Àreastb})\} / (Q1 + Q)$$

Tot seguit es recorreria de nou la fase de diagnosi amb el nou valor [P2]', obtenint un nou grau d'afectació de la diagnosi. En aquest cas podrien obtenir-se tots els graus de diagnosi a excepció del d'hipereutrofització, ja que les actuacions proposades són per a millorar la qualitat de l'aigua fluvial i no pas a la inversa.

Finalment, comparant-se un i altre grau del problema (cas real *versus* cas pronosticat (una vegada s'ha dut a la pràctica l'actuació)) poden apreciar-se les millores que aportarà dur a terme l'actuació proposada en el tram estudiat.

5.2. Arbre de decisió pel problema de l'excés de nitrogen

Tot el coneixement adquirit sobre els problemes d'excés de nitrats i d'excés d'amoni en les aigües fluvials és recollit i estructurat en l'arbre de decisió del nitrogen.

5.2.1. El problema de l'excés de nitrogen

Es diferencien dos tipus de contaminació deguts a un excés de nitrogen:

- Contaminació per un excés d'amoni (l'amoni és un compost tòxic per a peixos i macroinvertebrats)
- Contaminació per un excés de nitrats (el nitrat, a més de tenir efectes negatius pel medi ambient, comporta un problema d'ús de l'aigua en processos industrials i un problema de caràcter sanitari quan la seva concentració és superior als 50 mg NO₃⁻/l. La contaminació

dels aquífers per nitrats és també un problema important)

5.2.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi

L'arbre està format per dues branques principals: la de l'amoni i la de l'amoni i el nitrat. La primera treballa únicament amb dades d'amoni i la segona, amb dades d'amoni i nitrat.

Per tal de recórrer l'arbre és imprescindible tenir dades de l'amoni, tal i com pot observar-se en la figura 5.8, ja que és una de les dades mínimes necessàries per a què el SE funcioni. En el cas de no entrar les dades d'amoni, el sistema comunica a l'usuari que calen aquestes dades i, al no recórrer l'arbre del nitrogen, el sistema no arriba a diagnosticar un possible problema d'excés de nitrogen.

Una vegada resseguit l'arbre s'arriba a 7 diagnosi, les quals es poden combinar entre sí:

- Excés de nitrat molt greu (*very severe nitrate*): quan la concentració de nitrat és superior a 10 mg N-NO₃/l.
- Excés de nitrat greu (*severe nitrate*): quan la concentració de nitrat és igual o inferior a 10 mg N-NO₃/l i superior a 5 mg N-NO₃/l.
- Excés de nitrat moderat (*moderate nitrate*): quan la concentració de nitrat és igual o inferior a 5 mg N-NO₃/l i superior a 1'5 mg N-NO₃/l i la concentració de l'amoni és inferior o igual als 1'5 mg N-NH₄/l.
- Excés d'amoni molt greu (*very severe ammonium*): quan la concentració d'amoni és superior a 10 mg N-NH₄/l.
- Excés d'amoni greu (*severe ammonium*): quan la concentració d'amoni és igual o inferior a 10 mg N-NH₄/l i superior a 5 mg N-NH₄/l.
- Excés d'amoni moderat (*moderate ammonium*): quan la concentració d'amoni és igual o inferior a 5 mg N-NH₄/l i superior a 1'5 mg N-NH₄/l.
- Presència d'amoníac amb una concentració superior als 0'02 mg NH₃/l (*ammonia higher than 0'02 mg/l*): a concentracions superiors als 1'5 mg N-NH₄/l en la branca de l'amoni i a concentracions superiors als 5 mg N-NH₄/l en la branca de l'amoni i el nitrat s'estima la concentració de l'amoníac a pH superiors a 7. A pH entre 7 i 9 l'amoníac és estimat a partir dels valors de l'amoni, el pH i la temperatura (equació 5.7), determinant si hi ha un problema d'amoni o d'amoníac. A pH superiors o iguals a 9 es conclou que hi ha un

problema d'amoniac sense fer l'estimació.

$$[\text{N-NH}_3] = ([\text{N-NH}_4^+]) / (1 + 10^{\text{pka} - \text{pH}}) \quad (\text{equació 5.7})$$

on

$$\text{pka} = 4 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 + 9 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0'0356 \cdot T + 10'072 \quad (\text{equació 5.8})$$

Els valors de les concentracions d'un i altre compost que estableixen un o altre grau de diagnosi vénen donats pels resultats de les enquestes distribuïdes entre els companys del projecte STREAMES. Es considera que una concentració inferior als 1'5 mg N/l (sigui d'amoni o nitrat) indica un bon estat de l'aigua fluvial. A concentracions superiors, l'estat de l'aigua passa a ser moderat o dolent. Pel que fa a l'amoni, es considera que hi ha un problema d'amoniac quan la seva concentració és superior als 0'02 mg NH₃/l, concentració a partir de la qual la fauna piscícola es veu greument afectada.

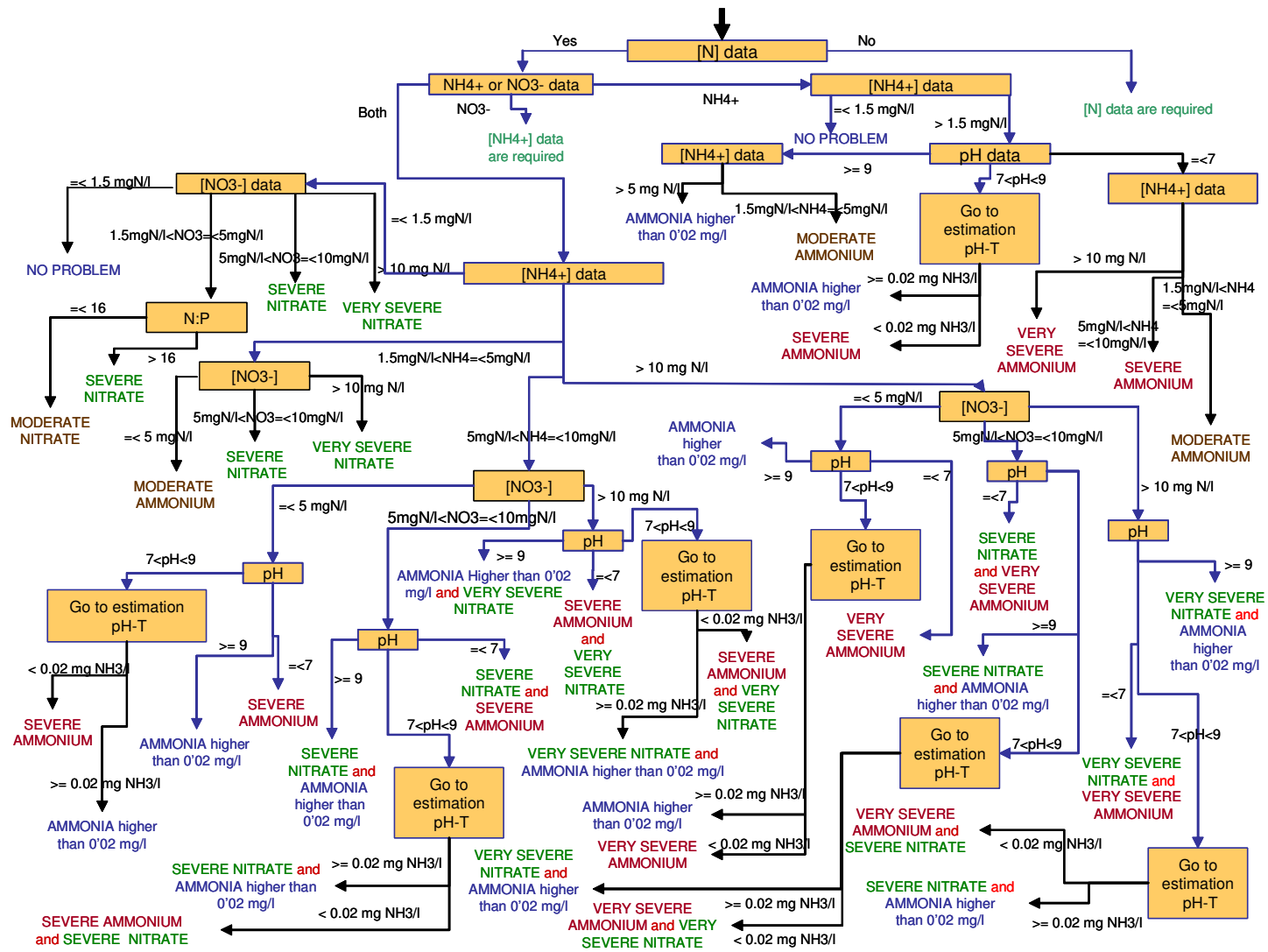


Figura 5.8. Arbre de diagnosi pel problema del nitrogen

5.2.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes

A partir de la diagnosi a la qual arriba el SE es recorre un o altre arbre de detecció de causes. En el cas que el sistema diagnostiqui que no hi ha cap problema d'excés de nitrogen, el sistema s'atura abans d'entrar a l'etapa de detecció de causes del nitrogen.

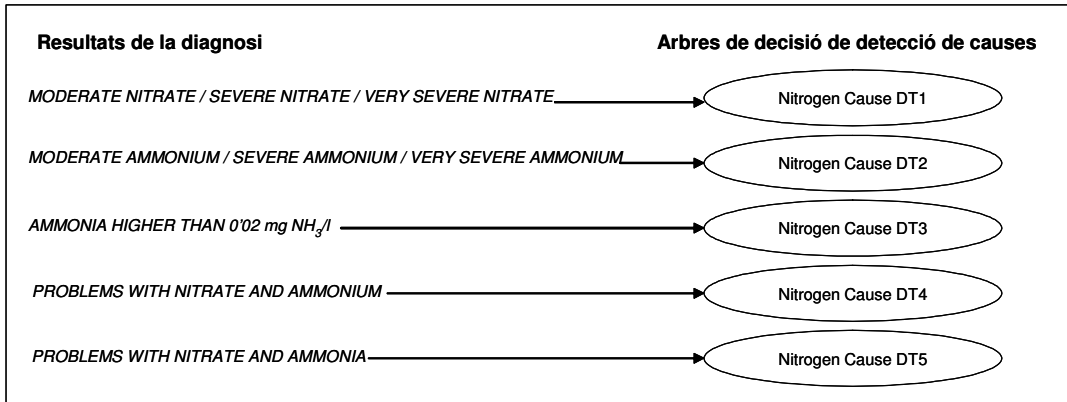


Figura 5.9. Enllaços entre les diagnosi i els arbres de detecció de causes pel cas del nitrogen

Tal i com s'aprecia en la figura 5.9, cada un dels cinc arbres de detecció desenvolupats pel nitrogen està relacionat amb un grau de diagnosi:

- els graus *Very severe*, *Severe nitrate* i *Moderate nitrate* estan relacionats amb l'arbre *Nitrogen Cause DT1* (figura 5.10)

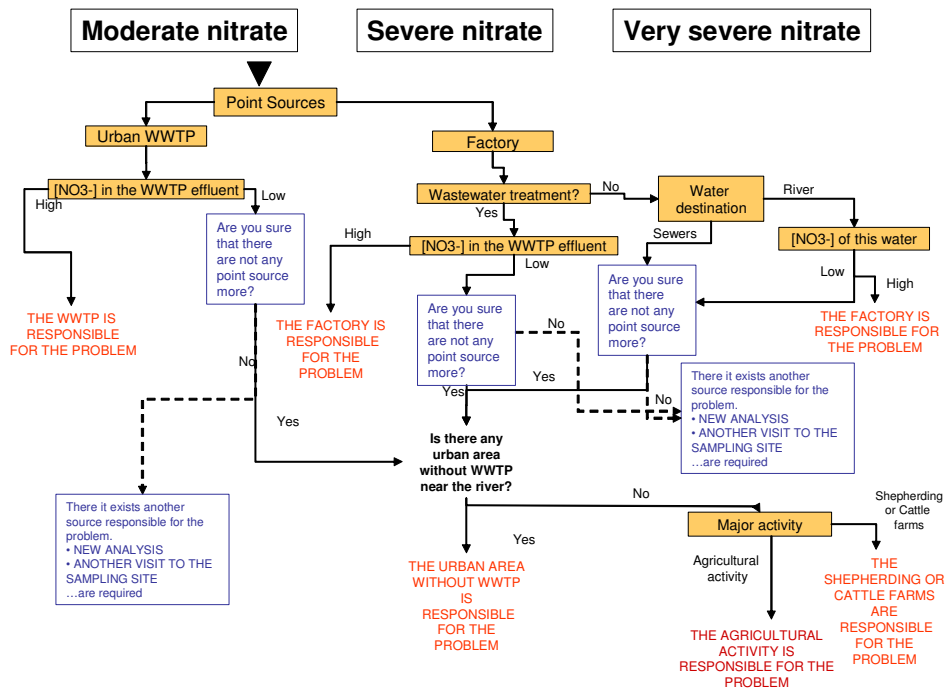


Figura 5.10. Arbre de detecció de causes *Nitrogen Cause DT1*

- els graus *Very severe*, *Severe ammonium* i *Moderate ammonium* estan relacionats amb l'arbre *Nitrogen Cause DT2* (figura 5.11)

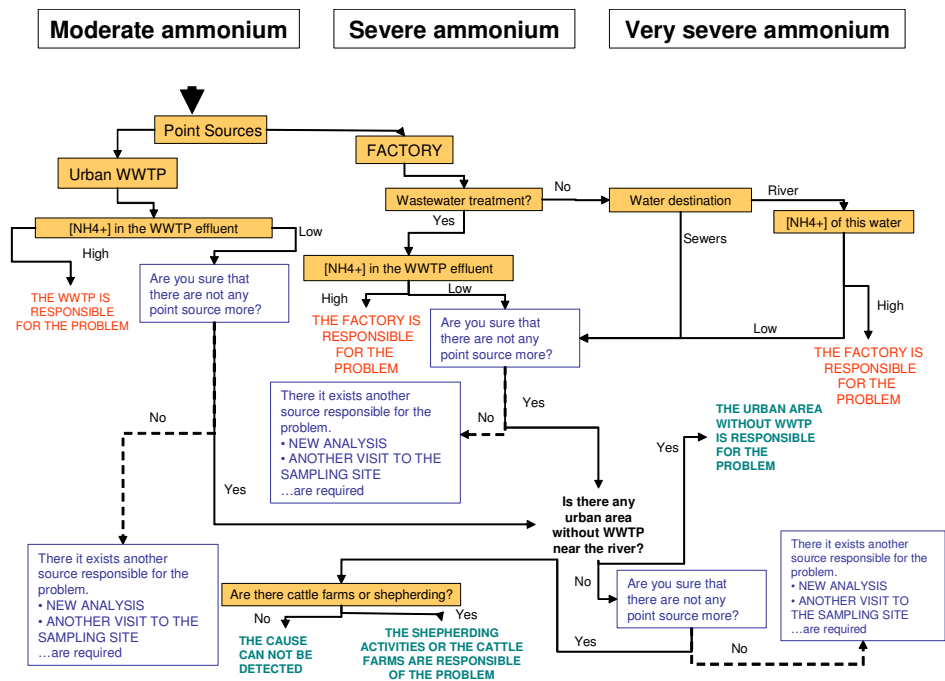


Figura 5.11. Arbre de detecció de causes *Nitrogen Cause DT2*

- el grau *Ammonia higher than 0'02 mg/l* està relacionat amb l'arbre *Nitrogen Cause DT3* (figura 5.12)

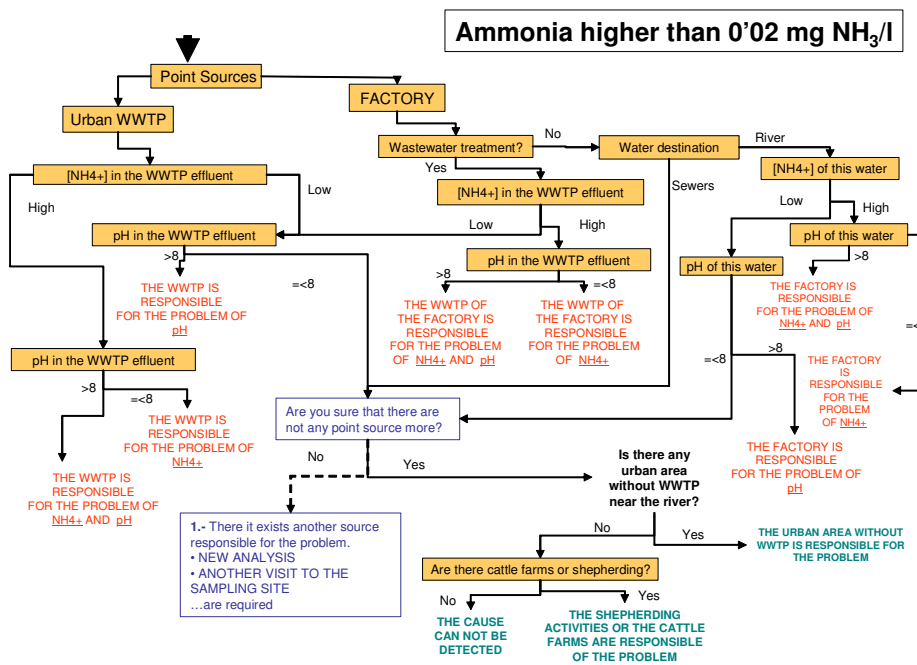


Figura 5.12. Arbre de detecció de causes *Nitrogen Cause DT3*

- els graus que combinen nitrat i amoni estan relacionats amb l'arbre *Nitrogen Cause DT4* (figura 5.13)

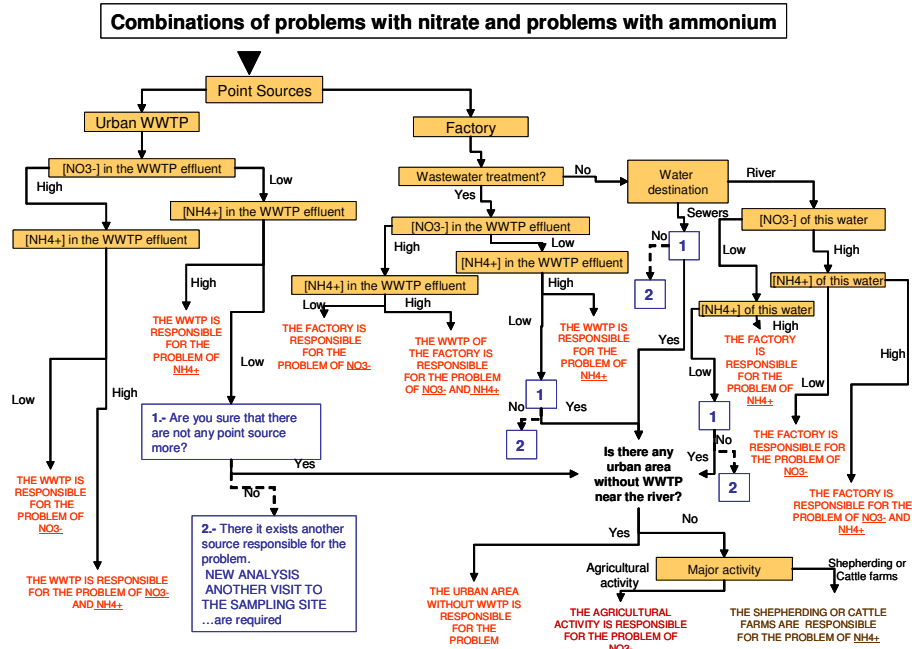


Figura 5.13. Arbre de detecció de causes *Nitrogen Cause DT4*

- els graus que combinen nitrat i amoníac estan relacionats amb l'arbre *Nitrogen Cause DT5* (figura 5.14)

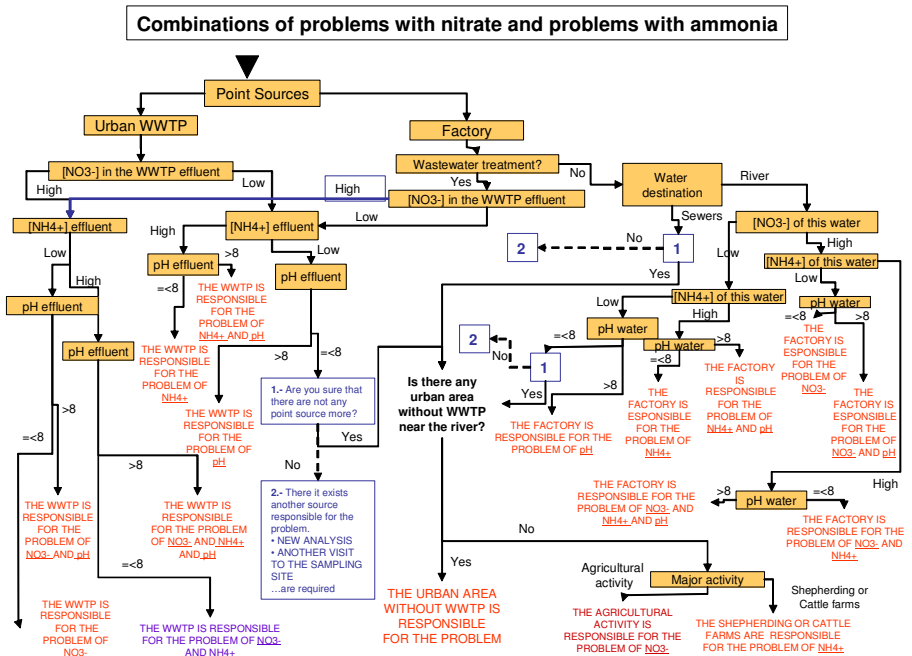


Figura 5.14. Arbre de detecció de causes *Nitrogen Cause DT5*

D'aquesta manera, en el cas que en la fase de diagnosi el SE hagués diagnosticat el problema d'excés de nitrat greu en un riu, el sistema activaria l'arbre de detecció de causes anomenat *Nitrogen Cause DT1* (figura 5.10). Si per contra, el SE hagués diagnosticat un problema d'excés de nitrats i d'amoni, el sistema activaria l'arbre *Nitrogen Cause DT4* (figura 5.13).

En tots els arbres de detecció de causes s'avaluen 4 de les possibles causes: l'efluent d'una EDAR, aigües residuals d'origen industrial, aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada i aigües provinents de la pràctica agrícola així com de pastures i granges de bestiar. Depenent de l'arbre s'avalua la causa de l'excés de nitrat, de l'excés d'amoni o de la variació del pH de les aigües fluvials, conforme a la diagnosi a la qual el sistema hagi arribat.

- Efluent d'una EDAR: s'avaluen els paràmetres químics de l'efluent (concentracions de nitrat i d'amoni i valor del pH).
- Aigües residuals d'origen industrial: s'avalua el tractament que aquestes pateixen abans d'ésser abocades al riu. En el cas de passar per una EDAR, s'avalua l'efluent d'aquesta. En el cas que no siguin tractades, si la seva destinació és el riu, s'avaluen les concentracions de nitrat i amoni així com el valor del pH d'aquestes aigües residuals. En el cas que vagin a clavegueram, no són un problema pel riu i, per tant, no es tenen en compte.
- Aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada: en tots els casos en els que existeix una àrea d'aquest tipus prop del tram avaluat, aquesta àrea és considerada una causa del problema.
- Aigües provinents de la pràctica agrícola, del pastureig i de granges de bestiar: tot i que sol generalitzar-se que els nitrats provenen de l'agricultura (pels fertilitzants) i l'amoni, de les pastures i de les granges de bestiar (per l'orina i els excrements), també existeixen excepcions com ara l'ús de purins en els camps i l'ús de fertilitzants en els camps destinats al pastureig. Per això mateix es contemplan les dues pràctiques dins d'una mateixa causa.

Els valors de nitrat i amoni que estableixen si una font és causant del problema o no es deriven de la Directiva 91/271/CEE, la qual estableix uns límits d'abocament per una EDAR de 5 mg N-NO₃/l i 10 o 5 mg N-NH₄/l (aquest darrer depèn de les dimensions de l'EDAR). Al referir-se a valors de l'efluent, sense tenir en compte els efectes d'aquest en la flora i fauna fluvials, es decidí baixar aquests límits d'abocament i decidir a partir d'aquests nous límits si una font puntual és o no causant del problema. D'aquesta manera quedà que una concentració major o igual a 2'5 mg N-NO₃/l és considerada una concentració alta de nitrat i que una concentració major o igual a 3 mg N-NH₄/l és una concentració alta d'amoni. Concentracions inferiors a aquests valors són considerades concentracions baixes.

Finalment, tal i com s'explica en l'apartat 5.1.3, una darrera causa, la "alteració fluvial", és avaluada a partir de les equacions 5.1 i 5.2 (veure annexos II).

5.2.4. Llistat de proposta d'actuacions

En els annexos III es troben totes les taules de les actuacions vàlides per a cada un dels graus del problema del nitrogen una vegada ha estat detectada la causa (o causes) d'aquest problema.

5.3. Arbre de decisió pel problema de l'excés de matèria orgànica

Tot el coneixement referent al problema d'excés de matèria orgànica en les aigües fluvials és recollit i estructurat en l'arbre de decisió de la matèria orgànica.

5.3.1. El problema de l'excés de matèria orgànica

En rius contaminats l'excés de matèria orgànica es descomposa absorbint l'oxigen dissolt de l'aigua, arribant a provocar la desaparició total o parcial d'aquest.

5.3.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi

L'arbre està format per dues branques:

- Branca quantitativa: és la branca de l'esquerra. Depèn de valors quantitius, bàsicament dels valors de la DBO, del DOC i de l'oxidabilitat. Segons aquestes dades el sistema ressegueix una o altra subbranca i arriba a establir 4 graus diferents del problema: no hi ha problemes d'excés de M.O., contaminació moderada per un excés de M.O., contaminació greu per un excés de M.O. i contaminació molt greu deguda a un excés de M.O.
- Branca qualitativa: és la branca de la dreta. Permet identificar el problema de l'excés de M.O. tot i no disposar de dades analítiques. Únicament demana informació qualitativa de fàcil obtenció. A partir de l'observació de l'aigua (la terbolesa i el color) l'arbre arriba a un grau de diagnosi (per exemple, una aigua tèrbola de color gris indica un problema molt greu de contaminació per un excés de M.O. particulada).

Els valors llindars dels diferents paràmetres químics de la branca quantitativa, segons els quals es detecta un grau o altre del problema, vénen determinats pel país del tram que s'avalua. En aquest cas, els valors mostrats en l'arbre de la figura 5.15 corresponen als objectius de qualitat físico-química de les aigües superficials continentals aplicats a Catalunya. Segons aquests objectius de qualitat es considera que una concentració inferior als 5 mg O₂/l (per la DBO), als 7

mg O₂/l (per l'oxidabilitat) o als 5 mg C/l (pel DOC) indica un bon estat de l'aigua fluvial. A concentracions superiors, l'estat de l'aigua és moderat o dolent.

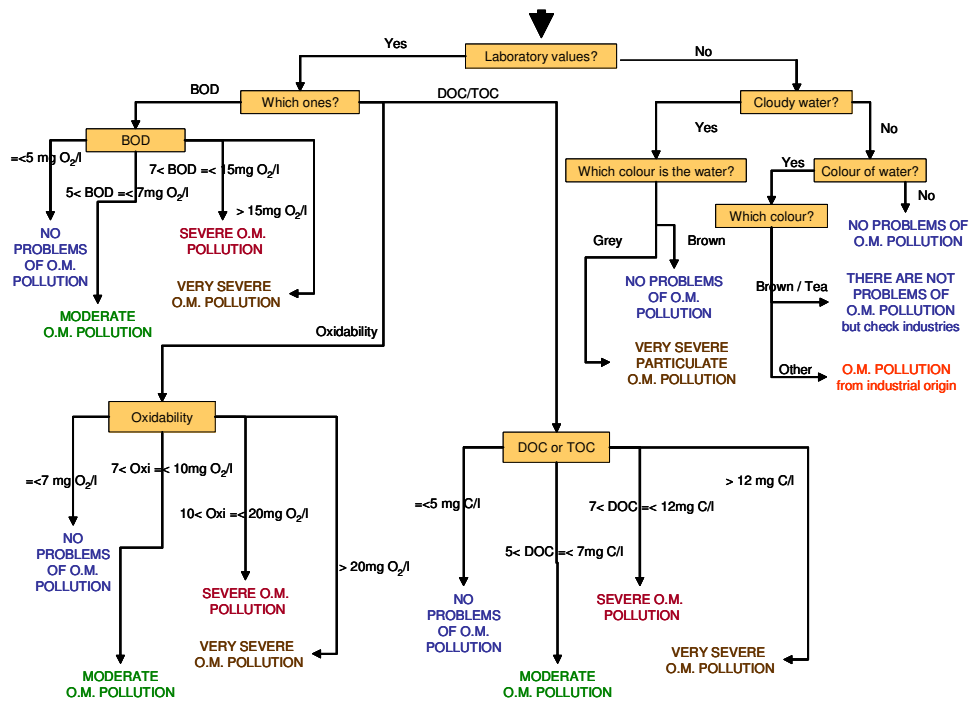


Figura 5.15. Arbre de diagnosi pel problema d'excés de matèria orgànica

5.3.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes

Es construí un únic arbre de detecció de causes, tal i com pot observar-se en la figura 5.16. En el cas que el sistema diagnostiqui que no hi ha cap problema d'excés de matèria orgànica, el sistema s'atura abans d'entrar a l'etapa de detecció de causes d'aquest problema.

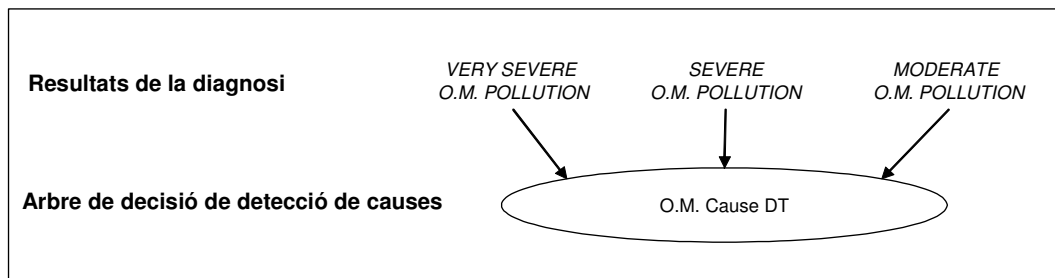


Figura 5.16. Enllaços interns entre els resultats de la diagnosi i l'arbre de detecció de causes per la matèria orgànica (on O.M. = organic matter)

En la figura 5.17 es mostra l'arbre de detecció de causes que el SE activa un cop aquest ha diagnosticat un problema de contaminació per un excés de matèria orgànica.

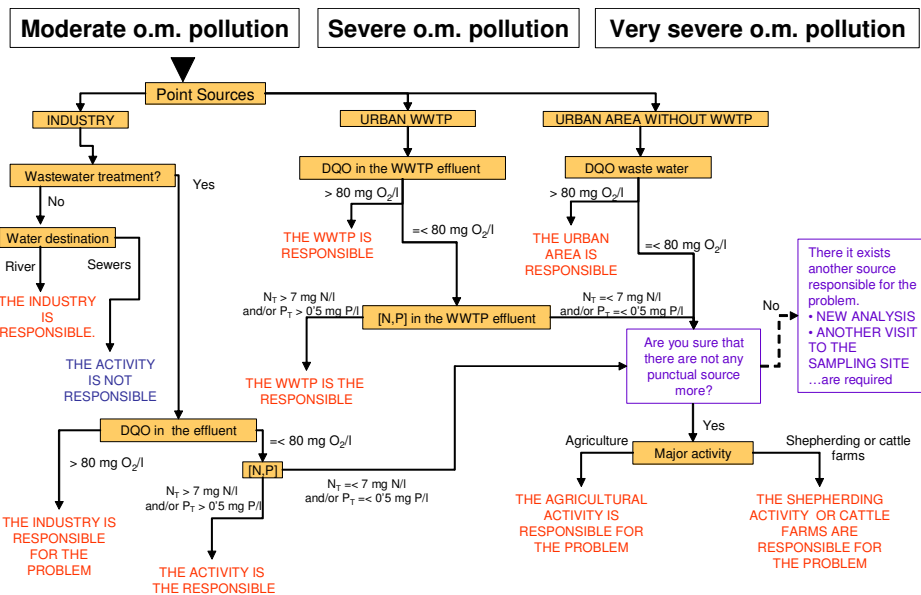


Figura 5.17. Arbre de detecció de causes pel problema de contaminació per un excés de matèria orgànica

En l'arbre de detecció de causes s'avaluen 4 de les possibles causes: l'efluent d'una EDAR, aigües residuals d'origen industrial, aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada i aigües provinents de la pràctica agrícola així com de pastures i granges de bestiar.

- Efluent d'una EDAR: s'avaluen els paràmetres químics de l'efluent (concentracions de DQO, nitrogen total i fòsfor total).
- Aigües residuals d'origen industrial: s'avalua el tractament que aquestes pateixen abans d'ésser abocades al riu. En el cas de passar per una EDAR, s'avalua l'efluent d'aquesta. En el cas que no siguin tractades, s'avalua on van a parar. Si la seva destinació és el riu, la indústria és considerada una de les fonts puntuals causants del problema diagnosticat. En el cas que vagin a clavegueram, no són un problema pel riu i, per tant, no es tenen en compte.
- Aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada: en els casos en els que existeix una àrea d'aquest tipus prop del tram avaluat, aquesta àrea és considerada una causa del problema quan la DQO de les seves aigües residuals és superior als 80 mg O₂/l.
- Aigües provinents de la pràctica agrícola, del pastureig i de granges de bestiar: la contribució d'aquestes aigües al problema diagnosticat és bàsicament deguda a l'aplicació de purins i d'altres compostos orgànics en els camps de cultiu, així com als excrements del bestiar de pastura.

Els valors de DQO, nitrogen total i fòsfor total que estableixen si una font és causant del problema o no es deriven de la Directiva 91/271/CEE, la qual estableix uns límits d'abocament per una EDAR de 125 mg O₂/l per la DQO, 15 o 10 mg N/l pel nitrogen total i 1 o 2 mg P/l pel fòsfor total (depenent de les dimensions de l'EDAR). Al referir-se a valors de l'efluent, sense tenir en compte els efectes d'aquest en la flora i fauna fluvials, es decidí baixar aquests límits d'abocament (80 mg O₂/l per la DQO, 7 mg N/l pel nitrogen total i 0'5 mg P/l pel fòsfor total) i decidir a partir d'aquests nous límits si una font puntual és o no causant del problema.

Finalment, tal i com s'explica en l'apartat 5.1.3, una darrera causa, la "alteració fluvial", és avaluada a partir de les equacions 5.1 i 5.2 (veure annexos II).

5.3.4. Llistat de proposta d'actuacions

En els annexos III es troben totes les taules d'actuacions que el SE proposa pel problema de l'excés de matèria orgànica, distingint en cada cas per a quin grau del problema les actuacions proposades són vàlides.

5.4. Arbre de decisió pel problema de l'anòxia

Tot el coneixement referent al problema de l'anòxia en les aigües fluvials és recollit i estructurat en l'arbre de decisió de l'anòxia.

5.4.1. El problema de l'anòxia

L'anòxia deriva d'un problema no tractat de contaminació per un excés de matèria orgànica (és l'etapa posterior a aquesta contaminació). El consum de l'oxigen dissolt de l'aigua és tan elevat que sobrepassa en gran mesura la quantitat aportada pel sistema aquàtic (García de Jalón i González del Tanago, 1998). En aquests estadis la qualitat de l'aigua és molt baixa fins al punt de limitar la vida aquàtica.

5.4.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi

L'arbre de diagnosi de l'anòxia està format bàsicament per dues branques: una de qualitativa i una de quantitativa.

- Branca quantitativa: és la de l'esquerra. Es basa en el percentatge de saturació de l'oxigen dissolt en la columna d'aigua i la presència de nitrats.

- Branca qualitativa: és la de la dreta. Permet identificar el problema de l'anòxia tot i no disposar de dades analítiques. En aquest cas la gran majoria de les dades que precisa són de caire visual (veure figura 5.18).

Una vegada el sistema ha resseguit l'arbre s'arriba a una de les 4 diagnòsis possibles:

- Anòxia molt greu (*very severe anoxia*): quan no hi ha oxigen ni nitrat dissolt en l'aigua i/o es generen substàncies gasoses com ara àcid sulfhídric i metà.
- Anòxia greu (*severe anoxia*): quan no hi ha oxigen però sí nitrat i/o els sediments són foscos i/o s'observen oligoquets o quironòmids vermells en els sediments.
- Anòxia moderada (*moderate anoxia*): quan tot i haver les condicions adients per a què s'observi un cas greu d'anòxia, aquest no és observat. L'única cosa que pot percebre's és la mala olor que fa l'aigua.
- No hi ha cap problema d'anòxia: això no indica que no hi hagi cap altre problema, possiblement un problema d'excés de matèria orgànica o un problema d'eutrofització, ja que els símptomes d'un i altre són molt similars alhora que són les etapes anteriors al problema de l'anòxia.

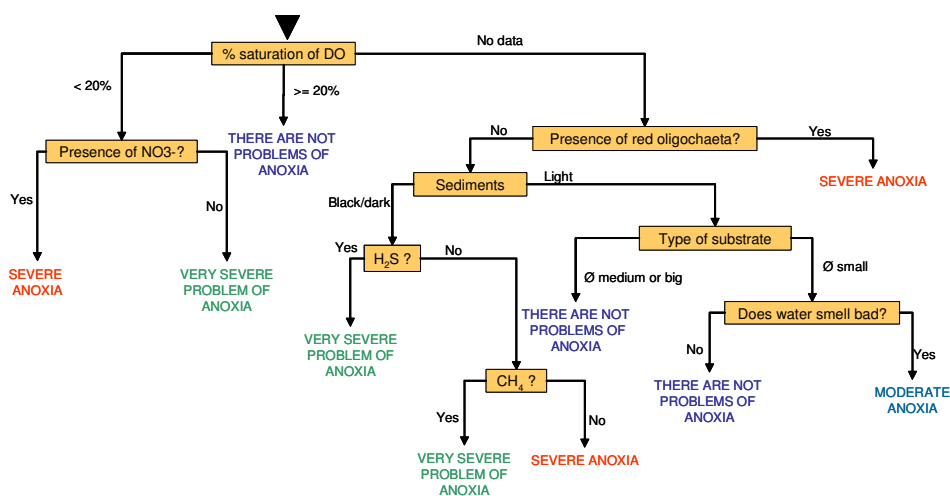


Figura 5.18. Arbre de diagnòsi de l'anòxia

En la branca quantitativa, els valors del percentatge d'oxigen dissolt en l'aigua que estableixen un o altre grau de diagnòsi es basen en els objectius de qualitat físico-química de les aigües superficials continentals del país al qual pertany el tram avaluat. Els valors mostrats en la figura 5.18 són els utilitzats per l'àrea de Catalunya. A percentatges inferiors al 20% es considera que la qualitat de l'aigua és dolenta o molt dolenta.

Per altra banda, el fet de que hi hagi nitrat o no en la columna d'aigua determina la gravetat del problema. En el cas que n'hi hagi, el cas no és tan greu com quan no n'hi ha.

Pel que fa a la branca qualitativa, aquesta ha estat construïda a partir de la base que apart de la mesura directa de l'oxigen dissolt en l'aigua hi ha d'altres paràmetres indicadors de les condicions d'anòxia a més llarg termini. L'estat dels sediments de la llera del riu o la presència d'algunes espècies de macroinvertebrats són dos d'aquests paràmetres:

- Estat dels sediments: el color negrós i l'olor a sulfhídric dels sediments indiquen que aquests presenten condicions d'anòxia. La mida del substrat és un altre factor important a tenir en compte. Com més petit sigui el diàmetre del substrat, major probabilitat de ser anòxic. D'aquesta manera, els llims tenen una major probabilitat de ser anòxics que les sorres.
- Presència de colònies de quironòmids i oligoquets vermells: indiquen condicions d'anòxia tant dels sediments com de la columna d'aigua.

5.4.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes

A partir de la diagnosi a la qual ha arribat el SE es recorre o no l'arbre de detecció de causes. En el cas que el sistema diagnòstiqui que no hi ha cap problema d'aquest tipus, el sistema s'atura abans de passar a l'etapa de detecció de causes del problema.

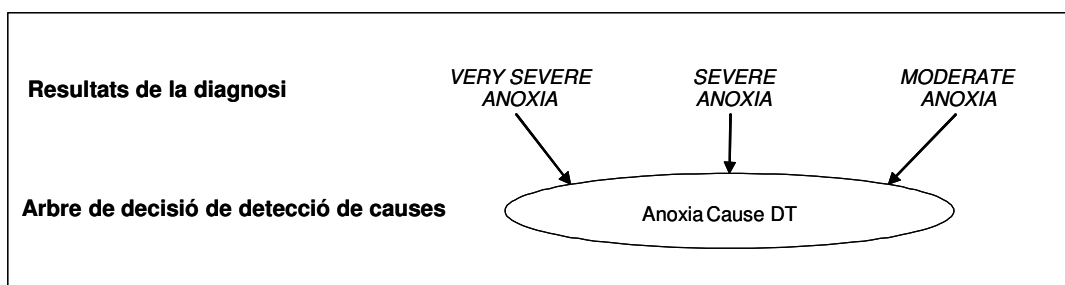


Figura 5.19. Correspondència entre els resultats de les diagnosi i l'arbre de detecció de causes pel problema de l'anòxia

Pel problema de l'anòxia es construí un sol arbre de detecció de causes, tal i com pot observar-se en la figura 5.19.

En la figura 5.20 es mostra l'arbre de detecció *Anoxia Cause DT*, arbre que el SE activa en el cas que el SE diagnòstiqui un problema d'anòxia.

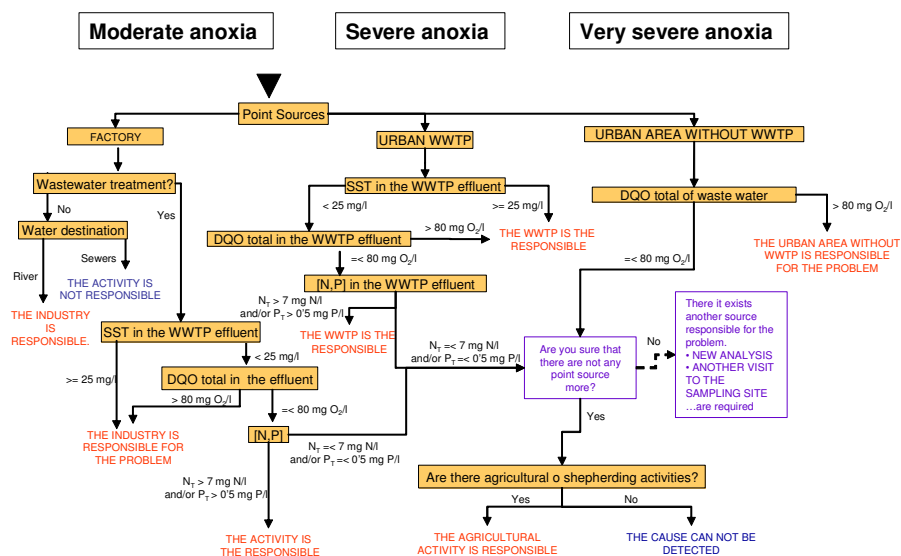


Figura 5.20. Arbre de detecció de causes pel problema de l'anòxia

En l'arbre de detecció de causes s'avaluen 4 de les possibles causes: l'efluent d'una EDAR, aigües residuals d'origen industrial, aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada i aigües provinents de la pràctica agrícola així com de pastures i granges de bestiar.

- Efluent d'una EDAR: s'avaluen els paràmetres químics de l'efluent (concentracions de sòlids en suspensió totals (SST), DQO, nitrogen total i fòsfor total).
- Aigües residuals d'origen industrial: s'avalua el tractament que aquestes pateixen abans d'ésser abocades al riu. En el cas de passar per una EDAR, s'avalua l'efluent d'aquesta. En el cas que no siguin tractades, s'avalua on van a parar. Si la seva destinació és el riu, la indústria és considerada una de les fonts puntuals causants del problema diagnosticat. Si per contra, van a clavegueram, no són un problema pel riu i, per tant, no es tenen en compte.
- Aigües residuals no depurades d'una àrea urbana no consolidada: en els casos en els que existeix una àrea d'aquest tipus prop del tram avaluat, aquesta àrea és considerada una causa del problema quan la DQO de les seves aigües residuals és superior als 80 mg O₂/l.
- Aigües provinents de la pràctica agrícola, del pastureig i de granges de bestiar: la contribució d'aquestes aigües al problema diagnosticat és bàsicament deguda als excrements del bestiar de pastura i a l'aplicació de purins i d'altres compostos orgànics en els camps de cultiu.

Els valors de SST, DQO, nitrogen total i fòsfor total que estableixen si una font és causant del problema o no es deriven de la Directiva 91/271/CEE, la qual estableix uns límits d'abocament per una EDAR de 35 mg/l pels SST, 125 mg O₂/l per la DQO, 15 o 10 mg N/l pel nitrogen total i 1 o 2 mg P/l pel fòsfor total (depenent de les dimensions de l'EDAR). Al referir-se a valors de l'efluent, sense tenir en compte els efectes d'aquest en la flora i fauna fluvials, es decidí baixar aquests límits d'abocament (25 mg/l pels SST, 80 mg O₂/l per la DQO, 7 mg N/l pel nitrogen total i 0'5 mg P/l pel fòsfor total) i decidir a partir d'aquests nous límits si una font és o no causant del problema.

Finalment, tal i com s'explica en l'apartat 5.1.3, una darrera causa, la "alteració fluvial", és avaluada a partir de les equacions 5.1 i 5.2 (veure annexos II).

5.4.4. Llistat de proposta d'actuacions

En els annexos III poden observar-se totes les actuacions que el sistema proposa per a cada un dels graus del problema de l'anòxia.

5.5. Arbre de decisió pels problemes de salinitat

Tot el coneixement referent al problema de la salinitat és recollit i estructurat en l'arbre de decisió de la salinitat.

5.5.1. El problema de la salinitat

L'alt contingut en sals té un impacte molt negatiu sobre la vida vegetal i animal en tota la zona d'influència de les aigües afectades, així com sobre els aqüífers d'aquesta zona. En el cas d'un problema de salinització l'augment dels nivells de sals en les aigües fluvials pot ésser deguda a un canvi en els usos del sòl, així com a processos de desforestació i al regadiu de conreus (Blühdorn i Arthington, 1995).

5.5.2. Arbre de decisió parcial de diagnosi

L'arbre de diagnosi de la salinitat és molt simple i senzill, tal i com pot veure's en la figura 5.21.

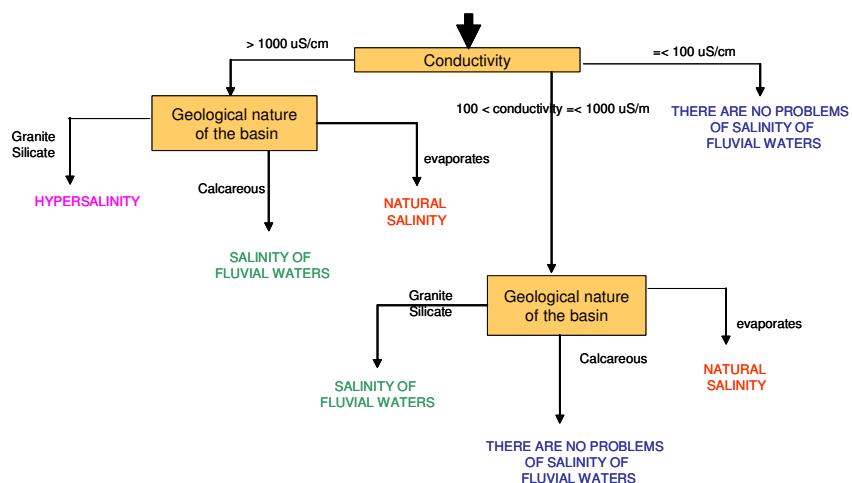


Figura 5.21. Arbre de diagnosi de la salinitat

Tal i com esmenta García de Jalón (1998), la salinitat de les aigües fluvials està molt determinada per la naturalesa geològica de la conca que aquestes aigües drenen. D'aquesta manera existeixen rius no alterats amb elevades conductivitats (per exemple, les conques constituïdes principalment per evaporites). En aquests casos, tot i l'elevada salinitat de les seves aigües, no s'observa cap mena de perturbació en l'ecosistema aquàtic degut a què tot el sistema està avesat a les condicions de salinitat. D'altra banda, en el cas de les conques silíciques o calcàries, el grau d'afectació del problema ve determinat pel valor de la conductivitat. Si aquesta és inferior als 100 uS/cm, es determina que no hi ha un problema de salinització de les aigües fluvials. Per contra, a conductivitats superiors el grau de diagnosi varia d'un cas a un altre (veure figura 5.21).

Els valors de conductivitat que permeten una divisió de l'arbre de diagnosi en 3 branques foren establerts de manera consensuada pels científics del projecte STREAMES partint de les aigües fluvials avaluades dins del mateix projecte. Es considera que una conductivitat inferior als 100 uS/cm és una conductivitat baixa, de 100 a 1000 uS/cm, una conductivitat mitjana i una conductivitat superior a aquest darrer valor, una conductivitat alta.

Resseguit l'arbre, s'arriba a una de les 4 diagnosis possibles: cap problema de salinitat, salinitat natural, salinitat i hipersalinitat.

5.5.3. Arbre de decisió parcial de detecció de causes

A partir de la diagnosi a la qual ha arribat el SE, aquest recorre un o altre arbre de detecció de causes. En el cas que el sistema hagi diagnosticat que no hi ha cap problema de salinitat o que la salinitat és d'origen natural, el sistema s'atura abans d'entrar a l'etapa de detecció de causes pel problema de la salinitat.

Partint de que la salinitat d'origen natural no és un problema en sí, només es construïren dos arbres de detecció de causes (figura 5.22), un pel grau d'hipersalinitat (veure figura 5.23) i l'altre pel grau de salinitat (veure figura 5.24).

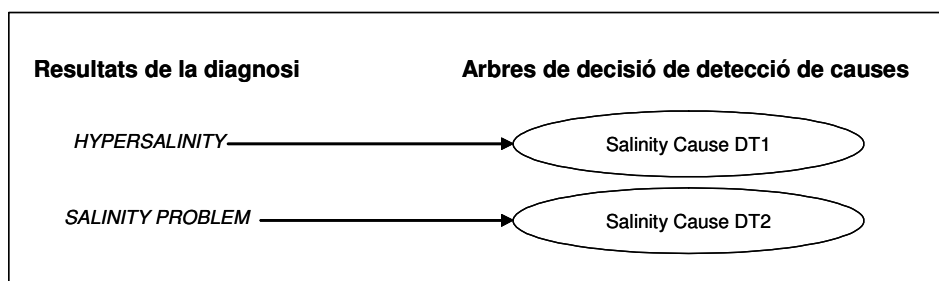


Figura 5.22. Enllaços interns entre els resultats de la diagnosi i els arbres de detecció de causes pel problema de la salinitat

En tots els arbres de detecció de causes s'avaluen 3 possibles causes: l'efluent d'una EDAR, les aigües residuals provinents d'una activitat industrial i les aigües provinents d'una nova font de contaminació, l'extracció d'àrids.

- Efluent d'una EDAR: es determina l'origen de l'aigua residual i, depenent de quin sigui aquest, s'avalua la conductivitat de l'efluent.
- Aigües residuals d'origen industrial: es considera que aquestes aigües van directes al riu, ja que en el cas d'ésser tractades ja són contemplades en la causa anterior. Únicament s'avalua la conductivitat de les aigües residuals i la velocitat a la qual circula l'aigua fluvial, ja que pot influir en l'acumulació de sals en certs punts del riu.
- Aigües provinents de l'activitat d'extracció d'àrids: en primer lloc es demana si aquestes aigües són recollides per tal de tractar-les posteriorment o no. En el cas que siguin recollides, s'avalua el destí d'aquestes. En el cas que no vagin a parar al riu deixaran de ser una causa del problema. Per altra banda, en el cas que no siguin recollides, s'avalua la conductivitat dels sòls afectats per aquesta activitat i dels sòls de les proximitats del lloc on es duu a terme aquesta activitat.

Els valors de conductivitat que estableixen si una font és causant del problema o no es deriven del Decret 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el reglament dels serveis públics de sanejament, pel cas de les aigües abocades al riu (en el cas de Catalunya) i de la bibliografia (Boulding, 1994) pel cas de la conductivitat del sòl. El decret estableix un límit d'abocament per les EDARs de 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pel que fa al sòl, es considera que un sòl és poc o no salí a conductivitats inferiors a 4 dS/m .

Pel que fa als valors de la velocitat a la qual circula l'aigua del riu, es considera que aquesta és lenta a velocitats inferiors als 0'1m/s tal i com pot observar-se en la taula II.1 dels annexos II.

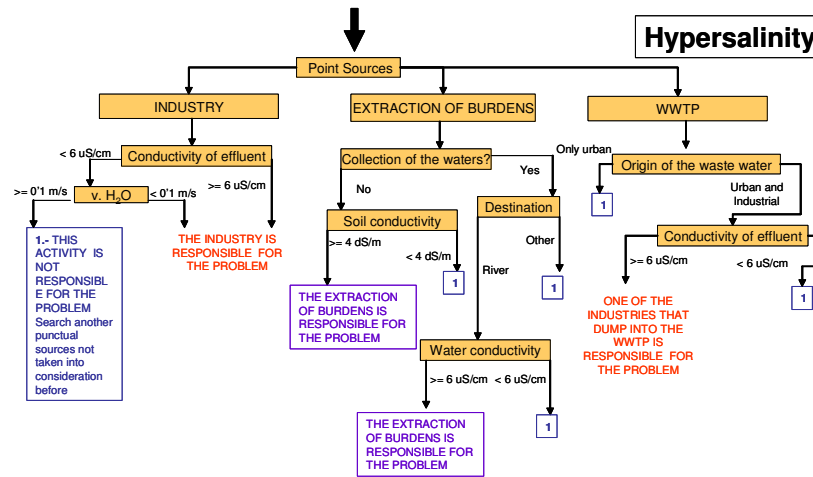


Figura 5.23. Arbre de detecció de causes *Salinity Cause DT1*

En referència a la “alteració fluvial”, en el cas de la salinitat, aquesta no és avaluada com a causa perquè es considera que el grau d’alteració del riu, sigui alt o baix, no afecta al grau del problema, ni positivament ni negativament.

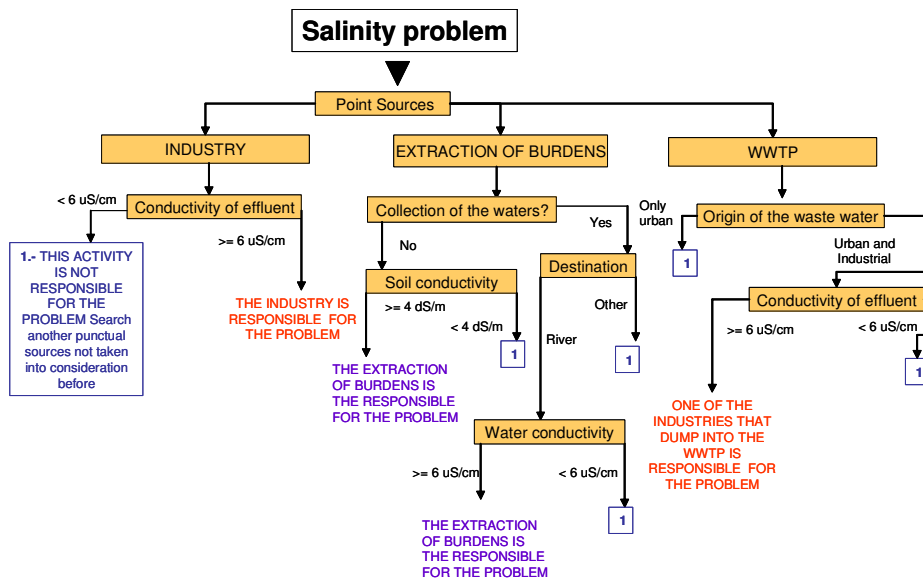


Figura 5.24. Arbre de detecció de causes *Salinity Cause DT2*

5.5.4. Llistat de proposta d'actuacions

Degut a què el problema de la salinitat és molt difícil de solucionar, poques actuacions foren trobades. En els annexos III pot veure's el reduït nombre d'actuacions recollides per aquest problema.

5.6. Arbre de meta-regles

Una vegada tots els arbres de decisió foren introduïts en la mateixa base de coneixement, una sèrie de meta-regles foren necessàries per tal d'evitar que els arbres de decisió s'activessin tots alhora. Així, per tal d'alleugerir la feina del SE es construí un arbre de meta-regles. La figura 5.25 mostra l'arbre de meta-regles del SE, on pot observar-se que el valor de la conductivitat és el paràmetre que farà decidir al sistema si activar un arbre o un altre.

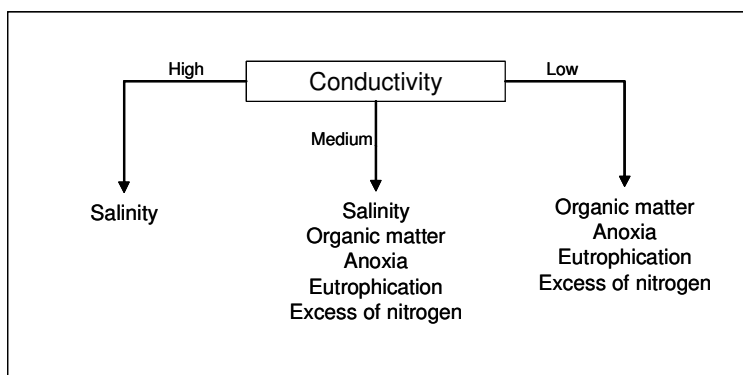


Figura 5.25. Arbre de meta-regles del SE

Si la conductivitat és alta (superior o igual als 2000 uS/cm), el sistema només explorarà l'arbre de decisió de la salinitat, mentre que els altres arbres es mantindran inexplorats. Si per contra la conductivitat és mitjana (conductivitat entre 100 i 2000 uS/cm), tots els arbres seran explorats. Finalment, si la conductivitat és baixa (inferior o igual als 100 uS/cm), tots els arbres seran explorats a excepció de l'arbre de la salinitat.

5.7. Relacions internes entre els diferents arbres de decisió del SE

Així, una vegada s'ha activat un arbre de decisió, el sistema ressegueix l'arbre de decisió parcial de diagnosi. Una vegada ha diagnosticat l'estat del riu, si el riu pateix el problema avaluat, el sistema passa a la següent fase: la detecció de la causa del problema. Establert el problema, el grau d'aquest problema i la/les causa/es es proposen un seguit d'actuacions, tal i com es mostra en la figura 5.26, cadascuna de les quals permet una prognosi i/o una estimació de la situació del riu en el cas d'aplicar la solució proposada. En aquesta darrera fase poden ésser molt importants les aportacions del model numèric Moneris.

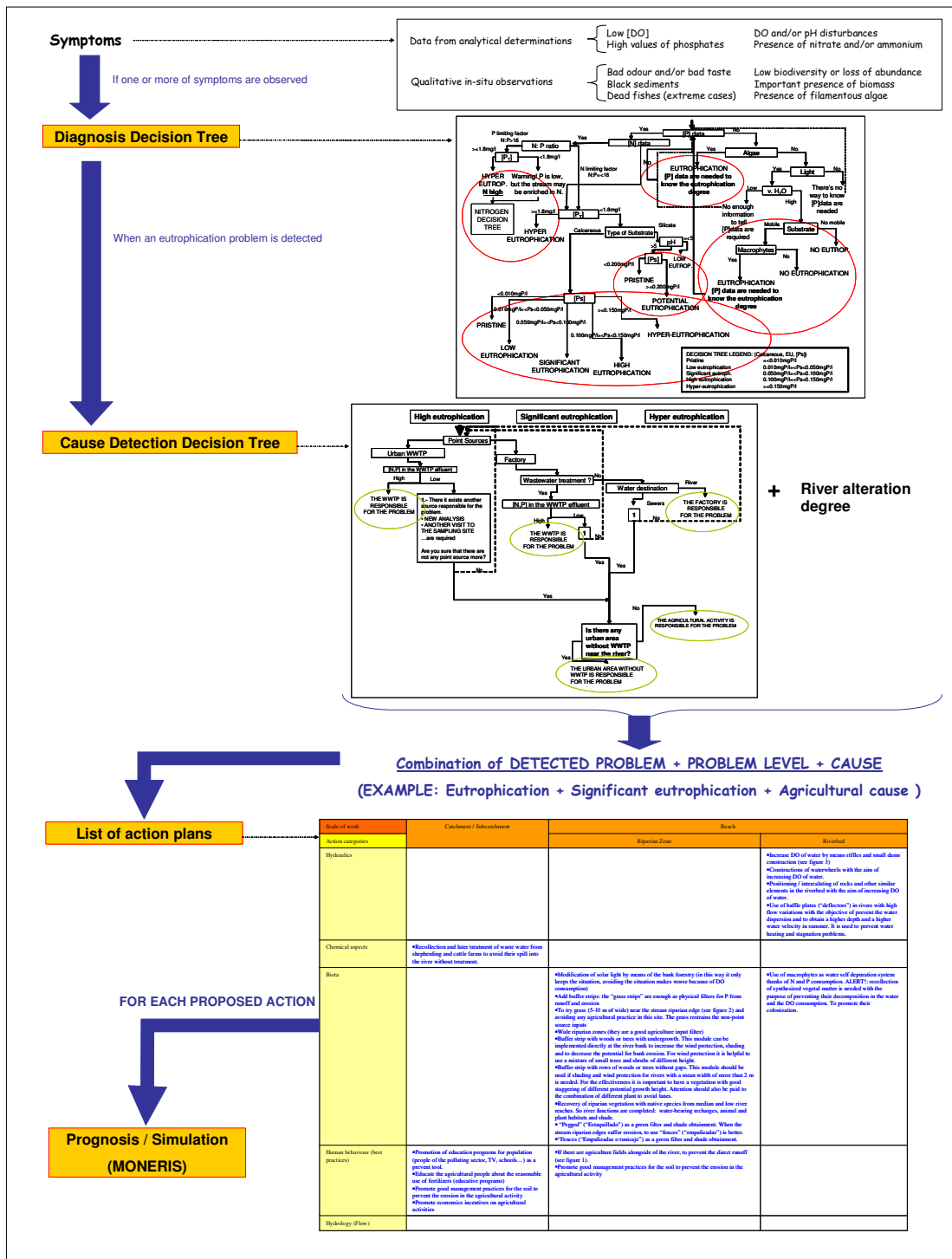


Figura 5.26. Connexions internes entre els diferents arbres de decisió: el cas de l'eutrofització

**Capítol 6. Etapa d'implementació
del coneixement i
d'integració dels arbres
de decisió**

6. Etapa d'implementació del coneixement i d'integració dels arbres de decisió

El present capítol s'estructura en dos subapartats. El primer fa referència al procés de codificació dels arbres de decisió desenvolupats en regles (apartat 6.1) i el segon descriu l'arquitectura del SE (apartat 6.2).

6.1. Procés de codificació

Representat tot el coneixement referent a les problemàtiques fluvials en forma d'arbres de decisió, i una vegada revisades cada una de les seves branques, es passà a la codificació d'aquestes branques en forma de regles heurístiques del tipus "SI-ALESHORES".

Si bé l'estructura general de les regles del tipus "SI-ALESHORES" és la de SI<condicions> ALESHORES<conclusions>, aquesta fou modificada per tal que el motor d'inferència desenvolupat en el marc del projecte STREAMES pel nostre SE fos capaç d'interpretar i llegir la informació continguda en els diferents arbres. D'aquesta manera, tal i com pot observar-se en la figura 6.1, la sintaxi de les regles fou capgirada de forma que en primer lloc es troba la conclusió i en segon lloc, la condició que es compleix.

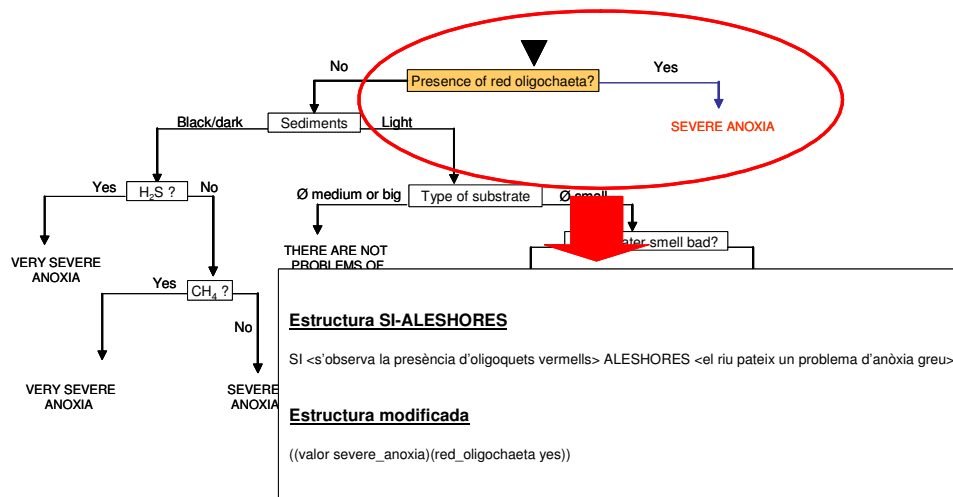


Figura 6.1. Codificació d'una branca de l'arbre de diagnòstic de l'anòxia

Ara bé, què passa quan la branca a codificar és molt més llarga? Mentre que en el cas de l'estructura original una branca es componia d'un conjunt de regles, en la modificada una branca es compon d'una sola regla del tipus ((valor conclusió)(condició 1)(condició 2)...(condició n)), essent visualment molt més fàcil d'entendre. Això és degut a què tota la informació es troba recollida en una sola línia, permetent una revisió i una modificació molt més ràpida en el cas que aquestes siguin necessàries. En la figura 6.2 es mostra un exemple, prenent com a arbre de decisió la branca qualitativa de l'arbre de diagnòstic de l'anòxia. La

branca codificada es correspon a la indicada per les fletxes blaves i els nodes de color taronja. Tal i com pot observar-se, la branca codificada es compon de quatre regles utilitzant l'estructura SI-ALESHORES, mentre que tot es resumeix en una única regla quan s'usa l'estructura modificada.

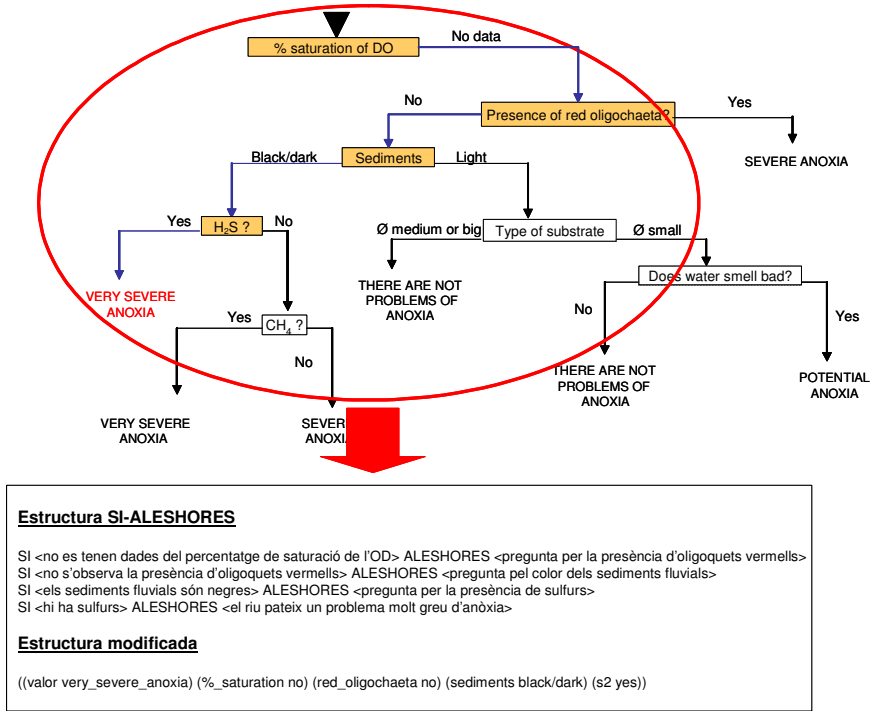


Figura 6.2. Comparació entre l'estructura original d'una regla i la modificada pel SE desenvolupat

D'aquesta manera, cadascuna de les regles es correspon a una de les branques d'un arbre de decisió. Per tant, cada arbre de diagnosi i de detecció de causes està constituït per un conjunt de regles (figura 6.3) en la base de coneixement del sistema.

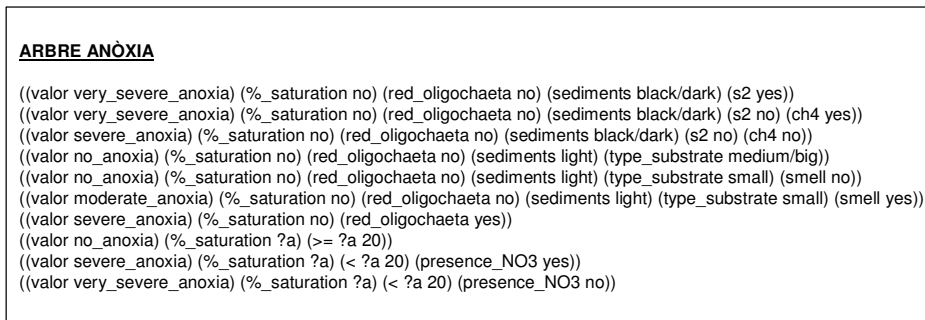


Figura 6.3. Arbre de diagnosi de l'anòxia codificat en forma de regles

Les regles resultants del procés de codificació dels arbres de decisió, conjuntament amb les correlacions empíriques obtingudes de les campanyes experimentals i tota la informació referent a les actuacions i a les prognosis, constitueixen la base de coneixement del SE. La base de coneixement està constituïda per un total de 285 regles (93 de diagnosi i 192 de detecció de causes), 77 actuacions i 34 prognosis.

6.2. Arquitectura del Sistema Expert

6.2.1. Arquitectura conceptual

L'arquitectura del SE desenvolupat es basa en quatre nivells (veure figura 6.4):

- El primer nivell (*adquisició de dades i de coneixement*) inclou les tasques relacionades amb la recollida de les dades i del coneixement, així com el seu enregistrament a les bases corresponents.
- El segon nivell, de *diagnosi*, inclou els models de raonament que s'utilitzen per tal d'inferir l'estat qualitatiu del riu i identificar les causes del problema, de manera que es pugui generar una proposta raonable d'actuació. Això s'aconsegueix amb el suport de les regles de decisió del SE. L'ús de d'aquestes regles de decisió proporciona accés directe a l'experiència, i la seva flexibilitat els permet donar suport als processos de presa de decisions i d'aprenentatge.
- El tercer nivell, de *suport a la decisió*, estableix una tasca supervisora que comporta la recollida, integració i processament de les conclusions establertes pel segon nivell, aplicant el coneixement disponible per proposar diferents alternatives. Aquest nivell també comporta la interacció dels usuaris amb el sistema informàtic a través de la interfície gràfica de l'ordinador.
- Al quart nivell es formulen els plans, presentats en forma d'un llistat d'accions generals i concretes suggerides per tal de solucionar els problemes, en el domini considerat. El sistema no solament recomana l'acció, o la seqüència d'accions (un pla), sinó que també proporciona un valor que ha d'ésser avaluat pel responsable de la presa de les decisions finals.

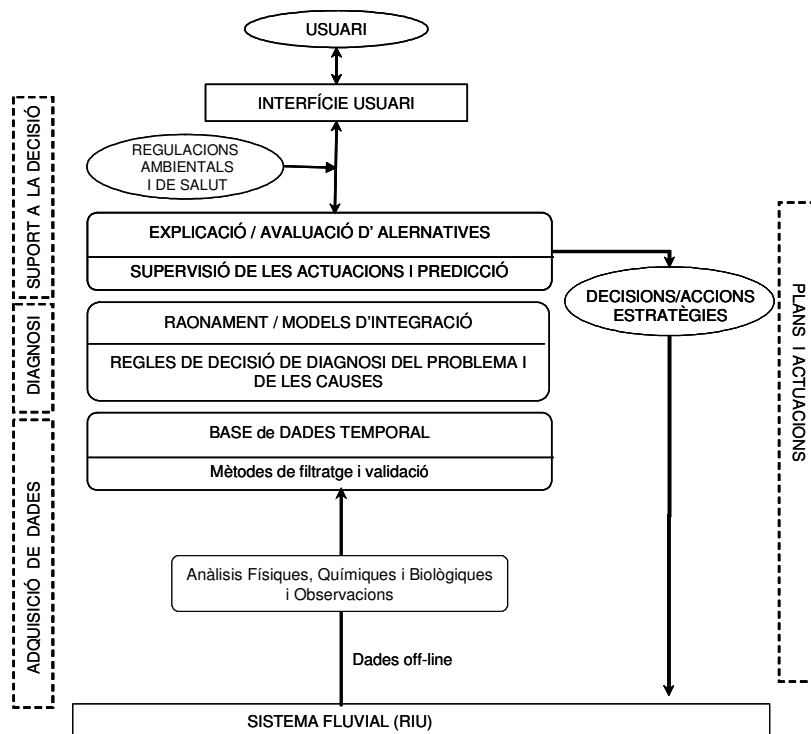


Figura 6.4. Arquitectura conceptual del SE desenvolupat

6.2.2. Components del sistema

Tot i que les primeres *demos* del SE es feren amb el programa G2 de Gensym Co (Gensym, 1990), el prototipus de la primera versió del SE ha estat creat a partir d'un nou entorn, desenvolupat també en el marc del projecte STREAMES.

Aquest nou entorn consta d'un motor d'inferència (on es troben els models d'IA), una base de coneixement i una interfície de comunicació amb l'usuari, així com d'altres aplicacions informàtiques, tal i com es mostra en la figura 6.5. Els llenguatges de programació escollits en el desenvolupament de l'entorn foren el Visual Basic (VB) i el Java. El VB fou utilitzat per a construir la interfície del sistema, mentre que el Java, que és una plataforma independent, fou utilitzat per a desenvolupar el motor d'inferència. El fet de no desenvolupar un sol mòdul per al motor d'inferència i la interfície es deu a la idea inicial de construir un motor d'inferència independent per tal de poder-lo reutilitzar en el desenvolupament d'altres sistemes experts. D'aquesta manera es construïren dos mòduls enlloc d'un de sol, relacionats entre sí. Pel que fa a la base de coneixement, s'utilitzà el Microsoft Access com a organitzador degut a la seva gran capacitat d'integració amb d'altres eines Microsoft.

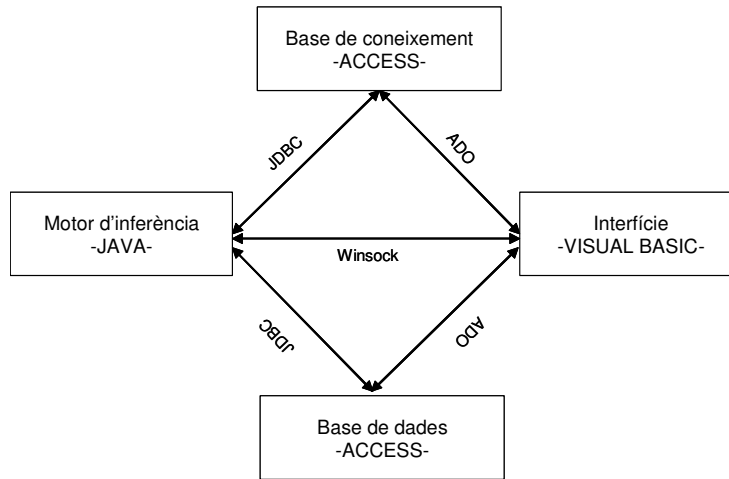


Figura 6.5. Estructura relacional entre els diferents mòduls del SE

Pel que fa a la comunicació entre un mòdul i altre, s'utilitzaren dos tipus de *drivers*: JDBC (per a la connexió entre el motor d'inferència i la base de coneixement i entre el motor d'inferència i la base de dades (*software* on l'usuari pot guardar les dades d'entrada o de sortida del sistema)) i ADO (per a la connexió entre la base de coneixement i la interfície i entre la base de dades i la interfície). Pel que fa a la comunicació entre el motor d'inferència i la interfície, s'utilitzà un pont de comunicació anomenat Winsock, per tal de facilitar el flux d'informació. Degut a l'ús de dos llenguatges diferents es féu necessari l'ús d'aquest pont, per tal de comunicar-los. En aquest sentit el Winsock proveeix una comunicació bilateral entre les aplicacions, tant si es dóna en el mateix ordinador com si es dóna entre dos ordinadors diferents, per tal que hi hagi una interacció entre ells.

Capítol 7. Funcionament del Sistema Expert

7. Funcionament del Sistema Expert

El capítol s'estructura en dos subapartats ben diferenciats. El primer descriu el marc conceptual del funcionament del SE (apartat 7.1) i el segon, presenta el SE com a producte de la present tesi tot mostrant-lo a través de dos casos d'estudi concrets (apartat 7.2).

7.1. Marc conceptual del Sistema

Paral·lelament a les etapes d'adquisició i representació del coneixement es dugué a terme l'etapa de definició del marc conceptual del Sistema Expert desenvolupat. El coneixement de l'estat de l'art d'aquest tipus de sistemes i d'altres eines d'intel·ligència artificial fou de gran ajuda, ja que permeté comparar uns sistemes amb els altres i obtindre'n una estructura general comuna. Partint d'aquesta estructura general es discutí l'estructura que hauria de tenir el SE.

Degut a què el SE és el sistema que integra el coneixement i el que genera els *outputs* del SSDA (veure figura 7.1) (si bé en alguns casos aquests són complementats per les aportacions del GIS i del model Moneris), es pot considerar que el marc conceptual del SSDA es correspon amb el marc conceptual del SE. El marc conceptual pot ésser observat en la figura 7.2.

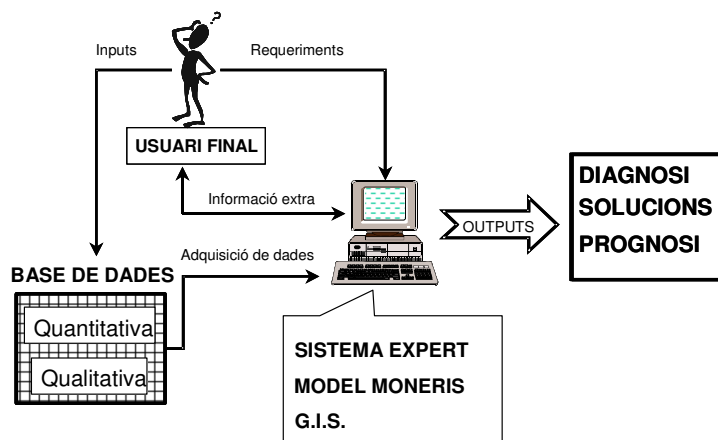


Figura 7.1. Funcionament del SSDA

El SE s'alimenta d'una sèrie de dades, tan qualitatives com quantitatives, emmagatzemades en una base de dades relacional (en aquest cas l'ACCESS), tot i que en alguns moments també pot requerir dades addicionals a l'usuari. A partir d'aquestes dades el SE genera 3 tipus d'*outputs*: la diagnosi de l'estat del riu (**DIAGNOSI**), les estratègies per a millorar l'estat del riu (**SOLUCIONS**) i la predicció de la resposta de l'aplicació de les actuacions en el riu (**PROGNOSI**).

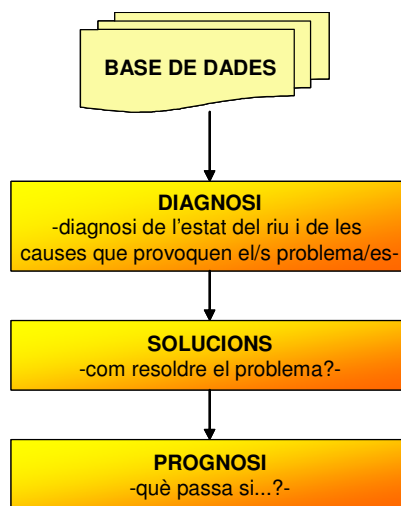


Figura 7.2. Marc conceptual del SE

7.1.1. Fase de diagnosi

En la fase de diagnosi, el SE infereix la qualitat de l'aigua fluvial; determina mitjançant el càlcul de certs paràmetres funcionals i estructurals (per exemple, la capacitat d'autodepuració, el coeficient d'assimilació del solut, el coeficient de transferència de massa o el temps de recuperació) si el sistema fluvial funciona correctament; i, finalment, identifica el/s problema/es del tram avaluat. En la figura 7.3 es mostren els set passos que segueix el SE per tal d'identificar aquest/s problema/es:

- 1) S'avaluen els símptomes del riu per tal de poder detectar els problemes potencials que pot patir el tram avaluat, ja que pot donar-se el cas que aquest pateixi un o més problemes (pas 1).
- 2) S'avaluen una sèrie de paràmetres per tal de diagnosticar cadascun dels problemes existents (pas 2).
- 3) Per cada problema detectat es proporciona el grau d'afectació del problema mitjançant índexs o categories de qualitat (pas 3).
- 4) El SE determina els possibles efectes co-laterals de cadascun dels problemes (pas 4).
- 5) El SE proporciona un llistat de tots els problemes detectats i jerarquitats d'acord al grau d'afectació de cadascun (pas 5).
- 6) El SE determina el grau de "alteració fluvial" del tram estudiat integrant les característiques de tot l'ecosistema fluvial (pas 6).

7) Es determinen les fonts causants del/s problema/es (pas 7).

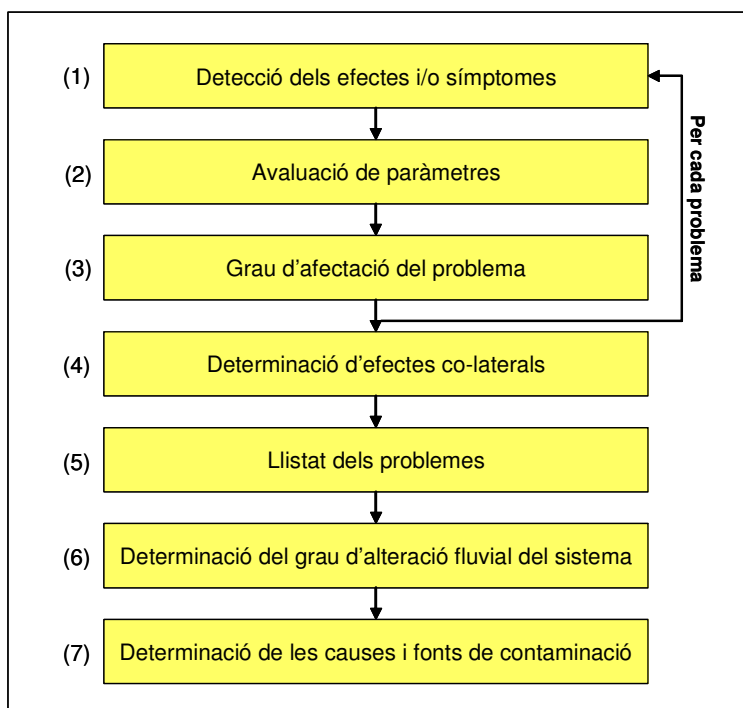


Figura 7.3. Identificació dels problemes en la fase de diagnòstic (amb els corresponents passos seguits pel SE)

7.1.2. Fase de solucions

Acabada la fase de diagnòstic, el SE passa a la fase de solucions en la que es generen propostes de gestió per tal de resoldre el/s problema/es detectat/s (figura 7.4). Detectat el problema, el seu grau d'afectació, la causa d'aquest i calculada la "alteració fluvial" del tram (la qual també pot ésser considerada una causa), es passa a generar aquelles propostes d'actuació que suposin una resolució del problema o, si més no, una reducció de l'impacte generat per aquest. Una vegada han estat generades les propostes, aquestes són proporcionades a l'usuari en un llistat, organitzades segons l'escala d'actuació (conca, zona de riba o llit fluvial) i segons els paràmetres que afectaran (hidrogeomorfologia, aspectes químics, biota, bones pràctiques o règim del cabal fluvial). En aquest cas la categoria correspon al tipus de paràmetres que es veurien afectats per les accions proposades. Paral·lelament, també s'inclou una valoració de cadascuna de les actuacions en referència als costos ambientals vs als esforços de dur a terme l'acció, alhora que es proporcionen referències bibliogràfiques d'interès.

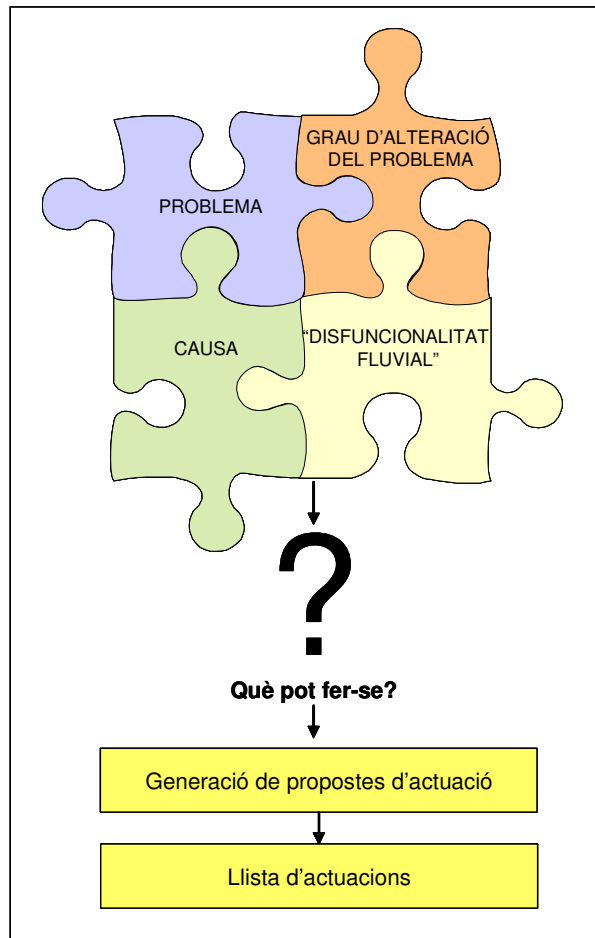


Figura 7.4. Fase de generació del llistat d'estratègies d'actuació (fase solucions)

7.1.3. Fase de prognosi

Finalment, en la darrera i última fase, anomenada prognosi, s'ofereix a l'usuari una predicció dels efectes de les diferents actuacions proposades com a solucions, proporcionant un percentatge d'èxit, un temps de resposta, la facilitat d'implementació i la raó benefici/esforç d'acord a la solució adoptada. També es permet avaluar futurs canvis en el tram estudiat i simular nous escenaris.

7.2. El Sistema Expert com a eina de suport a la decisió

7.2.1. Dades necessàries per a executar el Sistema Expert

El sistema treballa a dos nivells d'operació diferents depenent de les dades disponibles: simple i avançat. D'aquesta manera, com més dades es tinguin de l'escenari d'estudi, més fiables i complets seran els *outputs* generats pel sistema. En cas contrari, alguns dels valors seran

calculats teòricament pel sistema a partir de correlacions empíriques derivades de la revisió bibliogràfica i/o de les campanyes experimentals.

El tipus i quantitat de dades requerides per a fer córrer el sistema depenen de l'opció del programa que l'usuari vulgui executar. En el prototipus desenvolupat es diferencien quatre opcions a escollir:

- Avaluació de la qualitat físico-química de l'aigua fluvial
- Avaluació de l'estat ecològic d'un tram fluvial
- Avaluació dels possibles problemes que pot patir un tram fluvial
- Avaluació de la capacitat de retenció de nutrients o capacitat d'autodepuració d'un tram fluvial

En el futur es pretén augmentar el nombre d'opcions al doble amb la inclusió de les següents opcions:

- Avaluació del canvis derivats de la modificació dels usos del sòl
- Avaluació dels canvis derivats de la modificació del règim hidrològic natural (degut a extraccions, derivacions o construccions de preses)
- Avaluació del lloc òptim on situar una EDAR en el marc d'una conca fluvial
- Avaluació de la necessitat de construir o no una EDAR

En la taula 7.1 es troben resumides totes les dades necessàries per a fer córrer el SE en el cas d'haver-se escollit el conjunt de les quatre opcions existents. Tal i com pot observar-se, es demana informació sobre:

- Característiques del tram fluvial
- Funcionament i grau d'alteració del tram fluvial
- Dades dels punts de mostreig i de les fonts puntuals que aboquen en el tram avaluat (en aquest cas, indústries o bé EDARs)
- Informació de les fonts difoses que poden afectar a la qualitat de l'aigua del tram.

De fet, observant la taula podria semblar que el nombre de dades necessàries requereix a l'usuari un gran esforç per tal d'obtenir-les totes, però no és així, ja que la gran majoria de les dades qualitatives així com les dades referents al funcionament del tram poden ésser obtingudes mitjançant observació visual. D'aquesta manera és possible tenir-les en el cas que l'usuari conegui o hagi estat com a mínim una vegada en l'escenari d'estudi. Per facilitar més les coses, el SE dona a l'usuari un seguit de respostes per a cada una d'aquestes dades, havent-se únicament de seleccionar la resposta que s'adiu més a les condicions del tram d'estudi.

Taula 7.1. Resum de les dades necessàries per a fer córrer el SE (una vegada s'han seleccionat totes les opcions)

Informació del tram estudiat	Velocitat de l'aigua Cabal del tram Naturalesa geològica de la conca Caracterització del tram: amplada, llargada i profunditat		
Caracterització del tram (permet avaluar el seu funcionament i el seu grau d'alteració)	De la zona de riba	Amplada de la zona de ribera Tipus de vegetació Cobertura Característiques del sòl i del freàtic Presència d'estructures d'origen humà en els marges fluvials	
	Del llit fluvial	Tipus de tram Pendent Sinuositat del canal Coeficient de Manning Tipus de substrat dominant Exposició del substrat Zones de lents Presència de petites preses d'origen humà i/o natural Presència d'algues, de macròfits i de biofilm	
Informació dels punts de mostreig	Dades quantitatives	Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fosfats i fòsfor total DBO i DOC pH i conductivitat Temperatura de l'aigua Velocitat de l'aigua	
	Dades qualitatives	Tipus i diàmetre del substrat Presència d'algues, macròfits i oligoquets Llum solar Terbolesa de l'aigua Color dels sediments Olor	
Informació de les fonts puntuals que aboquen en el tram d'estudi	Si hi ha una indústria	Efluent tractat per l'EDAR de la indústria	Cabal de l'efluent Concentracions dels sòlids en suspensió Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total DQO filtrada i DQO total pH i conductivitat
		Efluent no tractat per cap EDAR	Cabal de l'efluent Concentracions d'amoni i nitrat Concentracions de fòsfor total pH i conductivitat
	Si hi ha una EDAR	Dades quantitatives	Cabal de l'efluent Concentracions dels sòlids en suspensió Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total DQO filtrada i DQO total pH i conductivitat
		Dades qualitatives	Origen de les aigües residuals
Informació de les fonts difoses	Usos del sòl	Erosió de la conca	Presència de fonts difoses

Taula 7.2. Resum de les dades mínimes requerides per a l'opció: avaluació de la qualitat físico-química de l'aigua fluvial

Informació del tram estudiat	Cabal del tram Naturalesa geològica de la conca Caracterització del tram: amplada, llargada i profunditat		
Informació dels punts de mostreig	Dades quantitatives	Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fosfats i fòsfor total DBO i DOC pH i conductivitat Temperatura de l'aigua Velocitat de l'aigua	
	Dades qualitatives	Terbolesa de l'aigua Color dels sediments Olors	
Informació de les fonts puntuals que aboquen en el tram d'estudi	Si hi ha una indústria	Efluent tractat per l'EDAR de la indústria	Cabal de l'efluent Concentracions dels sòlids en suspensió Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total DQO filtrada i DQO total pH i conductivitat
		Efluent no tractat per cap EDAR	Cabal de l'efluent Concentracions d'amoni i nitrat Concentracions de fòsfor total pH i conductivitat
	Si hi ha una EDAR	Dades quantitatives	Cabal de l'efluent Concentracions dels sòlids en suspensió Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total DQO filtrada i DQO total pH i conductivitat
		Dades qualitatives	Origen de les aigües residuals

En les taules 7.2 i 7.3 poden observar-se les dades mínimes requerides per a cada una de les opcions del programa a executar, a excepció de la que fa referència a l'avaluació dels possibles problemes que pot patir un tram fluvial, les dades de la qual són les mateixes que les resumides en la taula 7.1.

Centrant-nos en la taula 7.3, pot observar-se com dues de les opcions del programa requereixen el mateix tipus i quantitat d'informació. Tot i aquest fet, depenent de quina opció hagi estat l'escollida per l'usuari, el resultat final serà un o altre.

Taula 7.3. Resum de les dades mínimes requerides per a les opcions: avaluació de l'estat ecològic i avaluació de la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial

Informació del tram estudiat	Velocitat de l'aigua Cabal del tram Naturalesa geològica de la conca Caracterització del tram: amplada, llargada i profunditat		
Caracterització del tram (permet avaluar el seu funcionament i el seu grau d'alteració)	De la zona de riba	Amplada de la zona de ribera Tipus de vegetació Cobertura Característiques del sòl i del freàtic Presència d'estructures d'origen humà en els marges fluvials	
	Del llit fluvial	Tipus de tram Pendent Sinuositat del canal Coeficient de Manning Tipus de substrat dominant Exposició del substrat Zones de lents Presència de petites preses d'origen humà i/o natural Presència d'algues, de macròfits i de biofilm	
Informació dels punts de mostreig	Dades quantitatives	Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fosfats i fòsfor total DOC i conductivitat	
	Dades qualitatives	Tipus i diàmetre del substrat Presència d'algues, macròfits i oligoquets Llum solar Terbolesa de l'aigua Color dels sediments	
Informació de les fonts puntuals que aboquen en el tram d'estudi	Si hi ha una indústria	Efluent tractat per l'EDAR de la indústria	Cabal de l'efluent Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total
		Efluent no tractat per cap EDAR	Cabal de l'efluent Concentracions d'amoni i nitrat Concentracions de fòsfor total
	Si hi ha una EDAR	Dades quantitatives	Cabal de l'efluent Concentracions d'amoni, nitrat i nitrogen total Concentracions de fòsfor total
		Dades qualitatives	Origen de les aigües residuals
Informació de les fonts difoses	Usos del sòl	Erosió de la conca	Presència de fonts difoses

7.2.2. Exemples del funcionament del Sistema Expert

Una vegada l'usuari disposa de totes les dades mínimes requerides per a fer córrer el SE ja pot passar a utilitzar-lo.

En els apartats següents es mostra el funcionament del SE a partir de dos casos d'estudi concrets:

- Avaluació de la qualitat físico-química i dels possibles problemes que pot patir un tram fluvial: cas d'un tram fluvial afectat per un problema d'anòxia (apartat 7.2.2.1)
- Avaluació de l'estat ecològic i de la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial (apartat 7.2.2.2)

7.2.2.1. Avaluació de la qualitat físico-química i dels possibles problemes que pot patir un tram fluvial

Caracterització de l'escenari d'estudi

El riu al qual pertany el tram és de tercer ordre amb estacionalitat marcada i d'una longitud aproximada de 27'5 km. La conca que drena és calcària i ocupa una àrea de 1600 km². Els principals usos del sòl de la conca són l'agricultura no intensiva i la pràctica forestal. Pel que fa a les fonts puntuals, just en el tram avaluat es troba una EDAR que tracta les aigües residuals d'un poble situat a 5 km de distància del riu.

Les característiques del tram fluvial a avaluar es troben resumides en les taules 7.4 i 7.5.

Taula 7.4. Dades que defineixen el tram d'estudi

Informació del tram estudiat	Velocitat de l'aigua: 0'055 m/s Cabal del tram: 1900 m ³ /dia Naturalesa geològica de la conca: calcària Amplada: 2 m Llargada: 3600 m Profunditat: 0'1 m	
Caracterització del tram (permet avaluar el seu funcionament i el seu grau d'alteració)	De la zona de riba	Amplada de la zona de ribera: lleugerament alterada Tipus de vegetació: vegetació autòctona Cobertura: parcialment Permeabilitat del sòl: moderada Característiques del freàtic: insaturat Presència d'estructures d'origen humà en els marges fluvials: no
	Del llit fluvial	Tipus de tram: pla Pendent: 0'5% Sinuositat del canal: recte Coeficient de Manning: 0'05 Tipus de substrat dominant: llims, fangs Exposició del substrat: totalment submergit Zones de lents: sí Presència de petites preses d'origen humà i/o natural: no Presència d'algues: no Presència de macròfits: sí Presència de biofilm: no

El mostreig realitzat per tal d'obtenir les dades necessàries per a fer córrer el SE ha estat realitzat en 3 punts diferents del tram. El primer punt, anomenat Jon1 (veure figura 7.5) es troba a 800 m de distància aigües amunt del punt on desemboca l'EDAR. El segon punt, Jon2, es correspon a l'efluent de l'EDAR moments abans d'ésser abocat al riu. I el tercer punt, Jon3, es troba a una distància de 1200 m aigües avall del punt Jon2.

Taula 7.5. Dades referents als punts de mostreig i a les fonts puntuals i difoses

Informació dels punts de mostreig	J o n 1	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 0'25 mg N/l [NO ₃] = 1'75 mg N/l [N _T] = 3'7 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 0 mg P/l [P _T] = 0'3 mg P/l DBO = 5 mg O ₂ /l	DOC = 3'2 mg C/l pH = 7 Conductivitat = 1200 uS/cm Temperatura de l'aigua = 16 °C Velocitat de l'aigua = 0'06 m/s
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: calcari Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: no Presència de macròfits: sí Presència d'oligoquets i quironòmids: no Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: no Color dels sediments: grisos Olors: no	
	J o n 3	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 0'6 mg N/l [NO ₃] = 0'5 mg N/l [N _T] = 3 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 0'05 mg P/l [P _T] = 0'35 mg P/l DBO = 35 mg O ₂ /l	DOC = 13'5 mg C/l pH = 7 Conductivitat = 1100 uS/cm Temperatura de l'aigua = 16'5 °C Velocitat de l'aigua = 0'10 m/s
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: calcari Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: no Presència de macròfits: no Presència d'oligoquets i quironòmids: sí Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: sí Color dels sediments: foscos Olors: sí	
Informació de les fonts puntuals que aboquen en el tram d'estudi	Si hi ha una EDAR	J o n 2	Dades quantitatives	Cabal de l'efluent = 1850 m ³ /dia [SST] = 30 mg/l [NH ₄ ⁺] = 0'62 mg N/l [NO ₃] = 0 mg N/l [N _T] = 2'28 mg N/l [P _T] = 0'5 mg P/l DQO filtrada = 170 mg O ₂ /l DQO total = 195 mg O ₂ /l pH = 6'9 Conductivitat = 900 uS/cm
			Dades qualitatives	Origen de les aigües residuals: urbà
Informació de les fonts difoses	Usos del sòl: agricultura , bosc i ús urbà Erosió de la conca: no Presència de fonts difoses: no			

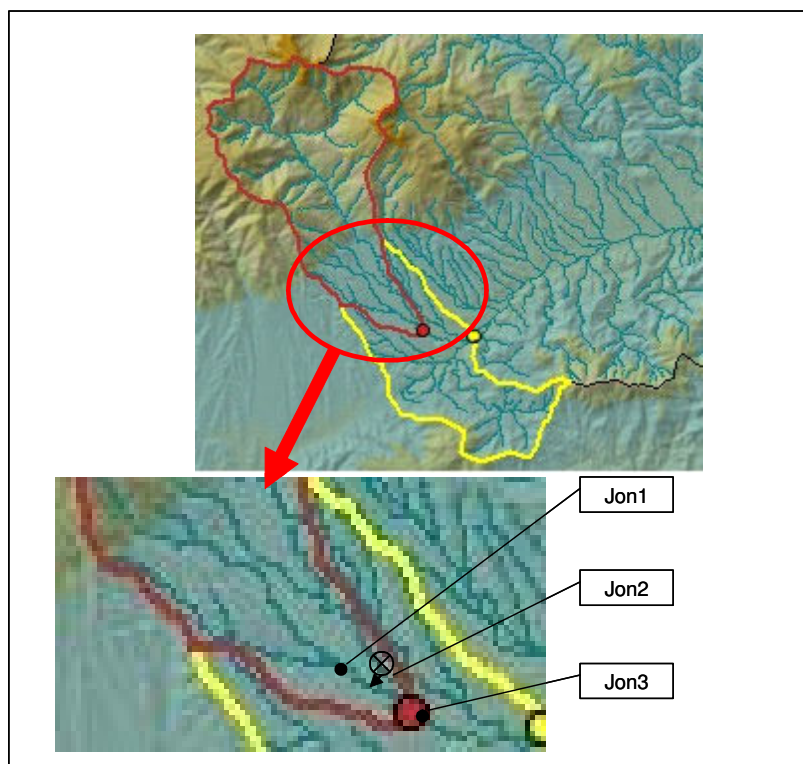


Figura 7.5. Imatge de l'escenari d'estudi. La línia vermella conjuntament amb la groga delimiten l'àrea de la conca de drenatge del riu. La línia vermella sense la groga delimita la subconca del tram avaluat

Entrada de les dades en el SE

Recollida tota la informació referent al tram d'estudi, per tal que el SE diagnostiqui la qualitat físico-química de l'aigua fluvial i detecti l'existència d'algun problema en el tram cal introduir totes les dades requerides en el programa. Hi ha dues maneres d'introduir les dades:

- Entrar-les en la base de dades, a la qual el sistema hi té accés
- Entrar-les directament a través de la interfície del SE

La primera opció és molt útil en el cas de disposar de gran quantitat de dades o en el cas de voler emmagatzemar unes dades que seran utilitzades pel sistema un dia diferent a l'entrada d'aquestes dades. Si el cas no és cap dels anteriors es recomana seguir la segona opció, degut a què la interfície serveix de guia a l'usuari, evitant la no entrada de dades considerades necessàries.

Al iniciar-se el programa, apareix en primer lloc un menú que ofereix a l'usuari l'opció de realitzar diferents tasques. Tal i com ja s'ha comentat en l'apartat 7.2.1, l'usuari té l'opció d'executar quatre tasques diferents. Depenent de la/les tasca/ques escollida/es, les dades

mínimes requerides són unes o altres tal i com s'indica en les taules 7.1, 7.2 i 7.3. En el cas d'estudi exposat les tasques escollides són la primera i la tercera i les dades mínimes requerides, les resumides en les taules 7.1 i 7.2.

Escollides les opcions mencionades, s'obre una pantalla on hi apareix la barra de menú. En ella s'hi distingeixen 6 menús: *Scenario*, *Data*, *Tools*, *Support*, *Moneris Model* i *Help* (figura 7.6). D'aquests, els 3 primers són els menús als quals s'ha d'accedir per tal de caracteritzar l'escenari d'estudi.

Menú *Scenario*: recull una sola pantalla, la qual permet una caracterització general de l'escenari d'estudi (gestor de l'aigua responsable, país al qual pertany el tram, codi identificatiu del tram, nom del riu, nom de la conca, àrea del tram, velocitat mitjana de l'aigua, cabal mitjà en el tram,...). El fet de diferenciar el país es deu a què cada un dels països disposa d'un règim legislatiu diferent i, per tant, de restriccions diferents en referència a la qualitat de les aigües fluvials. D'aquesta manera, segons sigui un o altre país, les dades d'entrada són processades i comparades amb categories i índexs referents al país introduït. En el cas d'entrar-se un país no participant en el projecte STREAMES, el SE utilitza categories i índexs corresponents a algun dels països participants del projecte de característiques similars en referència a la climatologia i a la geomorfologia.

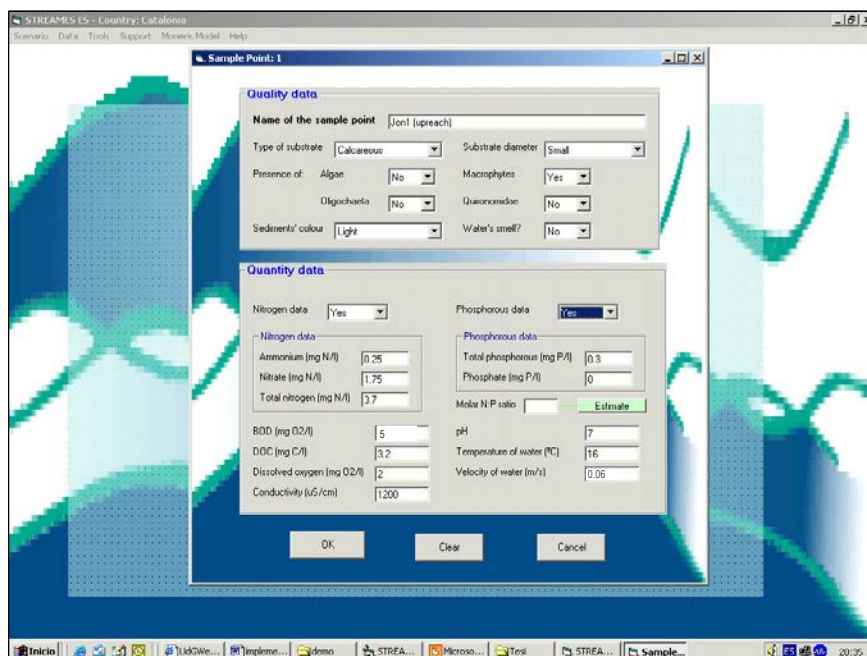


Figura 7.6. Pantalla d'entrada de dades pel punt de mostreig Jon1

Menú *Data*: recull totes aquelles pantalles que permeten l'entrada de dades corresponents a:

- els punts de mostreig;

- les fonts puntuals;
- les fonts no puntuals;
- les característiques de la zona de riba i els marges fluvials; i,
- les característiques del llit fluvial

En la figura 7.6 es mostra una de les pantalles d'entrada de dades referent als punts de mostreig. En aquest cas, al no disposar-se de la relació molar N:P, aquesta és calculada pel mateix sistema al clicar el botó *Estimate*.

Menú *Tools*: en aquest apartat es troben els valors estàndards i categories de qualitat del país al qual pertany el tram d'estudi a mode d'informació. Alhora, també es troba informació d'ajuda per a l'usuari. Aquesta ajuda explica com entrar les dades per a cadascuna de les pantalles i explica breument a què fan referència les variables. En aquest sentit la figura 7.7 mostra la pantalla d'ajuda sobre la identificació de quironòmids i oligoquets vermells. Es tracta d'una informació molt visual degut a què la seva detecció i identificació és fàcil.



Figura 7.7. Pantalla d'ajuda per a la identificació dels quironòmids i oligoquets vermells

Diagnosi de la qualitat de l'aigua fluvial

Una vegada han estat entrades totes les dades, s'accedeix al **menú *Support***. A través d'aquest menú, depenent de les opcions escollides en la pantalla d'inicialització del programa, es realitza la diagnosi físico-química, la diagnosi de l'estat ecològic, la diagnosi dels problemes i les

causes, el càlcul de la “alteració fluvial” i/o la generació de plans de gestió. En el nostre cas d’estudi el SE realitza totes les tasques, donat que l’avaluació dels possibles problemes d’un tram fluvial abarca totes les fases (de diagnosi, solucions i prognosi) comentades en l’apartat 7.1. En el cas que únicament s’hagués escollit l’opció d’avaluar la qualitat físico-química de l’aigua, només es realitzaria la fase de diagnosi.

En el cas d’estudi, al clicar l’opció *Run*, el sistema automàticament corre l’arbre de meta-regles (figura 5.25) per tal de determinar quins arbres activarà el SE per a l’etapa de diagnosi. Degut a què la conductivitat mitjana dels dos punts de mostreig Jon1 i Jon3 és moderada (1050 uS/cm), el sistema executarà tots els arbres de decisió de diagnosi inclosos en el SE (els corresponents als problemes de salinitat, eutrofització, excés de nitrogen, excés de matèria orgànica i anòxia).

Un cop recorreguts tots els arbres, al clicar l’opció de diagnosi apareix una pantalla general en la qual es resumeix l’estat de la qualitat físico-química de l’aigua fluvial, els problemes fluvials detectats i el grau de “alteració fluvial” del tram. En el cas de voler accedir a una diagnosi més completa i detallada cal clicar una sèrie de botons, cadascun dels quals correspon a un aspecte determinat de la diagnosi (per exemple, els valors de qualitat de cada un dels punts de mostreig (veure figura 7.8)).

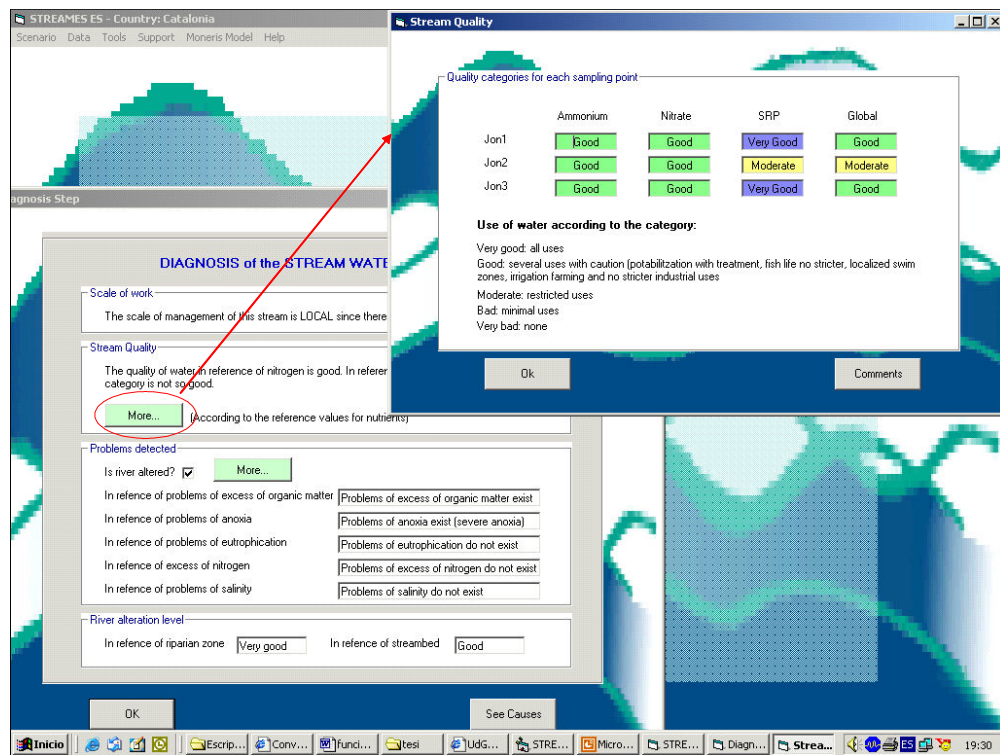


Figura 7.8. Pantalles corresponents a l’etapa de diagnosi del SE

Pel cas d’estudi es detecten dos problemes en l’aigua fluvial: contaminació per un excés de matèria orgànica i condicions d’anòxia. No hi ha cap mena d’incoherència amb els resultats donat que un excés extrem de matèria orgànica comporta condicions d’anòxia. Si s’observa

l'arbre de diagnosi de la matèria orgànica (figura 5.15) pot veure's que una vegada diagnosticat el problema de contaminació per un excés de matèria orgànica el sistema dirigeix la inferència cap a l'arbre de l'anòxia.

Pel que fa al grau d'alteració del riu, aquest és bo pel llit fluvial i molt bo per la zona de riba. Això fa que es descarti la "alteració fluvial" com a una de les causes del problema.

Finalment, pel que fa a la qualitat físico-química de l'aigua respecte els nutrients, aquesta és bona pel nitrogen i molt bona pel fòsfor. En la figura 7.8 no s'aprecia cap impacte de l'efluent de l'EDAR sobre la qualitat de l'aigua en termes de nutrients, tot i que la qualitat de l'efluent de l'EDAR en referència al fòsfor és moderada.

Detecció de les causes dels problemes

Diagnosticats els problemes, el sistema passa a avaluar les possibles causes que els han originat a partir dels arbres parcials de detecció de causes (en aquest cas els corresponents a un excés de matèria orgànica (figura 5.17) i a un problema greu d'anòxia (figura 5.20)). A partir d'aquests arbres i dels càlculs de la "alteració fluvial" (a partir de les equacions 5.1 i 5.2) s'arriba a la conclusió que la causa dels problemes és únicament l'efluent de l'EDAR que aboca en el tram avaluat (figura 7.9). Això és degut als elevats valors de DQO de l'efluent, els quals superen el límit de 125 mg O₂/l establert per la Directiva 91/271/CEE.

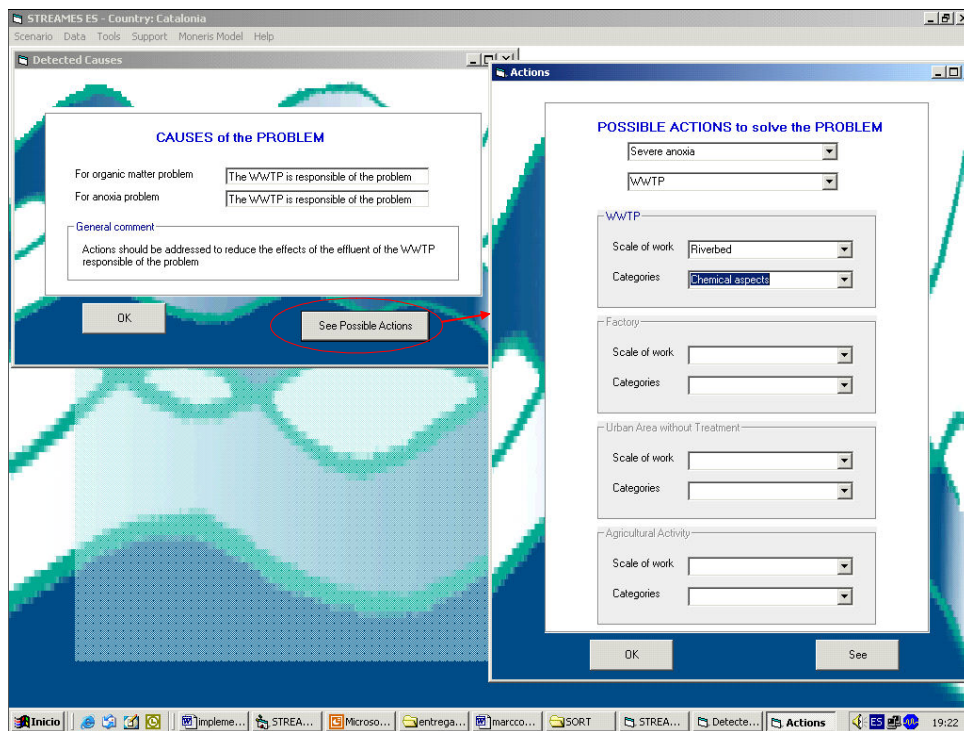


Figura 7.9. Pantalles corresponents a la causa i a l'elecció del tipus d'accions a mostrar

Proposta de les estratègies de gestió més adequades pels problemes diagnosticats

Detectada la causa, el sistema proposa un seguit d'actuacions organitzades segons l'escala d'operació (conca-subconca, zona de riba i llit fluvial) i els paràmetres que són afectats per aquestes actuacions (paràmetres hidrogeomorfològics, aspectes químics, biota, bones pràctiques i aspectes d'hidrologia)). Aquesta organització de les actuacions permet a l'usuari seleccionar quines actuacions vol veure en funció de l'escala i les categories (figura 7.9). Per altra banda, també permet a l'usuari especular una mica amb els resultats de la diagnosi (per exemple, què passaria si la causa hagués estat deguda a una zona urbana no consolidada? Quines actuacions proposaria el sistema?...).

Seleccionada l'escala i la categoria de les actuacions, apareix una nova pantalla amb les estratègies de gestió proposades pel sistema en relació a les característiques del tram avaluat.

The screenshot shows the STREAMES software interface. On the left, a window titled 'POSSIBLE ACTIONS to solve the PROBLEM' lists three actions: 'Construction of small dams ("waterwheels")', 'Increase DO of water by means riffles creation', and 'Positioning / intercalating of rocks and other similar elements in the riverbed'. The third action is selected, and a red arrow points to its 'More details' button. On the right, a larger window titled 'Actions: Severe Anoxia / WWTP / Riverbed / Hydrogeomorphology' displays the detailed description of this action. It includes a table with columns for Technique, Description, Benefits, and Comments, followed by a 'Notes' section with bibliographic references. At the bottom right, there are three sliders for 'Possibility of success' (Medium), 'Ability to implement' (High), and 'Environmental benefit - efforts' (Medium), along with a 'Prognosis' button.

Technique	Construction of artificial riffles and pools
Description	Excavation of pools and construction of riffles by covering earthen fill with a combination of boulders, cobble and gravel
Benefits	The aim is increasing DO of water
Comments	This technique is much used to create new zones for fish life but it can be also used to minimise the impacts of flow concentration. It consists on positioning and intercalating rocks or other similar elements in the riverbed. The effects of this technique are more effective when the rocks or similar elements are positioned in the centre of the river channel. In this sense, pools will be created behind the rocks by the flow increasing the DO of water. The results of the action are less positive when the rocks are positioned near the stream banks. Clustering rocks is other good option. This action is not recommended when the substrate of the riverbed is sand. This technique is very frequent in Spain. Attempts to recreate a pool-riffle sequence in a reach that is located in a backwater upstream from a weir or sluices are unlikely to be very successful. The washing out stone may lead to the formation of a secondary riffle close downstream. Pools and riffles provide refuge from high velocity waters and extreme temperatures, spawning sites for salmonids and attachment sites for benthic invertebrates and plants.
Notes	<i>Anotacions de l'usuari</i> Howe, K. (1997). Construction of artificial riffles and pools for freshwater habitat restoration. Restoration and Reclamation Review. Student On-line Journal. University of Minnesota (USA). Available: http://www hort.umn.edu/h5015/rrr.htm Schmidt, G. and Otárola-Uruxil, M. (2002). Aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas. Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, CEDEX. Madrid. The River Restoration Centre (2002). Manual of River Restoration Techniques 2002. Update published by RRC, May 2002. (http://www.therrc.co.uk/manual.php) Petts, G. E. and Calow, P. (1998). River restoration. Blackwell Science Ltd., UK

Figura 7.10. Pantalles corresponents a la proposta d'actuacions

En la figura 7.10 es mostren part de les actuacions proposades pel problema de l'anòxia a l'escala d'operació del llit fluvial i per la categoria d'hidrogeomorfologia en el cas que la causa del problema sigui una EDAR. Les actuacions són resumides a mode de títol. En el cas de voler-se obtenir més informació, cada actuació té associat un botó per accedir a aquesta informació més detallada, en la qual es distingeixen diferents apartats: descripció general de la tècnica, descripció detallada, beneficis, comentaris, referències bibliogràfiques i valoració en

referència a la possibilitat d'èxit, a la possibilitat d'implementació i a la relació dels esforços per a implementar-la *versus* els beneficis ambientals obtinguts. A més a més, a través del botó *Prognosis* pot accedir-se a la prognosi de l'actuació.

Etapa de prognosi

Clicant el botó *Prognosis* s'obre una darrera pantalla on es prediuen els canvis que comportarà l'actuació en la qualitat de l'aigua fluvial.

Positioning/intercalating of rocks and other similar elements in the riverbed

Technique	Construction of artificial riffles and pools
Description	Excavation of pools and construction of riffles by covering earthen fill combination of boulders, cobble and gravel
Benefits	The aim is increasing DO of water
Comments	This technique is much used to create new zones for fish life but it is to minimize the impacts of flow concessions. It consists on positioning intercalating rocks or other similar elements in the riverbed. The effect technique are more effective when the rocks or similar elements are the centre of the river channel. In this sense, pools will be created by the flow increasing the DO of water. The results of the action are when the rocks are positioned near the stream banks. Clustering is a good option. This action is not recommended when the substrate of the riverbed is technique is very frequent in Spain. Attempts to recreate a pool-riffle sequence in a reach that is located upstream from a weir or sluices are unlikely to be very successful. The washing out stone may lead to the formation of a secondary riffle downstream. Pools and riffles provide refuge from high velocity waters and extreme temperatures, spawning sites for salmonids and attachment sites for invertebrates and plants.
Notes	<i>Actuacions de Fòrum</i>
Information sources	Howe, K. (1997). Construction of artificial riffles and pools for freshwater restoration. Restoration and Reclamation Review. Student On-line University of Minnesota (USA), 2. Available: http://wwwhort.umn.edu/~h5015/rrr.htm Schmidt, G. and Otaola-Urrutxi, M. (2002). Aplicación de técnicas de en la restauración de ríos y riberas. Centro de Publicaciones del Mir Fomento, CEDEX, Madrid. The River Restoration Centre (2002). Manual of River Restoration Techniques 2002. Update published by RRC, May 2002. (http://www.therro.co.uk/manual.php) Petts, G. E. and Calow, P. (1996). River restoration. Blackwell Science Ltd., UK

General description of the action
Positioning / intercalating of rocks and other similar elements in the riverbed with the aim of increasing DO of water.

Prognosis
An improvement on river water quality is expected. The BOD would decrease in Jors3 from 35 mgO2/l to 24.5 mg O2/l if the action is implemented. However, the river would continue suffering an oxygen problem because of the high values of BOD. In this case to act directly in the effluent of the WWTP is the best action.

Suggestions
This technique should be applied as a complement of actions applied over the waste water treatment plant effluent.

Possibility of success Medium
Ability to implement High
Environmental benefit - efforts Medium

Prognosis

Figura 7.11. Pantalla referent a la prognosi dels efectes en la qualitat de l'aigua del tram d'estudi de l'actuació proposada d'intercalar roques en el llit fluvial

En el cas d'estudi, l'actuació proposada de col·locar roques o elements similars en el si del llit fluvial per tal de crear zones de ràpids i lents i així augmentar la concentració d'oxigen dissolt en l'aigua és útil com a complement d'una actuació molt més directa sobre la qualitat de l'efluent de l'EDAR (figura 7.11). En el cas d'aplicar-se sola, únicament serveix per a mantenir la situació.

L'etapa de prognosi, per altra banda, també permet la simulació de nous escenaris a partir de les actuacions proposades o simplement a partir de la modificació de certes concentracions (en aquests cas, la DBO, l'oxigen dissolt...). Depenent de l'actuació, es preveu una reducció de la concentració del/s paràmetre/s que comporten el problema i a partir del nou valor s'avalua l'efecte de l'actuació mitjançant un balanç de matèria. En aquest aspecte el model numèric

Moneris és de gran utilitat per a la generació del nou escenari d'estudi, permetent fer estimacions molt més acurades de les concentracions de les diferents substàncies avaluades, especialment dels nutrients. S'hi accedeix a través del menú *Moneris Model* de la barra de menús.

Altres

Finalment, l'usuari disposa de l'opció del menú *Help* en cas de trobar-se amb algun problema al executar el SE. Aquest proporciona informació a l'usuari sobre el funcionament del SE i els problemes més comuns en què pot trobar-se l'usuari. Addicionalment, també permet l'accés directe a la plana web del projecte STREAMES en el cas que l'ordinador tingui accés a internet.

En la figura 7.12 es mostra la pantalla d'ajuda que informa a l'usuari sobre el sistema expert.

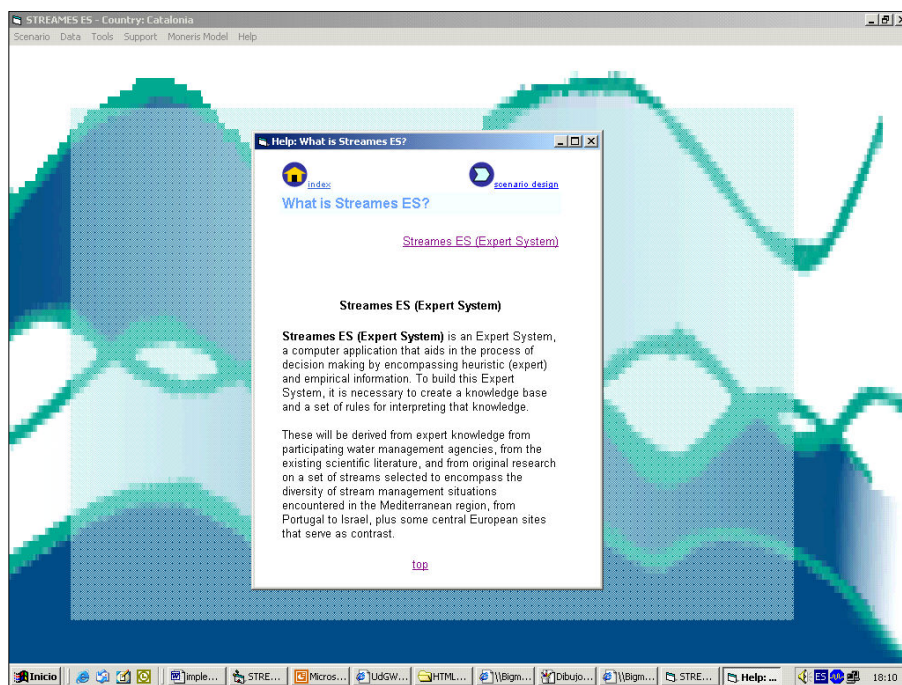


Figura 7.12. Pantalla que descriu breument el SE STREAMES

7.2.2.2. Avaluació de l'estat qualitatiu i de la capacitat de retenció de nutrients d'un tram fluvial

Caracterització de l'escenari d'estudi

El riu al qual pertany el tram és de tercer ordre amb estacionalitat marcada i d'una longitud aproximada de 53'24 km. La conca que drena és silícica i ocupa una àrea de 2789 km². L'ús

del sòl de la conca és la pràctica forestal. Pel que fa a les fonts puntuals, just en el tram avaluat es troba una EDAR que tracta les aigües residuals d'un poble situat a 3 km de distància del riu.

El mostreig realitzat per tal d'obtenir les dades necessàries per a executar el SE ha estat realitzat en 4 punts diferents del tram. El primer punt, anomenat P1 (veure figura 7.13) es troba a 5 m de distància aigües amunt del punt on desemboca l'EDAR. El segon punt, P2, es correspon al punt on conflueixen el riu i l'efluent de l'EDAR. El tercer punt, P3, es troba a 100 m aigües avall del punt P2. Finalment, el quart punt, P4, es troba a una distància de 400 m aigües avall del punt P3.

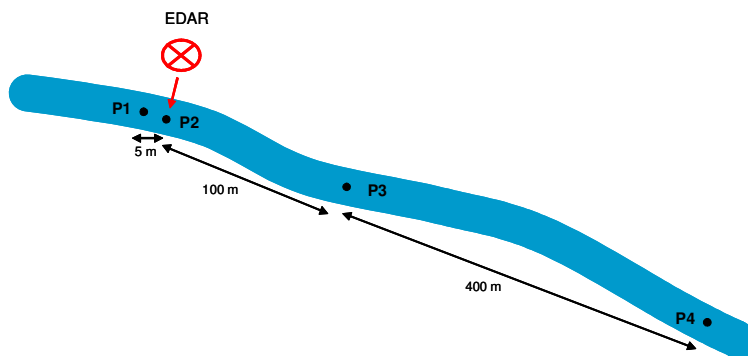


Figura 7.13. Escenari d'estudi amb els corresponents punts de mostreig

Les característiques del tram fluvial a avaluar es troben resumides en les taules 7.6 i 7.7.

Entrada de les dades en el SE

Recollida tota la informació referent al tram d'estudi, per tal que el SE avaluï l'estat ecològic i la capacitat de retenció de nutrients d'aquest tram, cal introduir totes les dades requerides en el programa tal i com ja s'ha comentat en l'apartat anterior (7.2.2.1). En aquest cas, però, les tasques a seleccionar són la segona i la quarta, essent les dades mínimes requerides les que es troben resumides en la taula 7.3.

Escollides les opcions mencionades, s'obre la pantalla de la barra de menú i s'accedeix als menús de: *Scenario* i *Data* (figura 7.6), els quals permeten la caracterització de l'escenari d'estudi.

Pel menú *Data*, tot i obrir-se les mateixes pantalles que en el cas d'estudi anterior, el nombre de dades assenyalades com a necessàries per a executar el programa és menor.

Taula 7.6. Dades que defineixen el tram d'estudi i les fonts puntuals i difoses

Informació del tram estudiat	Velocitat de l'aigua: 0'035 m/s Cabal del tram: 1650 m ³ /dia Naturalesa geològica de la conca: silícica Amplada: 1'5 m Llargada: 3700 m Profunditat: 0'2 m		
Caracterització del tram (permet avaluar el seu funcionament i el seu grau d'alteració)	De la zona de riba	Amplada de la zona de ribera: lleugerament alterada Tipus de vegetació: vegetació autòctona Cobertura: parcialment Permeabilitat del sòl: moderada Característiques del freàtic: insaturat Presència d'estructures d'origen humà en els marges fluvials: no	
	Del llit fluvial	Tipus de tram: pla Pendent: 0'09% Sinuositat del canal: recte Coeficient de Manning: 0'03 Tipus de substrat dominant: roca mare Exposició del substrat: parcialment submergit Zones de lents: no Presència de petites preses d'origen humà i/o natural: no Presència d'algues: sí, molt abundants Presència de macròfits: sí, molt abundants Presència de biofilm: sí, molt abundants	
Informació de les fonts puntuals que aboquen en el tram d'estudi	Si hi ha una EDAR	Dades quantitatives	Cabal de l'efluent = 1800 m ³ /dia [NH ₄ ⁺] = 12 mg N/l [NO ₃ ⁻] = 0'57 mg N/l [N _T] = 15'68 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 0'97 mg P/l [P _T] = 3 mg P/l
		Dades qualitatives	Origen de les aigües residuals: urbà
Informació de les fonts difoses	Usos del sòl: boscos	Erosió de la conca: no	Presència de fonts difoses: no

Taula 7.7. Dades referents als punts de mostreig

Informació dels punts de mostreig	P 1	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 0'6 mg N/l [NO ₃ ⁻] = 0'5 mg N/l [N _T] = 4'2 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 0'05 mg P/l	DOC= 2'6 mg C/l Conductivitat = 900 uS/cm [P _T] = 0'35 mg P/l
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: sílicic Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: no Presència de macròfits: sí Presència d'oligoquets i quironòmids: no Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: no Color dels sediments: grisos	
	P 2	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 6'55 mg N/l [NO ₃ ⁻] = 0'54 mg N/l [N _T] = 10 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 1'28 mg P/l	DOC= 5'25 mg C/l Conductivitat = 1540 uS/cm [P _T] = 1'73 mg P/l
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: sílicic Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: sí Presència de macròfits: sí Presència d'oligoquets i quironòmids: no Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: no Color dels sediments: grisos	
	P 3	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 6'32 mg N/l [NO ₃ ⁻] = 0'5 mg N/l [N _T] = 9'7 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 1'23 mg P/l	DOC= 4'97 mg C/l Conductivitat = 1398 uS/cm [P _T] = 1'69 mg P/l
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: sílicic Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: sí Presència de macròfits: sí Presència d'oligoquets i quironòmids: no Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: no Color dels sediments: grisos	
	P 4	Dades quantitatives	[NH ₄ ⁺] = 4'05 mg N/l [NO ₃ ⁻] = 0'25 mg N/l [N _T] = 7'8 mg N/l [PO ₄ ³⁻] = 0'97 mg P/l	DOC= 2'8 mg C/l Conductivitat = 1100 uS/cm [P _T] = 1'41 mg P/l
		Dades qualitatives	Tipus de substrat: sílicic Diàmetre del substrat: petit Presència d'algues: sí Presència de macròfits: sí Presència d'oligoquets i quironòmids: no Llum solar: sí Terbolesa de l'aigua: no Color dels sediments: grisos	

Diagnosi del grau de “alteració fluvial” i de la capacitat de retenció de nutrients del tram fluvial

Entrades totes les dades, s'accedeix al menú Support. D'acord a les opcions escollides en la pantalla d'inicialització del programa, el SE realitza únicament la diagnosi de l'estat ecològic i de la capacitat potencial d'autodepuració del riu, ja que les opcions escollides només abarquen la fase de diagnosi descrita en l'apartat 7.1.1.

En aquest cas, al clicar l'opció *Run*, el sistema automàticament calcula el grau de la “alteració fluvial” i la capacitat d'autodepuració i diagnostica la qualitat físico-química de l'aigua, sense executar cap dels arbres de decisió. El grau d'alteració del riu (o “alteració fluvial”) és calculat a partir de les equacions 5.1 i 5.2 i la capacitat d'autodepuració (o distància d'assimilació dels nutrients), a partir de les equacions següents, obtingudes del tractament i manipulació de les dades resultants de les campanyes experimentals realitzades en el marc del projecte STREAMES:

Per l'amoni (equació 7.1)

$$SwNH4 = \text{antilog} (3'9175881 + 0'46175449 \cdot \log PST + 0'56760408 \cdot \log QST + 0'38058059 \cdot \log NO3ST)$$

On,

SwNH4 és la distància d'assimilació de l'amoni (m)

PST és la concentració de fosfats de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg P-PO4/l)

QST és el cabal de l'aigua fluvial en el tram avaluat (m³/s)

NO3ST és la concentració de nitrats de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg N-NO3/l)

Per nitrat (equació 7.2)

$$SwNO3 = \text{antilog} (3'45045755 + 0'406978 \cdot \log NO3ST + 0'34354103 \cdot \log QST + 0'52088736 \cdot \log DOCST)$$

On,

SwNO3 és la distància d'assimilació del nitrat (m)

NO3ST és la concentració de nitrats de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg N-NO3/l)

QST és el cabal de l'aigua fluvial en el tram avaluat (m³/s)

DOCST és la concentració de DOC de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg C/l)

Per fosfat (equació 7.3)

$$SwPO4 = \text{antilog} (9'20084138 + 0'76619594 \cdot \log NO3ST + 0'41536961 \cdot \log QST - 2'14369428 \cdot \log CondST + 0'66794296 \cdot \log PST - 0'39633461 \cdot \log NH4ST + 0'73625673 \cdot \log DOCST)$$

On,

SwPO4 és la distància d'assimilació del fosfat (m)

NO3ST és la concentració de nitrats de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg N-NO3/l)

QST és el cabal de l'aigua fluvial en el tram avaluat (m³/s)

CondST és la conductivitat de l'aigua fluvial en el tram avaluat (uS/cm)

PST és la concentració de fosfats de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg P-PO4/l)

NH4ST és la concentració d'amoni de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg N-NH4/l)

DOCST és la concentració de DOC de l'aigua fluvial en el tram avaluat (mg C/l)

L'avaluació de la qualitat físico-química s'obté a partir de la comparació dels valors del nitrogen i el fòsfor amb les seves respectives categories de qualitat.

A cadascun dels paràmetres avaluats se'ls atribueix una categoria i a partir de les quatre categories obtingudes (una per la qualitat físico-química (veure taula 7.8), una pel grau d'alteració del llit fluvial (taula II.2), una pel grau d'alteració de la zona de riba (taula II.4) i una darrera per la capacitat d'autodepuració (taula 7.9)) se'n deriva l'estat qualitatiu del tram fluvial, essent aquest el valor mínim del conjunt de les 4 categories.

Fets els càlculs, al clicar l'opció de diagnosi apareix una pantalla general amb tots els resultats de la diagnosi obtinguts, tal i com es mostra en la figura 7.14. En el cas de voler accedir a una diagnosi més complerta i detallada cal clicar una sèrie de botons, cadascun dels quals correspon a un aspecte determinat de la diagnosi (per exemple, els valors obtinguts de la distància d'assimilació de nutrients).

Taula 7.8. Relació entre les concentracions d'amoni, nitrat i fòsfor en l'aigua fluvial i les categories de qualitat per l'àrea de Catalunya

Categories	[N-NH4] (mg N/l)	[N-NO3] (mg N/l)	[P-PO4] (mg P/l)
Molt bo	< 0'08	-	< 0'09
Bo	0'08 =< NH4 < 0'8	< 2.3	0'09 =< PO4 < 0'17
Moderat	0'8 =< NH4 < 2'6	2'3 =< NO3 < 5'6	0'17 =< PO4 < 0'33
Dolent	2'6 =< NH4 < 3'1	5'6 =< NO3 < 11'3	0'33 =< PO4 < 0'65
Molt dolent	>= 3'1	>= 11'3	>= 0'65

Tal i com pot observar-se en la figura 7.14, la categoria resultant que fa referència a l'estat ecològic del tram d'estudi indica que aquest és molt dolent. Això es deu al fet que, tot i que els valors de la "alteració fluvial" són bons, la qualitat físico-química és molt dolenta i les distàncies d'assimilació de l'amoni i el nitrat són molt grans. Entenent-se l'estat qualitatiu com un concepte integrador de tots els aspectes del tram avaluat, s'entén que quan una de les seves parts integrants es troba alterada, tot el conjunt es troba alterat. D'aquí que el SE arribi a la conclusió de que l'estat qualitatiu del riu és molt dolent.

Taula 7.9. Relació entre els valors de les capacitats d'autodepuració i les corresponents categories

Categories	SwNH4 (m)	SwNO3 (m)	SwPO4 (m)
Molt bo	< 100	< 100	< 100
Bo	100 =< SwNH4 < 500	100 =< SwNO3 < 500	100 =< SwPO4 < 500
Moderat	500 =< SwNH4 < 1000	500 =< SwNO3 < 1000	500 =< SwPO4 < 1000
Dolent	1000 =< SwNH4 < 5000	1000 =< SwNO3 < 5000	1000 =< SwPO4 < 5000
Molt dolent	>= 5000	>= 5000	>= 5000

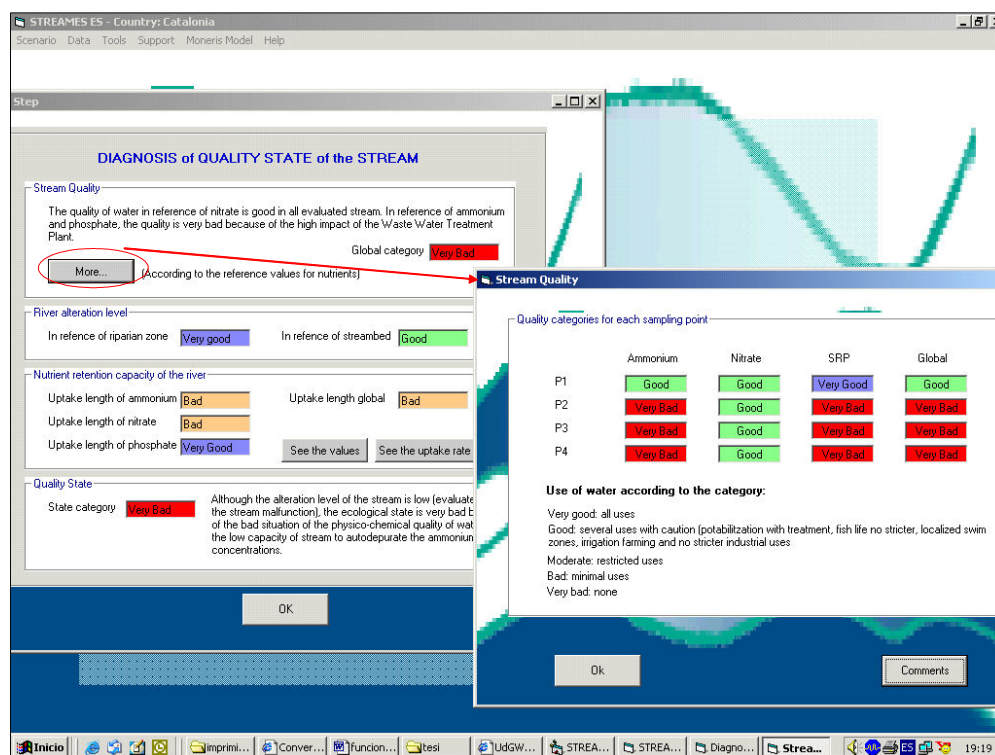


Figura 7.14. Pantalles corresponents als resultats de la diagnosi de l'estat qualitatiu i la capacitat d'autodepuració del cas d'estudi

Capítol 8. Conclusions

8. Conclusions

La complexitat dels ecosistemes fluvials fa que la detecció i la solució dels problemes fluvials no puguin ésser aconseguides només amb l'ús de models numèrics, donat que requereixen de dades *on-line*, *off-line* i d'informació heurística. Això fa que la gestió d'aquest tipus d'ecosistemes, i, per tant, de la qualitat de l'aigua fluvial, requereixi d'una aproximació integrada i multidisciplinària. Aquesta aproximació pot aconseguir-se amb una eina intel·ligent basada en conceptes i mètodes del raonament humà. De fet, l'òptima gestió precisa d'algun tipus d'eina capaç d'integrar eines clàssiques (com ara models i sistemes d'informació geogràfica) amb models d'IA.

En aquest sentit, el SE, descrit en la present tesi i desenvolupat en el marc del projecte STREAMES, té una perspectiva integradora, ja que combina coneixement adquirit de l'experiència dels gestors de l'aigua i coneixement adquirit de la recerca bàsica dels científics. Alhora, les solucions generades pel SE tenen en compte els efectes i el control de les pràctiques dels usos del sòl en les càrregues de nutrients i contempnen un seguit de mesures per a potenciar i millorar el funcionament dels rius.

La fase clau en el desenvolupament de la base de coneixement del SE és el procés d'adquisició del coneixement. Existeix una estreta relació entre les fonts de coneixement i el desenvolupament dels arbres de decisió que integren la base de coneixement. No és possible construir arbres de decisió fiables sense unes bones fonts de coneixement.

Resumint, la major contribució de la metodologia proposada i aplicada en la present tesi és l'adquisició de coneixement provinent de l'empirisme científic i de l'heurística, la seva posterior representació en forma d'arbres de decisió i la seva implementació en un Sistema Basat en el Coneixement per, finalment, desenvolupar una eina útil en el suport del procés de presa de decisions en l'àmbit dels ecosistemes fluvials. L'eina desenvolupada és un SE, component del SSDA STREAMES, el qual té l'objectiu de donar suport i aconsellar a l'usuari final en la gestió de rius alterats antròpicament.

El SE aporta informació a 3 nivells: diagnosi (avaluació, en conques alterades, de les causes i dels problemes derivats de la càrrega excessiva de nutrients), solucions (decisió de l'estratègia de gestió més apropiada per a cada tram de riu considerat) i prognosi (predicció del grau de millora de l'estat qualitatiu del tram en funció de les mesures considerades).

Els aspectes més innovadors del SE desenvolupat són:

- Les campanyes experimentals han estat orientades cap a l'obtenció de coneixement útil sobre el funcionament dels rius per a les fases de diagnosi i de generació de solucions.
- L'estreta col·laboració entre gestors de l'aigua, científics i responsables del desenvolupament del SE assegura la consideració del problema de la qualitat de l'aigua fluvial des de diferents perspectives, cosa que beneficia el producte. Per tant, la implicació dels gestors/agències de l'aigua en la planificació i implementació ha estat un aspecte essencial per tal d'obtenir una eina final útil i fiable.
- El SE permet l'aplicació del coneixement derivat de la recerca científica bàsica a la resolució de problemes reals.
- El SE proposa solucions d'acord a la Directiva Marc de l'Aigua.
- El SE avalua el benefici ambiental en relació a la dificultat d'implementació de les actuacions proposades.

Es distingeixen quatre usuaris finals potencials del SE:

- Agències/gestors de l'aigua, tant públics com privats, interessats en l'ús i l'aplicació del SE en la selecció d'estratègies de gestió. En aquest sentit, el SE dóna suport als gestors de l'aigua de dues maneres: 1) els ajuda a avaluar les fonts i la magnitud de les càrregues de contaminants (principalment nutrients) que afecten el tram estudiat; i, 2) els ajuda a decidir la millor estratègia d'actuació per a millorar el tram (amb especial èmfasi a les actuacions dirigides a incrementar la retenció de nutrients en el canal de riu).
- Indústries amb problemes de qualitat de l'aigua i associacions agrícoles i piscícoles, els quals poden estar interessats en l'ús i l'aplicació del SE en el procés de selecció d'estratègies de gestió.
- Científics i investigadors, interessats en els conceptes i les idees desenvolupades en el projecte STREAMES i integrades en el SE.
- El públic en general, el qual pot estar interessat en els resultats de la implementació del SE.

El SE desenvolupat, implementat i presentat en la present tesi, mostra que aquests sistemes poden ésser eines útils per a millorar la gestió dels ecosistemes fluvials.

Bibliografia

A

Alba-Tercedor, J. i Sanchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellavell (1978). *Limnética*, 4, pp:51-56.

Alfredsen, K.; Borsany, P.; Harby, A.; Fjeldstad, H.P.; i Wersland, S.E. (2003). Application of habitat modeling in river restoration and artificial habitat design. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Álvarez, M. ; Muñoz, P.; i Rubio, A. (1991). *La eutrofización de las aguas continentales españolas*. CSIC. Henkel Ibérica S.A. Barcelona.

Armitage, P.D.; Moss, D.; Wright, J.F.; i Furse, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted numning-water sites. *Water Research*, 17(3), pp: 333-347.

Avesani, P.; Perini, A.; i Ricci, F. (1993). Combining CBR and constraint reasoning in planning forest fire fighting, *Proceedings of the First European Workshop on Case-Based Reasoning*, pp: 235-239.

Atanasova, N. i Kompare, B. (2002). Modelling of Wastewater Treatment Plant with Decision and Regression Trees, in: ECCAI 2002, 3rd Workshop on Binding Environmental Sciences and Artificial Intelligence (BESAI 2002), *Workshop Notes of BESAI'02*, Lyon, France, 2002, 6-1:6-9.

B

Balaguer, M. D.; Colprim, J.; Martín, M.; Poch, M.; i Rodríguez-Roda, I. (1998). *Tecnologies del Medi Ambient*. Monografia n^o1 Programa de doctorat. Universitat de Girona, Departament de Medi Ambient i Generalitat de Catalunya. Girona.

Bellman, R.E. (1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* Boyd & Fraser Publishing Company, San Francisco.

Benfer, R.A.; Brent, E.E.Jr.; i Furbee, L. (1991). Expert Systems. *Series: Quantitative Applications in the Social Sciences*, n^o 77. SAGE Publications, USA.

Benito, G. i Puig, M.A. (1999). BMWPC un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del agua*, 191, pp:43-56.

Behrendt, H.; Huber, P.; Ley, M.; Opitz, D.; Schmoll, O.; Scholz, G.; i Uebe, R. (1999). *Nutrient emissions into river basins of Germany*. UBA-Text and CD-ROM, 75/99, 2888 S.

Bérubé, M.; Belzile, L.; i Guay, J.-C. (2003). A brook trout feeding habitat model for the Pikauba river, Québec, Canada. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Best, C. (1997). Rain and rocks: the recipe for river water chemistry. Capítol 6 de: *River quality: dynamics and restoration*. Editat per Laenen, A. i Dunnette, D.A. Lewis publishers, New York, Proceedings of International River Quality Symposium, March 22-24, 1994, Portland, USA, pp: 91-104.

Brown, L.C. i Barnwell, T.O. (1987). *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual*, Report EPA/600/3-87/007, U.S. EPA, Athens, GA, USA.

Boulding, J.R. (1994). *Description and sampling of contaminated soils*. 2a edició. Lewis Publishers, U.S.A.

Bovee, K.D. (1982). *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish and Wildlife Service, Fort Collins, CO.

Bovee, K.D.; Lamb, B.L.; Bartholow, J.M.; Stalnaker, C.B.; Taylor, J.; i Henriksen, J. (1998). *Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD-1998-0004. viii + 131 pp.

Blühdorn, D.R. i Arthington, A.H. (1995). The utility of stream salinity models in the integrated management of Australian rivers. Capítol 9 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. i Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England. Pp: 115-123.

C

Calori, G.; Colombo, F.; i Finzi, G. (1994). Frame: a knowledge-based tool to support the choice of the right air pollution model, *Computer Support for Environmental Impact Assessment*, Guariso G. and B. Page (Eds.), pp: 211-222.

Carling, P. (1995). Implications of sediment transport for instream flow modelling of aquatic habitat. Capítol 2 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. i Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England.

Centre for Ecology and Hydrology – Natural Environment Research Council. *PC-QUASAR, Quality Simulation Along Rivers* (www.nwl.ac.uk/ih).

Chen, C.-H.; Liaw, S.-L.M.; Wu, R.-S.; Chen, Q.-L.; i Chen, J.-L. (1997). Development of a decision making theory and a decision support system for river basin water management . *Proceedings - National science council republic of China part a physical science and engineering Part A: Physical Science and Engineering*, 21, 5, pp: 389-409.

Chen, H. W. i Chang, N.-B. (1998). Water pollution control in the river basin by fuzzy genetic algorithm-based multiobjective programming modeling. *Water Science and Technology* (Environmental restoration), 37(8), pp: 55-63.

Chibana, T.; Tsujimoto, T.; Tamai, N.; i Matsuzaki, H. (2003). Fish habitat suitability criteria related to riffle-pool structure. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Choy, S.C.; Thomson, C.B.; i Marshall, J.C. (2002). Ecological condition of central Australian arid-zone rivers. *Water Science and Technology* (Riversymposium), 45(11), pp: 225-232.

Clipperton, K.; Locke, A.; Mahoney, J.; Koning, W.; i Quasi, B. (2003). A method for developing an Ecosystem-based Instream Flow Needs determination for rivers in the South Saskatchewan river basin, Alberta, Canada. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Comas, J.; Llorens, E.; Poch, M.; Markakis, G.; Battin, T.; Gafny, S.; Maneux, E.; Martí, E.; Morais, M.; Puig, M.A.; Pusch, M.; Riera, J.L.; Sabater, F.; Solimini, A.G. i Vervier, P. (2002a). "The STREAMES Project: Linking Heuristic And Empirical Knowledge Into An Expert System To Assess Stream Managers". 1st International Conference on Environmental Modelling and Software. Vol. 3, pp. 444-449. Editat per Andrea E. Rizzoli & Anthony J. Jakeman, ISBN: 88-900787-0-7, Lugano, Suïssa, 2002.

Comas, J.; Poch, M.; Rodríguez-Roda, I; Cortés, U. i Sánchez-Marrè, M. (2002b). *Onze anys d'experiència en el disseny i implementació de Sistemes de Suport a la Decisió en dominis ambientals. Què hem après?* Universitat de Girona, Girona.

Comas, J.; Llorens, E.; Martí, E.; Puig, M.A.; Riera, J.L.; Sabater, F.; i Poch, M. (2003a). Knowledge acquisition in the STREAMES project: the key process in the environmental decision support system development, *AI Communications The European Journal on Artificial Intelligence*, 16, pp: 253-265.

Comas, J.; Rodríguez-Roda, I.; Sánchez-Marrè, M.; Cortés, U.; Freixó, A.; Arráez, J.; i Poch, M. (2003b). A knowledge-based approach to the deflocculation problem: integrating on-line, off-line, and heuristic information, *Water Research*, 37(10), pp: 2377-2387.

Cortés, U.; Sánchez-Marrè, M.; Cecaronni, L.; R.-Roda, I.; i Poch, M. (2000). Environmental Decision Support Systems, *Applied Intelligence* 13(1), pp: 77-91.

Cortés, U.; Sánchez-Marrè, M.; Sangüesa, R.; Comas, J.; R.-Roda, I.; Poch, M.; i Riaño, D. (2001). Knowledge Management in Environmental Decision Support Systems. *AI Communications The European Journal on Artificial Intelligence*, 14 (1), pp: 3-12.

D

Davis, J.R.; Farley, T.F.N.; Young, W.J.; i Cuddy, S.M. (1998). The experience of using a decision support system for nutrient management in Australia. *Water Science and Technology* 37(3), pp: 209-216.

De Graça, M.; Pinto, P.; Rabaça, J.E.; Ramos, A.; i Revez, M. (1995). Protection, reclamation and improvement of small urban streams in Portugal. Capítol 22 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England. pp: 275-287.

De Marchi, C.; Ivanov, P.; Jolma, A.; Masliev, I.; Smith, M.G.; i Somlyody, L. (1999). Innovative tools for water quality management and policy analysis: Desert and streamplan . *Water Science and Technology* 40(10), pp: 103-110.

DeGasperi, C.L. i Khangaonkar, T. (1997). A steady-state model of the Willamette River: Implications for flow control of dissolved oxygen and phytoplankton biomass. Capítol 12 de: *River quality: dynamics and restoration*. Editat per Laenen, A. i Dunnette, D.A. Lewis publishers, New York, Proceedings of International River Quality Symposium, March 22-24, 1994, Portland, USA, pp: 163-172.

E

Ellway, C.; Murphy, G.; Merton, L.; Baumgartner, D.; i Hempseed, A. (2002). Opportunities for sustainable riverine management in the Queensland Murray-Darling Basin. *Water Science and Technology*, 45(11), pp: 201-208.

European Environment Agency (1999). *Nutrients in European ecosystems*. Copenhagen. Environmental assessment No 4.

European Environment Agency (2000). *Environmental signals 2000*. Environmental assessment report No 6 (<http://reports.eea.eu.int/signals-2000/en>).

Everard, M. i Powell, A. (2002). Rivers as living systems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 12, pp: 329-337.

F

Floris, V. (1989). Artificial intelligence in the operation and management of water resources in south florida. *A knowledge Based Systems*, 12.

Fondo Mundial para la Naturaleza (2001). *Elementos de buena práctica en la gestión integrada de cuencas hidrográficas. Un documento de consulta para la aplicación de la Directiva marco del agua de la UE.*

(<http://www.panda.org/europe/freshwater/seminars/seminars.html>).

Fox, J. i Das, S. (2000). *Safe and Sound. Artificial Intelligence in Hazardous Applications*. AAAI Press / The MIT Press.

Fredericks, J.W.; Labadie, J.W.; i Altenhofen, J.M. (1998). Decision support system for conjunctive stream-aquifer management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 124(2), pp: 69-78.

Funtowicz, S.O. i Ravetz, J.R. (1993). Sciences fort he post-normal age. *Futures*, 25(7), pp: 739-755.

Funtowicz, S.O. i Ravetz, J.R. (1999). Post-Normal Science – an insight nom maturing. *Futures*, 31(7), pp: 641-646.

G

García de Jalón, D. i González del Tanago, M. (1988). *Enciclopedia de la naturaleza de España. Ríos y riberas*, DEBATE/CÍRCULO, Barcelona.

García-Rodríguez, E. i García de Jalón, D. (2003). Habitat simulation of the Lozoya River (Madrid, Spain): comparison of results from using one and two-dimensional hydrodynamic models. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Gard, M. (2003). Comparison of spawning habitat predictions of PHABSIM and River2D models. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Gensym (1990). *G2 Reference Manual*. Gensym Corporation, Cambridge.

Ghetti, P.F. (1986). *Esperienze e confronti ne ll'applicazione degli indici biotici in corsi d'acqua italiani*. Stazione sperimentale agraria forestale. 100pp.

Gippel, C.; Jacobs, T.; i McLeod, T. (2002). Environmental flows and water quality objectives for the River Murray. *Water Science and Technology*, 45(11), pp: 251-260.

Greenwood-Smith, S.L. (2002). The use of rapid environmental assessment techniques to monitor the health of Australian rivers. *Water Science and Technology*, 45(11), pp: 155-160.

Gromiec, M.J. (1997). River water-quality modelling in Poland. Capítol 13 de: *River quality: dynamics and restoration*. Editat per Laenen, A. i Dunnette, D.A. Lewis publishers, New York, Proceedings of International River Quality Symposium, March 22-24, 1994, Portland, USA, pp: 173-185.

Guariso, G. i Werthner, H. (1989). *Environmental Decision Support Systems*. Ellis Horwood-Wiley, New York.

Guasch, H.; Armengol, J.; Martí, E.; i Sabater, S. (1998). Diurnal variation in dissolved oxygen and carbon dioxide in two low-order streams. *Water Research*, 32 (4), pp: 1067-1074.

H

Haagsma, I.G. i Johanns, R.D. (1994). Decision Support Systems: An integrated approach. En: *Environmental Systems*, Vol. II. Zannetti, P. (Ed.), pp: 205-212.

Hadjimichael, M.; Arunas, P.; Kuciauskas, L.; i, Brody, R. (1996). MEDEX: a fuzzy system for forecasting Mediterranean gale force winds, *Proceedings FUZZ-IEEE96, International Conference on Fuzzy systems*, pp: 529-534.

Hayes, J.W. (2003). Overview of a process-based model relating stream discharge to the quantity and quality of brown trout habitat. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Hellawell, J.M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Science Publications Ltd., England. 546 pp.

Hildrew, A. G. i Ormerod, S.J. (1995). Acidification: causes, consequences and solutions. Capítol 12 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England, pp: 147-160.

Holas, J. i Hrcir, M. (2002). Integrated watershed approach in controlling point and non-point source pollution within Zelivka drinking water reservoir. *Water Science and Technology*, 45(9), pp: 293-300.

J

J. de Jong, J.T.; van Buuren, J.P.; i Luiten, A. (1996). Systematic approaches in water management: Aquatic outlook and decision support systems combining monitoring, research, policy analysis and information technology. *Water Science and Technology*, 34(12), pp: 9-16.

Jolma, A.; De Marchi, C.; Smith, M.; Perera, B.J.C.; i Somlyódy, L. (1997). StreamPlan: a support system for water quality management on a river basin scale. *Environmental Modelling and Software*, 12(4), pp: 275-284.

Jowett, I.G. (1989). *River Hydraulic and Habitat Simulation, RHYHABSIM Computer Manual*. New Zealand Fisheries Miscellaneous Report 49. Ministry of Agriculture and Fisheries, Christchurch.

Jowett, I.G. (1992). River hydraulics and instream habitat modelling for river biota. Capítol 14 de: *Waters of New Zealand*. New Zealand Hydrological Society Inc.

K

Katopodis, C. (2003). 2-D ice-free and ice-covered hydrodynamic modeling of riverine habitat in the Canadian Prairies. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Kelly, V.J. (1997). Dissolved oxygen in the Tualatin river, Oregon under winter low-flow conditions, November 1992. Capítol 11 de: *River quality: dynamics and restoration*. Editat per Laenen, A. i Dunnette, D.A. Lewis publishers, New York, Proceedings of International River Quality Symposium, March 22-24, 1994, Portland, USA, pp: 151-162.

Kelly, L.H. (2003). 3D patterns of invertebrate drift density: a model and test in a New Zealand Trout Stream. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

L

Lamouroux, N. i Souchon, Y. (2002). Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. *Freshwater Biology*, 47, pp: 1531-1542.

Landesumweltamt Brandenburg (Ed.) (1996). *Ausweisung von Gewässerrandstreifen – Studie zur Erarbeitung von Grundlagen für die Ausweisung von Gewässerrandstreifen*, Märker, Werder (Havel), 86 pp.

Lee, H.K.; Oh, K.D.; Park, D.H.; Jung, J.H.; i Yoon, S.J. (1997). Fuzzy expert system to determine stream water quality classification from ecological information. *Water Science and Technology* 36(12), pp: 199-206.

Lee C.-S. i Wen C.G. (1997). Fuzzy goal programming approach for water quality management in a river basin. *Fuzzy Sets and Systems*, 89(2), pp: 181-192.

Liong, S.-Y.; Lim, W.-H.; i Paudyal, G.N. (2000). River stage forecasting in Bangladesh: neural network approach. *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, 14(1), pp: 1-8.

Llorens, E. (2000). *Estudi i optimització del procés d'eliminació biològica del nitrogen d'una EDAR del Baix Empordà*. Treball de recerca. Facultat de Ciències; Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental; Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària; Universitat de Girona. Girona.

Luconi, F.L.; Malone, T.W.; i Scott Morton, M.S. (1986). Expert Systems: the next challenge. *Sloan Management Review*, 27(4), pp: 3-14.

M

Manga, J.G. (2000). *Desarrollo de un modelo general para la eliminación biológica de nutrientes en los sistemas de fangos activados. Una modificación al modelo nº2 de la IWA que*

incluye la competición entre las bacterias acumuladoras de polifosfatos (PAO) y las bacterias acumuladoras de glicógeno (GAO). Tesi doctoral. Departament d'Enginyeria Hidràulica i de Medi Ambient. Universitat Politècnica de València. València.

Marques, J.C.; Nielsen, S.N.; Pardal, M.A.; i Jørgensen, S.E. (2003). Impact of eutrophication and river management within a framework of ecosystem theories. *Ecological modelling*, 166 (1-2), pp: 147-168.

Martí, E.; Sabater, F.; Comas, J.; Battin, T.; Gafny, S.; Morais, M.; Puig, M.A.; Pusch, M.; Riera, J.L.; R.-Roda, I.; Solimini, A.; Vervier, P.; i Voreadou, C. (2001). Nutrient Dynamics in Human-Altered Streams, A Multidisciplinary Approach. Bulletin of the North American Benthological Society (NABS), 18 (1).

Martí, E.; Aumatell, J.; Godé, LI.; Poch, M.; i Sabater, F. (2002). Effects of wastewater treatment plant inputs on stream nutrient retention efficiency. *BioGeoMon*, University of Reading, 8-12 Agost 2002.

Martí, E.; Sabater, F.; Vervier, P.; Battin, T.; Gafny, S.; Morais, M.; Pusch, M.; Solimini, A.; Voreadou, C.; i Riera, J.L. (2003). Effects of point sources on nutrient dynamics across european streams with different degrees of human alteration. *51st Meeting of the North American Benthological Society*. Athens, Georgia, USA. 2003.

Martí, E.; Aumatell, J.; Godé, LI.; Poch, M.; i Sabater, F. (2004). Nutrient retention efficiency in streams receiving inputs from wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Quality*, 33 (1), pp: 285-293.

Martínez-Capel, F.; García de Jalón, D.; i Rodilla-Alama, M. (2003). Preference criteria for nose velocities: their implementation and influence on physical habitat simulation. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

McKenny, C. i Maxwell, H. (1999). *The Ecological Flow Requirements of the North Esk River*. Report Series WRA 99/11. Water Resource Assessment Unit, Resource Management and Conservation Division, DPIWE. Tasmània.

Mitchell, B. (1989). *Integrated Water Management*. Belhaven Press. London and New York.

Moth Iversen, T.; Kjeldsen, K.; Kristensen, P.; De Haan, B.; Van Oirschot, M.; Parr, W.; i Lack, T. (1997). *Integrated environmental assessment on eutrophication: a pilot study*. NERI Technical Report, N^o. 207.

N

Nebendahl, D. (1988). *Expert Systems. Introduction to the Technology and Applications*. John Wiley & Sons Limited. Berlín i München.

NIWA (1995). *Managing riparian zones: A contribution to protecting New Zealand's rivers and streams. Vol. 2 (Guidelines)*. NIWA. Department of Conservation Te Papa Atawhai, New Zealand.

NIWA (1998a). *WAIORA Water Allocation Impacts on River Attributes: Technical report on modelling*. Auckland Regional Council Technical Publication 93, Ministry for the environment, Hamilton, New Zealand.

NIWA (1998b). *WAIORA User Guide. Water Allocation Impacts on River Attributes (Version 1.1)*. Auckland Regional Council, NIWA, Hamilton, New Zealand.

O

Orlob, G.T. (ed.) (1982). *Mathematical modeling of water quality*. Wiley, Chichester.

Orth, D.J. i Leonard, P.M. (1990). Comparison of discharge methods and habitat optimisation for recommending instream flows to protect fish habitat. *Regulated Rivers: Research and Management*, 5, pp: 129-138.

P

Pazos Sierra, J. (1987). *Inteligencia artificial*. Paraninfo S.A. Madrid.

Peñarrocha, J.M. (1999). *Eliminació biològica de nitrogen i fòsfor en estacions depuradores. Metodologia per al calibratge dels paràmetres del procés*. Tesi doctoral. Facultat de Química. Departament d'Enginyeria Química. Universitat de València. València.

Petts, G.; Maddock, I.; Bickerton, M.; i Ferguson, A.J.D. (1995). Linking Hydrology and Ecology: The scientist basis for river management. Capítol 1 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England. pp: 1-16.

Poch, M. (1999). *Les qualitats de l'aigua. Monografies de Medi Ambient*. Ed. Rubes. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Poch, M.; Comas, J.; R-Roda, I.; Sànchez-Marrè, M.; i Cortés, U. (2004). Designing and building real environmental decision support systems. *Environmental Modelling and Software*, special issue: Artificial Intelligence and Environmental Sciences (in press).

Prat, N.; González, G.; i Millet, X. (1986). Comparación crítica de dos índices de calidad del agua ISQA y BILL. *Tecnología del agua*, 31, pp: 33-49.

R

R.-Roda, I. (1998). *Desenvolupament d'un protocol per a l'aplicació de sistemes basats en el coneixement a la gestió d'estacions depuradores d'aigües residuals urbanes*. Tesi doctoral. Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental, Departament d'Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària, Universitat de Girona. Girona.

R.-Roda, I.; Comas, J.; Colprim, J.; Poch, M.; Sànchez-Marrè, M.; Cortés, U.; Baeza, J. i Lafuente, J. (2002). A hybrid supervisory system to support wastewater treatment plant operation: implementation and validation, *Water Science and Technology*, 45(4-5), pp: 289-297.

Railsback, S.F. i Harvey, B.C. (2003). An individual-based trout model for instream flow assessment: validity, advantages and disadvantages. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Rauch, W.; Henze, M.; Koncsos, L.; Reichert, P.; Shanahan, P.; Somlyódy, L. i Vanrolleghem, P. (1998). River Water Quality Modelling: I. State of the Art. *Water Science and Technology*, 38 (11), pp: 237-244.

Rekolainen, S.; Grönroos, J.; Bärlund, I.; Nikander, A.; i Laine, Y. (1999). Modelling the impacts of management practices on agricultural phosphorus losses to surface waters of Finland. *Water Science and Technology*, 39(12), pp: 265-272.

Rich, E. (1983). *Artificial Intelligence*. McGraw-Hill.

Ridge, I.; Pillinger, J. i Walters, J. (1995). Alleviating the problems of excessive algal growth. Capítol 17 de: *The Ecological Basis for River Management*. Editat per Harper, D.M. and Ferguson, A.J.D. John Wiley & Sons Ltd., England, pp: 211-218.

Rizzoli, A.E. i Young, W.Y. (1997). Delivering Environmental Decision Support Systems: software tools and techniques. *Environmental Modelling and Software*, 12 (2-3), pp: 137-249.

Rolston, D.W. (1991). *Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*. McGraw-Hill, México.

Rousseau, A.N.; Mailhot, A.; Turcotte, R.; Duchemin, M.; Blanchette, C.; Roux, M.; Etong, N.; Dupont, J. ; i Villeneuve, J.P. (2000). GIBSI - An integrated modelling system prototype for river basin management. *Hydrobiologia*, 422/423, pp: 465-475.

Russell, S. i Norvig, P. (1996). *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

Ryding, S.-V. i Rast, W. (1992). *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*. Ed. Pirámide, S.A. UNESCO. Madrid.

S

Sabater, S.; Butturini, A.; Muñoz, I.; Romani, A.; Wray, J.; i Sabater, F. (1998). Effects of removal of riparian vegetation on algae and heterotrophs in a Mediterranean stream. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 6 (2), pp: 129-140.

Sabater, S.; Armengol, J.; Comas, E.; Sabater, F.; Urrizalqui, I.; i Urrutia, I. (2000). Algal biomass in a disturbed Atlantic river: water quality relationships and environmental implications. *The Science of the Total Environment*, 263, pp: 185-195.

Sabater, S.; Guasch, H.; Romani, A.; i Muñoz, I. (2002). The effect of biological factors on the efficiency of river biofilms in improving water quality. *Hydrobiologia*, 469, pp: 149-156.

Sabater, S.; Butturini, A.; Clement, J.-C.; Burt, T.; Dowrick, D.; Hefting, M.; Maître, V.; Pinay, G.; Postolache, C.; Rzepecki, M.; i Sabater, F. (2003). Nitrogen removal by riparian buffers along a European climatic gradient: patterns and factors of variation. *Ecosystems*, 6, pp: 20-30.

Sánchez, M.; Cortés, U.; Lafuente, J.; R.-Roda, I.; i Poch, M. (1996). DAI-DEPUR: a Distributed Architecture for Wastewater Treatment Plants Supervision. *Artificial Intelligence in Engineering*, 10(3), (1996), 275-285.

Sanz-Ronda, J. i Martínez-de-Azagra, A. (2003). Evaluation of different sampling strategies used to quantify stream habitat. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

- Sasikumar, K.; Mujumdar Kumar, P.P.; i A. Minocha V.K.** (1998). Fuzzy Optimization Model for Water Quality Management of a River System. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 124(2), pp: 79-87.
- Schmidt, G. i Otaola-Urrutxi, M.** (2002). *Aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, CEDEX. Madrid.
- Scholz, G.; VanLaarhoven, J.; Phipps, L.; Favier, D.; i Rixon, S.** (2002). Managing for river health - integrating watercourse management, environmental water requirements and community participation. *Water Science and Technology*, 45(11), pp: 209-213.
- Serra Prat, P.** (1993). *Desenvolupament d'un sistema basat en el coneixement per al control i supervisió de plantes depuradores d'aigües residuals urbanes*. Tesi doctoral. Facultat de Ciències ; Dept. De Química ; Unitat d'Enginyeria Química. Universitat Autònoma de Barcelona, pp: 25-44.
- Shanahan, P.; Henze, M.; Koncsos, L.; Rauch, W.; Reichert, P.; Somlyódy, L. i Vanrolleghem, P.** (1998). River Water Quality Modelling: II. Problems of the Art. *Water Science and Technology*, 38(11), pp: 245-252.
- Silver, M.S.** (1991). *Systems that support decision makers. Description and analysis*. John Wiley & Sons, England.
- Somlyódy, L.** (1997). Use of optimization models in river basin water quality planning. *Water Science and Technology* 36(5), pp: 209-218.
- Somlyódy, L.; Henze, M.; Koncsos, L.; Rauch, W.; Reichert, P.; Shanahan, P.; i Vanrolleghem, P.** (1998). River Water Quality Modelling: III. Future of the Art. *Water Science and Technology*, 38(11), pp: 253-260.
- Sterba, O.; Mekotova, J.; Krskova, M.; Samsonova, P.; i Harper, D.** (1997). Floodplain forests and river restoration. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6, pp: 331-337.
- Streeter, W.H. i Phelps, E.B.** (1925). *A study of the pollution and natural purification of the Ohio River*. Public Health Bulletin 146, U.S. Public Health Service, Washington D.C.
- Sunaryo, T.** (2000). Integrated management of the Brantas river basin: experiences of corporatisation. *Water 21*, December, pp: 40.

T

Tashiro, T. i Tsujimoto, T. (2003). Effect of exposure height of cobbles on sandy substratum on evaluation of micro-scale aquatic habitats. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Thandaveswara, B.S. i Sasikumar, N. (2000). Classification of river basins using artificial neural network. *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, 5(3), pp: 290-298.

Tompkins, M.R. i Herricks, E.E. (2003). PHABSIM analysis of a straight trapezoidal reach and a highly sinuous reach in a low-order agricultural stream in the midwest. *IFIM workshop*, Ft.Collins, Colorado, June 2-5, 2003.

Tuffery, G. i Davine, P.M. (1970). *Niveau faunistique le plus élevé, et indice de diversité biotique*. In: Diagnose écologique en cours d'eau á salmonidae. CECPI, Croacia, EIFAC.

Turban, E. (1992). *Expert systems and applied artificial intelligence*. Macmillan Publishing Company, USA.

U

UNESCO (1990). *El proceso de planificación de proyectos de recursos hídricos: un enfoque de sistemas*. Proyecto A 4.3 del Programa Hidrológico Internacional. Estudios e informes en hidrología. UNESCO. Bélgica.

V

Verneaux, J. i Tuffery, G. (1967). Une méthode de zoologie practice de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. *Annales scientifiques de l'université de Besaçon, Zoologie* 3, pp: 79-90.

W

Walley, W. J. i Fontama, V. N. (1998). Neural network predictors of average score per taxon and number of families at unpolluted river sites in Great Britain. *Water Research*, 32(3), pp: 613-622.

Wilson, N. (2002). Community-based stream conservation initiatives in British Columbia, Canada. *Water Science and Technology*, 45(11), pp: 171-175.

Woodiwis, F.S. (1964). The biological system of stream classification used by trent River Board. *Chemy. Indust.*, 11, pp: 443-447.

X

Xu, Z.; Ito, K.; Jinno, K.; i Kojiri, T. (1998). Development of a Decision Support System for Integrated Water Management in River Basins. *Lecture notes in computer science*. 11 th International conference on Industrial and engineering applications of artificial intelligence and expert systems 2 (1416), pp: 678-686.

Y

Young, W.J.; Farley, T.F.; i Davis, J.R. (1995). Nutrient management at the catchment scale using a decision support system, *Water Science and Technology* (River basin management for sustainable development), 32(5-6), pp: 277-282.

Z

Zhang, Q. i Stanley S.J. (1997). Forecasting raw-water quality parameters for the North Saskatchewan River by neural network modeling. *Water Research*, 31(9), pp: 2340-2350.

Legislació

Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment, *Official Journal L135, 1991-05-30, p. 40.*

Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrate from agricultural sources, *Official Journal L375, 1991-12-31, p. 1.*

Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption, *Official Journal L330, 1998-12-05.*

Decret 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el reglament dels serveis públics de sanejament, *DOGC n° 3894, 29.5.2003.*

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy, *Official Journal L327, 2000-10-23, P0001.*

Adreces d'internet

- <http://www.gencat.es/mediamb>
- <http://europa.eu.int/eur-lex/es/index.html>
- <http://www.eea.eu.int/>
- <http://www.river2d.ca>
- <http://www.mesc.usgs.gov/products/software/phabsim/phabsim.asp>
- <http://www.dpiwe.tas.gov.au>
- <http://www.fort.usgs.gov/conferences/ifimconf/Presentations.asp>
- <http://www.miliarium.com/>
- <http://www.bestmanniberica.com>

Annexos

ANNEX I: LEGISLACIÓ

Directiva 91/271/CEE del Consell, de 21 de maig de 1991, sobre el tractament de les aigües residuals urbanes:

El Consell adopta aquesta Directiva vista la necessitat d'establir unes normes en el tipus de tractament que han de patir les aigües residuals urbanes i de protegir el medi ambient de l'impacte potencial dels efluents tractats. La Directiva classifica l'aigua residual segons el seu origen i diferencia els tractaments segons el resultat final. Alhora, defineix l'eutrofització, tot introduint els conceptes de zona sensible i de tractament adequat.

La reutilització de l'aigua regenerada i dels fangs resultants esdevé una opció per a reduir els efectes negatius d'aquests sobre el medi ambient.

La reutilització i l'establiment d'uns límits d'abocament són opcions a la problemàtica prevista per la Directiva. D'aquesta manera estableix també una metodologia per al seguiment i avaluació dels tractaments de depuració i uns criteris per a la determinació de zones sensibles i menys sensibles.

Directiva 91/676/CEE del Consell, de 12 de desembre de 1991, relativa a la protecció de les aigües contra la contaminació produïda per nitrats utilitzats en l'agricultura:

Vist l'augment dels nitrats en les aigües d'algunes regions dels Estats Membres per l'ús excessiu de fertilitzants i la ramaderia intensiva, el Consell Europeu ha adoptat aquesta Directiva. L'objectiu de la Directiva és reduir la contaminació per nitrats d'origen agrari i actuar preventivament contra noves contaminacions d'aquest tipus. Per aquest motiu defineix els termes d'eutrofització, contaminació i zones vulnerables, entre d'altres. Cal puntualitzar que l'eutrofització considerada és només la causada per un excés de compostos nitrogenats en les aigües. Alhora, estableix els criteris d'identificació de les aigües afectades o que puguin ésser afectades en el futur i un codi de bones pràctiques agràries.

Directiva 98/83/EC del Consell, de 3 de novembre de 1998, relativa a la qualitat de l'aigua pel consum humà:

Amb l'objectiu d'adaptar la Directiva 80/778/CEE de 15 de juliol de 1980, relativa a la qualitat de les aigües destinades al consum humà, al progrés tecnològic i tècnic, el Consell Europeu adopta la Directiva 98/83/EC.

La Directiva remarca la necessitat d'establir unes normes bàsiques de qualitat de l'aigua destinada al consum humà a escala comunitària. D'aquesta manera es pretén protegir la salut

de les persones dels efectes adversos derivats de qualsevol tipus de contaminació d'aquestes aigües, garantint la seva salubritat i netedat. En aquesta línia la Directiva estableix els requisits mínims per a considerar una aigua salubre i neta (aigua que no conté cap tipus de microorganisme, paràsit o substància que en una quantitat o concentració determinada pugui suposar un perill per a la salut humana). Els requisits mínims vénen donats per una sèrie de paràmetres i valors paramètrics de qualitat. La Directiva únicament estableix el valor màxim permès d'aquests paràmetres, a partir dels quals es considera l'aigua no apta pel consum humà (per exemple, quan la concentració de nitrats és superior als 50 mg NO₃⁻/l). La Directiva també estableix els mètodes d'anàlisi a seguir per tal de determinar si una aigua és conforme o no als valors paramètrics corresponents.

Directiva 2000/60/EC del Parlament Europeu i del Consell, de 23 d'octubre de 2000, relativa a l'establiment d'un marc d'actuació comunitari en el camp de la política de l'aigua:

El Consell i el Parlament Europeus adopten la Directiva Marc de l'Aigua amb l'objectiu de mantenir i millorar l'estat de l'ambient aquàtic. En aquest sentit la Directiva pretén establir un marc conjunt d'actuació.

Punts importants a destacar són:

- Fa referència a la gestió integrada dins d'una mateixa conca fluvial. La unitat de treball és la conca.
- Fa referència al principi "qui contamina, paga".
- Reconeix la importància de les funcions de les zones d'aiguamolls.
- Defineix el concepte d'estat ecològic i d'estat de l'aigua superficial.
- Estableix l'objectiu d'assolir un bon estat ecològic de totes les aigües comunitàries.

Es defineix l'estat ecològic com una expressió de la qualitat de l'estructura i el funcionament dels ecosistemes aquàtics associats a les aigües superficials. Per tal d'aconseguir un bon estat ecològic de les aigües superficials els Estats Membres tenen l'obligació d'implementar una sèrie de mesures per a prevenir el deteriorament de l'estat d'aquestes aigües així com protegir-les, millorar-les i restaurar-les. D'altra banda, també hauran de reduir la seva contaminació de forma progressiva, eliminant o retirant de manera esglaonada emissions, descàrregues i pèrdues de contaminants.

Els elements de qualitat que permeten l'establiment de la classificació de l'estat ecològic en els rius són elements biològics (composició i abundància de la flora aquàtica i de la fauna invertebrada, abundància i estructura d'edats de les comunitats piscícoles), hidromorfològics (règim hidrològic, continuïtat fluvial i condicions morfològiques) i físico-químics. En els annexos V de la Directiva es troben un seguit de taules en els quals s'estableix l'equivalència del valor

de l'estat ecològic a un codi de color, essent blau pel valor "molt bo", verd pel valor "bo", groc pel valor "moderat", taronja pel valor "dolent" i vermell pel valor "molt dolent".

La Directiva també defineix els passos a seguir per a avaluar l'estat ecològic d'un cos d'aigua:

- Caracterització del tipus de cos d'aigua superficial: categorització del cos (si és un riu, un llac...) i establiment de la regió ecològica a la qual pertany.
- Identificació de les pressions antropogèniques:
 - Estimació i identificació de les fonts puntuals i difoses de contaminació
 - Estimació i identificació de les captacions d'aigua per a diversos usos
 - Estimació i identificació d'impactes causats per regulacions del cabal fluvial
 - Identificació de les alteracions morfològiques més rellevants del cos d'aigua
 - Estimació dels usos del sòl
 - Etc.
- Avaluació dels elements biològics, hidromorfològics i físico-químics de qualitat establerts per la Directiva.
- Comparació amb les taules d'estat ecològic.

En el cas que l'estat ecològic del cos d'aigua no sigui com a mínim bo, els Estats Membres hauran d'aplicar una sèrie de mesures per tal d'aconseguir-ho. Algunes de les mesures proposades són: instruments legislatius, econòmics o fiscals; control d'emissions; codis de bones pràctiques; creació i restauració d'aiguamolls; recàrrega artificial d'aqüífers, projectes educatius, de desenvolupament i de recerca...

ANNEX II: CÀLCUL DEL GRAU DE LA “ALTERACIÓ FLUVIAL”

La “alteració fluvial”

Indica el grau d'alteració hidrogeomorfològica, sovint d'origen antropogènic, d'un tram fluvial.

Es distingeixen dos tipus de “alteració fluvial”: la “alteració del llit fluvial” (fa referència al grau d'alteració del llit fluvial) i la “alteració de riba” (es refereix al grau d'alteració de la zona de riba i dels marges fluvials).

Càlcul del grau de la “alteració del llit fluvial” (DL)

L'equació utilitzada és l'equació 5.1:

$$DL = [3 \cdot TSR + 2 \cdot (S + CS + WV + SE + LT) + 1'5 \cdot (MC + DST) + 4 \cdot (P + DMM + DD) + A + M + B + MV + F + D] \cdot (100/168)$$

On,

TSR és el valor que s'assigna segons el tipus de tram fluvial

S és el valor que s'assigna segons el pendent del tram

CS és el valor que s'assigna segons la sinuositat del tram

WV és el valor que s'assigna segons la velocitat de l'aigua en el tram

SE és el valor que s'assigna segons la cobertura del substrat del llit fluvial

LT és el valor que s'assigna a la presència o no de troncs o elements semblants en el llit fluvial

MC és el valor que s'assigna al coeficient de Manning

DST és el valor que s'assigna al tipus de substrat dominant del llit fluvial

P és el valor que s'assigna a la presència o no de llacunes en el llit fluvial

DMM és el valor que s'assigna a la presència de salts d'aigua o de petites preses d'origen antròpic en el tram estudiat

DD és el valor que s'assigna a la presència de petits salts d'aigua o petites preses d'origen natural en el tram estudiat

A és el valor que s'assigna a la presència d'algues filamentoses

M és el valor que s'assigna a la presència de macròfits

B és el valor que s'assigna a la presència de biofilm

MV és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent als macroinvertebrats

F és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent als peixos

D és el valor que s'assigna al valor de l'índex biològic referent a les diatomees

En la següent taula es troben les relacions d'aquests paràmetres amb els corresponents valors assignats (per exemple, un tram amb el coeficient de Manning de 0'05 té un valor de MC igual a 3).

Taula II.1. Relació entre els paràmetres avaluats i els valors assignats pel càlcul de la DL

	Paràmetre	Valor assignat
Tipus de tram fluvial (TSR)	Cascada	2
	Pla	4
	Zones de ràpids i lents	5
	Trenat	3
Pendent del tram (S)	pendent \geq 4%	4
	1 \leq pendent < 4 %	3
	0'1 \leq pendent < 1 %	2
	pendent < 0'1 %	1
Sinuositat del tram (CS)	Recte	2
	Meandriforme	5
	Trenat	3
	Canalitzat (actuació humana)	1
Velocitat de l'aigua en el tram (WV)	Tram sec	1
	Aigua estancada (velocitat < 0'01 m/s)	2
	Baixa (0'01 \leq velocitat < 0'1 m/s)	5
	Moderada (0'1 \leq velocitat < 1 m/s)	4
	Alta (velocitat \geq 1 m/s)	1
Cobertura del substrat del llit fluvial (SE)	Exposada	2
	Parcialment submergida	5
	Totalment submergida	3
Presència o no de troncs o elements semblants en el llit fluvial (LT)	No presents	1
	Presència	3
	Abundant presència	5
Coeficient de Manning (MC)	Molt baix (coeficient < 0'04)	2
	Baix (0'04 \leq coeficient < 0'07)	3
	Moderat (0'07 \leq coeficient < 0'1)	4
	Alt (coeficient \geq 0'1)	5
Tipus de substrat dominant del llit fluvial (DST)	Roca mare	5
	Roques	5
	Còdols	4
	Graves / Sorres	3
	Llims / Argiles	2
	Formigó	1

Taula II.1. (Continuació) Relació entre els paràmetres i els valors assignats pel càlcul de la DL

	Paràmetre	Valor assignat
Presència o no de llacunes en el llit fluvial (P)	No presents	1
	Presència	4
	Abundant presència	5
Presència de salts d'aigua o de petites preses d'origen antròpic en el tram estudiat (DMM)	No present	5
	Una sola resclosa	3
	Diverses rescloses	2
	Presència d'una presa	1
Presència de petits salts d'aigua o petites preses d'origen natural en el tram estudiat (DD)	No present	5
	Una sola resclosa	3
	Diverses rescloses	2
	Presència d'una presa	1
Presència d'algues filamentoses (A)	No presència	5
	Presència	3
	Abundant presència	1
Presència de macròfits (M)	No presència	1
	Presència	3
	Abundant presència	5
Presència de biofilm (B)	No presència	1
	Presència	3
	Abundant presència	5
Valor de l'índex biològic referent als macroinvertebrats (MV) ¹	Categoria 1	1
	Categoria 2	2
	Categoria 3	3
	Categoria 4	4
	Categoria 5	5
Valor de l'índex biològic referent als peixos (F) ¹	Categoria 1	1
	Categoria 2	2
	Categoria 3	3
	Categoria 4	4
	Categoria 5	5
Valor de l'índex biològic referent a les diatomees (D) ¹	Categoria 1	1
	Categoria 2	2
	Categoria 3	3
	Categoria 4	4
	Categoria 5	5

¹ Per qualsevol índex biològic, la categoria 1 correspon a la pitjor categoria de l'índex i la categoria 5, a la millor.

Una vegada s'ha calculat la DL, es compara el valor obtingut amb la següent equivalència, a partir de la qual es determina si el llit fluvial del tram avaluat pateix algun tipus d'alteració hidrogeomorfològica:

Taula II.2. Equivalència entre el valor de la DL, l'estat del llit fluvial i el grau d'alteració d'aquest

Valor de la DL	Estat del llit fluvial	Grau d'alteració del llit fluvial	Color
0 < DL =< 25	Molt dolent	Molt alt	Red
25 < DL =< 45	Dolent	Alt	Orange
45 < DL =< 60	Moderat	Moderat	Yellow
60 < DL =< 85	Bo	Baix	Green
DL > 85	Molt bo	Molt baix	Blue

Tal i com es menciona en l'apartat 6.1.3, segons aquests resultats la "alteració fluvial" pot ésser determinada com una causa o no. En aquest cas, si la DL és inferior o igual a 45, aquesta és considerada com una de les causes del problema detectat.

Pel càlcul del grau de la "alteració de riba" (DR)

L'equació utilitzada és l'equació 5.2:

$$DR = \{[3 \cdot TRV + 2 \cdot RVZW + CC + 0'5 \cdot (SP + FC)] \cdot RB\} \cdot (100/167'5)$$

On,

TRV és el valor que s'assigna segons el tipus de vegetació de riba

RVZW és el valor que s'assigna segons l'amplada de la zona de riba vegetada

CC és el valor que s'assigna segons la cobertura del sòl

SP és el valor que s'assigna segons la permeabilitat del sòl

FC és el valor que s'assigna segons les característiques freàtiques del tram avaluat

RB és el valor que s'assigna segons l'estat dels marges fluvials i de la riba






En la taula II.3 es troben les relacions entre els diferents paràmetres i els corresponents valors assignats.

Una vegada s'ha calculat la DR, es compara el valor obtingut amb l'equivalència de la taula II.4, a partir de la qual es determina si la zona de riba del tram avaluat pateix algun tipus d'alteració hidrogeomorfològica. Segons els resultats, la DR és considerada una de les causes del problema detectat quan aquesta es igual o inferior a 45.

Taula II.3. Relació entre els paràmetres avaluats i els valors assignats pel càlcul de la DR

Paràmetre		Valor assignat
Tipus de vegetació de riba (TRV)	Herba	2
	Macròfits emergents	3
	Vegetació autòctona	5
	Vegetació al·lòctona (dominant)	2
	Plantacions (dominants)	3
Amplada de la zona de riba vegetada (RVZW)	Adequada	5
	Lleugerament alterada	4
	Moderadament alterada	2
	Molt alterada	1
Cobertura del sòl (CC)	Oberta (ombra nul·la)	1
	Ombra parcial	4
	Ombra total	2
Permeabilitat del sòl (SP)	Alta	5
	Moderada	3
	Baixa	2
Característiques freàtiques del tram avaluat (FC)	Saturat	4
	Insaturat	2
Estat dels marges fluvials i de la riba (RB)	Mur	1
	Escullera	1
	Gabions	1
	Lleugerament modificat	3
	No modificat	5

Taula II.4. Equivalència entre el valor de la DR, l'estat de la zona de riba i el grau d'alteració d'aquesta

Valor de la DR	Estat de la zona de riba	Grau d'alteració de la zona de riba	Color
$0 < DR \leq 25$	Molt dolent	Molt alt	
$25 < DR \leq 45$	Dolent	Alt	
$45 < DR \leq 60$	Moderat	Moderat	
$60 < DR \leq 85$	Bo	Baix	
$DR > 85$	Molt bo	Molt baix	

ANNEX III: TAULES D'ACTUACIONS

Es trobaren un total de 77 actuacions per tal de solucionar o minimitzar els problemes avaluats en el SE (eutrofització, excés de nitrogen, excés de matèria orgànica, anòxia i salinitat). Aquestes es troben recollides en una gran matriu del tipus ACCESS.

Una vegada el sistema ha diagnosticat l'estat del tram i n'ha detectat les causes, el sistema dóna a l'usuari una sèrie d'estratègies de gestió a aplicar. Degut a què en la matriu es troben totes les actuacions juntes, en un format poc agradable per a l'usuari, el sistema recull i presenta les actuacions adients per a cada cas en forma de taula, en funció de l'escala de treball i la categoria.

- L'escala de treball pot ésser a nivell de conca o sub-conca, a nivell de zona de riba i a nivell de llera del riu
- La categoria fa referència al paràmetre que es veu afectat per l'actuació. Es diferencien 5 categories:
 - Hidrogeomorfologia (agrupa accions que afecten a la hidràulica, la geologia i la morfologia del riu)
 - Aspectes químics (agrupa accions relacionades amb la gestió de les fonts d'origen puntual com ara la reducció de concentracions i d'emissions)
 - Biota (agrupa accions que afecten a la gestió de la biota)
 - Bones pràctiques (agrupa propostes de bones pràctiques per a reduir els efectes de les fonts difoses com ara mitjançant la regulació, la legislació o la política)
 - Hidrologia (agrupa accions per a gestionar el règim del cabal i la velocitat de l'aigua)

Les taules que el SE presenta per a cada cas són les següents, assenyalant per a cada tipus de diagnosi les actuacions vàlides:

Taula III.1. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una EDAR (urbana o industrial)

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Optimitzar el tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació del fòsfor en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.1)	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.2. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'efluent d'una indústria (sense tractament)

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Recollida i posterior tractament de les aigües residuals de la indústria amb l'objectiu d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aquelles indústries que tenen productes a l'aire lliure sense cap mena de protecció (teulats...): posar-los a recés i/o recollir les aigües de pluja	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòduls poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.2)	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.3. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és una àrea urbana sense EDAR

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Recollir i tractar les aigües residuals de les àrees urbanes per tal d'evitar el seu abocament al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'antics meandres abandonats per tal d'assegurar-hi entrades esporàdiques i periòdiques de l'aigua fluvial. Aquesta actuació és molt interessant en llocs on s'han dut a terme activitats d'extracció d'àrids	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.3)	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.4. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és l'activitat agrícola

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona gestió de la transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recol·lecció i posterior tractament i/o reutilització de l'aigua de pluja provinent de l'escorrentia dels camps agrícoles per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoure incentius econòmics en les activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per a prevenir la seva erosió deguda a l'activitat agrícola	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Educar als pagesos de l'ús adequat dels fertilitzants (programa educatiu)	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes o basses en la plana al·luvial	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'antics meandres abandonats per tal d'assegurar-hi entrades esporàdiques i periòdiques de l'aigua fluvial. Aquesta actuació és molt interessant en llocs on s'han dut a terme activitats d'extracció d'àrids	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Incrementar la deposició de sediments mitjançant l'ús, per exemple, d'esculleres artificials de coco (són unes esculleres vegetades que generen nova vegetació i no creen turbulències com les d'obra civil) (www.bestmanniberica.com)	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes permanents i llacunes estacionals (generades a partir d'avingudes) al llarg de la zona de riba i dels marges fluvials	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.4)	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar la llum solar mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és suficient com a filtre físic del fòsfor provinent de les escorrenties i de l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una ampla de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per a prevenir l'erosió en les pràctiques agrícoles	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si hi ha camps agrícoles al llarg de tot el riu, prevenir l'escorrentia directa des d'aquests	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.4)	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Bona gestió de la transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Biomaniplació amb espècies natives (especialment on les aigües siguin somes)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III. 5. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és la "alteració del llit fluvial"

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona gestió de la transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar la llum solar mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.6. Llista d'actuacions pel problema de l'eutrofització quan la causa és la "alteració de la riba"

(on He = hipereutrofització; Ee = elevada eutrofització; Em = eutrofització moderada; Be = baixa eutrofització)

Actuació	Escala de treball	Categoria	He	Ee	Em	Be
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar la llum solar mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és suficient com a filtre físic del fòsfor provinent de les escorrenties i de l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una ampla de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.7. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'efluent d'una EDAR (urbana o industrial)

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Optimitzar el tractament de desnitrificació en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament de nitrificació en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació del nitrogen en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació del nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament d'eliminació del nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes en la plana al·luvial	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per a afavorir la desnitrificació natural	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció d'un canal vegetat paral·lel al riu (quan l'EDAR no nitrifica)	Zona de riba	Biota	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbusts de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes i de llacunes d'inundació al llarg de la zona de riba on la desnitrificació pot donar-se	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.7)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per a afavorir la desnitrificació natural	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir el processó d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir els processos de nitrificació jugar amb la concentració de l'OD (per exemple, creant ràpids o fent més estret el canal fluvial)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incrementar la zona hiporreica (zona on es dona la desnitrificació)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promocionar la colonització de macròfits	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.7)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres, entre d'altres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls i torberes. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.8. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'efluent d'una indústria (sense tractament)

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Recollida i posterior tractament de les aigües residuals de la indústria amb l'objectiu d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aquelles indústries que tenen productes a l'aire lliure sense cap mena de protecció (teulats...): posar-los a recés i/o recollir les aigües de pluja	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes en la plana al·luvial	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes i de llacunes d'inundació al llarg de la zona de riba on la desnitrificació pot donar-se	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.8)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Incrementar la zona hiporreica (zona on es dona la desnitrificació)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres, entre d'altres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.8)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Promocionar la colonització de macrófits	Lit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.9. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és una àrea urbana sense EDAR

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Recollir i tractar les aigües residuals de les àrees urbanes per tal d'evitar el seu abocament al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recollida i posterior tractament de les aigües negres (del rentat dels carrers... i de la pluja) per tal de prevenir el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes en la plana al·luvial	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per tal d'afavorir la desnitrificació natural	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes temporals i permanents al llarg de la zona de riba i dels marges fluvials per tal d'afavorir la desnitrificació natural	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'antics meandres abandonats per tal d'assegurar-hi entrades esporàdiques i periòdiques de l'aigua fluvial. Aquesta actuació és molt interessant en llocs on s'han dut a terme activitats d'extracció d'àrids (en el mateix riu)	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbusts de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes i de llacunes d'inundació al llarg de la zona de riba on la desnitrificació pot donar-se	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.9)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Replantació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per a afavorir la desnitrificació natural	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir els processos de nitrificació jugar amb la concentració de l'OD (per exemple, creant ràpids o fent més estret el canal fluvial)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Restaurar la geomorfologia del riu per tal d'incrementar el temps de residència hidràulic i així afavorir els processos d'eliminació del nitrogen	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.9)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres, entre d'altres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incrementar la zona hiporreica (zona on es dona la desnitrificació)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres, entre d'altres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promocionar la colonització de macròfits	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.10. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recol.lecció i posterior tractament i/o reutilització de l'aigua de pluja provinent de l'escorrentia dels camps agrícoles per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recol.lecció i posterior tractament de l'aigua provinent de les granges de bestiar per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Evitar la presència i accés del bestiar en els marges fluvials	Conca-Subconca	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Educar als pagesos de l'ús adequat dels fertilitzants (programa educatiu o informatiu)	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per a prevenir la seva erosió deguda a l'activitat agrícola	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoure incentius econòmics en els activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar mecanismes polítics	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Reduir el nombre de granges pròximes al riu seria una bona solució	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes en la plana al·luvial	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per a afavorir la desnitrificació natural	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes temporals i permanents al llarg de la zona de riba i dels marges fluvials per tal d'afavorir la desnitrificació natural	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.10)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Recuperació d'antics meandres abandonats per tal d'assegurar-hi entrades esporàdiques i periòdiques de l'aigua fluvial. Aquesta actuació és molt interessant en llocs on s'han dut a terme activitats d'extracció d'àrids	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incrementar la deposició de sediments mitjançant l'ús, per exemple, d'esculleres artificials de coco (esculleres vegetades que generen nova vegetació i no creen turbulències com les d'obra civil) (www.bestmanniberica.com)	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar la presència de llacunes i de llacunes d'inundació al llarg de la zona de riba on la desnitrificació pot donar-se	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Replantació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aquífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.10)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 metres) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb capacitat de retenció mitjana. Adequat per a usos del sòl extensius on pot donar-se escorrentia superficial cap el riu. L'àrea hauria de tenir una amplada mínima de 5 metres.	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb gespa i estat herbari. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat quan és necessària una capacitat de retenció mitjana o baixa. Es recomana afegir-hi arbustos per a la protecció del vent	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb arbustos d'alçada superior als 1.5 m. És adequat per a reduir l'accés del bestiar de pastura o dels humans al riu. Té una funció de manteniment de distàncies. També redueix les emissions de les aplicacions de fertilitzants i pesticides. Per tal d'assegurar una funció de distància és recomenat utilitzar plantes altament resistents i amb punxes	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si hi ha cultius al llarg del riu, prevenir l'escorrentia directa mitjançant l'orientació dels cultius	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per tal de prevenir l'erosió d'aquest en les activitats agrícoles	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de llacunes i/o petites preses per a afavorir la desnitrificació natural	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.10)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir els processos de nitrificació jugar amb la concentració de l'OD (per exemple, creant ràpids o fent més estret el canal fluvial)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Restaurar la geomorfologia del riu per tal d'incrementar el temps de residència hidràulic	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminar esculleres	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ampliar la zona d'inundació mitjançant el moviment de dics i esculleres més enllà del riu. D'aquesta manera els rius poden desenvolupar la seva pròpia dinàmica fluvial (per exemple, creació de nous meandres)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incrementar la zona hiporreica (zona on es dona la desnitrificació)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls, torberes i <i>buffer strips</i> amb arbres, entre d'altres. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús dels macròfits com a sistema d'autodepuració de l'aigua degut al consum del nitrogen i el fòsfor. Promocionar la seva colonització. Però alerta, cal recollir la matèria vegetal sintetitzada per tal de prevenir la seva descomposició en l'aigua i evitar així el consum d'OD	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Per tal d'afavorir la desnitrificació en la columna d'aigua afavorir zones d'aiguamolls i torberes. Cal tenir en compte, però, que els rius guixencs poden tenir molts problemes per aconseguir la seva autodepuració.	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promocionar la colonització de macròfits	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.11. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és la "alteració del llit fluvial"

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'antics meandres abandonats per tal d'assegurar-hi entrades esporàdiques i periòdiques de l'aigua fluvial. Aquesta actuació és molt interessant en llocs on s'han dut a terme activitats d'extracció d'àrids	Zona de riba	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Restaurar la geomorfologia del riu per tal d'incrementar el temps de residència hidràulic	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminar esculleres	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ampliar la zona d'inundació mitjançant el moviment de dics i esculleres més enllà del riu. D'aquesta manera els rius poden desenvolupar la seva pròpia dinàmica fluvial (per exemple, creació de nous meandres)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.12. Llista d'actuacions pel problema d'excés de nitrogen quan la causa és la "alteració de la riba"

(on En = excés de nitrat molt greu / excés de nitrat greu; Ena = combinacions de nitrat i amoni; Enm = combinacions de nitrat i amoníac; Pn = excés de nitrat moderat; Pa = excés d'amoni moderat; Ea = excés d'amoni molt greu / excés d'amoni greu; Em = amoníac superior als 0'02 mg/l)

Actuació	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 metres) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.12)	Escala de treball	Categoria	En	Ena	Enm	Pn	Pa	Ea	Em
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb capacitat de retenció mitjana. Adequat per a usos del sòl extensius on pot donar-se escorrentia superficial cap el riu. L'àrea hauria de tenir una amplada mínima de 5 metres.	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb gespa i estat herbari. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat quan és necessària una capacitat de retenció mitjana o baixa. Es recomana afegir-hi arbustos per a la protecció del vent	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb arbustos d'alçada superior als 1.5 m. És adequat per a reduir l'accés del bestiar de pastura o dels humans al riu. Té una funció de manteniment de distàncies. També redueix les emissions de les aplicacions de fertilitzants i pesticides. Per tal d'assegurar una funció de distància és recomenable utilitzar plantes altament resistents i amb punxes	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminar esculleres	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ampliar la zona d'inundació mitjançant el moviment de dics i esculleres més enllà del riu. D'aquesta manera els rius poden desenvolupar la seva pròpia dinàmica fluvial (per exemple, creació de nous meandres)	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.13. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'efluent d'una EDAR (urbana o industrial)

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Optimitzar el tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implementar el tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament biològic en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar el tractament biològic en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Replaciació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.13)	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.14. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'efluent d'una indústria (sense tractament)

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Recollida i posterior tractament de les aigües residuals de la indústria per tal d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aquelles indústries que tenen productes a l'aire lliure sense cap mena de protecció (teulats...): posar-los a recés i/o recollir les aigües de pluja	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Replaciació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.14)	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.15. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és una àrea urbana sense EDAR

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Recollida i posterior tractament de les aigües residuals de les àrees urbanes per tal d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recollida i posterior tractament de les aigües negres (aigua de pluja, neteja dels carrers...) per tal d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Replaciació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aquífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.15)	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.16. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recollida i posterior tractament i/o reutilització de l'aigua de pluja provinent de l'escorrentia dels camps agrícoles per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recol·lecció i posterior tractament de l'aigua residual provinent de les granges per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Educar els pagesos sobre l'ús adequat dels fertilitzants (programa informatiu i/o educatiu)	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per tal de prevenir la seva erosió en les activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure incentius econòmics en les activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar mecanismes polítics	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reduir el nombre de granges pròximes al riu seria una solució molt adequada	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.16)	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòduls poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és un bon filtre físic de les escorrenties i l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si hi ha camps agrícoles al llarg del riu, prevenir l'escorrentia directa des d'aquests	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per a prevenir l'erosió en les pràctiques agrícoles	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biomanipulació amb espècies natives (especialment on les aigües siguin somes)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.17. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és la "alteració del llit fluvial"

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.18. Llista d'actuacions pel problema d'excés de matèria orgànica quan la causa és la "alteració de la riba"

(on Mod = excés de matèria orgànica molt greu / excés de matèria orgànica greu ; Pmod = excés de matèria orgànica moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Mod	Pmod
Modificar el medi lluminós mitjançant la cobertura de la riba (en aquest cas només es manté la situació, evitant que aquesta empitjori degut al consum de l'OD)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i sotabosc. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Replaciació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i generació d'ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és un bon filtre físic de les escorrenties i l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difuses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.19. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és l'efluent d'una EDAR (urbana o industrial)

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Optimitzar el tractament d'eliminació de nutrients de l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació de nutrients en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament biològic de l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament biològic en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament primari de l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implementar un tractament primari en l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.19)	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.20. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és l'efluent d'una indústria (sense tractament)

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Recollida i posterior tractament de les aigües residuals de la indústria amb l'objectiu d'evitar el seu abocament en el riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aquelles indústries que tenen productes a l'aire lliure sense cap mena de protecció (teulats...): posar-los a recés i/o recollir les aigües de pluja	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Re població de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aquífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquestes fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.20)	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	☒	☒	☒
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	☒	☒	☒
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	☒	☒	☒

Taula III.21. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és una àrea urbana sense EDAR

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Recollir i tractar les aigües residuals de les àrees urbanes per tal d'evitar el seu abocament al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.21)	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.22. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és l'activitat agrícola i/o la pastura

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recollida i posterior tractament i/o reutilització de l'aigua de pluja provinent de l'escorrentia dels camps agrícoles per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recol·lecció i posterior tractament de l'aigua residual provinent de les granges per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per tal de prevenir la seva erosió en les activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure incentius econòmics en les activitats agrícoles	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desenvolupar mecanismes polítics	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reduir el nombre de granges pròximes al riu seria una solució molt adequada	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Educar als pagesos de l'ús adequat dels fertilitzants (programa informatiu i/o educatiu)	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Actuació (continuació taula III.22)	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòduls poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és un bon filtre físic de les escorrenties i l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Si hi ha camps agrícoles al llarg del riu, prevenir l'escorrentia directa des d'aquests	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoure bones pràctiques de gestió del sòl per a prevenir l'erosió en les pràctiques agrícoles	Zona de riba	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creació de ràpids i construcció de petits salts d'aigua per tal d'incrementar l'OD de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de deflectors en rius amb elevades variacions de cabal per tal de delimitar el llit fluvial i així evitar la dispersió de l'aigua en una làmina excessivament fina. D'aquesta manera s'aconsegueix una major profunditat i una major velocitat de l'aigua a l'estiu, evitant l'escalfament i problemes d'estancament de l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Construcció de petites preses amb l'objectiu d'incrementar l'OD de l'aigua i reduir els processos d'erosió	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Col·locació de pedres o altres elements semblants en el llit fluvial per tal d'augmentar la concentració de l'OD en l'aigua	Llit fluvial	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Biomanipulació amb espècies autòctones (tècnica utilitzada en aigües somes)	Llit fluvial	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Taula III.23. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és la "alteració del llit fluvial"

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Eliminació de rescloses i petites preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bona transferència de l'aigua mitjançant el temps de residència hidràulic o mitjançant una bona gestió forestal	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.24. Llista d'actuacions pels problemes de l'anòxia quan la causa és la "alteració de la riba"

(on Ana = Anòxia molt greu; Ano = Anòxia greu; Pano = Anòxia moderada)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Ana	Ano	Pano
Repoblació de la vegetació de la riba plantant espècies autòctones típiques dels trams baixos i mitjans del riu. D'aquesta manera augmenta la superfície d'aquests hàbitats i complementa les funcions del riu: recàrrega dels aqüífers, hàbitat per a la flora i la fauna i ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recuperació d'una vella plana al·luvial	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clavada d'estaques vives de salze o vimetera (<i>estaquillado</i>) per tal d'obtenir un filtre verd i ombra. En el cas que els marges fluvials pateixin erosió, és millor utilitzar les anomenades <i>empalizadas</i>	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ús de les <i>empalizadas</i> com a filtres verds i per tal d'obtenir ombra	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fustes o arbres i estrat herbaci. Aquest mòdul poden ésser implementats directament en les ribes per tal d'incrementar la protecció del vent, proporcionar més ombra i reduir el potencial d'erosió dels marges fluvials. Per a la protecció del vent es necessita l'ús d'una barreja d'arbres petits i arbustos de diferents alçades	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenvolupar un <i>buffer strip</i> amb fileres d'arbres però sense buits entre aquests fileres d'arbres. Aquest mòdul hauria de ser utilitzat si es necessita proporcionar al riu ombra i si cal protegir-lo del vent (en rius d'amplada mitjana superior als 2 m)	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Afegir <i>buffer strips</i> : l'herba, per exemple, és un bon filtre físic de les escorrenties i l'erosió	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar que hi hagi herba (una amplada de 5-10 m) prop dels marges fluvials i evitar qualsevol pràctica agrícola en aquest lloc. L'herba frena l'entrada de les fonts difoses	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Procurar àmplies zones de riba, ja que són un bon filtre de les entrades agrícoles	Zona de riba	Biota	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.25. Llista d'actuacions pel problema de salinitat quan la causa és l'efluent d'una EDAR urbana

(on Hs = hipersalinitat / salinitat)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Hs
Eliminació de preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació de sals en l'EDAR: osmosi inversa, ultrafiltració, adsorció per carbó actiu...	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Optimitzar el tractament d'eliminació de sals de l'EDAR	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>

Taula III.26. Llista d'actuacions pel problema de salinitat quan la causa és l'efluent d'una indústria o d'una extracció d'àrids

(on Hs = hipersalinitat / salinitat)

Actuació	Escala de treball	Categoria	Hs
Eliminació de preses	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en d'altres rius	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Eliminació de transvasaments en el mateix riu	Conca-Subconca	Hidrogeomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/>
Recol·lecció i posterior de les aigües residuals de la indústria per tal d'evitar la seva entrada al riu sense haver rebut cap tipus de tractament	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Millores en el tractament de les sals en l'EDAR de la indústria o de l'extracció d'àrids: osmosi inversa	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Millores en el tractament de les sals en l'EDAR de la indústria o de l'extracció d'àrids: ultrafiltració	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Millores en el tractament de les sals en l'EDAR de la indústria o de l'extracció d'àrids: adsorció per carbó actiu	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Implementar un tractament d'eliminació de sals de l'efluent en la indústria o extracció d'àrids responsable	Conca-Subconca	Aspectes químics	<input checked="" type="checkbox"/>
Aquelles indústries que tenen productes a l'aire lliure sense cap mena de protecció (teulats...): posar-los a recés i/o recollir les aigües de pluja	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>
Promoció de programes educatius dirigits a la població (gent del sector contaminant, televisió, escoles...) com a eina preventiva. Un canvi d'usos del sòl seria necessari	Conca-Subconca	Bones pràctiques	<input checked="" type="checkbox"/>

