

CONSORCI DE LA COSTA BRAVA

**SEGUIMENT DE LA QUALITAT DE LES AIGÜES
A LA ZONA DEL PARC NATURAL DELS
AIGUAMOLLS DE L'ALT EMPORDÀ**

Informe de Síntesi

Resum executiu

Consorti de la Costa Brava

Estudi emmarcat dins del Projecte de Restauració Ambiental al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà i finançat en un 80% pels Fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi Ambient de la Unió Europea

Girona, Juliol de 1998

Coordinació treballs: Serveis Tècnics CCB

*Investigadors principals dels equips de recerca i seguiment
(per ordre alfabètic)*

Joan Bach¹
Joan Garcia²
Eduard Marquès³
Ramon Moreno-Amich⁴
Rafael Mujeriego²
Xavier Quintana^{3,4}
Victòria Salvadó⁵

¹ Unitat de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia, Dept. de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona

² Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental, Dept. d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental
Universitat Politècnica de Catalunya

³ Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i del Baix Ter

⁴ Secció de Limnologia de l'Institut d'Ecologia Aquàtica, Universitat de Girona

⁵ Unitat de Química Analítica, Dept. de Química, Universitat de Girona

ÍNDEX

Presentació.....	pàg. 1
Introducció.....	pàg. 3
La zona d'estudi.....	pàg. 4
Resum de resultats i conclusions.....	pàg. 8
Valoracions finals i recomanacions.....	pàg. 13
Agraïments.....	pàg. 18
Bibliografia.....	pàg. 19

PRESENTACIÓ

A inicis de 1995, el Consorci de la Costa Brava (CCB) va sol·licitar al Fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi Ambient (FIMMA) de la Unió Europea un seguit d'ajudes per a impulsar la reutilització planificada de les aigües residuals regenerades en l'àmbit d'actuació d'aquest Organisme. En aquesta primera proposta es va presentar el projecte de restauració ambiental al Parc dels Aiguamolls de l'Alt Empordà amb l'aigua de l'EDAR d'Empuriabrava, definit d'acord amb la Direcció del Parc. La proposta presentada a la UE incloïa, a més, una dotació específica per a la realització d'investigació aplicada en temes de reutilització dels subproductes de les EDAR. A primers del mes d'abril de 1996 es va conèixer la resolució final de la Unió Europea, que va aprovar ambdues propostes, amb un percentatge de financiació d'un 80%.

Atès l'estricta caràcter ambiental de les ajudes atorgades pel FIMMA al CCB, especialment pel que fa a l'esmentat projecte de restauració ambiental al Parc dels Aiguamolls de l'Alt Empordà amb l'aigua de l'EDAR d'Empuriabrava, la investigació aplicada que s'ha dut a terme ha consistit en la realització d'un estudi exhaustiu d'avaluació de la qualitat de les aigües en la zona del PNAE durant un cicle anual. Aquest estudi ha permès no només crear una base de dades de qualitat de les aigües d'una cinquantena de punts d'aquesta zona, incloent-hi les aigües subterrànies, sinó que a més ha servit per definir les característiques del sistema en el moment zero, és a dir, abans de l'entrada en funcionament del projecte de restauració ambiental.

Aquest text és el document de síntesi dels estudis realitzats pels diferents grups de treball, alhora que presenta les conclusions extretes des dels propis Serveis Tècnics del Consorci de la Costa Brava sobre l'estat dels recursos hídrics d'aquesta zona de cara a preservar-ne la qualitat i, en els casos que sigui possible, millorar-ne la gestió.

Institucions que han participat en l'estudi

Per a la realització d'aquest estudi, el CCB va formalitzar, durant el primer semestre de 1996 i per un import total proper als 18 milions i mig de pessetes, diversos convenis amb departaments universitaris i grups de treball amb experiència reconeguda en la temàtica a tractar, amb els quals es va dissenyar l'abast de l'estudi. A continuació es presenta una relació de les institucions amb les que es van establir els esmentats convenis, els quals han donat com a fruit els treballs que, agrupats sota el títol comú de *Seguiment de la Qualitat de les Aigües a la Zona del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà*, constitueixen la base sobre la que s'ha elaborat el present document de síntesi. Els departaments universitat i institucions que han participat en l'estudi són:

1. *Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i Baix Ter* (SCM), sota la direcció del Sr. Eduard Marquès i del Dr. Xavier Quintana (direcció de Recerca), que s'ha encarregat de recollir totes les mostres i de realitzar les lectures dels nivells d'aigua en diferents punts, per a poder realitzar estimacions del cabal dels diferents recs i amb les quals poder establir uns primers balanços de nutrients en el sistema. El SCM també ha realitzat la determinació d'alguns dels paràmetres mitjançant sondes, com és el cas de la conductivitat elèctrica, el pH o la concentració d'oxigen, així com la determinació i recompte de macroinvertebrats com a bioindicadors de la qualitat de les aigües. L'estudi *Seguiment de la Composició de la Comunitat d'Invertebrats Aquàtics en la Zona del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*, ha estat realitzat per l'equip del SCM en estreta col·laboració amb la Secció de Limnologia de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona, actuant com a investigadors principals els doctors Xavier Quintana i Ramon Moreno-Amich.

2. ***Secció de Limnologia de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona***, sota la direcció del Dr. Ramon Moreno-Amich. L'estudi *Monitorització de la Qualitat Ecològica de les Aigües en la Zona del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*, realitzat pels doctors Ramon Moreno-Amich i Xavier Quintana com a investigadors principals, avalua l'estat d'eutrofització dels diversos ecosistemes dins la zona d'estudi, mesurant les concentracions de nutrients i de matèria orgànica, tant en aigües com en sediments, i realitzant un seguiment de les poblacions de diatomees com a bioindicadors de la qualitat de les aigües.
3. ***Unitat de Química Analítica del Departament de Química de la Universitat de Girona***, sota la direcció de la Dra. Victòria Salvadó, que ha realitzat la caracterització química de les aigües, incloent les determinacions de cations i anions, de metalls pesants i de microcontaminants orgànics (PCBs, herbicides, pesticides), tant en aigües com en sediments i en teixits de peixos. Aquests resultats es presenten en l'estudi titulat *Avaluació de la Qualitat Química de les Aigües Superficials, Subterrànies, Sediments i Peixos del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*.
4. ***Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental del Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya***, sota la direcció del Dr. Rafael Mujeriego, que ha realitzat l'estudi titulat *Avaluació de la Qualitat Bacteriològica de les Aigües Superficials i Subterrànies del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà*, amb els doctors Rafael Mujeriego i Joan Garcia com a investigadors principals. En aquest estudi s'ha dut a terme una caracterització de la qualitat de les aigües a partir dels recomptes de microorganismes indicadors de contaminació fecal en els diversos punts de mostreig prèviament seleccionats. Paral·lelament, aquest grup de treball ha realitzat l'estudi titulat *Eliminació de Nutrients a l'EDAR d'Empuriabrava: Implicacions sobre el Funcionament de l'Aiguamoll Construït*, que ha servit per al dimensionament d'aquesta instal·lació.
5. ***Unitat de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia, Departament de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona***, sota la direcció del Dr. Joan Bach, que ha realitzat el control de la qualitat de les aigües subterrànies en la zona del PNAE propera a on s'ha construït el sistema d'aiguamolls per a l'eliminació de nutrients en l'aigua de sortida de l'EDAR d'Empuriabrava. També ha dut a terme un estudi lisimètric per tal de valorar el paper del sòl com a element de millora de la qualitat de l'aigua durant el procés d'infiltració. Aquests estudis han estat titulats, respectivament, *Avaluació de la Qualitat de les Aigües Subterrànies del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà* i *Avaluació de la Qualitat de les Aigües d'Infiltració mitjançant experiències lisimètriques*.

L'actuació dels Serveis Tècnics del CCB, a través del Sr. Lluís Sala, ha consistit en seguir l'evolució de l'estudi a mesura que s'anava desenvolupant, així com coordinar la transmissió d'informació i la redacció dels informes entre els diferents grups de treball. La redacció de l'Informe de Síntesi i del present document, el Resum Executiu, també ha corregut totalment a càrrec dels Serveis Tècnics del CCB.

INTRODUCCIÓ

Un dels instruments més adients per determinar la qualitat mediambiental d'un territori és el d'avaluar la qualitat de les seves aigües. Les aigües no només són un component cabdal de la majoria d'ecosistemes de les nostres terres, sinó que a més són utilitzades pels humans des de temps immemorials per a evacuar els seus residus, per a transportar-los lluny del punt on es generen aprofitant els fluxes d'aigua que s'estableixen entre la capçalera dels rius i la seva desembocadura. Afortunadament per a l'home, els rius disposen d'una certa capacitat de metabolització dels residus orgànics, l'anomenada autodepuració, per a la qual cosa no ha estat fins entrat el segle XX, quan la concentració de la població en ciutats s'ha accentuat de forma dràstica (US EPA, 1992, citant un informe de l'ONU de 1989), quan ha estat necessària la construcció de les anomenades estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), encarregades d'accelerar artificialment i de forma controlada el procés d'autodepuració amb la finalitat de retornar al medi unes aigües de qualitat suficient com per evitar impactes negatius sobre aquest.

Però els residus orgànics d'origen antròpic no són els únics que poden pertorbar la qualitat de les aigües, sinó que, malauradament, són prou coneguts els casos de contaminació de les aigües per l'activitat industrial, que històricament ha utilitzat els cursos d'aigua de forma similar per allunyar i diluir els seus residus. Finalment, una altra forma de contaminació de les aigües té el seu origen en l'activitat agrícola i ramadera, sobretot a causa de la seva intensificació com a necessitat d'alimentar a una població creixent en quantitat i que exigeix una alimentació amb major contingut proteic.

Cada tipus de contaminació dels esmentats en els paràgrafs anteriors pot ser detectada mitjançant el seguiment d'una sèrie de paràmetres específics. Alguns d'ells són mesures directes de la contaminació, a través de la quantificació d'un determinat paràmetre (per exemple, la concentració de nitrats en l'aigua), mentre que d'altres aporten mesures indirectes, de caire genèric (per exemple, la concentració de clorofil·la o la demanda bioquímica d'oxigen, DBO), que són molt útils de cara a realitzar diagnòstics de tipus general però que solen donar poca informació sobre la naturalesa del problema.

En aquest estudi, realitzat entre els mesos de setembre de 1996 i d'agost de 1997, s'ha intentat abarcar un ampli espectre de paràmetres, a fi de caracteritzar amb precisió les aigües de la zona del PNAE per tal que donessin informació de la naturalesa i de la magnitud dels fenòmens de contaminació que s'hi produeixen. Igualment, les campanyes de mostreig es van dissenyar a fi i efecte de posar de manifest l'abast de la variabilitat estacional d'alguns d'aquests paràmetres, seguint els cicles dels propis ecosistemes i de l'activitat humana.

LA ZONA D'ESTUDI

La zona d'estudi triada és la que queda compresa entre el tram final del riu Fluvià i la Serra de Rodes, incloent-hi els dos polígons del PNAE, és a dir, la *Reserva Salada*, situada en la franja litoral entre els rius Muga i Fluvià, i la *Reserva Dolça*, situada a l'interior, entre el nucli antic de Castelló d'Empúries i la Serra de Rodes. Per als càlculs i estimacions de la incidència de l'activitat humana sobre el medi i, en especial, sobre els diversos punts de mostreig escollits en aquest estudi, s'ha processat la informació disponible dels següents municipis, que són els que s'ha considerat que poden tenir una major influència sobre la qualitat de les aigües de la zona objecte del seguiment: Fortià, Riumors, Pedret i Marzà, Vilajuïga, Pau, Palau-Saverdera, Sant Pere Pescador i Castelló d'Empúries. A l'hora de realitzar balanços de nutrients, cal comptar com a entrades en el sistema agrícola d'aquests municipis els fangs de les EDAR de la zona Nord de la Costa Brava (Portbou, Colera, Llançà, Port de la Selva, Cadaqués i Roses), que són utilitzats -i per tant dosificats- com a adobs orgànics de forma majoritària en aquesta zona.

Descripció del medi físic

La zona d'estudi correspon al front d'una plana deltaica que omple la depressió empordanesa i que es situa entre els rius Muga i Fluvià, en la qual hi trobem materials quaternaris aportats per aquests cursos fluvials. Aquesta zona es troba pràcticament a nivell de mar, amb un desnivell molt suau, la qual cosa afavoreix l'embassament de l'aigua en èpoques de pluges fortes o de temporals de mar, els quals omplen les llacunes litorals més o menys permanents, localment anomenades llaunes. Aquesta zona actualment està majoritàriament integrada dins del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà (PNAE), institució creada el 13 d'octubre de 1983 per la Generalitat de Catalunya per a la preservació dels valors ecològics d'uns paratges de gran interès que en aquells moments estaven amenaçats per la pressió urbanística.

Dins de la Reserva Integral del PNAE es diferencien clarament dos sectors -polígons-, cadascun d'ells amb unes característiques pròpies, que actualment constitueixen el 99% de la superfície total protegida. El Polígon I, anomenat "dels estanys", correspon a les restes de l'antic estany de Castelló, dessecat progressivament a partir del segle XVIII, i es situa al nord del riu Muga i al peu de la Serra de Rodes, amb aigües en general amb escassa influència marina. En canvi, el Polígon II o de "les llaunes" comprèn un conjunt de llacunes costaneres entre les desembocadures dels rius Muga i Fluvià que estan fortament influenciades per la proximitat del mar, per la qual cosa les seves aigües acusen variacions de salinitat de vegades extremes.

La climatologia

Segons Pascual i Martinoy (1989), el clima de la zona dels Aiguamolls de l'Empordà "queda inclòs dins de les característiques generals del clima mediterrani, d'estius secs i calents, d'hiverns suaus i de màxims plujosos força irregulars a la primavera i a la tardor". La pluviometria presenta una elevada variabilitat al llarg de l'any, amb unes mitjanes a l'entorn dels 600 mm/any repartides en uns 80 dies de pluja apreciable. La pluviometria és un paràmetre meteorològic de vital importància de cara a la interpretació de les dades de qualitat de les aigües, ja que depenen de la seva quantia, freqüència i intensitat participarà de forma molt diferent en els processos d'erosió del sòl i de dissolució i transport de contaminants cap a les aigües superficials o subterrànies. La contaminació d'origen difús, per tant, no es manifesta en les aigües fins que no

es produeixen precipitacions suficients com perquè les substàncies canviïn de matriu, passant del sòl i/o de l'aire a l'aigua.

La població humana

La dinàmica estacional de la població presenta tendències clarament diferenciades segons la localització dels municipis abans esmentats. Per una banda, mentre que en els municipis interiors i on les activitats principals són l'agricultura i la ramaderia el nombre d'habitants és petit i la variació estacional és escassa, en els municipis litorals el fenomen del turisme s'hi mostra amb tota la seva potència i el factor estacional és molt acusat. Així, del conjunt de municipis estudiats, destaquen en aquest sentit Castelló d'Empúries i Sant Pere Pescador, on la relació entre la màxima ocupació estacional estimada a l'agost és en ambdós casos superior a 13 vegades el nombre de residents censats en el municipi (Consorti de la Costa Brava, 1995).

Deixant de banda el terme municipal de Roses, que pel fet de tractar totes les seves aigües residuals i abocar-les per l'emissari submarí existent, es considera que no té un impacte substancial sobre la qualitat de les aigües de la zona d'estudi, a banda de la incidència que puguin tenir els fangs que es reciclen en els terrenys agrícoles dels municipis seleccionats, la màxima concentració poblacional es produeix en la macrourbanització d'Empuriabrava, per a la qual el CCB va haver de projectar i construir una EDAR per a 35.000 habitants equivalents. A Sant Pere Pescador també es dona un fenomen similar de concentració estival de població, tot i que en aquest cas el turisme més típic del municipi és el de càmpings, la qual cosa encara fa més difícil el poder determinar quina és la població equivalent per a la qual dimensionar l'EDAR. Altres nuclis on es produeix un cert increment estacional de la població són Palau-Saverdera, Pau i Vilajuïga, encara que en una menor proporció que en els dos municipis abans esmentats. En aquests casos, l'increment de població és degut principalment al fenomen del turisme de segona residència. Finalment, els nuclis eminentment rurals de Riumors, Pedret i Marzà i Fortià no experimenten variacions estacionals de la població que puguin resultar significatives a nivell d'aquest estudi.

L'activitat agrícola i ramadera

A banda del turisme, molt concentrat en una prima franja litoral, les principals ocupacions de la població de dret dels municipis que conformen la zona d'estudi són l'agricultura i la ramaderia. Malgrat que són activitats tradicionals, la seva intensificació pot ser font de contaminació difusa de les aigües, principalment a nivell de sediments, nutrients i pesticides, tal com posen de manifest una gran quantitat d'estudis i treballs realitzats en llocs de producció intensiva (WPCF Research Foundation, 1991; Knight & Cooper, 1996; Schreiber *et al.*, 1996)

Agricultura

Segons les estadístiques aportades pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya corresponents a l'any 1996, els conreus principals de la zona ocupen una superfície total de 6.685 hectàrees. Els principals conreus d'aquesta zona, per ordre decreixent d'importància en quant a superfície ocupada, són els cereals d'estiu (blat de moro i sorgo) amb un 19% del total, els conreus farratgers i els fruiters, ambdós amb un 17%, i els conreus industrials (gira-sol) i els cereals d'hivern (blat, ordi i civada), ambdós amb un 15%. Cal destacar també l'ocupació d'un 10% del total per part del conreu de la vinya.

A partir de les superfícies de cada conreu i dels requeriments nutritius (nitrogen i fòsfor) estàndard per aquests conreus, segons comunicació personal dels tècnics de la Fundació Mas Badia, s'han pogut establir unes estimacions de les necessitats totals d'adobat per a la zona d'estudi. Segons aquestes estimacions, el consum anual de nitrogen d'aquests conreus es xifra en uns 830.200 kg, un 43% dels quals (359.096 kg) són consumits tan sols pels cereals d'estiu, que com s'ha esmentat abans, tot i ocupar només un 19% de la superfície de conreu, són de llarg els conreus consumidors majoritaris de nutrients en aquesta zona. A continuació dels cereals d'estiu, en ordre decreixent de consum de nitrogen, hi trobem el gira-sol, amb un 16% (136.000 kg), els cereals d'hivern, amb 14%, (118.000 kg) i els fruiters, amb un 11% (88.800 kg) .

Pel que fa al consum de fòsfor, el consum total anual d'aquest element s'estima en uns 264.000 kg. En aquest cas, les estadístiques no són tan esbiaixades respecte als cereals d'estiu com en el cas del nitrogen, ja que el consum per part d'aquests tan sols arriba al 29% del total (77.400 kg). Després dels cereals d'estiu, i per ordre decreixent d'importància, hi trobem el gira-sol i els conreus farratgers, ambdós amb un 17% (46.200 kg i 44.800 kg, respectivament), els cereals d'hivern, amb un 14% (36.900 kg) i els fruiters, amb un 13% (34.600 kg). A banda de consumir fertilitzants, l'agricultura professionalitzada també consumeix altres productes destinats a protegir els conreus de les diverses plagues que els poden afectar. En aquest sentit, un dels factors responsables de l'increment de producció de les darreres dècades arreu del món ha estat la generalització de la utilització de productes fitosanitaris.

Ramaderia

Segons les dades del cens ramader de 17/7/97 aportades per l'Oficina Comarcal de l'Alt Empordà del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP) de la Generalitat de Catalunya, la producció de residus ramaders en la zona d'estudi es concentra sobretot en el sector porcí i en el sector boví, tant de carn com lleter, que conjuntament representen el 88% de la producció total de fems de la zona.

Segons les dades de composició típica dels diversos tipus de fems aportades pels tècnics de la Fundació Mas Badia, aquests tres tipus representen, respectivament, el 74% i el 69% del nitrogen i del fòsfor generats en aquesta zona pel conjunt dels residus ramaders. Aquests percentatges de nutrients són inferiors als de producció perquè, malgrat la producció relativament petita de fems dels altres sectors, pel fet de disposar d'un gran número de places la producció total de nutrients és considerable i fa disminuir el percentatge de producció de nutrients dels tres sectors principals en quant a producció de fems. Així, segons les estimacions realitzades, la producció total de nitrogen en la zona d'estudi és de 728 tones/any, mentre que la de fòsfor assoleix les 217 tones/any.

Balanç de nutrients

A partir del conjunt de dades relatives a la població, a l'agricultura i a la ramaderia de què es disposa, es pot intentar establir un balanç aproximat de nutrients, que permeti conèixer quina és la tendència general en quant a l'exportació o a l'acumulació de nitrogen i fòsfor que es pot esperar de l'impacte de les activitats esmentades en l'àrea geogràfica estudiada.

Així, la generació de nutrients és causada principalment per l'activitat ramadera (728 tones N/any), mentre que la població humana n'aporta una quantitat molt modesta (tan sols 93,9 tones N/any), tot i tenint en compte que s'inclouen les quantitats corresponents als fangs de les EDAR de la Zona Nord que són aplicats majoritàriament en les terres agrícoles d'aquests

municipis. Un fenomen similar succeeix amb el fòsfor, amb una producció estimada de 249 tones P/any pel que fa als residus ramaders i de tan sols 31,5 tones P/any pel que fa a la població humana. S'observa que, en termes anuals, el conjunt dels municipis estudiats genera una quantitat de nutrients pràcticament equivalent a les necessitats nutritives dels conreus de la zona, fins i tot lleugerament inferior en el cas del fòsfor. Tot i això, aquesta situació ideal tan sols es produiria si els residus ramaders fossin aplicats a l'agricultura en dosis agronòmiques i fins a cobrir la totalitat de la demanda de nutrients dels conreus de la zona.

Cal tenir en compte que a l'hora de realitzar aquests balanços no s'ha tingut en compte la utilització dels adobs minerals, que en la realitat representa una entrada addicional de nutrients en el sistema i que podria desequilibrar el balanç d'aquests elements. No obstant, a causa de l'elevada dificultat de la seva quantificació, tampoc s'han tingut en compte les pèrdues de nitrogen dels sòls cap a l'atmosfera per desnitrificació, que sens dubte no deuen ser menyspreables i que probablement ajuden a reduir aquest desequilibri. En el cas del fòsfor, en canvi, en no tenir aquest element un component atmosfèric en el seu cicle, la situació real molt probablement tendeix a un desequilibri, ja que les aportacions que es realitzen mitjançant els fertilitzants minerals -difícilment quantificables- tan sols poden ser exportades en forma de biomassa.

En qualsevol cas, les xifres aquí presentades haurien de servir de referència per aprofundir en un estudi similar a un nivell regional i poder determinar si la zona és excedentària en quant als nutrients o en canvi presenta un dèficit d'aquests elements, en el supòsit que s'aconseguís realitzar una aplicació racional i en dosis agronòmiques en el conjunt de la superfície agrícola considerada. Tot i això, tant si la zona és excedentària com si és deficitària, de cara a la preservació de la qualitat de les aigües superficials i subterrànies, és obvi que cal actuar sobre el model de gestió dels residus ramaders, per tal que puguin ser aplicats en dosis agronòmiques als conreus, tal com s'està fent amb els biosòlids generats en les EDAR. En el cas que s'observés que la zona estudiada és excedentària, molt probablement caldria plantejar alguna estratègia de gestió que possibilités l'exportació d'aquests nutrients cap a zones deficitàries, per tal de protegir la qualitat de les aigües. Atès el caràcter obert que tenen els cicles biogeoquímics dels nutrients avui en dia a causa de la contínua entrada de fertilitzants químics en el sistema, sembla que la millor opció des del punt de vista ambiental és la d'afavorir la seva incorporació en teixits vegetals, sobretot tenint en compte que tot el nitrogen que retorna a l'atmosfera per desnitrificació no tindria una disponibilitat immediata, en cas que fos necessari.

L'activitat industrial

En la zona d'estudi, l'activitat industrial és pràcticament nul·la, ja que a banda de les instal·lacions de l'empresa Danone a Castelló d'Empúries, no existeixen grans indústries en el sentit tradicional del terme. Aquesta mena d'activitat està restringida als petits i mitjans comerços i tallers de diversa mena que pot haver-hi en els principals nuclis habitats, com Castelló d'Empúries (especialment a Empuriabrava) o Sant Pere Pescador.

RESUM DE RESULTATS I CONCLUSIONS

Més enllà de l'aspecte purament descriptiu d'algunes de les dades presentades en l'apartat de resultats, especialment d'aquelles relatives a la salinitat i que tan sols expliquen l'origen de l'aigua -marí o continental-, les principals conclusions que es deriven d'aquest estudi, classificades per paràmetres, són:

Hidrologia i salinitat

En la zona d'estudi es diferencien clarament dues zones, equiparables a grans trets a les anomenades *Reserva Dolça* i *Reserva Salada* del PNAE, en funció dels valors de conductivitat elèctrica de les aigües. Tot i això, existeixen factors que produeixen distorsions en la salinitat d'ambdues zones, com són la intrusió marina que es produeix a través del Rec Madral en condicions de temporal de llevant en la *Reserva Dolça*, o com la dulcificació que es produeix en la *Reserva Salada* a partir del Rec Corredor, retingut per una comporta i també impulsat cap a l'Estany del Cortalet, així com a partir de les aigües dels regadius de la Muga que arriben a aquesta zona.

Oxigen dissolt

Al llarg de l'any d'estudi s'han observat disminucions importants -la majoria, però, de caire puntual- del percentatge d'oxigen dissolt en punts que, o bé presenten un elevat grau de confinament de les aigües, o bé reben aportacions de matèria orgànica o d'altres substàncies que propicien el consum d'aquest element. Entre els primers, cal destacar els punts anomenats Bassa Litoral, Estany de Vilaut i Tercer Pont, mentre que entre els segons cal esmentar els punts Salins-Càmping, sortida del Cortalet i Comporta Almatà. És destacable que en el punt de mostreig Rec del Molí-EDAR no es detecti ni la influència de l'abocament d'aigües residuals tractades per l'EDAR de Castelló ni la influència del sobreexidor situat en el bombament del nucli de Castelló que porta les aigües fins a l'EDAR, pel qual una part de les aigües residuals vessa a aquest rec tan sols havent rebut un tractament de tamissat. Aquesta situació es produeix com a conseqüència de l'entrada en la xarxa de clavegueram d'una part dels excedents dels regadius de la zona, que ocupa i desplaça un volum previst inicialment per a les aigües residuals.

Nitrogen

S'han detectat concentracions elevades o relativament elevades de nitrogen en bona part de les aigües analitzades en la *Reserva Dolça*, així com en aquells punts de mostreig de la *Reserva Salada* on es produeix la dulcificació de l'ambient, mentre que les concentracions han estat baixes o molt baixes en les zones d'aigües salobres i amb mínima influència de les aigües dolces, excepte en la Bassa Litoral en l'època de progrés de la dessecació.

Les aigües del Rec Corredor i del Rec Sirvent, ambdues drenants de la plana agrícola i ramadera, són les que han presentat les concentracions de nitrats -i també de nitrogen total- més elevades del conjunt de punts mostrejats. La influència de l'aigua del Rec Corredor sobre la qualitat de les aigües de la *Reserva Salada* és manifesta en els punts més propers a la comporta, mentre que decreix a mesura que augmenta la distància respecte a aquest punt. Altres punts amb elevades

concentracions de nitrat han estat el Rec de Palau Nord i el Rec de Palau Sud, tot i el seu caràcter temporal.

Tot i que els valors absoluts de nitrogen són relativament baixos ($< 5 \text{ mg N/l}$), la influència de l'abocament d'aigües residuals tractades és constatable des d'aquest punt de vista en el Rec del Molí i en el Rec Salins entre abans i després de les EDAR de Castelló i d'Empuriabrava. En el cas del Rec del Molí i l'EDAR de Castelló, la veritable influència d'aquesta EDAR queda emmascarada per l'efecte del sobreixidor abans esmentat.

Els valors més elevats de nitrogen amoniacal s'han observat en l'aigua del riu Muga i semblen tenir el seu origen en l'abocament de l'efluent secundari de l'EDAR de Figueres, dissenyada per a eliminar el carboni orgànic (DBO) de l'aigua però no per a nitrificar l'efluent. De forma puntual, també s'han observat valors elevats d'amoni en l'Estany de Vilaüt i en la Bassa Litoral.

Dels resultats obtinguts en la *Reserva Dolça*, especialment en els cursos d'aigua que drenen la zona dedicada de forma intensiva a l'agricultura i a la ramaderia, sembla evident que existeix una incipient contaminació per nitrats de les aigües superficials, tal com ho reflecteixen els valors mesurats en el Rec Corredor i en el Rec Sirvent, superiors al límit de potabilitat (10 mg N/l) durant bona part de l'any. La intensa activitat desnitrificadora que es produeix en aquestes aigües, especialment en les aigües de la *Reserva Salada*, fa que les concentracions de nitrat siguin encara força baixes en un bon nombre de punts, tot i que els seus efectes sobre les poblacions de diatomees i de macroinvertebrats són palesos i manifesten una clara tendència a l'eutrofització.

Fòsfor

Les concentracions de fòsfor detectades han estat més homogènies que en el cas del nitrogen i els pics detectats han estat menys accentuats. Els valors de fòsfor de les zones d'aigües salobres han estat baixos o molt baixos, excepte en la Bassa Litoral en l'època de progrés de la dessecació, en la que es donen situacions de distròfia.

En les aigües dolces, les concentracions més elevades s'han observat a l'Estany de Vilaüt, al Rec de Palau Nord, al Rec Corredor i al riu Muga. En els tres primers casos, aquest fòsfor té, amb tota probabilitat, un origen en les explotacions agrícoles i ramaderes de la zona, mentre que en el cas del riu Muga, el seu origen és segurament el mateix que el de l'amoni, és a dir, l'efluent secundari de l'EDAR de Figueres.

En general, la contaminació de les aigües per fòsfor és menys aparent que la del nitrogen per la menor mobilitat que té aquest element, la qual cosa significa que probablement s'està produint un enriquiment d'aquest element en els sòls agrícoles de la zona.

Clorofil·la *a*

Els punts on s'han detectat episodis de proliferació de les poblacions de microalgues han estat aquells que, per una banda, han rebut aportacions de nutrients i, per l'altra, l'aigua ha disposat d'un cert temps de retenció que ha permès el desenvolupament d'aquesta mena d'organismes. Les concentracions més elevades s'han detectat a la sortida de l'Estany del Cortalet i al Rec Muntanyeta en la darrera mostra de l'estudi (agost 97). També s'han trobat, de forma puntual, valors molt elevats en l'Estany de Vilaüt. Altres punts on s'han detectat pics de clorofil·la *a* han

estat la Bassa Litoral, la Rogera, el Rec Madral-Tercer Pont i el riu Muga. Respecte a les mostres que han presentat concentracions baixes de clorofil·la, cal tenir present que algunes espècies de microalgues tenen la facultat d'alternar metabolismes autòtrofs (fotosintètics, amb presència de clorofil·la a les cèl·lules) amb metabolismes heteròtrofs (de degradació de matèria orgànica, sense clorofil·la a les cèl·lules), la qual cosa fa que les disminucions en la concentració de clorofil·la no puguin ser admeses encara com a una prova de la millora de la qualitat de les aigües fins que no es disposi dels valors de matèria orgànica total, que permetin confirmar o rebutjar aquesta hipòtesi.

Metalls pesants

Malgrat que en general els nivells trobats es poden qualificar de baixos, quatre dels cinc metalls analitzats (níquel, crom, cadmi i plom) han presentat les màximes concentracions a la *Reserva Salada*, mentre que tan sols el coure ha presentat els màxims valors a la *Reserva Dolça*. Els valors màxims de crom han estat pràcticament un ordre de magnitud superiors als de la resta de metalls, assolint-se un valor de 391 µg/l tant a la Bassa Tamariu com a l'Estany d'en Túries mar el maig de 1997, època en la qual també es van trobar concentracions similars a la Rogera, a la Bassa Connectada i a l'Estany d'en Túries interior. La màxima concentració de coure (30,7 µg/l) es va detectar al Rec Madral-Tercer Pont en aquest mateix mes. Mentre que es desconeix amb exactitud l'origen del crom, la presència de coure en les aigües de la *Reserva Dolça* a mitjans de primavera podria ser causada pels tractaments fitosanitaris que s'apliquen a les vinyes.

Les anàlisis de sediment han mostrat la tendència a l'acumulació de certs metalls que existeix en els indrets del PNAE on es produeix un major grau de confinament de l'aigua. Així, cal esmentar les elevades concentracions de plom i de crom que es troben en els sediments del punt de mostreig situat a la sortida de l'Estany del Cortalet, on el factor de concentració respecte a l'aigua arriba a ser de 70.000 vegades. També s'ha trobat una tendència a l'acumulació de metalls en el teixit de peix, especialment en les captures realitzades a la Rogera.

En comparació amb els resultats de la campanya de mostreig de 1994 del *Projecte Llúdriga*, impulsat pel PNAE, tan sols poden comparar-se les concentracions de plom, ja que els altres metalls analitzats aleshores (l'alumini i el mercuri) no han estat determinats aquesta vegada. Així, sembla detectar-se un increment d'aquest element, que passa des d'un màxim de 8 µg/l en el Rec Corredor (any 1994) fins a un màxim de 31 µg/l en l'Estany d'en Túries (any 1997), tot i que en aquest estudi també s'han detectat concentracions d'entre 14 i 28 µg/l en punts com la Rogera, la Bassa Connectada o la Riereta.

Microcontaminants orgànics

El seguiment realitzat a les aigües superficials ha permès constatar que els nivells de microcontaminants orgànics són baixos o molt baixos en tota la zona estudiada al llarg de la major part de l'any i per a la major part de substàncies analitzades. No obstant, durant la primavera i l'estiu s'observa l'aparició d'un major nombre de pesticides i d'insecticides en les mostres d'aigües superficials, especialment en les de la *Reserva Dolça*, lligat a la seva utilització en els conreus de la zona. En alguns punts de mostreig (Riu Muga, Rec Sirvent, Rec Madral, Rec Salins, Rec Tort, Riera de Pedret, Estany d'en Túries, Rec Corredor, Comporta Almatà) s'han mesurat concentracions superiors a 100 ng/l (límit establert per la legislació espanyola d'aigües potables) per a pesticides com l'atrazina i la simazina i per a insecticides com la permetrina.

L'epòxid d'heptaclor ha estat la substància que ha estat detectada almenys en un dels punts de control en tots i cadascun dels mostreigs mensuals realitzats, tot i que no ha superat mai el límit de 100 ng/l. En les analítiques realitzades a quatre dels punts de control de les aigües subterrànies, els pesticides més fàcilment detectables i en concentracions més elevades, sovint superiors a 100 ng/l i amb un valor màxim superior a 400 ng/l, van ser l'epòxid d'heptaclor i la permetrina.

En els sediments també s'han trobat concentracions elevades o molt elevades d'alguns d'aquests compostos, especialment en la *Reserva Salada*, on el major grau de confinament de l'aigua i sobretot el major contingut de matèria orgànica dels sediments permeten un major grau d'acumulació. Així, cal destacar les elevades concentracions d'epòxid d'heptaclor trobades a la Rogera, de 13 ng/g de sediment, que suposen un factor de concentració de 2600 vegades respecte a la concentració mitjana que es troba en les aigües d'aquesta llacuna. També cal esmentar que els valors més elevats de microcontaminants orgànics mesurats en el teixit muscular de peix es van detectar en un exemplar de llisa (*Liza ramada*) capturat a la Rogera, en el qual es van trobar concentracions de fins a 5,9 ng/g d'epòxid d'heptaclor i de 4,1 ng/g de dieldrina.

La comparació d'aquests resultats amb els obtinguts l'any 1994 en el marc del *Projecte Llúdriga* mostra un augment significatiu del nombre de substàncies d'aquesta mena detectades en les aigües superficials de la zona, per bé que la majoria d'elles presenten al llarg de l'any valors relativament baixos. No obstant, és significatiu constatar com: a) el Riu Muga continua essent el punt on s'han detectat les concentracions més elevades de microcontaminants orgànics; b) les concentracions màximes de lindà són similars en els dos estudis; c) s'han detectat compostos com el DDT i els seus isòmers DDD i DDE, la dieldrina, l'aldrina i l'endrina, que no van aparèixer en les anàlisis de 1994; i d) si en el present estudi s'haguessin analitzat totes les triazines, tal com es va fer l'any 1994, probablement els resultats haurien donat més elevats, atès que en aquest estudi amb l'anàlisi de dues d'elles (atrazina i simazina) ja s'han assolit valors equiparables als del conjunt de triazines mesurats el 1994.

Les poblacions de macroinvertebrats

Després d'estudiar amb deteniment la composició específica dels macroinvertebrats capturats en els diferents punts de mostreig, s'ha arribat a la conclusió que es pot arribar a avaluar de forma fiable l'estat tròfic d'un determinat punt a partir de les espècies i del nombre d'individus de crustacis que en ell s'hi troben, en especial pel que fa als copèpodes i als cladòcers. Així, en la zona del PNAE, els calanoides serien abundants en les aigües oligotròfiques, és a dir, pobres en nutrients; els harpacticoides ho serien en les aigües distròfiques, amb un elevat contingut de matèria orgànica; els ciclopoides ho serien en condicions d'augment de l'eutròfia; i, finalment, els cladòcers serien abundants en aigües més o menys confinades però on es produeix una circulació de nutrients i, per tant, amb una certa taxa de renovació. En els punts que presenten una qualitat extraordinàriament variable de les aigües, com el punt Rec Madral-Caseta de l'Estany, hi abunden organismes capaços de resistir aquests grans canvis, com per exemple els ostràcodes (crustacis), els quironòmids (insectes) i els oligoquets (anèlids).

Les poblacions de diatomees

A causa de l'elevat grau de dificultat que presenta la caracterització de les poblacions de diatomees i del gran nombre de mostres per a processar, s'ha prioritzat la realització del seguiment de dos punts significatius de la dinàmica de la *Reserva Salada* i dos de la *Reserva*

Dolça. Com a conclusions preliminars, sembla ser que els dos factors principals que intervenen sobre la variabilitat ecològica de les diatomees són, per una banda, el rang de variació de la salinitat en un determinat punt -més que no pas els valors en sí que pren aquest paràmetre- i, per l'altra, la qualitat de l'aigua entesa des d'un punt de vista global a partir de paràmetres tals com el percentatge de saturació de l'oxigen en superfície, el pH i les concentracions d'amoni, fosfat i clorofil·la. Segons això, aquests resultats preliminars mostren clarament l'efecte pertorbador que té la comporta de l'Almatà sobre les poblacions de diatomees del punt de mostreig anomenat la Riereta, igualment aplicable a la qualitat de les aigües.

Microorganismes indicadors de contaminació fecal

En general, es detecten majors concentracions de microorganismes fecals en les aigües de la *Reserva Dolça* que en les de la *Reserva Salada*, on l'elevada salinitat de l'aigua de la majoria de punts actua com a factor d'inactivació d'aquests microorganismes. Així, aquest paràmetre esdevé un factor important de control de la qualitat bacteriològica de les aigües, ja que d'altra forma les femtes de les poblacions d'aus que habiten en aquesta zona probablement farien que els recomptes fossin més elevats. Els punts de mostreig on es detecten les concentracions més elevades de microorganismes fecals són el Rec del Molí, especialment després del nucli de Castelló d'Empúries, i el riu Muga. En el primer cas, els elevats recomptes són causats tant per la càrrega bacteriana que aquestes aigües porten ja abans d'aquest punt -segurament a causa de contaminació difusa d'origen ramader- com per l'abocament sense tractament d'una part de les aigües residuals del propi municipi de Castelló. En el cas del riu Muga, aquestes concentracions es deuen probablement a l'abocament de l'efluent secundari de l'EDAR de Figueres, tal com ja passa amb les concentracions de nitrogen amoniacal.

Les aigües subterrànies

Les aigües subterrànies de la zona situada entre l'EDAR d'Empuriabrava, Can Comes i l'Estany d'en Túries, dins de la *Reserva Salada*, presenten uns nivells de conductivitat elèctrica molt elevats, especialment en els punts de mostreig propers al mar (màxim, 45 dS/m). El potencial d'oxidació-reducció és més elevat en condicions de recàrrega de l'aquífer amb aigua de pluja i coincideix amb els moments de màxima qualitat de les aigües subterrànies. En moments de baix nivell del freàtic, les condicions esdevenen reductores i es detecta la presència en concentracions elevades de nitrogen amoniacal, probablement associat a aplicacions excessives de residus ramaders en els sòls de la zona. Com a dada il·lustrativa, un 36 % de les mostres analitzades al llarg del cicle anual van presentar concentracions d'amoni per sobre del nivell màxim admissible per la legislació d'aigües potables, situat en 0,5 mg NH₄/l. En qualsevol cas, cal advertir que aquestes aigües tampoc serien aptes per a ser potabilitzades a causa dels elevats valors de conductivitat elèctrica i que tan sols s'utilitza la comparació amb els nivells exigits per a la potabilitat de les aigües com a element de referència.

Les anàlisis de microorganismes de contaminació fecal realitzades en 4 pous han estat indicatives d'una baixa qualitat de l'aigua, amb coliformes fecals i estreptococs fecals sempre detectables i sovint en concentracions superiors a 100 ufc/100 ml. Aquests resultats bacteriològics de les analítiques realitzades a les aigües subterrànies es correlacionen força bé amb la presència sostinguda en el temps i en l'espai de concentracions d'amoni apreciables i en aparença són també conseqüència de la contaminació difusa generada per l'aplicació excessiva de residus ramaders en aquesta zona.

VALORACIONS FINALS I RECOMANACIONS

A partir de les dades generades en aquest estudi i de les conclusions presentades tant en aquest informe de síntesi com en cadascun dels informes parcials es formulen una sèrie de valoracions i de recomanacions destinades a ajudar a la preservació de la qualitat de les aigües de la zona del PNAE. Així, les recomanacions que s'efectuen s'agrupen en tres categories: de gestió dels recursos, estructurals i de seguiment.

Recomanacions relatives a la gestió dels recursos

Segons les dades obtingudes, les activitats humanes que més semblen afectar a la qualitat de les aigües de la zona del PNAE són les agropecuàries. Aquesta afectació no es produeix de forma sostinguda al llarg de l'any, sinó que presenta unes lògiques oscil·lacions lligades a l'activitat pròpia del sector. Tot i això, l'empitjorament transitori de la qualitat de les aigües ha estat tan evident en determinats moments, com per exemple a la primavera amb els pics de pesticides, detectats fonamentalment a la *Reserva Dolça*, que sembla convenient efectuar recomanacions destinades a evitar uns impactes tan accentuats sobre els recursos hídrics. Per altra banda, de cara a les funcions que l'aigua té com a element vertebrador del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, no només cal tenir cura del risc associat als microcontaminants orgànics, sinó que potser el risc més immediat és el d'eutrofització, per l'arribada a la *Reserva Salada*, d'ingents quantitats de nitrogen i fòsfor a través del Rec Corredor. Així, les actuacions que es proposen de cara a reduir l'impacte de les activitats agropecuàries són:

Racionalització de l'aplicació al sòl dels residus ramaders. Sens dubte, de cara a la preservació de la qualitat de les aigües, tant superficials com subterrànies, aquesta és una actuació amb prioritat màxima. Sempre que fos possible, l'aplicació d'aquests residus s'hauria de fer amb criteris agronòmics, tal com s'obliga a fer amb els fangs de les EDAR -que, per altra banda, resulten ser un percentatge molt reduït del total de residus orgànics que es produeixen al nostre país, on els residus ramaders són la part majoritària de la producció-. Lògicament, la intervenció en aquest sentit obligaria a transportar l'excedent d'aquests residus fins a zones deficitàries, on poguessin tenir un aprofitament beneficiós, tant a nivell econòmic com ambiental.

És evident, però, que els costos d'una actuació com aquesta han de ser elevats i que poden suposar un fre a la seva implementació; ara bé, els costos de prevenció d'aquesta mena de pol·lució es podrien justificar des de diversos punts de vista, com per exemple, del manteniment de la qualitat de les aigües, tant superficials com subterrànies, de cara a la seva utilització sense restriccions per a qualsevol ús; del valor que té -ecològic i també econòmic, en funció del nombre de visitants- per al Parc el fet que els seus ecosistemes no estiguin en procés de degradació a causa de l'eutrofització; o del propi cost que suposaria el que calgués eliminar de l'aigua els nutrients que ha rebut de forma inadequada. És obvi que, des d'un punt de vista ecològic, a menor quantitat de nutrients dissolts en les aigües d'una zona, millor és la gestió que d'ells se n'ha fet. Sens dubte, l'estat més desitjable en què es poden trobar els nutrients és el particulat, ja sigui formant part de la matèria viva (fonamentalment dels vegetals) o en estat sòlid o semi-sòlid (fems, adobs minerals), ja que són molt més fàcils de controlar i d'emmagatzemar que no pas si estan en estat líquid (purins).

Millora de les estratègies d'adobat. Aquesta actuació seria complementària de l'anterior i aniria destinada a contemplar l'adobat des d'un punt de vista genèric, independentment de l'origen dels nutrients aplicats. L'aplicació en dosis agronòmiques dels nutrients dels residus ramaders permetria conèixer amb una major exactitud quina quantitat se n'ha aportat de cada element i, sobretot, quina quantitat en manca, la qual cosa revertiria en una utilització molt més racional -i econòmica per a l'agricultor- dels fertilitzants minerals. En aquest punt, la intervenció d'institucions coneixedores del tema i amb una sòlida credibilitat entre el sector agrícola, com la Fundació Mas Badia, seria sens dubte un punt a favor de cara a l'èxit de la proposta, tal com ja s'ha demostrat en el procés de racionalització de l'aplicació de fangs d'EDAR dut a terme en els darrers tres anys a la Costa Brava. Òbviament, tant en aquest punt com en l'anterior, cal comptar també amb la tasca que poden dur a terme les pròpies organitzacions del món agrícola professional (cooperatives, sindicats, administració).

Racionalització de la utilització de productes fitosanitaris. Similarment al que ja s'ha comentat per al tema dels nutrients i dels residus ramaders, les actuacions de prevenció de la contaminació de les aigües per part dels productes fitosanitaris, fonamentalment pesticides i herbicides, resulten molt més lògiques i molt més econòmiques que la seva posterior eliminació de les aigües mitjançant sistemes de tractament. Atès que en aquesta zona hi ha implicat l'abastament anual de 4.000.000 de metres cúbics captats d'aigües superficials (Rec del Molí, Riu Muga a Vilanova de la Muga, abans de la confluència amb el Riu Manol), sembla recomanable actuar ja des d'aquest moment per la via d'informar als agricultors sobre la millor forma d'utilitzar els pesticides i els herbicides en els seus conreus, amb la doble finalitat d'assegurar una collita en la quantitat i qualitat esperades i de no comprometre altres usos de l'aigua (potable, ambiental). En aquest tema també sembla recomanable la participació d'institucions com la Fundació Mas Badia, les organitzacions pròpies del món agrícola i les administracions hidràuliques competents.

Avaluació de l'aptitud de les aigües Rec Corredor per a inundar la Reserva Salada. A la llum de les dades generades en aquest estudi, sembla convenient revisar els criteris amb els quals es va decidir utilitzar l'aigua del Rec Corredor per a inundar la part situada més al sud de la *Reserva Salada*. Sense posar en dubte que inicialment hi devia haver beneficis suficients que motivessin la presa d'aquesta decisió, caldria ara contraposar-hi la nova informació i efectuar una nova avaluació dels *pros* i *contres* que es deriven de continuar introduint deliberadament l'aigua del Rec Corredor a la *Reserva Salada*. Entre els principals *contres* cal destacar: i) la contínua fertilització que suposa l'entrada d'aigües amb una concentració de nitrogen de fins a 12 mg N/l (a manca encara de determinar el contingut de nitrogen orgànic); ii) l'entrada puntual d'aigües amb elevades concentracions de pesticides i herbicides, que poden alterar fàcilment la producció primària dels ecosistemes de la zona; iii) l'increment generalitzat de l'eutrofització a la maresma, que dona lloc a ambients reduïts i a sòls anòxics on la matèria orgànica s'hi acumula; iv) la progressiva acumulació de metalls pesants i de pesticides que es produeix en els sòls de la zona, a mesura que en aquests augmenta el contingut de matèria orgànica; v) la transferència d'aquests contaminants a la xarxa tròfica i la seva posterior bioacumulació en peixos; i vi) la reducció del temps de dessecació estival, que va en contra de la pèrdua de nutrients i que afavoreix la substitució de les espècies mediterrànies, adaptades a aquestes condicions, per d'altres espècies més banals i de caràcter oportunista, la qual cosa es tradueix en una pèrdua progressiva de diversitat. En l'escala dels fets acabats d'esmentar, el possible efecte pernicios derivat de la baixa conductivitat elèctrica de l'aigua que arriba a la *Reserva Salada* és potser el menys important de tots ells.

Per tant, sembla assenyat estudiar la conveniència de retenir l'aigua del Rec Corredor tan sols en aquells moments i en aquells punts on realment sigui necessari, deixant-la circular i desguassar cap a mar durant la resta de l'any. Tot i que això comporti una regressió de la superfície inundada, des d'un punt de vista de gestió global sembla més adient que tots aquests compostos *passin de llarg* que no pas que quedin retinguts en els punts de màxim confinament, on poden produir efectes negatius d'abast incert a mig o llarg termini. En aquest sentit, si es compleixen les previsions de disseny, durant una bona part de l'any el conjunt format per l'EDAR d'Empuriabrava i el Sistema d'Aiguamolls Construïts pot ser capaç d'oferir a l'Estany del Cortalet una aigua de qualitat superior a la que circula pel Rec Corredor, almenys segons les dades d'aquest punt generades en el període setembre 1996 - agost 1997.

Recomanacions estructurals

Si les recomanacions de gestió anaven destinades a combatre preferentment els efectes de la contaminació difusa produïda per l'activitat agropecuària de la zona, les recomanacions que hem anomenat estructurals van destinades a minimitzar la pol·lució difusa generada preferentment per les activitats humanes pròpies de les zones urbanes i de serveis. Hem gosat catalogar-les d'aquesta manera, tot i que en certa forma també haurien pogut ser incloses dins de la categoria anterior, perquè l'atenuació de la contaminació es pot resoldre, més o menys fàcilment, mitjançant la construcció o adequació de certes infraestructures. Així, les actuacions que es proposen dins d'aquesta categoria són:

Eliminació de l'abocament d'aigües residuals pel sobreexidor al Rec del Molí, a Castelló d'Empúries. Tot i que els seus efectes sobre el contingut d'oxigen dissolt de l'aigua del Rec del Molí són poc manifestos, sí que són importants en termes de contaminació bacteriològica (fan que, des d'aquest punt de vista, el Rec del Molí després del nucli de Castelló d'Empúries sigui el punt més contaminat de tots els estudiats) i també d'eutrofització, especialment per les aportacions de fòsfor que es produeixen. La correcció d'aquesta deficiència permetria millorar substancialment la qualitat de l'aigua del Rec del Molí i alhora faria que el servei que realitza l'EDAR de Ilacunatge de Castelló fos més aparent. Segons dades recollides en l'estudi *Monitorització de la Qualitat Ecològica de les Aigües en la Zona del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà*, realitzat per l'equip de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la UdG, aquesta actuació permetria reduir en un 50% les aportacions de fòsfor que actualment rep el Rec del Molí en el seu tram final.

Reducció de l'abocament al Riu Muga de l'aigua depurada de l'EDAR de Figueres. Segons es deriva dels resultats de les analítiques realitzades a l'aigua del Riu Muga a Castelló d'Empúries, després de la confluència amb el Riu Manol, a través del qual hi arriba l'aigua tractada per l'EDAR de Figueres, es constata una pèrdua de qualitat de l'aigua en termes d'amoni, nitrat, fòsfor soluble, clorofil·la i microorganismes indicadors de contaminació fecal. Pel fet que substàncies com l'amoni, el nitrat i el fòsfor són les responsables de l'eutrofització de les aigües naturals, alhora que macronutrients vegetals, una forma efectiva de millorar la qualitat de l'aigua del Riu Muga seria reduint els abocaments de l'aigua tractada i portant aquests volums fins a la xarxa de regadius del Muga. Tot i que caldria garantir un nivell sanitari adient de l'aigua depurada, cosa relativament senzilla i econòmica de resoldre, la reutilització d'aquesta aigua per al reg agrícola suposaria un doble recurs per als agricultors, en forma d'aigua i de nutrients, els quals permetrien un cert estalvi en adobs. Per altra banda, en aquest cas la reutilització de l'aigua

seria conceptualment una forma de tractament addicional de l'efluent secundari, ja que la incorporació dels nutrients als vegetals, o bé la seva retenció o eliminació en el sòl (per desnitrificació, en el cas del nitrogen) actuarien com a sistema addicional de depuració. El sistema acabat de descriure podria ser una alternativa perfectament vàlida a una ampliació convencional de l'EDAR destinada a aconseguir una eventual nitrificació i desnitrificació de l'efluent.

Control de les aigües d'escorrentia de carreteres. Tot i que les analítiques efectuades no en reflecteixen l'origen, és possible, atesa la nul·la implantació industrial a la zona, que els metalls pesants detectats en aigües i sediments dels punts de màxim confinament de les aigües provinquin en última instància de les escorrenties de les carreteres de la zona en èpoques de pluja. Existeixen diverses referències bibliogràfiques que demostren que les aigües pluvials que es recullen en zones urbanes o en carreteres amb un elevat volum de trànsit, com és el cas de les carreteres Roses-Figueres i Castelló d'Empúries-Sant Pere Pescador, solen presentar uns continguts de metalls pesants gens menyspreables, així com d'altres substàncies com per exemple restes d'hidrocarburs provinents dels combustibles.

Per tal de controlar aquesta forma de pol·lució, en d'altres països es comencen a utilitzar ja sistemes d'aiguamolls construïts per al tractament d'aquestes aigües amb la finalitat de fixar aquests contaminants i de limitar-ne la seva dispersió, atesa l'afinitat amb què molts queden retinguts en el sistema. En el cas de la zona del PNAE, caldria evitar que fossin els aiguamolls naturals, justament els que estan protegits per llei i els que tenen el valor ecològic més important, els que haguessin de fer aquesta tasca destoxificadora de les aigües, a costa d'acumular aquests contaminants en el sediment i/o en els éssers vius. Així, caldria estudiar si existeixen punts en els quals es poden interceptar de forma eficaç aquestes aigües i on sigui possible construir-hi sistemes d'aquesta mena que disminueixin l'arribada d'aquestes substàncies a la Reserva Integral del PNAE.

Per la mateixa regla de tres, una cosa similar passa amb la qualitat de les aigües d'escorrentia urbanes, on també es detecten concentracions apreciables de metalls pesants, hidrocarburs, olis minerals, nutrients i microorganismes indicadors de contaminació fecal. Per tant, tot i que no hagi estat tractat de forma explícita dins d'aquest estudi, des d'aquí plantejem l'interrogant de si, respecte a la qüestió de la qualitat de les aigües, és veritablement convenient fer xarxes separatives d'aigües residuals i de pluvials en les ciutats. Allà on existeixen xarxes unitàries, aquests contaminants són processats eficaçment per les instal·lacions de tractament d'aigües residuals, on tenen tendència a quedar acumulats en els fangs. Cal tenir en compte que, tot i que això pugui comportar un increment -en condicions normals, molt lleuger- en la concentració de metalls pesants dels fangs, almenys existeix un tractament per a aquestes aigües, que d'altra forma, en el cas de xarxes separatives, probablement quedarien sense tractament i el seu impacte sobre el punt d'abocament podria ser destacable.

Recomanacions de seguiment

És evident que moltes de les consideracions que s'han fet en aquest estudi haurien estat impossibles de fer i de predir si no s'hagués dut a terme una tasca prèvia de seguiment sistemàtic de l'evolució dels diferents paràmetres. La recopilació de dades fiables no serveix tan sols per fer una diagnosi de la situació en present sinó que forma part de la base sobre la que han de descansar les decisions que es prenguin en el futur. A més, l'establiment d'un seguiment regular, mínim però eficaç, sobre la qualitat de les aigües en alguns punts permetrà alhora determinar

l'abast sobre la qualitat de les aigües de les mesures que s'hagin pres, tant si són les que s'han exposat en els paràgrafs anteriors com si són unes altres. Per tant, sembla absolutament recomanable establir una estratègia de seguiment que permeti conèixer com evoluciona la qualitat de les aigües en aquesta zona, cosa desitjable a tant a nivell estrictament ambiental, com de qualitat de vida dels habitants de la zona, com també a nivell econòmic, atès l'atractiu turístic que suposa l'existència d'un parc com el dels Aiguamolls de l'Empordà en plena Costa Brava.

AGRAÏMENTS

En primer lloc, agrair als integrants dels equips de les diverses Universitats que han participat en aquest estudi la seva intensa dedicació a aquest estudi, tant durant el primer any, dedicat fonamentalment a la realització de les analítiques, com durant el mig any posterior que ha requerit la redacció final dels corresponents documents específics. Cal fer menció especial de la tasca duta a terme pel personal del Servei de Control de Mosquits, encarregat, entre d'altres coses, de realitzar la recollida de la major part de les mostres que s'han analitzat, recorrent la zona d'estudi cada setmana durant el cicle anual, fos estiu o hivern, fes sol, fred, calor, tramuntana o ploués.

Agrair també la col·laboració rebuda per part de les següents persones i institucions, que han aportat una informació de base essencial per a la interpretació de les dades: Francesc Camps (Fundació Mas Badia), Jordi Montaner (Geoservei), Josep Lluís Prats (Junta de Residus), Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, Oficina Comarcal del DARP de l'Alt Empordà i Lluís Xargay (Fisersa).

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, D.L. and E.G. Flaig (1995). Agricultural best management practices and surface water improvement and management. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Houser, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 109-121.
- Beck, M.B. (1996). Transient pollution events: Acute risks to the aquatic environment. In: *Uncertainty, risk and transient pollution events*. Editors: M.B. Beck and W. Schilling. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 2, pp. 1-15.
- Belser-Baykal, B., I.E. Gönenç, M. Meriç, A. Tanik and O. Tunay (1996). An alternative approach for evaluation of lake water quality: Lake Sapanca - A case study from Turkey. In: *Water Quality International '96, Part 8*. Editors: D. Ballay and IAWQ Programme Committee. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 34, No. 12, pp. 73-81.
- Benito de Santos, G. i M. Figueres (1996). Índices analítics biològics y fisicoquímicos de calidad de aguas. *Tecnología del Agua*, No. 150, Abril 1996, pp. 22-32.
- Blanchard, M., M.J. Teil, A.M. Carru, A. Chesterikoff and M. Chevreuil (1997). Organochlorine distribution and mono-orthosubstituted PCB pattern in the roach (*Rutilus rutilus*) from the river Seine. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 6, pp. 1445-1461.
- Boller, Markus (1997). Tracking heavy metals reveals sustainability deficits on urban drainage systems. In: *Sustainable sanitation*. Editors: M. Henze, L. Somlyódy, W. Schilling and J. Tyson. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 9, pp. 77-87.
- Boletín Oficial del Estado (1990). Real Decreto 1138/90, de 14 de Septiembre, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.
- Cao, Yong, Anthony W. Bark and Peter Williams (1997). Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framework for the development of indices. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 4, pp. 884-892.
- Christen, K. (1998). Pennsylvania's nutrient management act takes lead in controlling farm runoff. *Water Environment & Technology*, Vol. 10, No. 2, February 1998.
- Comber, S.D.W. and A.M. Gunn (1994). Diffuse sources of heavy metals to sewers. Final Report to the Department of the Environment, WRc plc, Medmenham, United Kingdom.
- Consorci de la Costa Brava (1995). Resum d'explotació de l'any 1994.
- De Jong, J., J.T. van Buuren and J.P.A. Luiten (1996). Systematic approaches in water management: Aquatic outlook and decision support systems combining monitoring, research, policy analysis and information technology. In: *Water Quality International '96, Part 8*. Editors: D. Ballay and IAWQ Programme Committee. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 34, No. 12, pp. 9-16.

- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (1994). Estudi dels aquífers del Baix Fluvià. Qualitat agronòmica de l'aigua de reg. Fundació Mas Badia, La Tallada d'Empordà, 30 pàgines (estudi inèdit).
- Departament de Sanitat i Seguretat Social (1988). L'anàlisi microbiològica de les aigües de consum. *Sèrie Sanejament Ambiental*. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Enderlein, Rainer (1995). Protecting Europe's water resources: policy issues. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Hoeser, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 1-8.
- Espadaler, I., J. Caixach, J. Om, F. Ventura, M. Cortina, F. Pauné i J. Rivera (1997). Identification of organic pollutants in Ter river and its system of reservoirs supplying water to Barcelona (Catalonia, Spain): A study by GC/MS and FAB/MS. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 8, pp. 1996-2004.
- Extension Toxicology Network (1993). Permethrin. *Exttoxnet: A Pesticide Information Project of Cooperative Extension Offices at Cornell University, Michigan State University, Oregon State University and University of California at Davis*. Obtingut de l'adreça URL <http://ace.ace.orst.edu/info/exttoxnet/pips/permethr.p93>
- Fuchs, S., T. Haritopoulou, M. Schäfer and M. Wilhelmi (1997). Heavy metals in freshwater ecosystems introduced by urban rainwater runoff - Monitoring of suspended solids, river sediments and biofilms. In: *Urban storm drainage 1996*. Editors: F. Sieker and H.R. Verworn. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 36, No. 8-9, pp. 277-282.
- Fujioka, R.S., C.M. Wu and C. Oki (1995). Assessing the impact of an ocean sewage outfall on shoreline water quality. *Proc. 68th Ann. Conf. Water Environ. Fed.*, IV, 167-178.
- Galassi, S. and Leoni (1987). The problem of atrazine in drinking water in Italy. In: *Impact of Agriculture on Water Resources: Consequences and Perspectives*. Proceedings of the European Conference, pp. 219-230, Berlin, 21-23 September.
- Galassi, S. L. Guzzella and S. Sora (1989). Mutagenic potential of drinking waters from surface supplies in Northern Italy. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 8, pp. 109-116.
- Garmouma, M., M. Blanchard, A. Chesterikoff, P. Ansart and M. Chevreuil (1997). Seasonal transport of herbicides (triazines and phenylureas) in a small stream draining an agricultural basin: Mélarchez (France). *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 6, pp. 1489-1503.
- Generalitat de Catalunya (1998). Programa de Vigilància i Informació de l'estat de les platges i zones de bany d'aigües continentals. Balanç d'actuacions, 1997. Departament de Medi Ambient. Obtingut de l'adreça URL http://www.gencat.es/mediamb/aigua/caig97_1.htm
- Genthe, B., N. Strauss, J. Seager, C. Vundule, F. Maforah and R. Kfir (1997). The effect of type of water supply on water quality in a developing community in South Africa. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 35-40.

- Gordon, J. (1998). Health risks: Politics and PCBs. *Scientific American*, Vol. 278, No.2, February 1998.
- Grant, P., A. Laubel, B. Kronvang, H.E. Andersen, L.M. Svendsen and A. Fuglsang (1996). Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. *Wat. Res.*, Vol. 30, No. 11, pp. 2633-2642.
- Green, W.P. and W.A. Hashim (1996). Managing water pollution from nonpoint sources in Washington State: A strategy. *Publication #96-15, Preliminary Draft*. Department of Ecology, State of Washington, USA.
- Heiny, J.S., and Tate, C.M., 1997, Concentration, distribution, and comparison of selected trace elements in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992-93. National Water-Quality Assessment (NAWQA) Program, South Platte River Basin Study. Abstract a l'adreça URL <http://webserver.cr.usgs.gov/nawqa/splt/journals/HEINY1.html>
- IAWQ (1996). Nature's way: Best management practices for the control of diffuse pollution. Vídeo informatiu elaborat per la International Association on Water Quality, London, UK.
- Izuno, F.T. and L.T. Capone (1995). Strategies for protecting Florida's Everglades: the best management practice approach. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Hopper, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 123-131.
- Jagals, P. (1997). Stormwater runoff from typical developed and developing south african urban developments: definitely not for swimming. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 133-140.
- Joret, J.C., V. Mennecart, C. Robert, B. Compagnon and P. Cervantes (1997). Inactivation of indigenous bacteria in water by ozone and chlorine. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 81-86.
- Junta de Sanejament (1992). Balanç de la qualitat de les aigües de bany. Any 1992. *Informe anual de la Unitat d'Aigües Marines de l'Àrea de Qualitat de les Aigües*, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.
- Kadlec, R.H. and R.L. Knight (1996). *Treatment wetlands*. CRC - Lewis Publishers, New York.
- Knight, Scott J. and Charles M. Cooper (1996). Insecticide and metal contamination of a mixed cover agricultural watershed. In: *Uncertainty, risk and transient pollution events*. Editors: M.B. Beck and W. Schilling. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 2, pp. 227-234.
- Magaud, Hélène, Bernard Migeon, Phillipe Morfin, Jeanne Garric and Eric Vindimian (1997). Modelling fish mortality due to urban storm run-off: interacting effects of hypoxia and unionized ammonia. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 2, pp. 211-218.

- Meinardi, C.R., A.H.W. Beusen, M.J.S. Bollen, O. Keppler and W.J. Willems (1995). Vulnerability to diffuse pollution and average nitrate contamination of European soils and groundwater. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Hoesper, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 159-165.
- Montaner, J., J. Solà, J. Mas, N. Teixidor i J. Boixadera (1996). Diagnòstico hidrogeològic de los acuíferos aluviales cuaternarios del Baix Ter y Baix Fluvià. En: *Las aguas subterráneas en las cuencas del Ebro, Júcar e Internas de Cataluña y su papel en la planificación hidrogeológica*. Editorial AIH, Lleida, pp. 429-435.
- Newman, Peter J., Stephen C. Nixon and Yvonne J. Rees (1994). Surface water quality: monitoring, classification, biological assessment and standards. In: *Water Quality International '94, Part 10*. Editors: D. Ballay and the IAWQ Programme Committee *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 30, No.10, pp.1-10.
- Norton, Roger L., David B. Oakes and John A. Cole (1996). Pollution risk management for resource protection. In: *Uncertainty, risk and transient pollution events*. Editors: M.B. Beck and W. Schilling. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 2, pp. 119-131.
- Paller, M.H. (1996). Effectiveness of multiplate invertebrate samplers, periphytometers and electrofishing for biomonitoring in streams. *Wat. Res.*, Vol. 30, No. 9, pp. 2095-2101.
- Pascual, Josep i Mònica Martinoy (1989). El clima de la costa nord-catalana i la meteorologia local. A: *Els aiguamolls de l'Empordà. Aspectes ecològics, històrics i socials*. Quaderns dels Indiketes, Núm. 3, Sèrie Entorn. Edició: Jordi Sargatal i Jenar Fèlix. Editorial ART-3, Figueres, pp. 19-32.
- Pham, Thanh-Thao and Suzie Proulx (1997). PCBs and PAHs in the Montreal urban community (Quebec, Canada) wastewater treatment plant and in the effluent plume in the St. Lawrence river. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 8, pp. 1887-1896.
- Prat, Narcís, Maria Rieradevall, Antoni Munné i Guillem Chacón (1996). La qualitat ecològica del Besòs i del Llobregat. Informe 1994-1995. Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius, No. 1, Àrea de Medi Ambient. Diputació de Barcelona.
- Quintana, Xavier (1995). Fluctuacions a la maresma dels Aiguamolls de l'Alt Empordà i estructura de la comunitat biològica. Tesi Doctoral, Universitat de Girona.
- Roll, B.M. and R.S. Fujioka (1997) Sources of faecal indicator bacteria in a brackish, tropical stream and their impact on recreational water quality. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 179-186.
- Ruse, L.P. (1996). Multivariate techniques relating macroinvertebrate and environmental data from a river catchment. *Wat. Res.*, Vol. 30, No. 12, pp. 3017-3024.
- Seager, J. (1994). Developments in water quality standards and classification schemes in England and Wales. In: *Water Quality International '94, Part 10*. Editors: D. Ballay and the IAWQ Programme Committee *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 30, No.10, pp.11-19.

- Schreiber, J.D., S. Smith, Jr. and C.M. Cooper (1996). The occurrence, distribution and remediation of transient pollution events in agricultural and silvicultural environments. In: *Uncertainty, risk and transient pollution events*. Editors: M.B. Beck and W. Schilling. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 2, pp. 17-26.
- Somlyódy, László (1995). Water quality management: Can we improve integration to face future problems?. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Hosper, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 249-259.
- Stamer, John K. and Michael E. Wiczorek (1996). Pesticide distributions in surface water. *Journal of the American Water Works Association*, Vol. 8, No. 11, pp.79-87.
- Tate, Cathy M. and Janet S. Heiny (1996). Organochlorine compounds in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992-1993. National Water-Quality Assessment (NAWQA) Program, South Platte River Basin Study. Abstract consultat a l'adreça URL <http://webserver.cr.usgs.gov/nawqa/splt/journals/TATE1.html>
- US EPA (1992). Guidelines for water reuse. Publicació No. EPA/625/R-92/004. Redacció a càrrec de James Crook, David K. Ammerman, Daniel A. Okun i Robert L. Matthews per a Camp Dresser and McKee, Inc.
- US EPA (1997a). Guidance Specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Pollution in Coastal Waters. Chapter 2: Management Measures for Agricultural Sources. Non Point Source Pollution Control Program, Office of Water. Obtingut d'internet a l'adreça URL <http://www.epa.gov/OWOW/NPS/MMGI/Chapter2/ch2-1.html#Pesticides>
- US EPA (1997b). Deposition of air pollutants to the Great Waters. Executive Summary of the Second Report to Congress. Office of Air Quality Planning and Standards, June 1997. Obtingut d'internet a l'adreça URL <http://www.epa.gov/oar/gr8water/execsumm.htm>
- Vaqué, Empar, Anna Roca i Esther Ribera (1989a). El poblament humà actual. A: *Els aiguamolls de l'Empordà. Aspectes ecològics, històrics i socials*. Quaderns dels Indiketes, Núm. 3, Sèrie Entorn. Edició: Jordi Sargatal i Jenar Fèlix. Editorial ART-3, Figueres, pp. 119-146.
- Vaqué, Empar, Jenar Fèlix i Jordi Sargatal (1989b). Evolució històrica dels estanys de la zona alt empordanesa. A: *Els aiguamolls de l'Empordà. Aspectes ecològics, històrics i socials*. Quaderns dels Indiketes, Núm. 3, Sèrie Entorn. Edició: Jordi Sargatal i Jenar Fèlix. Editorial ART-3, Figueres, pp. 147-168.
- Venter, S.N., M.C. Steynberg, C.M.E. de Wet, D. Hohls, G. du Plessis and R. Kfir (1997). A situational analysis of the microbial water quality in a peri-urban catchment in South Africa. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 119-124.
- Walley, W.J. and H.A. Hawkes (1996). A computer-based reappraisal of the Biological Monitoring Working Party using data from the 1990 River Quality Survey of England and Wales. *Wat. Res.*, Vol. 30, No. 9, pp. 2086-2094.

- Walley, W.J. and H.A. Hawkes (1997). A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. *Wat. Res.*, Vol. 31, No. 2, pp. 201-210.
- Werner, W. and H.P. Wodsak (1995). The role of non-point nutrient sources in water pollution - Present situation, countermeasures, outlook. In: *Integrated Water Resources Management*. Editors: S.H. Hosper, R.D. Gulati, L. van Liere and R.M.M. Rooijackers. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 31, No. 8, pp. 87-97.
- Wyer, Mark D., David Kay, Helen M. Dawson, Gerry F. Jackson, Frank Jones, Janette Yeo and John Wittle (1996). Delivery of microbial indicator organisms to coastal waters from catchment sources. In: *Uncertainty, risk and transient pollution events*. Edited by M.B. Beck and W. Schilling. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 2, pp. 37-50.
- Wyer, M.D., G. O'Neill, D. Kay, J. Crowther, G. Jackson and L. Fewtrell (1997) Non-outfall sources of faecal indicator organisms affecting the compliance of coastal waters with Directive 76/160/EEC. In: *Health-related Water Microbiology 1996*. Edited by R. Morris, W.O.K. Grabow and J. Jofre. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 35, No. 11-12, pp. 151-156.
- WPCF Research Foundation (1991). Nonpoint Source Impact Assessment. Water Pollution Control Federation Research Foundation Report 90-5. Preparat per CH2M Hill, Inc, Alexandria, VA.
- Zagoroc-Koncan, Jana (1996). Effects of atrazine and alachlor on self-purification processes in receiving streams. In: *Hazard assessment and Control of Environmental Contaminants in Water*. Editors: N. Nyholm and B. Neergard Jacobsen. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 6, pp. 247-254.