

MANIPULACIÓ FÍSICA I ORGÀNICA DE MASSES D'AIGUA CONTINENTALS

JOAN ARMENGOL

Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.

Introducció

No deixa d'ésser curiós que en buscar un terme que faci referència a l'ús que fem dels ecosistemes aquàtics continentals s'hagi recorregut al terme *manipular*. Si bé es cert que ha estat amb les mans, realment o metafòricament, com hem modificat aquests ecosistemes, a la vista de l'estat actual de molts d'ells cal preguntar-se si altres accepcions menys nobles de la paraula no serien més pertinents per expressar la nostra actuació en aquests casos. Però sense entrar en discussions semàntiques sobre quina és l'accepció més pertinent per definir el que s'ha fet o deixat de fer, el cert és que en el moment actual i donada la situació en què ens trobem, només un coneixement acurat de l'estat i del funcionament d'aquests ecosistemes ens pot portar a conservar el que queda, recuperar el possible i augmentar l'eficiència del que usem.

L'ús de l'aigua a gran escala ha estat lligada a la humanitat des dels inicis de la civilització i això ha portat indefectiblement a la utilització dels ecosistemes aquàtics continentals. A molts indrets, com passa a tota la zona mediterrània, les reserves d'aigua o són minses o es troben en quantitats desproporcionades fins a extrems catastròfics. I això tan pel que fa al temps com a l'espai. No és gens estrany, doncs, que s'hagi fet un notable esforç per tal d'adaptar a les nostres necessitats les irregularitats que presenta el cicle hidrològic.

La conca hidrogràfica com a una unitat ecològica

És particularment difícil d'entendre l'estat de les aigües continentals sense tenir present el que succeix a la conca. L'aigua en passar per la part terrestre de la conca altera les seves característiques físiques i la composició química (Figura 1) (Margalef, 1983). El procés és complex, ja que a factors externs a la conca, com la climatologia, se n'hi afegeixen d'estructurals com la topografia o la litologia. No obstant això, és l'activitat dels organismes la que en últim terme deixa sentir més el seu pes en les característiques d'un riu, i entre aquests l'home és el que té, de molt, el paper més destacat. És per això que la

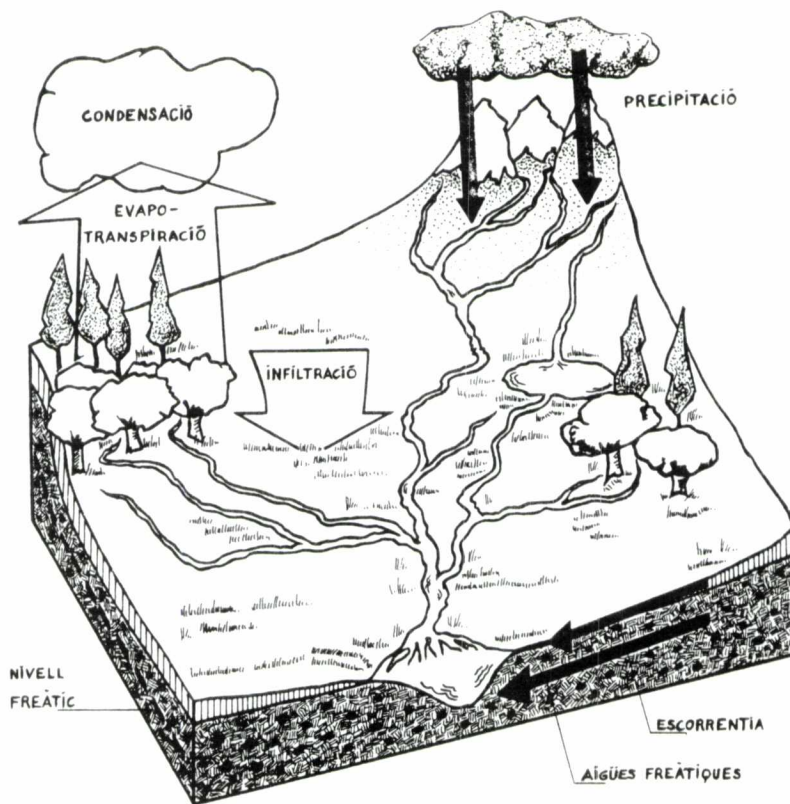


Figura 1. La conca hidrogràfica representa la unitat mínima en què el cicle hidrològic interacciona amb la biosfera. Segons aquest esquema, tots els processos que tenen lloc a la conca queden reflectits en la composició de l'aigua i de les comunitats dels rius.

conca hidrogràfica esdevé la unitat mínima de treball per veure de quina manera l'activitat de l'home pot incidir en la part terrestre del cicle de l'aigua. Tant les actuacions directes sobre la xarxa fluvial (extraccions i abocaments d'aigua, represaments, canalitzacions, etc.) com les indirectes (activitat urbana, industrial, agrícola, ramadera) donen lloc a unes determinades característiques ambientals, sovint indesitjables per continuar fruit de l'ús de l'aigua. És des d'aquest punt de vista que es parla de l'estat del riu com un bon indicador del que passa a la conca (Sabater, S. 1987).

La comprovació d'aquest fet és avui dia possible gràcies a la gran quantitat d'informació que es comença a tenir sobre tot el que hi ha en un determinat territori. A tall d'exemple, a la conca del Ter les característiques físico-químiques del riu es poden deduir perfectament a partir de tot un seguit de descriptors fisiogràfics de la conca (topografia, litologia, tipus de sòls, vegetació, usos del sòl i activitat humana, emmagatzemats als bancs de dades de Catalunya i GRANCAT de la Generalitat de Catalunya (Figura 2.) (Sabater et al. 1986).

El temps de residència de l'aigua i l'activitat dels organismes

En les aigües continentals, el seu temps de residència, que és el temps que, com a mitjana, triguin a renovar-se totalment, dona una bona mesura del seu dinamisme. En els rius l'aigua circula amb rapidesa i el temps de residència és curt ja que són, fonamentalment, sistemes de transport d'aigua, de les substàncies que porta en dissolució i de les que pot arrossegar cap al mar. Es tracta, doncs, d'un dinamisme fonamentalment abiòtic i imposat per la direccionalitat del flux. L'activitat dels organismes, tot i ésser important, mai no és, proporcionalment, tan gran com en els llacs, embassaments o maresmes. Segons aquest esquema, les variacions climatològiques imposen un dinamisme temporal molt gran, tant pel que fa a les condicions ambientals com a la composició de les comunitats, i això és particularment important a la zona mediterrània (Figura 3.) Efectivament, una pluja

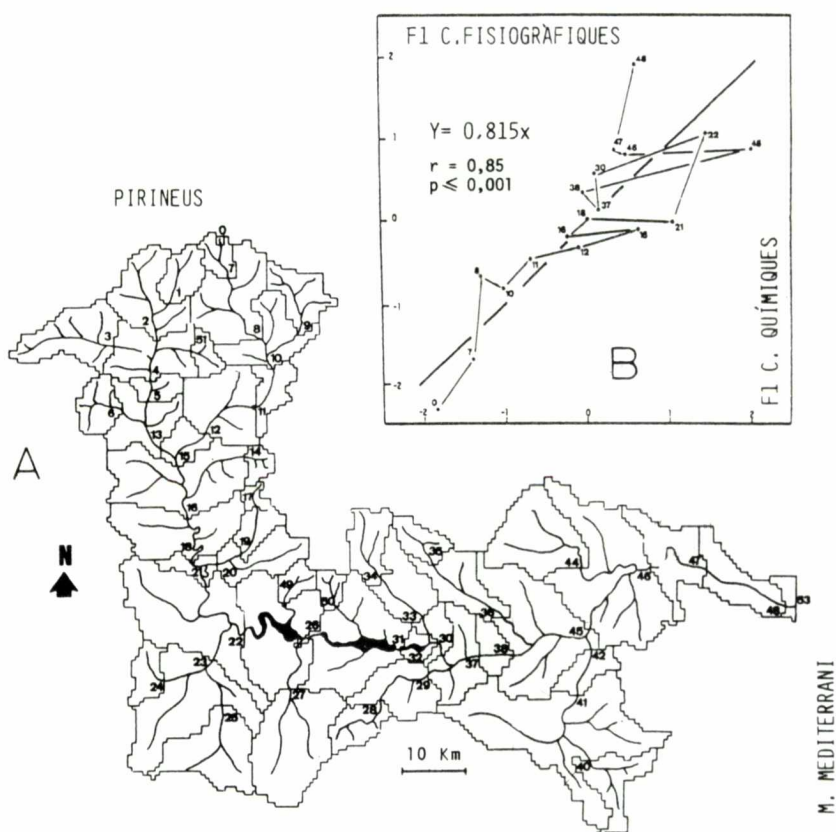


Figura 2. a) Mapa de la conca del riu Ter mostrant les 50 subconques que drenen les estacions, en les quals s'ha seguit la composició química de l'aigua des d'octubre de 1982 a octubre de 1983. La reticulació de la conca es basa en unitats de $0,25 \text{ Km}^2$. b) La informació obtinguda a partir de l'estudi paral·lel d'un seguit de paràmetres fisiològics de la conca i químics del riu, mostra una correlació altament significativa que suggereix una possible relació causal de la conca sobre el riu (segons Sabater et al. 1987).

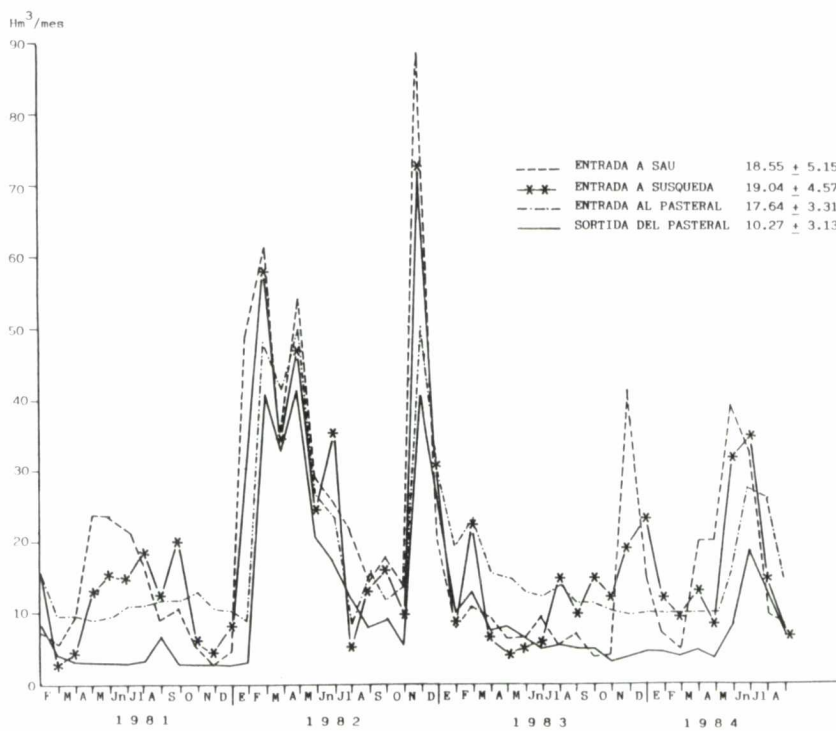


Figura 3. Cabals mensuals mitjans que entren i surten en els embassaments del riu Ter. Com es pot veure, les variacions de cabal són força importants com a conseqüència de la climatologia mediterrània. Dins d'aquest esquema, els embassaments actuen com a sistemes reguladors, de tal manera que a la sortida del Pasteral l'efecte de les crescudes és sensiblement menor.

torrencial, tot i tenir uns efectes perturbadors considerables, permet de netejar en un temps breu les aigües brutes d'un riu. Per contra, en les èpoques de flux més regular o fins i tot de sequera, és la mateixa organització del riu, com a ecosistema, la que fa possible una major depuració de l'aigua a través de tot un seguit de processos físics, químics i biològics. Dins d'aquest esquema, les avingudes torrencials tenen un doble efecte ja que, a més de netejar el riu, destrueixen les comunitats bentòniques ben establertes i possibiliten l'establiment d'altres de menys desenvolupades però amb un dinamisme més gran com a modificadors de la composició de l'aigua.

Llacs i embassaments es poden considerar com a diverticles dins la xarxa hidrogràfica, en els quals l'aigua resta aturada un cert temps, que és aprofitat pels organismes per iniciar tot un seguit de processos que poden arribar a modificar considerablement les seves característiques ambientals.

Els embassaments, en drenar tota la part superior de la conca, actuen com a sistemes integradors del que hi succeeix. Igual que els rius, el seu estat és una expressió dels processos que tenen lloc a la conca. La diferència entre ambdós és força gran, ja que mentre que els rius ens donen una informació puntual i a curt termini, en els embassaments aquesta és menys precisa i correspon a un estat general de tota la conca, però és retinuda

amb una certa fidelitat durant un període més llarg, el qual té a veure amb el temps de residència de l'aigua. És des d'aquest punt de vista que l'estudi extensiu dels embassaments d'una determinada zona geogràfica és un bon indicador del tipus d'activitat humana i de llur intensitat (Figura 4.) (Margalef et al 1976).

En els embassaments, l'aigua que entra no es distribueix de manera uniforme, sinó que circula preferentment per uns certs nivells, en els quals les densitats s'igualen (Figura 5). Això és una conseqüència d'una compartimentació vertical de l'ecosistema, de la qual no són aliens els processos de tot tipus que hi tenen lloc, però que té com a element desencadenant l'entrada d'energia externa en forma de radiació electro-magnètica (llum i calor) i mecànica (vent) (Margalef, 1980).

De forma general, una massa d'aigua d'una certa fondària passa al llarg de l'any per períodes d'estratificació i barreja. El nombre de vegades que aquest procés es repeteix depèn, fonamentalment, de la climatologia de la regió i de la morfologia de la cubeta.

L'aigua superficial absorbeix fortament les radiacions electro-magnètiques que li arriben i les transforma en calor. L'augment de temperatura que això comporta fa baixar la densitat de l'aigua i impedeix que es pugui barrejar amb la que es troba al fons. Paral·lelament, l'acció del vent contribueix a remoure l'aigua fins a una certa fondària segons l'energia mecànica que és capaç de transmetre i la resistència de l'aigua a ésser barrejada. En resum, a l'estiu quan la radiació solar és elevada i el vent poc important, una massa d'aigua es divideix en dos compartiments, un de superior i de temperatura alta, anomenat epilimni, i un altre d'inferior, d'aigua més densa i freda, o hipolimni. La zona de transició entre ambdós nivells es caracteritza per un gradient força brusc de temperatura i s'anomena termoclina (Figura 6.). Des de finals d'estiu la quantitat de radiació que arriba a la superfície disminueix, al mateix temps que es refreda l'atmosfera. A partir d'aquest moment l'aigua va perdent calor, mentre la força del vent hi introdueix energia mecànica en forma de turbulència i aquesta es barreja totalment.

Fins ara hem parlat d'un sol temps de residència de l'aigua en un llac o embassament, però en considerar la compartimentació que es produeix al llarg de l'any cal diferenciar entre els temps de residència que l'aigua té en cada compartiment. D'aquesta manera l'aigua de l'epilimni circula amb molta més rapidesa que la de la termoclina o la de l'hipolimni. L'interès pràctic d'aquest procés és que la matèria particulada que entra a l'ecosistema o que es forma en les capes superficials tendirà a sedimentar i a passar a nivells on quedarà progressivament més temps retinguda, i en alguns casos fins i tot arribarà a quedar totalment retirada de circulació en incorporar-se al sediment.

L'activitat dels organismes en l'organització espacial dels ecosistemes

Com acabem de veure, tant en els rius com en els llacs i embassaments els processos físics relacionats amb factors climàtics determinen l'esquema d'organització espacial. Els organismes, en situar-se sobre aquesta estructura, la reforcen amb llur activitat. De forma general, els processos biològics es manifesten a través del balanç producció-respiració, el qual es pot resumir mitjançant la següent equació:



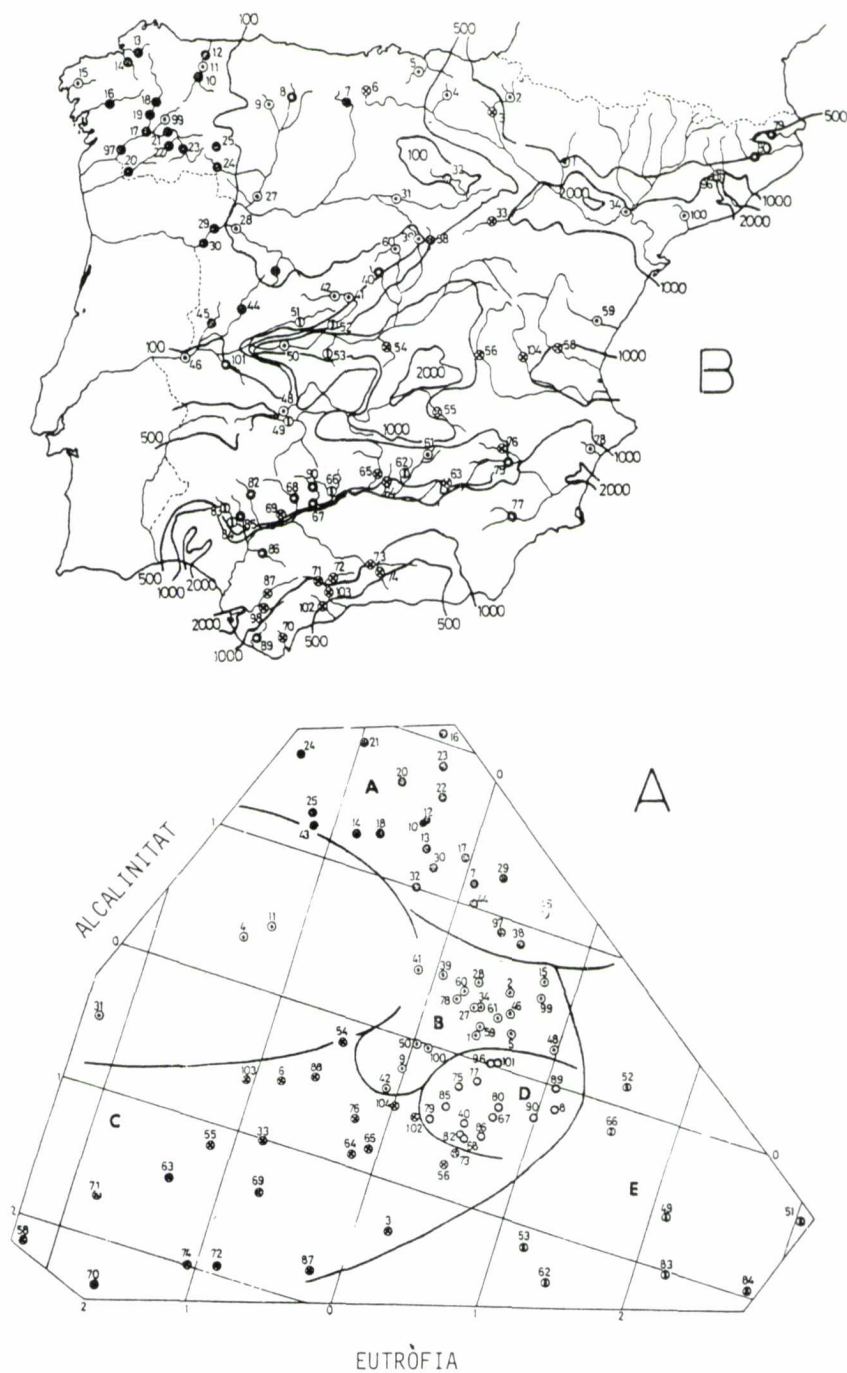


Figura 4. a) Classificació d'un centenar d'embassaments basada en la relació d'espècies del fitoplàncton, i que té, ahora, significat com una expressió de la composició química de l'aigua. b) Projecció geogràfica dels embassaments estudiats per tal de mostrar les relacions existents entre els diferents tipus que s'han establert i les característiques de la zona on es troben. En el mapa s'han indicat també les isolínies de conductivitat en uS/cm (segons Margalef, 1983).

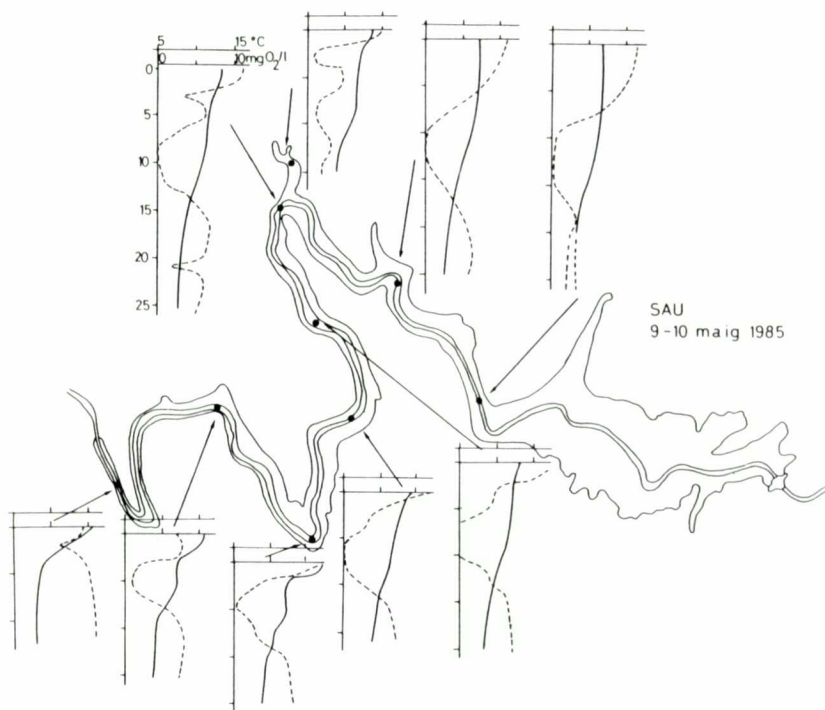


Figura 5. L'aigua que entra als embassaments circula per aquells nivells en què les densitats s'igualen, i la temperatura és el factor que quasi sempre controla aquest procés. En els embassaments eutròfics, com Sau, l'entrada d'aigua prop del fons en alguns períodes suposa una injecció d'oxigen, que pot millorar temporalment les condicions tròfiques del sistema. (línea contínua perfils de temperatura, línea discontinua perfils d'oxigen).

D'aquesta equació cal destacar que les relacions atòmiques entre els elements més importants, que actuen com a limitants en la producció primària, han de mantenir-se perquè el cicle es tanqui a través de la respiració (Stum & Morgan, 1981).

En els rius, la producció de cada segment és arrossegada i respirada en trams consecutius. Tan sols la fracció que és incorporada al sediment, que sol ser petita, resta separada de la circulació. És com si la comunitat de cada segment de riu explotés la que es troba en trams anteriors en rebre part de la seva producció (Margalef, 1983). Aquest procés dona una organització espacial basada en un reciclatge obert riu avall, que és mantingut per les aportacions de nutrients des de la part terrestre de la conca.

En llacs i embassaments l'activitat dels organismes s'estructura segons un eix vertical, definit per la llum i la gravetat i que es pot concretar per les següents propietats:

- 1) Els àtoms de qualsevol element químic tenen una probabilitat finita d'ésser transportats cap al fons sedimentat per efecte de la gravetat, en passar de forma dissolta a particulada.

2) La llum necessària per a la producció primària s'estingueix amb la fondària.

Segons aquest esquema, l'organització de les comunitats és clara. Els productors primaris s'han de situar des de la superfície fins on la llum els permet realitzar la fotosíntesi, però la matèria orgànica sintetitzada i els precipitats que aquest procés comporta tendeixen a sedimentar cap al fons. També en aquest cas podem parlar d'una comunitat explotada, el fitoplàncton, i una altra que se n'aprofita, el bentos, mentre que les comunitats pelàgiques intermèdies, zooplàncton i peixos, en migrar verticalment contribueixen a accelerar aquest transport. És en aquest punt que es comprèn la importància de l'estratificació. Mentre la matèria orgànica sedimenta per efecte de la gravetat, el retorn a la superfície dels compostos dissolts que han resultat de la respiració tan sols pot ser per difusió molecular. El final és previsible i consisteix en una frenada de la producció, en acabar-se els nutrients de les aigües superficials. Novament, i com en els rius, l'energia externa serà l'encarregada de reactivar el sistema barrejant tot el perfil i fent possible el retorn dels nutrients. El procés és cíclic i de periodicitat anual, tot i que hi pot haver petites diferències en funció de la climatologia de cada any (Figura 6).

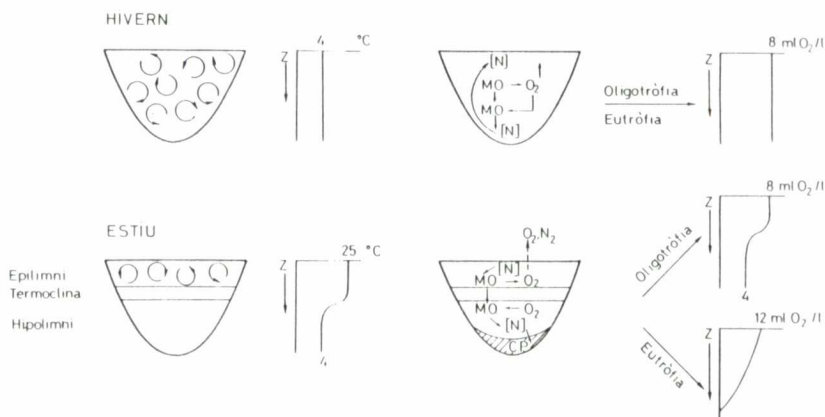


Figura 6. Diferències en el cicle tèrmic i en el balanç producció-respiració en un llac o embassament durant els mesos d'estiu i hivern, i segons sigui eutròfic o oligotròfic.

Les aigües continentals com a sistemes depuradors

Si les aportacions que reben els ecosistemes aquàtics no són prou importants, el cicle biogeoquímic dels elements que intervenen en el balanç producció-respiració té lloc enterament dins de l'aigua. En aquestes condicions, producció i respiració tenen valors semblants, tot i que ambdós processos estiguin separats en el temps o l'espai. Quan això passa es parla d'ecosistemes oligotròfics.

En contrast amb la situació anterior, quan a la conca es donen desequilibris locals (desforestació, agricultura, desenvolupament urbà o agrícola, etc.), el riu incrementa ràpidament les aportacions de nutrients i produeix desequilibris locals. En arribar a un llac o embassament, aquests nutrients se sumaran als que ja s'hi troben i augmentaran considerablement la producció, primer, i la respiració més tard. De forma general es pot dir que

es modifiquen els cicles biogeoquímics que tenen lloc dins dels sistemes afectats, i aquests esdevenen eutròfics.

Segons el que s'acaba de dir, els ecosistemes reaccionen enfront d'aquest excés de nutrients tractant d'immobilitzar-los en compartiments externs o marginals, on quedaran fora de circulació; en alguns casos durant un temps molt llarg, fins i tot en relació a la pròpia persistència de l'ecosistema.

A l'epilimni l'excés de producció sobreesatura d'oxigen l'aigua i tendeix a passar a l'atmosfera. Paral·lelament, i com a conseqüència del mateix procés, els equilibris químics es desplacen cap a la formació de compostos de baixa solubilitat, que precipiten. Encara que el procés és complex, es pot dir que precipiten carbonats, fosfats, òxids i hidròxids de ferro, manganès, alumini i calci, així com d'altres metalls quantitativament menys importants. A l'hipolimni aquesta dinàmica s'inverteix com a resultat de la respiració. Primer hi haurà un consum d'oxigen fins arribar a esgotar-se. Després, l'activitat bacteriana anaeròbica començarà a ésser important i es produirà, entre d'altres processos, la sulfatoreducció ($\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$) i la desnitrificació ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$). Cal dir, també, que en aquestes condicions ambientals es solubilitzaran molts dels compostos que havien precipitat de l'epilimni.

Centrant-nos en la dinàmica precipitació redissolució, s'ha d'assenyalar que no es tracta de dos processos simètrics, ja que la quantitat retornada a l'aigua no és mai igual a la que s'havia incorporat al sediment.

Es pot resumir tot el que s'acaba de dir indicant que en condicions d'eutròfia hi ha un flux important d'oxigen i nitrogen cap a l'atmosfera, mentre que en el sediment s'hi acumulem compostos de carboni i fòsfor (Figura 6). El resultat pràctic és que l'aigua en passar per un llac o embassament rep un tractament equivalent al que es produeix en una planta depuradora on es realitza un tractament terciari d'aigües residuals, però a un cost considerablement menor si no tenim en compte consideracions estètiques o de qualitat d'aigua en el mateix sistema.

L'embassament de Sau constitueix un dels millors exemples per veure el que s'acaba de comentar. Durant el període 1965-1979 la quantitat de nutrients, i en especial de fòsfor, va anar augmentant de manera gairebé continuada (Figura 7). Paral·lelament, la capacitat autodepuradora de l'embassament va suposar una reducció notable i creixent de les aportacions rebudes que s'incorporaren al sediment on es quedaren immobilitzades. No obstant això, l'eficiència autodepuradora de Sau va anar baixant des de valors propers al 81% en el període 1965-1967 fins al 46% entre 1974-1979 (Figura 8) (Armengol et al. 1986). Aquesta pèrdua d'eficiència, lluny d'haver-se aturat el 1979, ha anat continuant fins als nostres dies com a conseqüència de l'increment en l'activitat humana a la conca. De tal manera que, en aquests moments, Sau és un embassament hipereutròfic i presenta una qualitat d'aigua realment deplorable.

Ja hem esmentat que en els rius l'activitat biològica, tot i no ésser tan important, també deixa sentir els seus efectes. Tot i així, els processos biològics que hi tenen lloc són del tot similars als que s'han indicat per a llacs i embassaments. En efecte, el resultat del balanç producció-respiració és, en últim terme el que determina la intensitat del reciclatge dels elements que intervenen en la reacció química indicada anteriorment. En aquest cas, però, en lloc de parlar d'epilimni i hipolimni com a llocs on predominen respectivament la producció i la respiració, hem de distingir entre trams consecutius del riu.

L'activitat dels organismes resulta molt més evident en els rius. Després d'un abocament d'aigües residuals els rius presenten un aspecte deplorable i moltes vegades semblant al d'una claveguera. Tot i així, no és difícil de comprovar que riu avall es recuperen les característiques que aquest tenia anteriorment, com a resultat del procés d'autodepuració. Si, per contra, els abocaments són continuats, ens trobarem en una situació del tot sem-

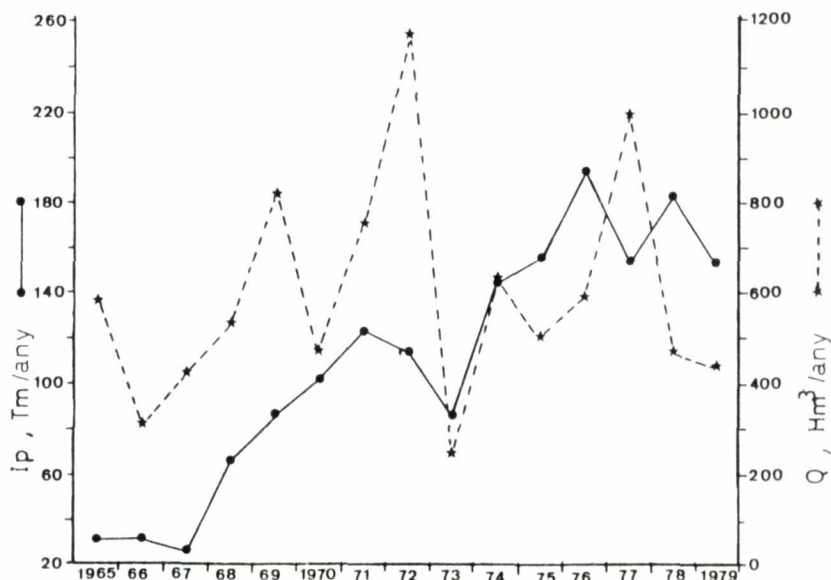


Figura 7. Quantitat d'aigua (línea discontinua) i de fòsfor (línea contínua) que han entrat anualment a l'embassament de Sau en el període 1965-1979. Es pot observar que mentre les entrades d'aigua són del tot irregulars com correspon a un procés climàtic, les entrades de fòsfor han anat augmentant com a conseqüència de l'activitat humana. Per aquest motiu Sau ha esdevingut cada vegada més eutròfic (segons Armengol et al. 1986).

blant a la que es donen als trams baixos dels nostres rius, dels quals el Llobregat i el Besòs esdevenen exemples paradigmàtics.

Els rius regulats

El darrer acte d'aquesta història la constitueixen els rius regulats. És clar que la construcció d'un embassament és una de les actuacions més importants que es poden fer en una conca.

La inundació d'una vall, la regularització del tram inferior del riu, la modificació de les maresmes i zones humides en general, i la regressió dels sistemes deltaics són, entre moltes altres, algunes de les conseqüències més importants que implica la seva construcció. Per contra, el subministrament d'aigua o l'ús que se'n pugui fer resta garantit. Al mateix temps, la prevenció d'inundacions és un altre dels motius que justifiquen la seva construcció. Tots aquests factors són importants a l'hora de decidir si un embassament s'ha de construir o no.

El fet és que en el moment actual gairebé tots els trams inferiors dels nostres rius estan regularitzats per preses. A més del descens en les fluctuacions del cabal d'aigua, cal destacar la disminució en la concentració de nutrients i fluctuacions més petites en la

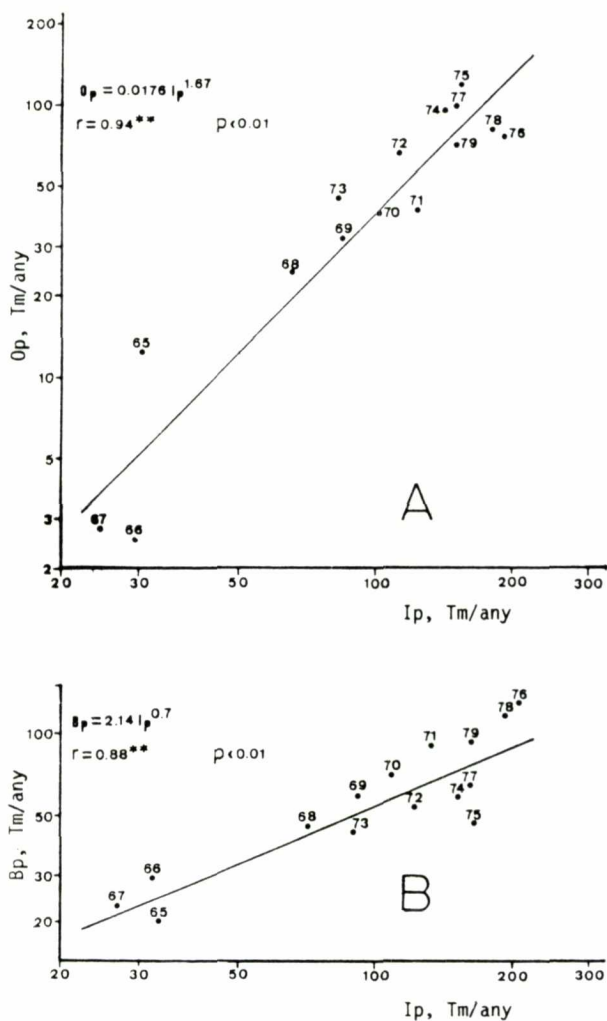


Figura 8. Balanços de fòsfor a l'embassament de Sau en el període 1965-1979. a) Relació entre el fòsfor entrat i sortit. b) Relació entre el fòsfor entrat i el que es queda en el sediment. En aquest darrer cas la quantitat de fòsfor retingut és una mesura de la capacitat d'autodepuració de Sau per aquest element (segons Armengol et al. 1986).

temperatura al llarg de l'any (Puig et al, 1987). No obstant això, és a nivell d'estructura de les comunitats on les variacions són més notables (Sabater, S. 1987), i dintre d'aquestes les poblacions de peixos són les que en resulten més afectades. Solucions com les escales de peixos o l'establiment de cabals mínims no deixen d'ésser pobres intents de compaginar el funcionament de la natura amb la manipulació dels ecosistemes.

Tenen solució aquests problemes?

Doncs bé, jo crec que sí. I encara que sigui retornar a un nivell estrictament semàntic, seria bo deixar de parlar de manipulació i començar a fer servir la paraula gestió. Si més no, gestió implica l'administració d'un bé comú, i per tant la necessitat de passar comptes respecte a l'ús que hem fet d'uns recursos. Potser sembli una mica llunyà parlar de passar comptes, però no oblidem que nosaltres mateixos som receptors de les conseqüències d'una gestió desafortunada. Molts dels problemes que presenten les aigües continentals ho són en la mesura que esdevenen problemes per a nosaltres. És sota aquest punt de vista que conèixer el funcionament d'aquests ecosistemes adquireix tot el seu sentit, per tal d'utilitzar-los sense malmetre'ls.

La gestió dels embassaments ha esdevingut una de les àrees més importants de la limnologia aplicada. Es tracta de maximitzar la seva capacitat de depuració, treient l'aigua d'aquelles fondàries en què la qualitat és millor, en detriment de les que acumulen més compostos químics no desitjables. Com es pot veure, es tracta de jugar amb el temps de residència de cada compartiment, per tal de fer més efectius els processos biològics. Quin és el premi? La millora natural de la qualitat de l'aigua i un abaratiment dels costos de tractament. La possibilitat de poder treballar amb un sistema d'embassaments amplia de forma considerable l'eficàcia d'aquest tipus de gestió (Toja, 1984).

Recentment, està adquirint importància el que es coneix com biomanipulació (torna a sortir la paraula, què hi farem?). Es tracta, en síntesi, de modificar les cadenes tròfiques de manera que s'escurcin i tinguin com a nivells finals els peixos planctòfags. Amb aquest procés es canalitza la producció cap a l'increment de la biomassa íctica que es retira del sistema en ésser pescada. La tècnica, encara que complexa, ha permès d'obtenir excel·lents resultats a Israel, que és en aquests moments capdavantera en la seva aplicació.

No deixa d'ésser curiós que mentre en uns llocs es tenen problemes per excés de nutrients (llacs, embassaments), en altres es fertilitzen les aigües per augmentar producció i practicar-hi la piscicultura. Som capaços de veure en aquest exemple les dues cares d'una moneda que ens obstinem a mirar sempre pel cantó que no toca?. Aquests dos exemples són il·lustratius d'una tendència generalitzada que està prenent molta empena i que porta a un ús més racional dels recursos hídrics. I això, no per les raons estètiques o sentimentals que tot sovint es fan servir com arguments ecològics, sinó senzilla i clarament perquè se'ns acaba l'aigua de bona qualitat.

Bibliografia

1. ARMENGOL J, CRESPO M, MORGUI JM, VIDAL A. 1986. Phosphorus bugets and forms of phosphorus of Sau reservoir sediment. An interpretation of the limnological record. *Hydrobiologia*, 143: 331-336.
2. ARMENGOL J, VIDAL A. 1988. The use of the different phosphorus fractions for the stimation of the trophic evolution of the Sau reservoir. *Arch Hydrobiol Beih* 30: 61-70.
3. MARGALEF R. 1980. *La Biosfera, Entre la termodinàmica y el juego*. Ed Omega. Barcelona. 236 pp.
4. MARGALEF R. 1983. *Limnologia*. Ed Omega. Barcelona. 1010 pp.
5. MARGALEF R, PLANAS D, ARMENGOL J, VIDAL A, PRAT N, GUISET A, TOJA J, ESTRADA M. 1976. *Limnologia de los embalses españoles*. vols. I y II. Dept. Ecologia. Univ. Barcelona. Ministerio de Obras Públicas. Madrid. 442 pp.
6. PUIG MA, ARMENGOL J, GONZALEZ G, PEÑUELAS J, SABATER S. SABATER F. 1987. Chemical and biological changes in the Ter river induced by a series of reservoirs. In: *Regulated Streams. Advances in ecology*. (eds.) Craig KF, Kemper JB. Plenum Press. N.Y. 373-382.

7. SABATER F, SABATER S, ARMENGOL J. 1987. Caracterización fisiográfica de la cuenca de un río mediterráneo: El Ter. *Actas del IV Congreso Español de Limnología*. 155-164.
8. SABATER F, 1987. *Estudi integrat del riu Ter i la Seva conca: Les característiques de l'aigua i els factors que les determinen*. Tesis doctoral. Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. 321 pp.
9. SABATER S. 1987. *Estudi de les poblacions d'algues del riu Ter*. Tesis doctoral. Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. 481 pp.
10. STUMM V, MORGAN JJ. 1981. *Aquatic Chemistry*. 2nd Edition. J.Wiley & Sons Ed. N.Y. 780 pp.
11. TOJA J. 1984. *Limnología de los embalses para abastecimiento de aguas a Sevilla*. Publicaciones del MOPU nº 145 Madrid. 159 pp. 58 tab.