

CÀRREGA DE NUTRIENTS PER TRIBUTARIS TORRENCIALS A L'ESTANYOL DEL VILAR (BANYOLES) DURANT TRES PERÍODES DE PRECIPITACIÓ (HIVERN 1991-92)

L. Bañeras i R. Brunet

Institut d'Ecologia Aquàtica. Universitat de Girona. Hospital 6, 17071 GIRONA.

RESUM

S'ha quantificat l'entrada superficial dels principals nutrients, nitrogen i fòsfor, a través dels recs d'entrada a l'estanyol del Vilar. L'estudi s'ha realitzat durant tres períodes de precipitació de l'hivern 1991-92. La càrrega externa per aquesta via s'ha avaluat en 17,28 Kg. de fòsfor i 47,07 Kg. de nitrogen en un període de dos mesos. En funció d'aquests valors es classifica l'estanyol del Vilar com a eutròfic. Es demostra la influència d'aigües residuals en la càrrega normal de nutrients per una conca de recepció ocupada majoritàriament per camps de conreu.

RESUMEN

Se cuantifica el aporte superficial de los nutrientes principales, fósforo y nitrógeno, a través de los arroyos que desembocan en la laguna del Vilar. El estudio se ha realizado durante tres periodos de precipitación en el invierno 1991-92. La carga externa por esta vía se ha estimado en 17,28 Kg. de fósforo y 47,07 Kg. de nitrógeno en un periodo de dos meses. En función de estos valores se clasifica la laguna como sistema eutrófico. Se demuestra la influencia de aguas residuales en la carga normal de nutrientes para una cuenca de recepción ocupada mayoritariamente por tierras de cultivo.

ABSTRACT

External input of major nutrients, phosphorus and nitrogen, by lake Vilar runlets is quantified. Measurements have been reported during three rain periods along winter 1991-92. This kind of external load has been accounted as 17,28 Kg. of phosphorus and 47,07 Kg. of nitrogen in two months. According to these features, lake Vilar is classified as eutrophic. Wastewater effects into a mainly agricultural catchement area can be noticed.

Keywords: Banyoles, eutrophication, external loading, nitrogen, phosphorus, runlet, Vilar.

INTRODUCCIÓ

L'estat eutròfic de l'estanyol del Vilar ha estat extensament documentat (Emiliani, 1973, Planas, 1973, Abellà, 1980, Brugada, 1986, Brunet, 1990 a); no obstant això, s'han fet pocs estudis referents a la quantificació de la càrrega de nutrients de l'estanyol. En general, es tendeix a la divisió entre càrrega externa i interna de nutrients (auto-fertilització), quan s'avalua, quantitativament la fertilització d'una massa d'aigua. La fertilització externa consta principalment de l'aport superficial de rius i rieres

que desemboquen a la massa d'aigua. Altres fonts externes són filtracions del freàtic superficial i la fertilització directa amb material orgànic de la vegetació circumdant. Aquesta darrera via de fertilització és, possiblement, de gran importància a l'estanyol del Vilar. L'àrea reduïda d'aquest (12 450 m². Abellà, 1980) i l'espessor de la cobertura vegetal que l'envolta, contribueixen positivament a una entrada important de nutrients a l'estanyol per aquesta via. A l'àrea de Banyoles cal tenir en compte una altra font externa de nutrients lligada a sorgències d'aigua subterrània. Aquesta via d'entrada sembla però quantitativament poc important, només 55 µg.l⁻¹ de fòsfor s'han mesurat a nivell de l'aigua sorgent de la zona de Banyoles (brollador de la riera Castellana).

La càrrega interna com a font de nutrients per a la columna d'aigua es deu principalment als processos diagènics del sediment. L'alliberació de fòsfor soluble a partir del sediment és un procés ben documentat, aquest efecte es veu augmentat per l'anòxia de l'aigua en contacte amb el sediment (Grobler i Davies, 1981, Golterman, 1980, 1982, Uhlman i Guderitz, 1988). L'estat meromíctic de l'estanyol del Vilar permet l'estratificació química de la columna d'aigua i la formació d'un monimolimnion anòxic (Abellà, 1980). Aquestes condicions afavoreixen la dissolució de nutrients, especialment fòsfors, a partir del sediment. L'augment de la turbulència al període hivernal facilita la difusió del fòsfor acumulat al monimolimnion, i constitueix una font d'enriquiment per a les capes superficials de la columna.

El seguiment de les característiques limnològiques de dues columnes d'aigua aïllades per limnocorrals col·locats a l'estanyol del Vilar va permetre posar de manifest la importància de la fertilització superficial, especialment durant períodes d'inundació (Brunet, 1990 a, 1990 b) que no s'ha quantificat fins al moment. Per altra banda, en un futur pròxim es pretén avaluar els processos de càrrega interna. D'aquesta manera es disposarà d'un model quantitatiu de fertilització que permetrà preveure l'eficàcia de l'aplicació de tractaments de restauració de l'estanyol del Vilar.

Map showing lake Vilar incoming runlets. Points show the sampling places. Dashed line means undefined run.

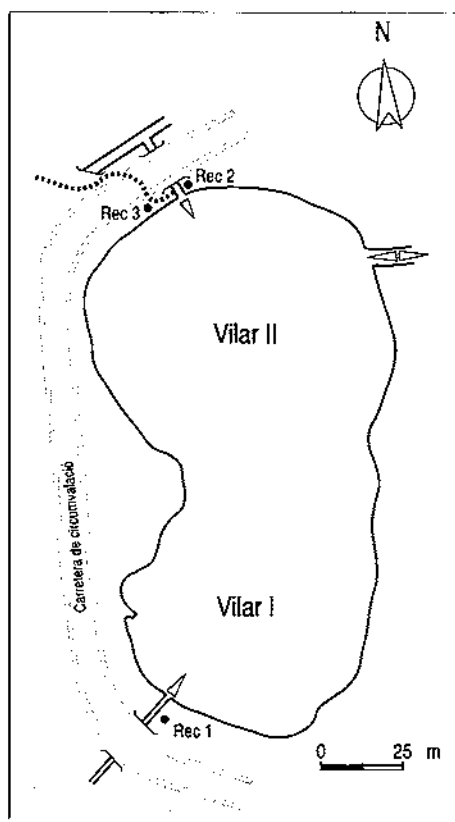


Figura 1.- Mapa de situació dels recs d'entrada a l'estanyol del Vilar. Els punts indiquen els llocs de mostreig. El rec en línia de punts no presenta un llit definit.

Map showing lake Vilar incoming runlets. Points show the sampling places. Dashed line means undefined run.

MATERIAL I MÈTODES

S'han mostrejat diàriament, durant tres períodes de precipitació, els recs 1, 2 i 3 d'entrada a l'Estanyol (Fig. 1). L'àrea de la conca de recepció dels tres recs s'ha calculat a partir d'un plànol de la zona (escala 1:1000) amb un planímetre digital KOIZUMI KP-90, diferenciant les àrees ocupades per terres de cultiu i per construccions urbanes.

El cabal s'ha estimat per flotació a partir de la secció i la velocitat calculades en un tram de longitud coneguda (Dutras et al., 1986). El cabal obtingut s'ha corregit per un factor de 0,875 aplicable a cursos d'aigua de petites dimensions (Custodio i Llamas, 1976)

La conductivitat ha estat mesurada al laboratori amb un conductímetre WTW model LF 191.

L'anàlisi química de les mostres s'ha realitzat al laboratori entre 12 i 24 hores després de la seva recollida. Les anàlisis no efectuades dintre aquest període s'han realitzat a partir de les mostres mantingudes a -40°C .

Els nitrats s'han analitzat després de la reducció total a amoni amb TiCl_3 (Minzoni et al, 1988). L'amoni s'ha determinat per reacció de Nessler (ASTM, 1981). El NO_2^- s'ha determinat per reacció amb sulfanilàmida 2% en medi àcid i quantificat amb dihidroclorur de N(1-naftil) etilendiamida (N^oNED) segons l'apartat 5.4.1. IBP Handbook n^o 8 (Golterman et al. 1978).

Per l'anàlisi de fòsfor s'ha discernit entre fòsfor total (PT), fòsfor orgànic disolt (DOP) i fòsfor reactiu soluble (SRP). La fracció corresponent a SRP i DOP s'ha determinat amb les mostres filtrades sobre membrana de nitrat de cel·lulosa S & S BA 85 de $0,45\ \mu\text{m}$ de diàmetre. Les mostres per a aquestes dues fraccions s'han conservat amb cloroform al 4%. El fòsfor de les mostres del DOP i el PT s'ha hidrolitzat a ortofosfat per H_2SO_4 i $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$. L'ortofosfat s'ha determinat colorimètricament segons el mètode descrit a l'apartat 5.6.2. IBP Handbook n^o 8 (Golterman et al. 1978).

RESULTATS

La Figura 2 relaciona la pluviositat ($\text{l}\cdot\text{m}^{-2}$) enregistrada en tres períodes de precipitació (1-4 de desembre, 10-15 de desembre de 1991 i 21-27 de gener de 1992) amb el cabal total ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$) d'entrada a l'Estanyol. La coincidència en el temps dels màxims de cabal i de pluviositat demostra el règim torrencial dels tributaris del Vilar. El fet de tenir una conca de recepció de solament $92\ 848,3\ \text{m}^2$ condiciona aquest fet, ja que el trajecte que realitza l'aigua fins a l'Estanyol no supera els 500-600 m. En l'últim episodi de precipitació s'observa un desfasament en els màxims dels paràmetres mesurats que correspon a la fusió de la neu caiguda, aquesta no s'observa quan la precipitació és líquida.

La Figura 3 mostra la concentració de nutrients de dos dels tributaris al llarg del temps. La dinàmica és similar en tots els compostos analitzats, presenta màxims de concentració coincidents amb els màxims de cabal. La concentració de nitrat i la de fòsfor reactiu soluble (SRP), segueix un patró diferencial en el rec 2. En el segon període de precipitacions es pot apreciar un augment considerable de la concentració quan el cabal disminueix, el qual no s'observa al rec 1. L'augment de la concentració en l'últim període de precipitacions es dona en els dos recs.

Comparant els recs es pot apreciar una concentració més elevada en el rec 2 en

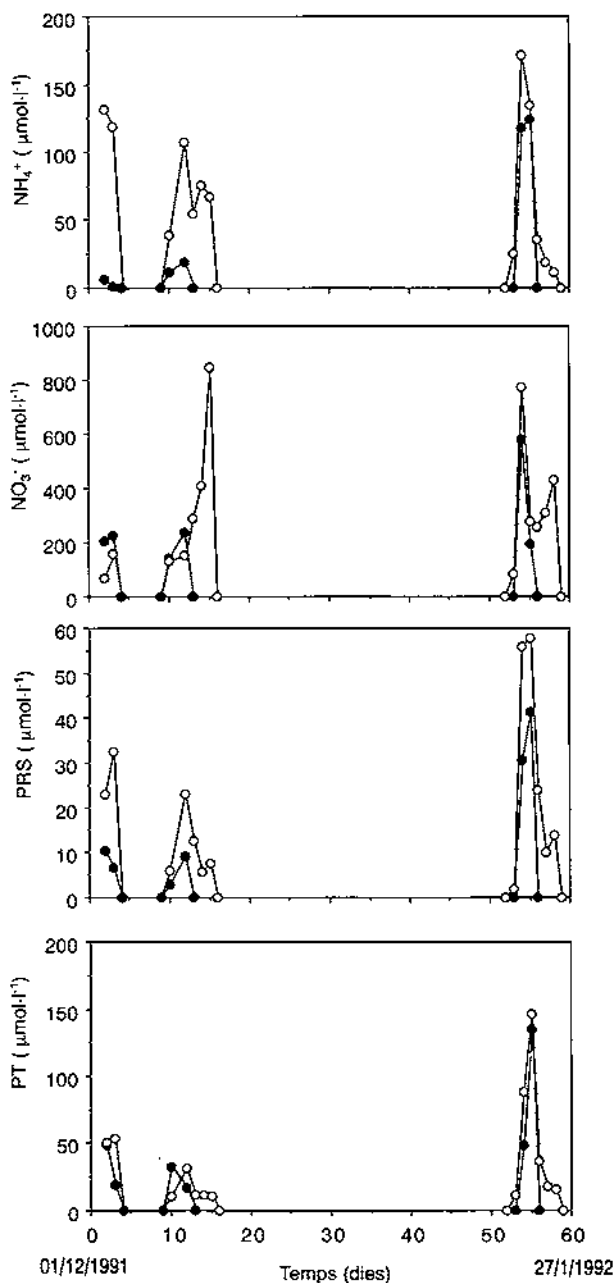


Figura 3.- Variació temporal de la concentració de les principals formes de nitrogen i fòsfor. Dades en $\mu\text{mol l}^{-1}$. Rec 1 (\bullet), Rec 2 (\circ). Temporal dynamics of main nitrogen and phosphorus forms. Data in $\mu\text{mol l}^{-1}$. Runlet 1 (\bullet), Runlet 2 (\circ).

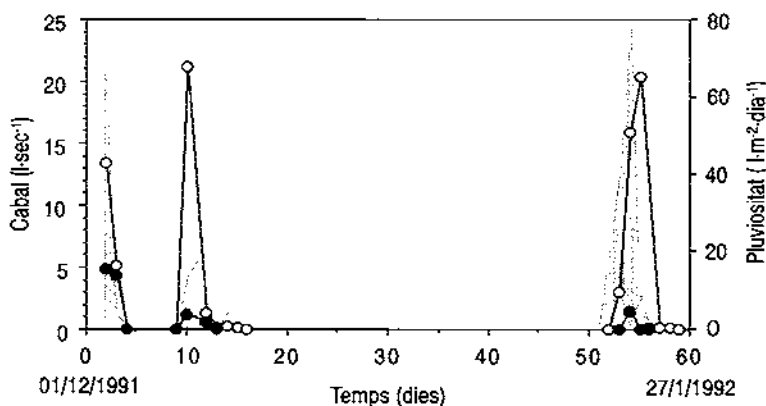


Figura 2.- Relació del cabal dels recs 1 (*) i 2 (o) i la pluviositat diària de la zona (àrea ombrejada). Els cabals en $l \cdot s^{-1}$. La pluviositat en $l \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$. Relationship between runlet flows 1 (*) and 2 (o), and diary rainfall (shaded area). Flow in $l \cdot s^{-1}$. Rainfall in $l \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$.

relació al nitrat, amoni i SRP; no obstant això el fòsfor total presenta diferències poc aparents quant a la concentració diària entre els dos recs. Aquest fet fa suposar una procedència diferent dels dos recs o bé que en el seu trajecte tenen alguna influència diferencial d'altres aigües.

La Taula 1 exposa la quantitat total de nutrients (g. total) que entren a l'Estanyol en els tres períodes de pluja. En tots els casos la quantitat total de nutrients aportada pel rec 2 és superior a la del rec 1. Aquest fet és degut al cabal superior del rec 2. Només un 7.5 % del fòsfor total i un 9.3 % de nitrogen entren a l'Estanyol pel rec 1. De la quantitat total de litres que ha entrat a l'Estanyol, només el 12.7 % d'aquests ho ha fet pel rec 1.

En l'últim període de precipitació s'ha mesurat la conductivitat dels recs. En els darrers dies (Taula 2), la conductivitat del rec 2 augmenta notablement. És probable que en altres períodes de pluja el rec 2 hagi presentat un comportament similar. En el rec 1 no s'enregistra aquest augment de conductivitat, indicant un possible origen diferent de l'aigua; caldria, però, descartar la possibilitat que es donés l'augment i que no s'hagués pogut detectar pel ràpid esgotament del cabal.

DISCUSSIÓ

La variació de la concentració de les diferents espècies de nitrogen en els tributaris de l'estanyol del Vilar està en funció del cabal. Per bé que no s'ha pogut establir cap relació numèrica significativa, qualitativament s'observa una relació directa entre la concentració d'amoni i el cabal, i inversa entre la de nitrat i el cabal. Considerant que l'aigua provinent del rentat dels camps porta quantitats insignificants d'amoni, pel fet que és ràpidament oxidat al sòl pels bacteris nitrificants i Adsorbit a la matèria orgànica i partícules sòlides (argila) (Henderson-Sellers i Markland 1987), podem suposar que l'elevada concentració d'amoni té altres orígens. La precipitació caiguda en el període estudiat presenta màxims importants (77.5

Taula 1. Valors totals d'entrada a l'estanyol del Vilar dels diferents nutrients analitzats per a cada període de precipitacions. Els valors entre parèntesis del rec 3 estan inclosos al rec 2 (Fig.1). Total input of different nutrients into Lake Vilar along the studied rain periods. Figures into brackets from runlet 3 are included into runlet 2 (Fig. 1).

Rec	Període	NO ₃ - (gr. N)	NH ₄ ⁺ (gr. N)	NT (gr. N)	PRS (gr. P)	DOP (gr. P)	PT (gr. P)
1	02-04/XII/1991	2042,44	46,50	2463,05	220,54	22,50	882,36
	09-16/XII/1991	542,18	44,99	596,47	34,83	9,00	201,68
	21-27/I/1992	1059,68	218,57	1345,08	131,48	14,94	215,32
	total	3644,30	310,06	4404,60	386,85	46,44	1299,36
2	02-04/XII/1991	2083,60	2855,92	5094,80	1306,46	97,15	2610,09
	09-16/XII/1991	5596,90	1767,33	7425,07	656,13	124,95	1093,15
	21-27/I/1992	22781,18	6737,02	30153,42	5743,57	403,95	12275,13
	total	30461,68	11360,27	42673,29	7706,16	626,05	15978,37
(3)	02-04/XII/1991	(206,50)	(101,04)	(312,26)	(123,07)	(0,00)	(225,2)
	09-16/XII/1991	(919,67)	(385,17)	(1315,83)	(196,26)	(25,74)	(344,59)
	21-27/I/1992	(5426,90)	(574,44)	(6209,06)	(1319,66)	(67,75)	(2239,59)
	total	(6553,07)	(1060,65)	(7837,15)	(1638,99)	(93,49)	(2809,38)

Taula 2. Relació de les dades de conductivitat pels recs 1, 2 i 3 en el període de precipitacions de gener de 1992. Conductivity data from runlets 1, 2 and 3 during january 1992 rain period.

REC	Data	Conductivitat µS.cm ⁻¹
1	23/I/1992	334
	24/I/1992	289
2	22/I/1992	283
	23/I/1992	439
	24/I/1992	316
	25/I/1992	810
	26/I/1992	1042
	27/I/1992	1126
3	22/I/1992	286
	24/I/1992	401

Taula 3. Concentracions mitjanes de SRP (fòsfor reactiu soluble) i PT (fòsfor total) per a cada un dels períodes. Mean SRP (soluble reactive phosphate) and TP (total phosphorus) concentrations measured along each rain period.

Període	PT (mg. l ⁻¹)		PRS (mg. l ⁻¹)		Cabal (m ³)	
	Rec 1	Rec 2	Rec 1	Rec 2	Rec 1	Rec 2
01-04/XII/1991	1,10	1,64	0,27	0,82	801,28	1594,33
09-15/XII/1991	0,88	0,37	0,15	0,22	222,52	2947,08
21-27/I/1992	1,62	3,58	0,99	1,68	132,60	3426,65

l.m⁻².dia⁻¹) que immediatament afecten el cabal mínim de la xarxa sanitària de la zona. El fet que la màxima concentració d'amoni correspongui, en el temps, amb el màxim cabal, ens fa suposar que hi ha excedents de l'aigua de la xarxa de clavegueram que incideix en la qualitat de l'aigua dels recs d'entrada al Vilar.

A la Figura 4 es representa la proporció entre les espècies de nitrogen majoritàries, nitrat i amoni. El tractament d'aquestes dades permet de veure l'efecte de les aigües residuals obviant l'aspecte quantitatiu de les mesures. En el segon i tercer període de pluges, el rec 2 presenta un índex NH₄⁺/NO₃⁻ relativament elevat a l'inici de cada període i va disminuint a mesura que s'esgota el cabal. En un primer moment es dona una mescla de l'aigua d'escorrentia dels camps amb l'aigua residual, aquest fet fa que es trobin, coexistent, amoni i nitrat al rec en quantitats apreciables. La concentració de nitrat de les aigües residuals d'origen domèstic es indetectable o nul·la (Metcalf i Eddy, 1979), fet que determina que el nitrat present al rec prové del rentat dels camps de cultiu, que representen un 87% de la conca de recepció del Vilar.

Quan el cabal és mínim, el nitrogen es troba principalment en forma de nitrat (proporció NH₄⁺/NO₃⁻ baixa). En aquest punt es pot afirmar que l'efecte de l'aigua residual ha disminuït i que, pràcticament, la totalitat de l'aigua que circula pel rec prové del rentat superficial i del lixiviat dels camps. Per altra banda, el descens en la velocitat de l'aigua augmenta el temps de lixiviat i pot suposar una major eficàcia en el rentat de nutrients presents al sòl. Tal com s'aprecia en la concentració de nitrats i de SRP al final dels dos últims períodes de precipitació (Fig. 3).

Aquest patró característic de comportament de les espècies de nitrat i amoni al rec 2, no s'observa tan clarament al rec 1. En aquest rec deu ser mínim el possible efecte de l'aigua residual i solament és apreciable en l'últim període de precipitacions (147,1 l.m⁻² en quatre dies) quan s'observa un augment significatiu de la concentració d'amoni respecte la de nitrat (Fig.4). L'augment relatiu de la concentració de nitrat al final dels episodis de precipitació no s'observa en el rec 1 en no presentar cabal.

Les fonts externes de fòsfor poden provenir de l'aigua d'escorrentia superficial (drenatge dels camps), de les aigües residuals i directament de la pluja. La proporció de fòsfor total que arriba per qualsevol d'aquestes fraccions és variable en funció de la conca de recepció. Les diferències respecte a la concentració mitjana de

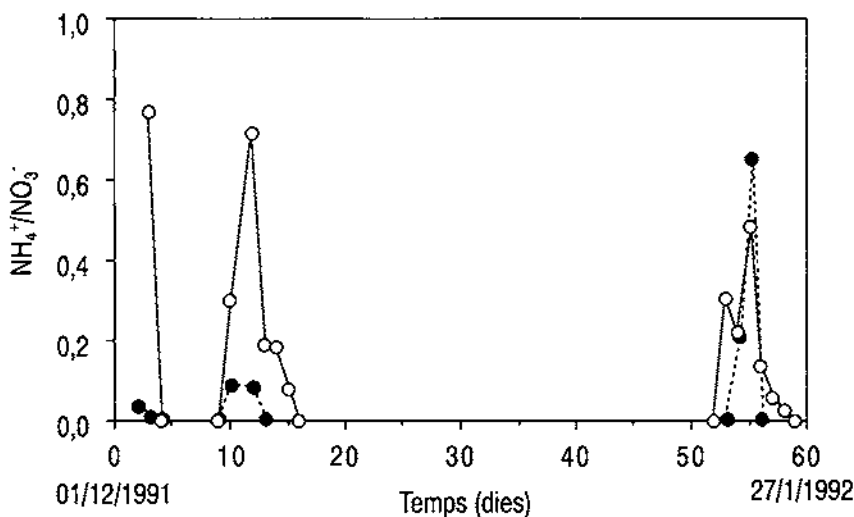


Figura 4. Variació temporal de la relació $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, pels recs 1(●) i 2 (○). Temporal dynamics of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio, data from runlet 1 (●) and 2 (○).

les fraccions de fòsfor dels dos recs (Taula 3), podrien indicar una procedència diferent de l'aigua que els alimenta. Excepte pel període del 9 al 15 de desembre de 1991 i per la fracció de PT, les concentracions mitjanes del rec 2 són sempre superiors a les del rec 1. Suposant que l'aigua que prové del lixiviat dels camps de cultiu ha de ser comuna pels dos recs, quant a la concentració de fòsfor, les diferències observades es poden relacionar amb l'entrada d'aigua residual al rec 2. Una concentració de fòsfor superior a $30 \mu\text{g l}^{-1}$ a les aigües superficials determina una alimentació forçada d'aquesta (Margalef, 1983). En altres treballs relacionats amb fertilització superficial de llacs (Hamm i Kuklantz, 1981) s'observa una relació directa entre el cabal total del rec i la concentració mitjana de fòsfor quan la procedència d'aquest és relativament constant. Una relació similar no es pot establir en els recs del Vilar (Taula 3) ja que l'efecte de les aigües residuals és molt variable. La concentració mitjana de fòsfor orgànic total a les aigües residuals varia entre 5 i 1 mg.l^{-1} (Metcalf i Eddy, 1979).

En definitiva, el rec 2 presenta una concentració de tots els ions analitzats superior a la del rec 1. Aquest fet, juntament amb el major cabal i persistència d'aquest, determinen que l'entrada total de nutrients a l'estanyol del Vilar, durant el període estudiat, es doni majoritàriament pel rec 2, i per tant per la cubeta nord de l'Estanyol (Fig. 1). Dels $17,28 \text{ Kg}$ de fòsfor total que entren a l'Estanyol, $15,98$ ho fan pel rec 2, aquesta dada representa un $92,47 \%$ de l'entrada total de fòsfor. Quant al nitrogen, $42,67 \text{ Kg N}$ entra pel rec 2, i només $4,40 \text{ Kg N}$ ho fa pel rec 1, que representa només un $9,3 \%$ de l'entrada total de nitrogen ($47,07 \text{ Kg N}$). L'entrada de fòsfor a l'estanyol del Vilar és superior a la de l'estany de Banyoles. Els valors calculats al Vilar es troben en un ordre de magnitud superior als valors

trobat per García-Gil et al. (1990) en un estudi fet a les principals rieres d'entrada a l'estany de Banyoles durant el novembre de 1988 i el gener de 1989. Els valors de concentració de l'aigua dels tributaris són igualment majors que els mesurats als recs d'entrada a l'estany de Banyoles a la primavera-estiu de 1984 (Abellà et al. 1986). Indubtablement, el volum d'entrada de nutrients superior al Vilar, les seves dimensions reduïdes i possiblement un temps de residència superior, contribueixen a augmentar l'efecte eutrofitzador a la columna d'aigua.

Si suposem que la concentració de nutrients en els recs superficials és més o menys constant, ja que està directament influenciada per l'efecte d'aigües residuals, podem extrapolar la quantitat total de fòsfor que entraria a l'estany en el període d'un any. Tenint en compte que la pluviositat mitjana de la zona de Banyoles és de l'ordre de 814 l.m^{-2} (Sanz 1981), obtindrem una quantitat total d'entrada de $56,31 \text{ Kg P.any}^{-1}$, en funció dels $249,8 \text{ l.m}^{-2}$ totals enregistrats en el període d'estudi. D'acord amb el volum de l'entrada anual de fòsfor i l'àrea de la conca de recepció, es pot classificar l'estanyol del Vilar com a eutròfic (Vollenweider, 1976).

Per altra banda el SRP a l'estanyol és pràcticament indetectable durant els mesos d'estiu i solament existeix en forma soluble al monimolimnion. A la tardor de 1991 a l'Estanyol es detectaren concentracions mitjanes inferiors a $0,5 \mu\text{g P.l}^{-1}$ (dades no publicades). D'acord amb els criteris de l'OECD (Vollenweider, 1982), l'estanyol del Vilar es pot catalogar com a mesotròfic en funció del seu contingut en fòsfor.

La formació de fosfat de calci, altament insoluble ($\log K_s = 2,0$. Sillen i Martell, 1964), podria ser la explicació a aquesta divergència. Margalef (1983) afirma que concentracions superiors a 100 mg.l^{-1} de Ca^{2+} suposen una reducció de la concentració de PRS al voltant de $0,93 \mu\text{g.l}^{-1}$. La precipitació de fosfat de calci és, doncs, un procés important al Vilar si tenim en compte l'elevada concentració de Ca^{2+} a les aigües de Banyoles (350 mg.l^{-1} a l'Estany) (Abellà, 1980).

Amb independència dels índexs d'eutròfia considerats, l'estanyol del Vilar presenta en l'actualitat símptomes clars d'eutrofització. Atesa la importància de la càrrega superficial de nutrients deguda a la precipitació, es fa necessari un control de l'impacte humà a la conca de recepció de l'Estanyol. Una millora de la infraestructura sanitària i un control de la fertilització de les terres de cultiu adjacents, esdevindrien tècniques preventives a l'hora de garantir l'eficàcia d'aplicació de les tècniques curatives que es creguin adients.

Agraïments

Volem agrair la col.laboració de Jordi Colomer per facilitar les dades de pluviometria de l'estació meteorològica del Laboratori Municipal de Limnologia de Banyoles i el suport institucional de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT) de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografia

ABELLÀ, C.(1980). *Dinàmica poblacional comparada de bacterias fotòtroficas del Lago de Banyoles*. (Tesi doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona.

- ABELLÀ, C.A., DUTRAS, A. & BRUNET, R. (1986). Balanç del fosfat soluble i dels paràmetres de contaminació bacteriològica a l'estany de Banyoles durant el període primavera-estiu de 1984. Dins *Ponències i Comunicacions Primeres Jornades sobre l'Estany de Banyoles*. Ajuntament de Banyoles. Diputació de Girona . 312 pp.
- ANNUAL BOOK FOR ASTM STANDARDS. (1981). Part 31. Water. American Society for testing and materials
- BRUGADA, D. (1986). *Metabolisme del sofre i funció destoxificadora dels bacteris fototròfics en l'estanyol del Vilar (Banyoles)*. Tesina de llicenciatura. Univ. Autòn. Barcelona.
- BRUNET, R. C. (1990 b). *Limnologia comparada de recintes experimentals en l'estanyol del Vilar (Banyoles). Propostes de restauració*. Tesina de llicenciatura. Institut d'Ecologia Aquàtica. Estudi General de Girona. Univ. Autòn. Barcelona.
- BRUNET, R.C., GARCÍA-GIL, J. & ABELLÀ, C.A. (1990 b). Estudio comparado de parámetros de eutrofización en recintos experimentales de la laguna del Vilar (Banyoles). *Scientia gerundensis*. 16/2: 123-132.
- CUSTODIO, E, LLAMAS, M.R. (1976). *Hidrología subterránea*. Ed. Omega, Barcelona.
- DUTRAS, A., ABELLÀ & BRUNET, R. (1986). Determinació del sistema de corrents a l'estany de Banyoles en condicions de calma meteorològica estival. Dins *Ponències i Comunicacions Primeres Jornades sobre l'Estany de Banyoles*. Ajuntament de Banyoles. Diputació de Girona . 312 pp.
- EMILLANI, F. (1973). *Algunos aspectos bacteriológicos del lago Vilá (Gerona, España)*. P. Inst. Biol. Apl. 54: 39-51.
- GARCIA-GIL, L.J., ABELLA, C.A. & MORENO-AMICH, R. (1990). Aporte de nutrientes por los tributarios superficiales del lago de Banyoles. *Scientia gerundensis*, 16/2: 141-153.
- GOLTERMAN, H. (1980). *Quantifying the eutrophication process: difficulties caused, for example, by sediments*. Prog. Wat. Tech. 12: 63-80.
- GOLTERMAN, H. (1982). Loading concentration models for phosphate in shallow lakes. *Hydrobiol.* 91: 169-174.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHNSTAD, M.A.M. (1978). *IBP Handbook n° 8. Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications.
- GROBLER, B.C. & DAVIES, E. (1981). Sediments as a Source of Phosphate: A Study of 38 Impoundments. *Water S.A.* 7: 54-59.
- HAMM, A. & KUKLENTZ, V. (1981). Effects of hydraulic load changes on the eutrophication of an alpine lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 21: 466-472.
- HENDERSON-SELLERS, B., MARKLAND, H.R. (1987). *Decaying Lakes: The Origins and Control of Cultural Eutrophication*. John Wiley and Sons. Chichester and New York.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona.
- METCALF & EDDY, INC. (1979). *Wastewater engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. Mc Graw-Hill, Inc.
- MINZONI, F., BONETTO, C. & GOLTERMAN, H.L. (1988). The nitrogen cycle in shallow water sediment system of rice fields. Part I : The denitrification process. *Hydrobiologia* 159: 189-202.
- PLANAS, D. (1973). Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Banyoles. *Oecologia Aquat.* 1:1-106.
- SANZ, M. (1981). *El sistema hidrogeológico de Banyoles- La Garrotxa*. Tesi Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SILLÉN, L.G. & MARTELL, A.E. (1964). *Stability constants of Metal-ions complexes*. Spec. Publ. Chem. Soc. London, 17.

- UHLMANN, D. & GUDERITZ, T. (1988). "The significance of the internal nutrient load to hypertrophic shallow lakes". *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 73: 275-295.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1976). "Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication". *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.
- VOLLENWEIDER, R.A. (ed.) (1982). *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. Organization Economic Cooperation and Development, Paris, France. 154 pp.