

**ESTUDI FÍSICOQUÍMIC
DE L'AIGUA DE LA RIERA DE TOUS
EFECTE I CICLE DE VIDA DELS CONTAMINANTS**

PERE VILARRUBIAS I CUADRAS

Dedicatòria:

A la Cèlia, amb amor.

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Abast d'aquest estudi

Aquest treball vol donar una descripció general de la riera de Tous a nivell físicoquímic, per mitjà d'un seguiment periòdic durant l'any 2000. Aquesta riera, malgrat el seu aspecte vulgar, presenta una gran variabilitat en molts aspectes, al llarg del seu recorregut i al llarg de l'any. Això implica que ha de sofrir molts processos diferents en un espai molt restringit i un temps molt curt. D'aquí ve el seu interès.

1.2 Objectius

-Es prepararà una sèrie de paràmetres analítics, per conèixer la base sobre la qual s'està treballant, i s'establirà quins són els punts més representatius del riu.

-Es farà una sèrie de recollides de mostres, aproximadament una cada mes, per disposar de dades analítiques d'aigua de punts que es considerin representatius. També es faran observacions de l'aspecte del riu a nivell descriptiu.

-Amb l'estudi d'aquestes dades es vol obtenir una descripció completa i un esquema coherent del "funcionament general" del riu, en relació amb el seu recorregut i les variacions estacionals.

-Aquest esquema s'anirà confirmant, explicant i ampliant en la mesura que sigui possible.

1.3 Situació geogràfica de la riera de Tous

La riera de Tous està situada al mig de la comarca de l'Anoia (Catalunya). Neix en unir-se dos torrents a l'anomenat pla de Gallardes. Aquests són:

-el torrent de la Goda, que neix al pic anomenat Tossa de la Bovera, prop d'Aguiló, al límit de la Conca de Barberà, però encara dins de l'Anoia, i que baixa pel coll de la Goda.

-el torrent de l'Infern, que neix a l'anomenat pla de Cervera, també tocant a la Conca de Barberà, i passa per sota la serra de Fillol.

El riu resultant arriba de seguida al pantà de Tous, on entra també un altre torrent molt petit. Des del pantà, la riera passa per zones de cultiu, fins a vorejar Sant Martí de Tous, on rep dues aportacions importants d'aigua: el clavegueram de Tous, i la riera de la Roqueta, que ve de la serra de Miralles. També hi ha alguna entrada més, però només és activa en comptades ocasions.

Passat Sant Martí de Tous, el riu arriba a desembocar al riu Anoia, pocs quilòmetres abans d'arribar a Igualada. Poc abans rep una altra aportació d'aigua: el torrent d'en Feliu, que neix a la serra de Miralles, prop de la Tossa i no sempre és actiu.

1.4 Dades meteorològiques

L'any 2000 va ser força sec, a excepció de finals de desembre, temps després de la darrera recollida de mostres. Les dades meteorològiques facilitades per l'Ajuntament d'Igualada estan resumides a la taula 1.

Mes	Temperatura mitjana (°C)	Precipitacions (mm)
Gener	5,0	2,0
Febrer	10,3	0,0
Març	11,4	17,2
Abril	13,1	46,7
Maig	15,7	38,1
Juny	21,4	77,4
Juliol	23,2	5,8
Agost	24,5	19,6
Setembre	21,1	42,9
Octubre	15,6	36,3
Novembre	10,1	25,4
Desembre	9,1	109,0

Taula 1. Dades meteorològiques d'Igualada de l'any 2000.

2. PARÀMETRES ANALÍTICS I PRESA DE MOSTRES

2.1 Elecció dels paràmetres analítics

Els paràmetres analítics que s'utilitzen en aquest estudi s'han elegit en funció de tres factors determinants:

a) Han de ser representatius de l'estat fisicoquímic del riu. Són paràmetres ben coneguts i donen una descripció global força completa d'una aigua.

b) Han de requerir el mínim de material de laboratori i ser poc crítics de dur a terme, és a dir, ser reproduïbles.

c) Han de poder mesurar-se utilitzant mètodes reconeguts, a fi que tinguin una certa validesa (dins del que permeten les circumstàncies).

En base a aquestes condicions, s'ha estudiat els paràmetres següents:

"pH": És una mesura de l'acidesa o alcalinitat de l'aigua. Es mesura en unitats logarítmiques entre 0 i 14, encara que en una aigua de riu és d'esperar que es trobi prop de 7-8. Es mesura amb un elèctrode que és selectiu a l'ió H⁺.

Conductivitat. Es refereix a la facilitat amb què pot conduir l'electricitat aquesta aigua. L'aigua pura al 100% no condueix l'electricitat de forma apreciable, i el que transporta càrregues elèctriques són les sals que porta dissoltes. Per tant,

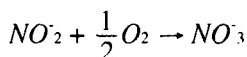
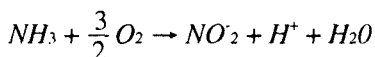
quan més alta és la conductivitat, més sals porta dissoltes l'aigua.

Es mesura amb un conductímetre, que té una cel·la normalitzada per a aquest ús.

Amoníac. El que conté l'aigua és en realitat l'ió amoni majoritàriament (NH_4^+), sempre que el pH de l'aigua no sigui molt més alt que 8-9. En aigües alcalines es pot trobar en part com a amoníac (NH_3) i és força tòxic per a la vida aquàtica (1). L'amoni, en canvi, no és molt perillós de per sí. No obstant això, la seva presència en quantitats importants pot ser un indicatiu de contaminació i/o activitat bacteriana. En una aigua potable no ha d'excedir 0,5 mg/l. En aquest estudi s'utilitza el mètode Nessler per a l'amoni. (2)

Nitrits (NO_2^-). Es poden trobar en molt petita quantitat, i tenen una certa toxicitat ja que reaccionen amb el ferro de l'hemoglobina. En aigües potables no han d'excedir els 0,1 mg/l. Es detecten per colorimetria. (2)

Nitrats (NO_3^-). Es poden trobar en certa quantitat, i no són peril·losos per sota de 50mg/l. L'amoni, el nitrit i el nitrat es poden convertir entre sí. (3)



El procés es deu a l'activitat de certs bacteris com *Nitrosomonas* en el primer cas i *Nitrobacter* el segon, i depèn del contacte amb l'oxigen de l'aire o bé l'absència d'aquest. També hi influeixen traces de metalls com Fe o Zn. El procés global és molt més complex i s'anomena cicle del nitrogen. Una aigua amb quantitats de nitrats, nitrits o amoníac com les esmentades no mata a ningú, però és poc aconsellable, principalment perquè implica que hi ha hagut una entrada massiva de nitrogen a l'aigua, normalment deguda a una entrada de contaminants i/o una activitat bacteriana molt intensa. El nitrat és (gairebé sempre) l'únic d'aquests que pot tenir un origen natural no atribuïble als bacteris.

Oxidabilitat al permanganat potàssic.

L'aigua conté traces de matèria orgànica. Aquesta es valora per oxidació amb permanganat potàssic (4). Aquest mètode és el més adequat per a aigües naturals o relativament netes, a diferència de les aigües residuals o industrials, on en haver-hi molta matèria orgànica és preferible utilitzar el mètode de la Demanda

Química d'Oxigen. El mètode de la Demanda Biològica d'Oxigen és aplicable a tots els casos però requereix unes condicions d'instrumental i de mètode molt estrictes, per la qual cosa el mètode emprat en aquest treball serà l'Oxidabilitat al permanganat.

Característiques organolèptiques.

Aquestes són: el sabor, l'olor, i hi podem incloure el color i l'aspecte. Es mesuren sensorialment, i per tant la "mesura" s'ha de fer al més objectivament possible (4).

L'olor es classifica en intensitat, i en la procedència: fecal, aromàtic, de terra humida, de fongs, etc. El color es mesura normalment per comparació amb escala de colors. En el nostre cas es fa qualitativament, com en l'olor. La taula 2 mostra l'esquema utilitzat.

Olor	Color
No s'aprecia (NSA)	No s'aprecia (NSA)
Lleuger (L)	Dèbil (D)
Marcad (M)	Marcad (M)
Intens (I)	Intens (I)

Taula 2: propietats organolèptiques.

La determinació del sabor, tractant-se d'una aigua no tractada i amb notables aportacions fecals del clavegueram, es dona per excusada.

Altres paràmetres:

En funció del que s'observi, pot ser necessari recórrer a altres analítiques: tensoactius, putrescibilitat, oxigen dissolt, etc. S'explicaran en cada cas sobre la marxa.

2.2 Mètodes d'anàlisi

2.2.1 Material

-pHímetre analògic amb compensació manual de temperatura. Metrohm P 29. L'escala de pH va subdividida en dècimes.

-Conductímetre portàtil digital CRISON CDTM-523 amb compensació manual de temperatura. El rang de mesura va de 0 a 199,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de 0 a 1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o de 0 a 19,9 mS/cm . Tots dos aparells són material donat de baixa del laboratori Dr. Oliver Rodés, SA però en bon estat.

2.2.2 Tècniques analítiques:

-Característiques organolèptiques: Olor: mètode considerat oficial, segons el BOE (4).

Aspecte, color i terbolesa: descripció visual.

-pH. Prèvia calibració amb un tampó a pH=7,0 i ajust del corrector de temperatura.

-Conductivitat. Prèvia calibració amb una solució de KCl 0.01 N.

-Amoníac: S'utilitza el mètode clàssic colorimètric de Nessler (1). L'amoníac forma un complex de color taronja amb l'ió tetraiodemercuriat (II) en medi fortament bàsic. El tartrat sòdic-potàssic actua com a segrestant per evitar la precipitació de metalls i alcalinoterris. El color taronja es valora per comparació amb una escala de colors, en contrast amb un blanc que pot ser la mateixa aigua sense el darrer reactiu (hidròxid sòdic). Aquest mètode es presenta en forma de kit. S'utilitza l'Aquaquant 1.14400.0001 de Merck. L'escala de mesura va de 0,05 a 0,80 mg/l

-Nitrits: S'utilitza la reacció de diazotació del nitrit amb àcid sulfaníllic, i copulació amb Naftil-etilè diamina per donar un colorant azoic de color rosa. Aquest es valora colorimètricament per comparació amb una escala de colors, en contrast amb un blanc. El material es presenta en forma de kit: Aquamerck 1.08025.0001. L'escala va de 0,025 a 0,50 mg/l

-Nitrats: S'utilitza una reducció a nitrit en presència de cadmi en pols (8). El nitrit es diazota amb àcid sulfaníllic i la sal de diazoni resultant copula amb un derivat de l'àcid benzoic donant un colorant azoic de color marró que es valora colorimètricament per comparació amb una escala de colors, en contrast amb un blanc. El material es presenta en forma de kit: Aquamerck 11170. Aquest mètode només és semiquantitatiu, i l'escala va de 10 a 150 mg/l.

-Matèria orgànica oxidable al permanganat: S'utilitza l'oxidació amb permanganat i àcid sulfúric per ebullició durant 10 min. Els reactius i el mètode emprat són els descrits a l'Ordre sobre l'anàlisi d'aigües publicada al BOE (4).

- Oxigen dissolt: Es fa servir el mètode de Winkler, tal com es descriu al Skoog-West o bé a l'Standard Methods 4500 C (8) prescindint de la modificació de l'azidur sòdic.

-Assaig de putrescibilitat: el mètode descrit al Manual tècnic d'aigües Degrémont.

2.3 Entrades i sortides d'aigua al riu

Al llarg de l'any s'ha pogut veure l'aparició i desaparició de fluxos d'entrada d'aigua cap al riu, o bé extraccions d'aigua del riu cap a altres destinacions.

Les entrades d'aigua cap al riu més notables són:

-L'abril es veu una sortida d'aigua que brolla d'un marge que separa un hort i la riera, sense que es vegi cap conducció. Procedeix del sistema de rec de l'hort. Disposa d'una bassa rectangular de maó d'uns dos metres cúbics, d'on surten tubs que poden repartir l'aigua per tot l'hort. Un dels tubs acaba al marge esmentat. Aquest punt s'anomena "L", i es troba poc abans de l'arribada del torrent de Roqueta. Aquest flux d'aigua és molt petit, i moltes vegades no raja.

-Una altra entrada d'aigua es va detectar el juliol, immediatament abans del torrent de Roqueta. Procedeix del marge d'un terreny on hi ha un camp de cereals. Aquest és al peu dels turons que envolten la riera i el torrent. L'aigua en surt en prou quantitat (0,3 litres/minut) per fer un camí fins a la riera. La conductivitat d'aquesta aigua (996 uS/cm) és prou semblant a la del torrent de Roqueta, (958 uS/cm), i diferent de la de la pròpia riera (2200 en aquell sector), per la qual cosa és probable que procedeixi del torrent de Roqueta o tingui el mateix origen. Es veu, però, que l'aigua surt d'un tub, per tant no és un fet natural, sinó que, com abans, és algun invent per facilitar el rec. Aquest tub ha rajat durant mesos ininterrompudament, almenys des de juliol que és quan es va detectar, ja que en el caminet que fa l'aigua s'hi fan algues en abundància.

Més importants i perilloses que les entrades d'aigua són les sortides. Hi ha un munt de conduccions ocultes que xuclen aigua del riu.

-Abans de l'arribada al pantà, hi ha una conducció d'uns 4 cm de diàmetre que dona a uns camps del voltant.

-Uns metres abans del punt "H" hi ha una conducció d'uns 4 cm de diàmetre que va cap a alguns horts del voltant.

-Abans d'arribar al punt "R", abans del pont del camí de Santfores, hi ha una altra conducció.

-Pocs metres abans de la desembocadura hi ha també almenys una conducció, presumiblement per xuclar aigua pels camps del voltant.

A part, a l'estiu, s'utilitzen motobombes per xuclar l'aigua i fer-la arribar cap als horts del voltant. Tot això contribueix a assecar la riera, com es veurà més endavant.

2.4 Presa de mostres

La presa de mostres es fa amb envasos de 300 ml de material polimèric i tap de rosca del mateix material. L'envàs es renta diverses vegades amb la mateixa aigua del punt que volem analitzar, s'omple fins dalt, i es retola adequadament. En tots els casos, les mesures es fan el mateix dia de la recollida, i en el cas de l'oxigen i els nitrats la mesura es fa immediatament després de la recollida.

En el cas dels tensoactius aniónics, es guarden els envasos en una nevera durant 24h i es porten a analitzar en un altre laboratori. Ignoro les condicions de conservació a què es van sotmetre, però sí sé que no es van analitzar fins diverses setmanes més tard.

Com a punts de mostreig s'ha escollit els següents: (la llista s'ha anat ampliant sobre la marxa).

- A Torrent de la Goda (Prop d'on neix la riera)
- C Pantà
- D Sortida Pantà
- E La resclosa
- F Sortida del clavegueram de St. Martí de Tous
- G Sortida d'una granja pròxima
- H Salt d'aigua, després de l'entrada d'aigua del clavegueram de St. Martí de Tous
- I Sortida d'una tuberia pròxima
- J Després del toll on va el salt d'aigua
- K Després d'un altre toll (uns 25 m després)
- L Sortida d'un hort cap a la riera
- M Uns 25 m més enllà, on hi ha un munt de roques despreses del turó
- N Abans d'ajuntar-se amb el torrent de Roqueta
- O Torrent de Roqueta
- P Després de la unió amb el torrent de Roqueta
- Q 50 m després
- R Sota el pont del camí cap a Santfores.
- S Pont a la carretera BV2233 cap al Coll del Guix
- T Desembocadura al riu Anoia
- U Sortida d'un camp de cultiu cap al punt N
- V Unió del torrent de la Goda i de l'Infern abans d'arribar al pantà

Aquests punts s'han definit durant el període de treball en funció del que s'ha anat observant, fins a quedar-se amb els més representatius, ja que molts punts no han estat actius durant tot el període (G,I,L,U), i alguns no han resultat gaire diferents entre sí (C,D i E són pràcticament indistingibles químicament). “V” i “A” es van localitzar cap al final. Moltes zones del riu són inaccessibles (vegeu la figura 1, o també el plànol de la zona, darrere la bibliografia).

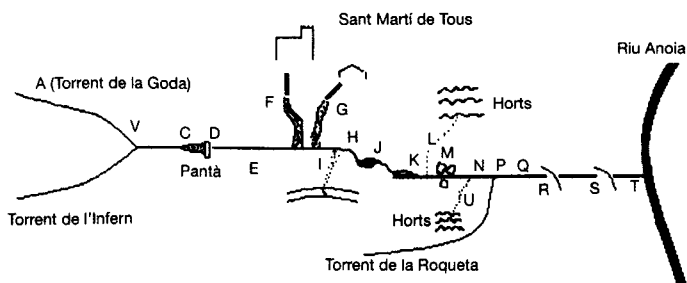


Figura 1. Esquema de la Riera i els punts de mostreig

Les dates dels mostreigs són:

08.01.2000	01.07.2000
12.02.2000	01.08.2000
04.03.2000	02.09.2000
08.04.2000	07.10.2000
13.05.2000	04.11.2000
17.06.2000	02.12.2000

És a dir, una cada mes, encara que no sempre es va fer tota la recollida de mostres. Alguns dies es va insistir més o menys en uns o altres paràmetres. Finalment, cal dir que les mostres analitzades només ens donen informació sobre el punt on s'han extret, i en aquell moment. Lògicament no es pot interpolar els resultats entre punt i punt, o extrapolar-los per a tots els dies del mes o a altres anys. No sabem d'entrada si les mostres són representatives ja que poden variar en un mateix punt d'un dia a l'altre. No obstant això, com veurem, s'obtenen uns perfils de concentracions per a cada analit que tenen força sentit al llarg del riu, i al llarg de l'any.

3. PARÀMETRES FISICOQUÍMICS I

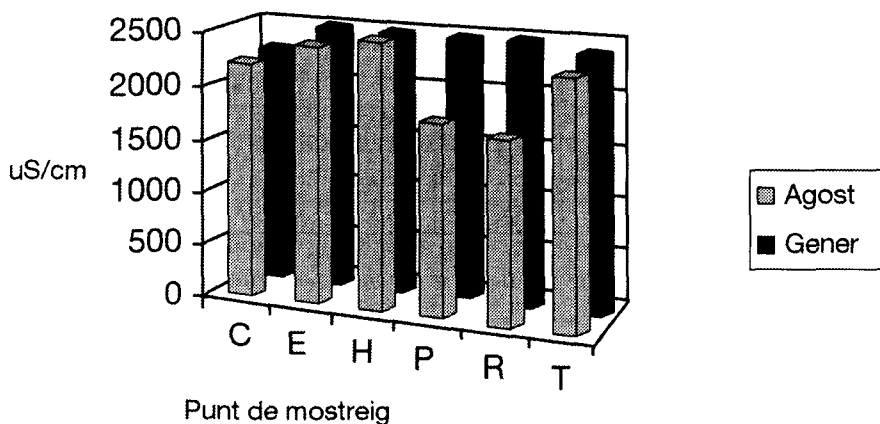
3.1 Paràmetres que romanen constants o amb poca variació

S'ha comprovat que hi ha paràmetres que romanen força estables en tot el curs del riu i al llarg de l'any. Són el pH, la conductivitat i les característiques organolèptiques.

El pH es manté comprès entre 7,9 i 8,3 en tots els casos. La conductivitat es mou entre uns valors extrems de 2070 i 2460 uS/cm a l'hivern, i 1500 a 2330 uS/cm a l'estiu, com es veu al gràfic 1. A l'hivern la variació al llarg del riu és poc acusada, i és gairebé constant, a prop de 2400 o bé 2200 uS/cm segons quin mes. Per contra, a l'estiu, l'aigua del riu es "dilueix" una mica, segurament a causa de l'aportació d'aigua del torrent de Roqueta, que té una conductivitat baixa, de 958-996 uS/cm. El cabal del torrent de Roqueta és molt petit però el de la riera de Tous disminueix molt radicalment a l'estiu, amb la qual cosa l'aportació d'aigua de baixa conductivitat del torrent de Roqueta pot tenir una certa influència. Llavors la conductivitat passa de 2200 a 1500 o de 2470 a 1720 uS/cm.

Finalment, cap a la desembocadura s'observa una certa recuperació de la conductivitat, cap a 2280-2330 uS/cm, que pot ser obra d'alguna petita aportació d'aigua amb més sals o bé per aportació de sals del terreny (guix, etc.).

L'aportació de l'aigua de la claveguera no modifica substancialment la conductivitat del tram on desemboca. La seva conductivitat es troba entre 1850 i 2215 uS/cm.



Gràfic 1. Conductivitat al llarg del riu, el gener i l'agost

És curiós que els "afluents" que arriben a la riera de Tous tinguin conductivitats baixes, de 600 a 900 uS/cm, com correspon a la zona geogràfica on es troben (5), mentre que la de la riera és molt superior. Ja el torrent de la Goda presenta una conductivitat de 1700 uS/cm, tot i que està estancat la major part de l'any. Al punt V, poc després de la unió del torrent de la Goda i l'Infern, la conductivitat és de 2400 uS/cm. Cal dir que el terreny per on neix i passa el torrent de l'Infern és ric en guix, el qual pot donar-li l'alta conductivitat. (6)

Característiques organolèptiques.

Es pot fer un esquema del que hom pot observar a l'aigua de la riera, pel que fa a l'olor. També incloc aquí el color i la terbolesa, que tot i no ser propietats organolèptiques pròpiament dites perquè es poden mesurar per altres mitjans, en aquest treball s'han mesurat sensorialment, de forma qualitativa (No s'aprecia/ Dèbil < Marcat < Intens) (4).

A l'estiu (agost, per exemple), els resultats són molt variats (vegeu taula 3); mentre que durant l'hivern, només la claveguera (F) manté l'olor, color i terbolesa. Als altres trams no s'aprecien. Com veurem després, la càrrega contaminant que dona lloc a aquestes olors és més concentrada a l'estiu.

Procedència	Olor	Color	Terbolesa
C	NSA	NSA	NSA
E	NSA	NSA	NSA
F	Fecal I	I	I
H	Fecal M	D	D
J	Fecal M	D	D
K	Fecal L	D	NSA
M	NSA	NSA	NSA
N	NSA	NSA	NSA
R	NSA	NSA	NSA
T	NSA	NSA	NSA

Taula 3. Característiques organolèptiques a l'agost

3.2 Paràmetres que romanen constants al llarg del riu però varien en el curs de l'any Aquests són la temperatura de l'aigua i el cabal.

La temperatura de l'aigua es manté sempre pràcticament constant al llarg del riu, i només varia segons l'època de l'any, oscil·lant entre els 4-5° C el gener i els 24° C l'agost.

Aquesta variació és paral·lela a la variació de la temperatura ambient segons l'època de l'any, i per tant, no té res d'especial.

No es disposa de gaires dades numèriques del cabal, en no poder posar una arqueta o un dispositiu similar. Tot i així, es disposa d'unes observacions de tipus qualitatiu:

-El cabal és gran els mesos d'hivern i decreix espectacularment cap al juliol, de manera que, tot i mantenint el curs del riu, la velocitat disminueix, i moltes zones on hi havia un flux força turbulent passen a tenir flux laminar.

-L'agost el cabal decreix fins al punt que el riu ja no omple tot el llit, i en la majoria de punts es pot travessar a peu sec, quan al gener era impossible. En alguns trams pot quedar estancat i fins i tot momentàniament sec. La desembocadura, per exemple, es produeix per percolació, sota el fons de sorra, a falta de cabal. Més endavant discutirem les causes d'això.

-El torrent de Roqueta queda gairebé sec a l'estiu, i gairebé només arriba aigua de forma significativa per una petita font que queda sota un camp de cultiu (punt U).

L'altre torrent important, el d'en Feliu, està ben sec la major part de l'any.

-El pantà baixa de nivell a l'estiu fins al punt que es pot circular a peu per la

riera a la seva arribada al pantà, quan a l'hivern aquesta zona està recoberta d'aigua.

A part, entre poc després de la claveguera (punt H) i el pont del camí de Santfores (punt R) es troben nombrosos punts on s'obstrueix la circulació del riu. Aquests obstacles, a base de pedres i argila no són naturals, ja que es troben en zones de flux turbulent, i estan molt ben fetes. Són fetes expressament, segurament per facilitar l'extracció d'aigua amb motobombes, i el que fan és estancar-la.

L'extracció d'aigua planteja problemes especialment a l'estiu, quan coincideixen tres factors:

- 1)-És quan baixa més poca aigua pel riu.
- 2)-És quan s'extreu més aigua per regar.
- 3)-És quan "apareixen" traves a la circulació normal del riu.

En aquestes condicions, s'ha pogut constatar que a l'agost i setembre el recorregut del riu queda interromput. El tram que ve després del torrent de Roqueta pot quedar fragmentat en llacs, fins que es van tornant a omplir i es recupera la circulació normal.

L'autor d'aquest treball ha estat testimoni directe de l'extracció d'aigua prop del punt R, i la conseqüent interrupció del flux del riu durant hores.

D'altra banda, la desembocadura del riu desapareix per falta de cabal: l'aigua s'esmuny pel fons i (suposo) acaba arribant al riu Anoia. En aquesta zona, a l'hivern (gener, febrer) l'amplada del riu era d'uns 3 metres, i a primers d'agost encara hi havia peixos. A mig agost i setembre, hi ha un rajolí d'aigua, que es pot travessar a peu sec, i anar-se seguint a peu fins allà on desapareix sota terra. Cap a novembre i desembre torna a haver-hi força cabal.

Les conseqüències d'interrompre el flux d'aigua són:

-La desaparició de les espècies que en depenen, com per exemple peixos. Podem veure que fàcilment passem de veure'n (el dia 1 d'agost) a no veure'n (el 2 de setembre).

-El flux perd velocitat, esdevenint laminar en lloc de turbulent. Per tant, l'aigua s'oxigena menys, com es veurà més endavant. L'aigua al pont del camí de Santfores té una saturació d'oxigen del 98% a l'estiu, cosa que vol dir que ja s'ha recuperat de l'entrada d'aigua del clavegueram, però a la desembocadura és del 60%. Això pot ser degut que la mica d'oxigen que encara es consumeix

en degradar les petites quantitats que hi hagi de matèria orgànica oxidable no es recupera adequadament per contacte amb l'aire per falta d'agitació.

4. PARÀMETRES FISICOQUÍMICS (II)

Aquests paràmetres es relacionen amb l'entrada de substàncies que presenten una forta variació al llarg del recorregut de la riera. Es tracta de nitrats, nitrits, amoníac, matèria orgànica i oxigen dissolt.

4.1 Cicle del nitrogen

L'aigua que arriba al pantà procedent del torrent de la Goda i torrent de l'Infern no en conté en quantitats detectables, ni com a nitrat (<10 mg/l) ni com a nitrit ($<0,025$ mg/l) ni amoníac ($<0,05$ mg/l). Pel que respecta a aquests tres paràmetres exclusivament, podríem dir que és aigua potable.

L'entrada principal de nitrogen és la claveguera (F). L'aigua que en surt té un contingut molt alt en matèries fecals, restes alimentàries, llots i algun animal mort. La concentració és de 50-60 mg/l d'amoni (dissolt), que en algun cas puntual ha arribat a 125 mg/l. Una gran part de la matèria fecal encara està sencera, motiu pel qual el nitrogen total pot ser molt més alt. La posterior putrefacció d'aquestes matèries donarà molt més amoníac.

Aquest es transformarà en nitrits i aquests en nitrats, a mesura que la matèria orgànica es vagi oxidant i l'aigua vagi recuperant oxigen. Això no passa fins molt més enllà de la font de contaminació.

4.1.1 Amoníac

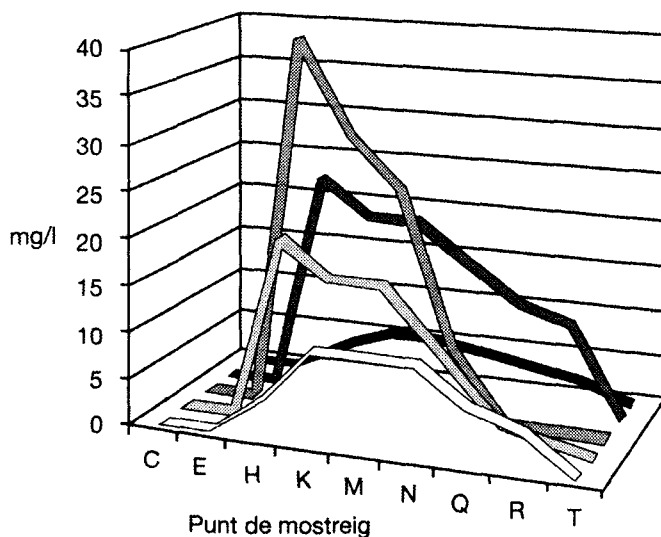
Podem veure al gràfic 2 que l'amoniac és inapreciable a la zona del pantà i posterior, i es dispara a partir de l'arribada del torrent que ve de la claveguera de Tous.

A partir d'aquest punt, però, no sempre decreix, sinó que en molts casos encara creix. Això es deu segurament que la descomposició de la matèria orgànica nitrogenada per donar amoníac es prolonga durant un bon tros de la riera, especialment als trams on l'aigua queda estancada. A vegades hi ha abocaments puntuals que fan créixer més uns punts que altres, ja que com hem dit hi ha zones estancades, i per tant el flux d'aigua no sempre és homogeni.

A mesura que l'aigua es va agitant i oxigenant i els microorganismes van

actuant, l'amoníac es va perdent, oxidant-se a nitrit i probablement també evaporant-se parcialment com a NH_3 . Cap a la desembocadura ja és inapreciable. La presència de peixets al final de la riera en determinades èpoques de l'any confirma aquest punt, ja que els peixos són molt sensibles a l'amoníac (1, 6). També hi ha peixos al pantà de Tous, cosa que confirma també el baix contingut d'amoníac d'aquest tram del riu, encara sense embrutar.

Cal dir també que la quantitat d'amoníac present a la sortida de la claveguera sol ser força constant, ja que l'aigua queda estancada en bona part, la qual cosa afavoreix que qualsevol arribada puntual de contaminants quedi diluïda entre l'aigua que hi queda d'abans, amb la qual s'homogenitza. En canvi, a la zona de la riera on arriba l'aigua de la claveguera, el contingut d'amoníac pot variar ràpidament en un mateix dia, cosa que suggereix que hi pot haver abocaments puntuals, a part de la claveguera.



	C	E	H	K	M	N	Q	R	T
□ Març	0	0	4	10	10	10	6	4	0
▤ Juliol	0	0	20	16	16	10	3	0,8	0
▥ Agost	0	0	40	30	25	8	0,1	0,1	0
■ Octubre	0	0	24	20	20	16	12	10	0
■ Desembre	0	0	3	5	5	4	3	2	0

Gràfic 2: Amoniàc al llarg del riu, segons el mes de l'any

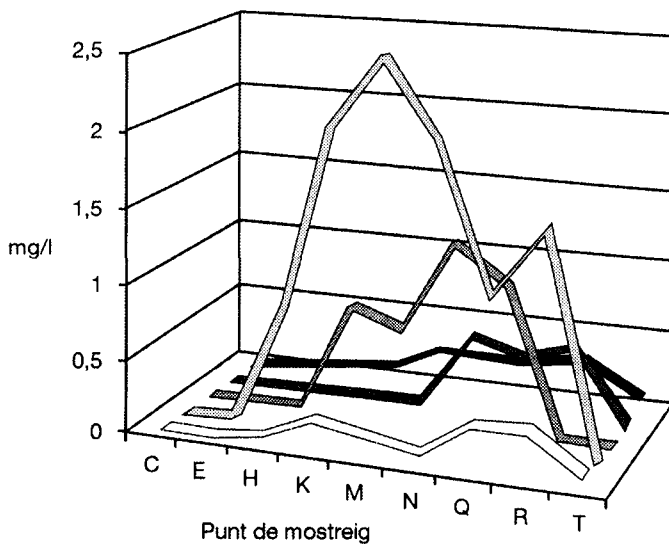
4.1.2 Nitrits

El nitrit, en un medi prou oxigenat és poc estable i s'oxida ràpidament a nitrat, per la qual cosa el nitrit es detecta en poca quantitat. Aquest es va formant en el tram del clavegueram, però queda diluït en la riera. Comença a créixer de forma notable a prop d'on arriba el torrent de Roqueta, on l'aigua presenta menys matèria orgànica i més turbulència i per tant més oxigen. Els màxims es troben en atansar-nos al pont de Santfores. Cap al final, els nitrits són molt poc importants. Podem veure'n l'evolució al gràfic 3.

4.1.3 Nitrats

Quan comencem a trobar nitrits, es detecten ja immediatament nitrats.

La seva concentració augmenta de forma apreciable passat el torrent de Roqueta (aquest ja en porta una mica) i es va mantenint o pujant una mica fins a la desembocadura. Els nitrats són la forma menys molesta del nitrogen procedent de la claveguera, en comparació amb les que hem vist fins ara. En concentracions de 10-25 mg/l com tenim són pràcticament inofensius, i poden ser assimilats per les plantes.



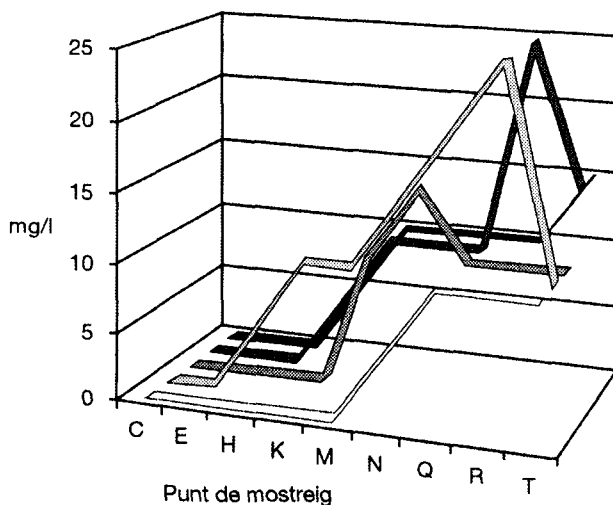
	C	E	H	K	M	N	Q	R	T
□ Març	0	0	0,05	0,2	0,15	0,075	0,3	0,3	0,075
□ Juliol	0	0	0,75	2	2,5	2	1	1,5	0
■ Agost	0	0	0	0,75	0,6	1,25	1	0	0
■ Octubre	0	0	0	0	0	0,5	0,4	0,5	0
■ Desembre	0	0	0,05	0,1	0,25	0,25	0,25	0,3	0,075

Gràfic 3. Nitrits al llarg del riu segons el mes de l'any

4.2 Matèria orgànica i oxigen dissolt

Aquests dos paràmetres ens donaran més informació sobre l'estat en què es troba el riu.

La matèria orgànica és assimilada pels microorganismes descomponedors. Aquesta assimilació pot fer-se amb aire (i per tant oxigen) i s'anomena aeròbia, o en absència d'aire, anomenada anaeròbia. La presència o absència d'oxigen determina quina de les dues es pot produir. L'oxigen és molt poc soluble en aigua, i només hi pot accedir si hi ha una bona agitació de l'aigua en contacte amb l'aire. Inicialment l'aigua sol contenir oxigen, i esdevé una descomposició aeròbia. Si l'aigua s'agita i es mou de forma turbulent de manera que absorbeixi prou oxigen de l'aire es manté la descomposició aeròbia. Però, si no, s'esgota ràpidament l'oxigen i la descomposició esdevé anaeròbia.

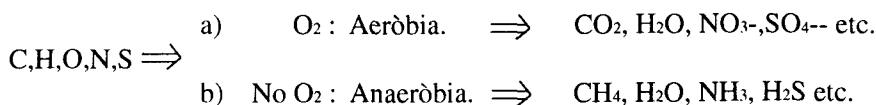


	C	E	H	K	M	N	Q	R	T
□ Març	0	0	0	0	0	5	10	10	10
▤ Juliol	0	0	5	10	10	15	20	25	10
▨ Agost	0	0	0	0	10	15	10	10	10
■ Octubre	0	0	0	5	10	10	10	25	15
■ Desembre	0	0	0	5	10	10	10	10	15

Gràfic 4. Nitrats al llarg del riu, segons el mes de l'any

En alguns casos es pot trobar descomposició aeròbia a la superfície de l'aigua, a la zona de contacte amb l'oxigen de l'aire, i anaeròbia al fons, on no arriba l'oxigen de l'aire.

Les reaccions que tenen lloc es poden esquematitzar així:



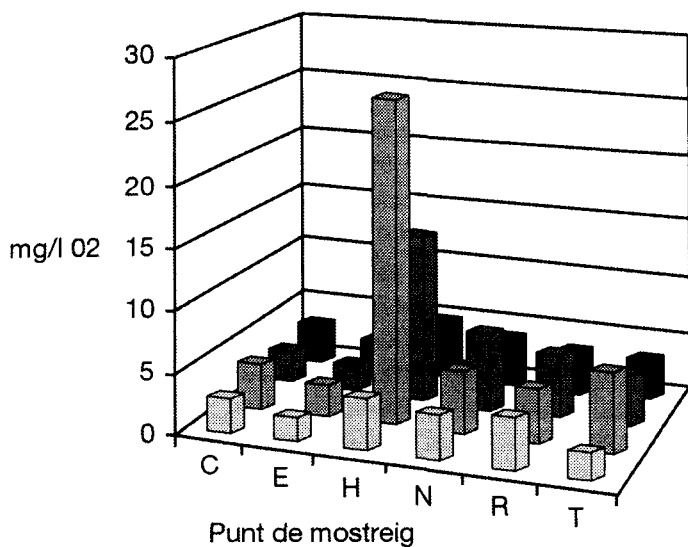
Les reaccions són més complicades i presenten moltes etapes intermèdies, com la formació d'àcids carboxílics per exemple (7).

La primera (a) és semblant a la que es pot produir en una depuradora biològica i dona lloc a compostos innocus, mentre que la segona (b) és la que es produeix en fosses sèptiques i dona productes difícilment assimilables (metà), i d'olor desagradable (sulfur d'hidrogen).

D'aquesta manera, la quantitat de matèria orgànica oxidable al permanganat ens indicarà quanta matèria hi ha per descompondre, i la quantitat d'oxigen dissolt ens dirà quin tipus de descomposició tindrem i si és factible.

4.2.1 Matèria orgànica oxidable al permanganat potàssic

Al principi, l'aigua és neta i conté quantitats insignificants de matèria orgànica (2,3-2,5 mgO₂/l) i augmenta en entrar en contacte amb el clavegueram. Va decreixent gradualment fins a recuperar valors molt baixos a la desembocadura (2,0-2,9 mgO₂/l). Els mesos freds (gener, febrer, desembre) aquesta variació és petita, i es fa més acusada a l'estiu (agost, setembre), malgrat que el contingut en matèria orgànica oxidable del clavegueram és similar. En tots els casos en què hi ha terbolesa s'ha deixat decantar l'aigua abans de fer-ne les proves d'oxidabilitat al permanganat. Una bona part de la matèria orgànica precipita en decantar i només es detecta la que està dissolta. A causa de l'increment de temperatura i de la velocitat de reacció, a l'estiu, la quantitat de matèria orgànica que ha començat a descompondre's i es va dissolent augmenta, mentre que a l'hivern hi ha menys descomposició de la matèria orgànica i se'n dissol menys.



	C	E	H	N	R	T
■ Gener	2,3	1,6	3,8	3,3	3,7	2
■ Agost	3,2	2,3	26,3	4,6	4,1	6
■ Octubre	2,5	2	13,8	5,9	4,9	3,9
■ Desembre	2,9	2,3	5,1	4	3,4	3,2

Gràfic 5. Oxidabilitat al permanganat al llarg del riu

4.2.2 Oxigen dissolt

L'oxigen és poc soluble en aigua, i la solubilitat (com la majoria dels gasos) disminueix en augmentar la temperatura. Hi ha força dades sobre el tema, que no sempre coincideixen entre si (6, 8), les quals resumeixo a la taula 4 a títol il·lustratiu.

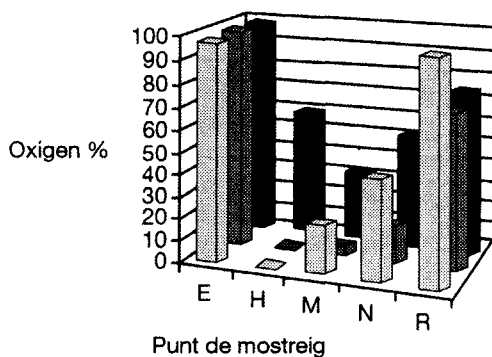
T°C	Sol. mg O ₂ /l
5	12,770
10	11,228
15	10,084
20	9,092
25	8,263
30	7,559

Taula 4. Solubilitat en aigua de l'oxigen segons la temperatura

Es disposa de taules més completes, i polinomis que permeten interpolar els valors.

Podem veure que en augmentar la temperatura la concentració màxima d'oxigen dissolt és menor. Per això, més important que la concentració absoluta d'oxigen dissolt és el percentatge de saturació: la concentració d'oxigen dissolt respecte la concentració en equilibri a la temperatura de l'aigua, en tant per cent.

Com es pot veure al gràfic 6, a la zona de la riera on arriba el clavegueram l'aigua queda sense oxigen, de manera que no pot haver-hi una descomposició aeròbia. L'oxigen no es recupera fins més enllà del torrent de Roqueta, fins arribar al pont de Santfores. Tot el tram on l'oxigen dissolt és inapreciable (o per sota de 0,3 mg/l) queda impossibilitat per a la vida que depengui directament de l'oxigen dissolt, com ara els peixos. En aquest tram es pot dir que el riu està malalt, ja que no és capaç de realitzar les seves funcions biològiques de depuració.



Gràfic 6. Percentatge de saturació d'oxigen de l'aigua

A l'hivern, en canvi, es veu que no arriba a haver-hi anòxia. Això pot ser degut que l'oxidació de la matèria orgànica, que és el que deixa sense oxigen l'aigua, és més lenta per la baixa temperatura. També es veu que hi ha més cabal, i per tant la matèria orgànica és més diluïda. Un cabal més gran dona més

velocitat i més turbulència al riu que, a diferència de l'estiu quan s'estanca fàcilment, baixa amb força, s'agita amb violència en els trams ràpids i s'estanca menys als trams lents. Tot això afavoreix molt la dissolució d'oxigen de l'aire i la seva difusió.

4.2.3 Test de putrescibilitat

Una petita prova de tot això és el test de putrescibilitat. Per bé que només és qualitatiu o semiquantitatiu, dóna una idea de la possibilitat d'esgotar l'oxigen de l'aigua a causa d'una putrefacció. S'afegeix a l'aigua blau de metilè al 0,1%, i es tanca hermèticament en absència d'aire. Si passats 5 dies es manté el color, es pot considerar que l'aigua no és putrescible. Quan comença l'absència d'oxigen i el potencial redox queda per sota d'un mínim es decolora el blau de metilè. Això implica ja condicions anaeròbies.

A una temperatura de 20°C, l'aigua de la claveguera (F) decolora el blau de metilè en només una hora i mitja. L'aigua del tram on desemboca aquesta (H) ho fa en 24 hores.

A partir d'aquesta prova es defineix el paràmetre “estabilitat relativa” d'una aigua com la quantitat d'oxigen disponible en relació al necessari pel seu consum complet.

Es disposa de relacions numèriques per a calcular l'estabilitat relativa d'una aigua, i comparar-la a diferents temperatures (6).

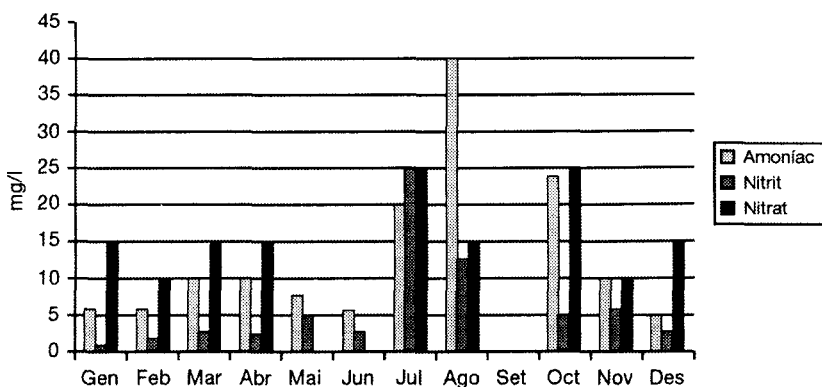
$$X_{20,C} = 100 (1 - 0,794^t)$$

$$X_{37,C} = 100 (1 - 0,605^t)$$

Una aigua que descoloreix el blau de metilè en una hora i mitja té una estabilitat nul·la. La que ho fa en 24 hores, només del 20,6%. Aquest valor, com veiem, és molt “optimista”, ja que hem vist abans que d'oxigen disponible no n'hi ha gens. Aquesta prova, una mica discutible, és només orientativa.

4.2.4 Variacions al llarg del riu i al llarg de l'any

Als gràfics anteriors podem veure que a qualsevol punt del riu la concentració d'amoniac, nitrit o nitrat augmenta els mesos d'estiu i és menor a l'hivern. Seguidament, al gràfic 7 veurem també que els continguts màxims (de tot el riu) d'amoni, nitrit o nitrat registrats cada mes (en mg/l) tendeixen a augmentar cap a l'estiu.



Gràfic 7. Valors màxims d'amoníac, nitrats i nitrats, al llarg del temps

(Els nitrats s'han representat multiplicats per 10 al gràfic 7 perquè es vegin. El setembre no es va fer un mostreig dels compostos nitrogenats.)

Això es deu sens dubte que el cabal disminueix cap a l'estiu, i hi ha una major activitat descomponedora dels bacteris. En efecte, en passar de temperatures de 5°C d'hivern a 23°C a l'estiu, totes les reaccions bioquímiques són notablement més ràpides. D'aquesta manera, la descomposició de la matèria orgànica nitrogenada s'accelera, i produeix més amoníac a la desembocadura mateix de la claveguera. D'altra banda, en haver-hi un cabal més petit d'aigua i la mateixa quantitat de contaminants provinents de la claveguera, és lògic que aquests estiguin més concentrats. En canvi, a l'hivern, amb temperatures baixes, la descomposició de la matèria fecal i l'alliberament d'amoni es prolonga al llarg del curs, presentant-se un màxim en l'amoni més enllà de la claveguera i disminuint després. En tenir un major cabal, també tenim totes les espècies químiques més diluïdes.

De tota manera, si es busca la correlació entre les concentracions de cada espècie a cada mes i les temperatures mitjanes del mes o la precipitació, amb l'ajut de l'estadística, s'obtenen només núvols de punts amb aspecte vagament lineal, cosa que confirma que hi ha molta dispersió de valors tant per als analits al llarg d'un mes com per les temperatures al llarg d'aquest, ja que només estem estudiant temperatures mitjanes i valors de concentració d'un dia concret. També hi ha més factors que hi influeixen, com veurem. Malgrat tot, insisteixo, la tendència de les concentracions d'analit a créixer amb la temperatura és un fet palpable. En canvi la pluviometria sembla tenir poca influència, probablement per l'acció moderadora del pantà. Podem veure que els mesos de maig i juny

s'inverteix la tendència a créixer la concentració d'analits amb la temperatura. Pot ser degut a les pluges, més abundants aquests dos mesos.

També hi ha d'haver alguna relació entre el contingut en oxigen dissolt i els compostos nitrogenats. Les premisses són:

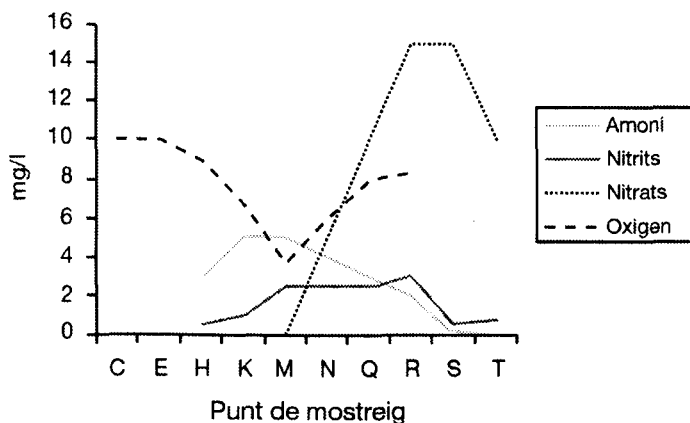
1-Les aportacions de matèria orgànica i amoni de la riera varien poc al llarg de l'any, excepte a l'agost, que hi ha més amoni a la claveguera i també al llarg del riu (Taula 5).

Mes	Amoníac mg/l	Mat.org. oxid mg/l O2
Gener	50	75
Febrer	50	62
Març	60	70
Abril	60	44
Agost	125	-
Octubre	60	64

Taula 5. Valors d'amoníac i oxidabilitat a la claveguera de Tous

2-En canvi, els continguts dins el riu varien fortament a l'estiu, i no sempre de la mateixa manera que ho fa l'aigua de la claveguera. Aquestes variacions poden ser degudes a la diferència de cabal, de temperatura o altres abocaments.

D'aquestes observacions es desprèn que hi ha dues tendències al llarg de l'any en la concentració d'amoníac, nitrats i nitrats i oxigen al llarg del riu, que es repeteixen sempre:

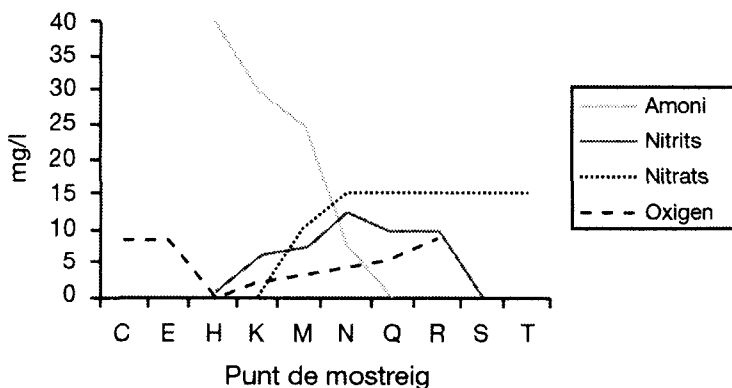


Gràfic 8. Perfil de diversos analits al llarg del riu, el desembre

(En mg/l en tots els casos, també l'oxigen). El cas del gràfic 8 correspon al mes de desembre, i s'adiu bé als mesos de gener, febrer, març, abril, maig, novembre i desembre pel que fa als compostos nitrogenats i a novembre i desembre pel que fa a l'oxigen. (Aquest es va començar a estudiar a l'agost). A partir de la claveguera va augmentant l'amoníac, i més lentament els nitrats. Aigües avall l'amoníac creix fins a un màxim, i després comença a decreixer, cosa que coincideix amb el màxim dels nitrats (multiplicats per 10 al gràfic perquè es vegin). Els nitrats lentament van decreixent, cosa que coincideix amb el contingut màxim de nitrats, que ja no varia apreciablement.

En resum:

- Aquesta tendència es produeix en mesos freds.
- Llavors les reaccions de descomposició i nitrificació són lentes.
- Hi ha un cabal suficient per assegurar la dilució dels reactants i l'oxigenació.
- No hi ha gaire dèficit d'oxigen, gràcies a la bona circulació i al menor consum.
- S'aprecia un màxim en la concentració d'amoní, més enllà de l'arribada de la claveguera, coincidint amb un mínim en l'oxigen dissolt, sense que aquest arribi a esgotar-se.



Gràfic 9. Perfil dels mateixos analits el mes d'agost

L'altra tendència és la del gràfic 9 que correspon al mes d'agost, i és extensible als mesos de juliol, setembre i octubre. En aquest cas, l'amoní no creix a la sortida de la claveguera i arriba a un màxim, sinó que ja es té un valor màxim en aquest punt, i a partir d'aquí la concentració d'amoní és sempre decreixent. Això pot ser degut a les altes temperatures de l'estiu, que fan més ràpida la putrefacció, i al menor cabal. En aquestes condicions, el nitrogen orgànic de la

claveguera arriba a la riera ja molt més degradat a amoníac, i més concentrat, mentre que els mesos més freds el nitrogen orgànic es va degradant a amoni al llarg de la riera. El consum d'oxigen és enorme, per la concentració dels reactius a oxidar i la velocitat de reacció. L'oxigenació deguda al moviment de l'aigua és molt escassa pel poc cabal circulant. Per això l'oxigen s'esgota al mateix punt on arriba l'aigua de la claveguera (H) i l'aigua esdevé anòxica.

En resum:

- Aquesta tendència es produeix els mesos que fa més calor.
- Llavors les reaccions de descomposició i nitrificació són ràpides.
- Hi ha un cabal escàs. Els reactants estan concentrats i l'oxigenació és lenta.
- L'oxigen del riu s'esgota de seguida, per la poca circulació i pel major consum.
- La concentració d'amoni és alta, i va decreixent, i la concentració d'oxigen dissolt va pujant molt a poc a poc.

El fet que els gràfics no s'assemblin a corbes contínues (exponencials decreixents, màxims, etc.) encara que siguin dibuixades amb trossos de rectes, es deu al fet que l'eix corresponent a la posició en el riu no està fet a escala real ni a temps real: no hi ha la mateixa distància de M a N que de Q a R, ni l'aigua tarda el mateix temps a arribar-hi.

El comportament del riu pel que fa al cicle del nitrogen, juntament amb la matèria orgànica i l'oxigen es resumeix en aquestes dues tendències observades, i tots els mesos de l'any el riu n'adopta una de les dues, segons la temperatura i cabal propi de cada estació de l'any.

5. FETS PUNTUALS I ANÀLISIS PUNTUALS

5.1 *Tensoactius*

Una característica gairebé constant d'alguns trams de la riera és la presència d'escuma. Això ens fa pensar que hi deu haver tensoactius, coneguts també com a detergents, humectants, etc. Des del tram on desemboca el clavegueram fins a la desembocadura s'ha pogut veure algun cop escuma, encara que a mesura que ens allunyem del clavegueram aquesta és menys abundant, fins a ser imperceptible. De tota manera, es pot veure com la formació d'escuma és major en alguns casos, però sempre present, per exemple al punt H.

Els detergents tenen una toxicitat no gens menyspreable per a alguns éssers aquàtics, especialment bacteris, que són a la base de les relacions tròfiques entre habitants del riu i han de descompondre la matèria orgànica.

Es classifiquen de la manera següent:

- No iònics (òxids d'etilè, altres)
- Iònics: -Catiónics (tetraalquilamoni, altres)
- Aniònics (sulfats d'alquil, sabons, altres)

La tècnica analítica que s'ha aplicat en algun cas detecta els detergents aniònics, però no els sabons. Són els més usats, però no els únics. La tècnica utilitzada és la més comuna quan es busquen detergents en una aigua (8).

S'ha fet dues analítiques de tensoactius aniònics, que són els més representatius i fàcils de detectar i quantificar. S'han demanat als laboratoris Torelló.

En un cas es tracta de dues mostres del riu del mes d'abril. Una correspon al salt d'aigua (H) i l'altra unes desenes de metres més enllà, al punt (M).

H: 0,50 mg/l tensoactius aniònics.

M: 0,26 mg/l tensoactius aniònics.

Són quantitats baixes, però suficients per donar l'escuma observada.

5.2 *La granja*

Hi ha una granja que té una tuberia d'uns 25 cm de diàmetre que va a parar a la riera. No va exactament a dins, sinó a un barranc que accedeix a la baixada d'aigua del clavegueram de St. Martí de Tous cap a la riera. Segons el testimoni de la gent que viu a prop, els altres anys la pudor dels abocaments que es feia era insuportable, especialment a l'estiu. Aquest darrer any els abocaments han estat més escassos, però n'hi ha hagut almenys un del qual he estat testimoni. El cabal era petit, d'alguns litres per minut, però constant. Una anàlisi ens diu que el contingut en nitrats i nitrats és insignificant ($<0,025$ i <10 mg/l respectivament) però que conté uns 60 mg/l d'amoníac. L'impacte sobre el contingut en amoníac de la riera no es va poder avaluar, perquè aquell dia la claveguera va donar xifres "récord" d'amoníac: 125 mg/l.

Potser si aquesta granja va fer més abocaments puntuals fortament contaminants en èpoques anteriors això explicaria els valors tan alts que s'havien trobat a la desembocadura de la riera en altres èpoques: 93 mg/l de nitrats (9).

5.3 *Plaguicides*

Una cosa que crida fortament l'atenció és l'aparició i desaparició en massa de les algues verdes filamentosas a tots els punts de la riera.

En efecte, s'havia observat un creixement exagerat de les algues verdes filamentosos tipus *Spirogyra* entre gener i març. A punts on el corrent baixa amb una certa velocitat com H, les algues hi són presents en forma de llargs filaments de fins a mig metre, creixent en el sentit del corrent i adherides al fons rocós. Als punts on el flux és lent creixen en tal manera que floten i recobreixen la superfície i no deixen ni veure el fons.

En les dues recollides de mostres fetes l'abril i maig es va constatar que les algues verdes van desaparèixer completament. El riu va quedar absolutament desproveït de cap alga en el curs d'aigua, mentre fora l'aigua la vegetació seguia com sempre. A qualsevol punt passat el pantà es podia veure el fons completament pelat. El mes de juny la cosa va seguir igual.

Durant els mesos de juliol i agost hi va haver una certa recuperació tímida de les algues, que anaven creixent però sense arribar a les quantitats que n'hi havia abans, i minvant de tant en tant però tampoc desapareixent del tot.

Hem d'admetre que el creixement de les algues pot dependre de molts factors com la temperatura i variar d'una estació a l'altra. A més quan hi ha un xàfec fort la torrentada es pot endur part de les algues (però no les que estan ben adherides a les roques). N'hi va haver un de fort al juny, després d'haver observat ja la desaparició de les algues, i un de flux a l'agost.

Tot sembla indicar que hi ha d'haver alguna anomalia greu perquè les algues recobreixin la major part de la riera i després desapareguin del tot en un mes. Cal veure-ho per fer-se una idea de com canvia l'aspecte de tota la riera sencera: algues adherides a les roques, flotant, ocultant el fons, i un mes després el riu pelat, la roca nua i el fons ben visible.

No estic en condicions de donar una explicació clara i sense fissures (entre altres coses perquè els canvis van ser molt bruscos i impossibles de preveure a priori. Jo em vaig trobar el riu ja pelat i no m'és possible saber exactament quin dia o dies es van produir els canvis). No obstant això, sembla que alguna cosa a l'aigua va eliminar les algues, ens haurem de restringir a donar unes hipòtesis i la hipòtesi més probable és un ús indiscriminat o incorrecte de plaguicides.

Es va fer una mica de recerca entre els distribuïdors de productes fitosanitaris: el sindicat de pagesos d'Igualada, el de St. Martí de Tous i l'establiment de la cruïlla entre la carretera a Santa Coloma i la de St. Martí de Tous. Els altres distribuïdors van declarar no vendre herbicides o similars.

Segons les fonts consultades el mes d'abril es va sembrar el blat i l'ordi. Abans o després de la sembra és costum d'utilitzar herbicides per eliminar totes les “males herbes”, aprofitant que el blat encara només és una llavor o tot just comença a brotar.

D'altra banda, es fa tractaments per a alguns fruiters i/o patateres.

5.3.1 Tipus d'herbicides

Els productes que es poden comprar als llocs esmentats i que poden tenir efecte herbicida són molt variats, i els distribuïdors les classifiquen segons el seu efecte:

-Herbicides no selectius: actuen sobre qualsevol planta superior: Glifosat; 2,4-D.

-Herbicides selectius:

per a herbes de fulla ampla (com ortigues): Tribenuron, trifensulfuron

per a herbes de fulla estreta (cúgula, margall): Terbutrina, clortoluron

-Fungicides: compostos de coure.

Però jo prefereixo una classificació segons la seva estructura molecular (**10, 11, 12, 13, 14**):

-Hormonals: “2,4-D” {àcid 2,4-diclorfenoxiacètic} i derivats:

“2,4-DP” {àcid 2-(2,4-diclorfenoxi) propiònic.} “Diclofop-metil” { 2-(4-(2,4- diclorfenoxi)fenoxi)propionat de metil }

són anàlegs a algunes hormones vegetals i modifiquen greument el creixement dels teixits vegetals. Dubto molt que siguin tòxics per a les algues filamentoses perquè no estan estructurades en teixits.

-Urea substituïda: “Clortoluron” {N'-(3-clor-4-metilfenil)-N,N-dimetilurea.}

-Triazines: “Triasulfuron” {2-(2-clor etoxi)-N-[[4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il) amino]carbonil]bensensulfonamida }

“Tribenuron” { Metil 2-(((N-(4-metoxi 6-metil 1,3,5-triazin 2-il)

N-metilamino)carbonil)amino)sulfonil)benzoat }

“Terbutrina” { 2 ter-butilamino 4-etilamino 6 metiltio 1,3,5-triazina }

Totes tenen en comú l'estructura de 1,3,5-triazina. Igual que les urees substituïdes, inhibeixen reaccions vitals de la fotosíntesi com l'entrada de diòxid de carboni i la fase de Hill. Entren dins la planta per absorció foliar i radicular.

-Altres: “Tralkoxidim” { 2-[1-(etoxi imino)propil]-3-hidroxi-5-(2,4,6-trimetilfenil)-2-ciclehexè-1-ona }, “Glifosat” { N-(fosfonometil)glicina } , “Caldo bordelés” {sulfat bàsic de coure} i altres sals de coure. Són un grup heterogeni, i cadascun té les seves característiques.

L'abril es va trobar una ampolla buida flotant per la zona R, d'un herbicida no selectiu a base de glifosat. L'agost es va constatar l'ús massiu de sals de coure per a la vinya, tomaqueres, pebroteres, etc. Molts d'aquests camps són a les rodalies de la riera. Aquesta passa alguns metres més avall.

5.3.2 *Bibliografia sobre el tema*

De la bibliografia de caire general consultada sobre el tema (10, 13) es desprèn que:

1-Tots els productes esmentats tenen una acció herbicida molt variable segons l'espècie a tractar. No hi ha cap herbicida universal.

2-La seva estabilitat a l'aigua o dins el sòl és molt variable. Segons la reserva d'humitat, l'airejament, la temperatura, el contingut en matèria orgànica o la capacitat de formar col·loides del sòl, o la solubilitat en aigua, un herbicida hi pot tenir una vida molt curta, com el glifosat, que pot translocar-se a qualsevol punt de la planta per la saba, però es perd immediatament en anar a terra. Altres, com el clortoluron o la terbutrina poden tenir una durada força llarga (6 mesos la terbutrina). Finalment, el coure és molt persistent, ja que lògicament mai deixa de ser coure. El seu efecte depèn de com s'administra, i de l'espècie química que formi, ja que a pH per sobre de 8 forma complexos bàsics insolubles.

3-En general no es parla dels seus efectes sobre la vida aquàtica, només de les aplicacions agrícoles sobre terra ferma.

4-En general les plantes són dures de pelar, i el factor limitant en l'acció herbicida sol ser l'entrada o no del tòxic dins la planta.

5.3.3 *Opinions dels experts*

L'opinió dels distribuïdors d'aquests productes és la següent:

1-La hipòtesi més probable és, en efecte, la presència d'algun plaguicida.

2-Els herbicides selectius són molt poc tòxics per a aquells éssers als quals no va destinat.

3-Els agricultors van amb molt de compte a utilitzar herbicides, per evitar precisament que vagin més enllà del punt d'aplicació i els puguin donar problemes. Per això troben rar que hagi passat això.

4-No creuen que s'hagin pogut "filtrar" del terra cap a la riera.

5-Dels herbicides esmentats, el glifosat és el menys selectiu i s'utilitza per a netejar marges i similars. Aquest sí que podria haver anat al riu, si es va utilitzar en les seves rodalies.

El pas següent ha estat posar-se en contacte amb el departament tècnic de les empreses que produeixen aquests productes. Les seves conclusions (cadascun pel seu producte) es poden resumir així:

1-En qualsevol cas el **seu** producte no pot ser el responsable del desastre.

2-Els herbicides selectius no són perillosos per a les plantes a les quals no van dirigits. La seva vida mitjana és “curta”: 14 a 50 dies pel clortoluron, per exemple.

3-El glifosat no és selectiu i és tremendament eficaç per liquidar qualsevol forma de vida vegetal, ja que inhibeix la síntesi d'aminoàcids aromàtics essencials, però en el sòl es degrada gairebé a l'acte. De l'estabilitat dins l'aigua no se'n sap gran cosa. Es degrada per la llum a àcid aminometilfosfònic, que no és tòxic, però no es sap a quina velocitat.

4-Les algues són completament diferents de les plantes superiors (que són el vertader objectiu dels herbicides agrícoles) pel que fa a metabolisme i vies d'entrada del tòxic. Un expert en el tema va dir que considerava molt i molt improbable que un herbicida d'aquests eliminés eficaçment les algues sense eliminar les altres plantes del voltant, si no és que en fos un de no selectiu i emprat a discreció. En cultius d'arròs, per exemple, quan es veuen afectats per les algues, és més fàcil matar la collita que les algues... si no és que es recorre a l'ús d'un fungicida i alguicida com les sals de coure.

El coure mata les algues filamentosos a concentracions de 0,1 ppm o inferiors, quan les plantes poden suportar-ne diversos ppm. Per altra banda, s'utilitza per a la vinya, fruiters, solanàcies, etc. La seva aplicació sol ser sulfat bàsic de coure, poc soluble.

Aquest tècnic considera, doncs, que en teoria el principal sospitós és el coure. Estudiant aquesta hipòtesi, es pot trobar a la bibliografia (**6, 15, 16**) que l'acció del coure és molt ràpida. La presència de coure a l'aigua podria eliminar les algues encara que només hi fos de forma transitòria i la concentració tornés a baixar de seguida. Això faria que no es detectés coure de forma apreciable.

D'altra banda, detectar traces d'herbicides en aigua és molt difícil per la seva diversitat química, baixíssima concentració, poca estabilitat química, i pocs laboratoris ofereixen aquest servei, excepte per algun herbicida concret. És per això que no podem sinó fer hipòtesis.

5.3.4. Hipòtesis, fets i conclusions

-S'utilitzen herbicides selectius, però no sembla factible que siguin els responsables de la desaparició de les algues, pels seus mecanismes d'entrada i d'acció.
-També s'utilitzen herbicides no selectius com el glifosat, molt a prop de la riera, ja que fins vam trobar-n'hi una ampolla flotant. Aquest pot ser eficaç contra les algues.

- Una bona torrentada en un moment donat pot donar efectes similars, però deixa altres senyals ben visibles que no es van apreciar quan hi va haver la desaparició.
- La filtració d'aigua dels terrenys del voltant cap a la riera és un fet constatat almenys en dos punts diferents.
- També s'utilitzen sals de coure en grans quantitats, que és potser el més tòxic per a les algues i menys per a les plantes. Tot i així, no s'ha detectat. Si fos el responsable, devia aparèixer, procedent d'algun hort, i anar minvant en concentració.
- No es pot descartar que hi hagi més d'un factor implicat: per exemple l'entrada de coure en un moment donat, i glifosat simultàniament, per exemple.

6. HABITANTS DEL RIU

S'ha fet algunes observacions dels animals que habiten directament a la riera, prescindint de les plantes i els animals que hi puguin haver en les proximitats. Això s'ha fet a títol purament descriptiu, sense ser un estudi exhaustiu sinó un recull d'observacions, ja que es van fer tot agafant mostres, sense buscar els animals.

6.1 Éssers microscòpics

A l'agost es pot observar amb el microscopi a l'aigua del punt H i següents fins a N petits flagel·lats tipus *Euglena* en petites quantitats. Aquests són característics d'aigües en depuració (15, 17). També algun exemplar solitari que es pot tractar de *Navicula*, una diatomea. El que més s'observa són flòculs de matèria orgànica, probablement amb bacteris adsorbits.

6.2 Petits invertebrats

No s'observen durant l'hivern. Cap al maig i juny van apareixent insectes a dojo, i també aranyetes de jardí que fan la teranyina prop de la superfície a l'ombra, entre herbes, quan la vegetació és abundant.

A l'agost, a més de tots aquests insectes, s'observen libèl·lules, en ple aparellament. Cap al setembre, octubre, i encara els primers de novembre se'n poden veure d'una altra espècie enorme: uns 8-10 cm de longitud del cos. També a l'agost, podem remarcar les observacions següents (taula 6):

Punt	Espècie majoritària	Quantitat	Altres espècies
H	-	0	0
J	<i>Chironomus</i>	8 / litre	Total: 120 / litre
K	Larva de mosquit	300 / litre	Total: 12 / litre
M	Larva de mosquit	>1000 / litre	0
N	-	0	0

Taula 6. Algunes observacions dels invertebrats del riu

El fet que les larves de mosquit es concentrin en una zona preferent es deu a diversos factors. El més important és la presència de nutrients adequats: matèria orgànica en abundància però no en excés, i oxigen suficient.

També cal dir que en general són a llocs on hi ha poca profunditat (alguns centímetres) i gran velocitat, i allà deuen resultar menys accessibles per les granotes. La larva de *Chironomus*, en canvi, prefereix una zona on el contingut en matèria orgànica és més elevat. Gràcies al pigment respiratori vermell que conté pot sobreviure en zones molt pobres en oxigen, com correspon a aquelles aigües amb molta porqueria, fent-hi una bona feina com a brostejador de la matèria orgànica (15, 18). Aquestes espècies són típiques d'aigües amb molta matèria orgànica en depuració, i la seva presència es considera precisament un índex d'aquesta.

En canvi, he trobat a faltar els típics “sabaters”, que caminen sobre la superfície, i que recordo haver-hi vist fa anys. Imagino que els deu resultar difícil caminar sobre la superfície si hi ha gaires tensoactius i la tensió superficial de l'aigua disminueix.

6.3 Vertebrats

Bàsicament es limiten a:

- Peixos a la desembocadura a la primavera, i també al pantà i al tram que arriba al pantà, gairebé tot l'any. Com hem dit, és un índex de bona qualitat de l'aigua.
- Amfibis i rèptils: granotes a tot el curs, des de la primavera fins a la tardor. Se'n ha vist alguna fins i tot el desembre. També s'ha observat en almenys dues ocasions serps d'aigua, a l'estiu, als punts N i R.
- Ocells al voltant. S'ha pogut veure ànecs al pantà en diverses ocasions, així com tot un grup a la zona “J”. També han deixat empremtes ben visibles al fons del riu a pocs metres de la desembocadura.

7. MODELS MATEMÀTICS DEL RIU

L'abocament de contaminants als rius i les reaccions químiques que hi tenen lloc són fets que estan força estudiats, i s'ha desenvolupat models senzills que en descriuen el comportament i permeten fer algunes prediccions. Moltes vegades, el valor d'aquests models no és la predicció en si (perquè fer difícils simulacions podent fer anàlisis fiables?), sinó comprendre alguns aspectes del funcionament del riu: quins factors intervenen, quina importància real tenen uns factors o uns altres, descobrir fets que ens han passat per alt, veure si les nostres hipòtesis són adequades i el nostre coneixement suficient, o bé predir què pot passar, com i per què, més que no pas una delicada descripció numèrica exacta del riu com un complicat mecanisme de rellotgeria, inviable per la seva pròpia complexitat.

7.1 Modelització del flux: model de dispersió

S'ha procedit a utilitzar un "traçador", és a dir, una substància que afegida a l'aigua del riu es pugui seguir fàcilment. D'aquesta manera es vol aconseguir:

- obtenir dades del temps que tarda l'aigua a passar d'un punt a un altre.
- disposar de dades de velocitats mitjanes del líquid
- determinar el tipus de flux que presenta el riu.

Com que s'hi efectuen unes reaccions químiques, el riu és un reactor. Volem veure quin tipus de reactor és. Ens restringirem a la "zona d'autodepuració" d'H a R.

El traçador es compon d'una solució salina, que donarà al seu pas un increment de la conductivitat (i es podrà mesurar instantàniament), i una petita quantitat d'un colorant orgànic molt potent, per poder visualitzar la zona que conté la sal, i el flux de l'aigua.

El traçador s'introdueix de cop, amb la qual cosa es té una pertorbació instantània del tipus "impuls" o "delta de Dirac" (19). En funció del tipus de flux que presenti el riu, aquesta pertorbació s'anirà eixamplant, distorsionant, etc.

Si l'aigua del riu avança de forma contínua, amb poca agitació, la traça de colorant s'anirà desplaçant de la mateixa manera. Llavors el riu és com un reactor de flux "en pistó". El riu "s'enduu" el traçador tal com l'hem posat, sense dispersar-lo, fins a la desembocadura.

Si l'aigua del riu avança d'una forma molt turbulenta i plena de remolins, la

traça del colorant es dispersa immediatament gràcies que el flux dóna una agitació molt eficient, i llavors serà com un reactor de tanc agitat. El traçador s'escampa uniformement pel riu com el sucre dins un cafè en agitar-lo.

Normalment el reactor no és exactament cap d'aquests dos models ideals, sinó un cas intermedi o una barreja dels dos.

També pot ser que hi hagin “aigües mortes”: zones on l'aigua queda estancada, i per tant, amb composició diferent que l'aigua que circula. Això fa que sigui com sigui el flux, sempre hi ha una part del traçador que es retarda. Finalment pot haver-hi “camins preferents”: el flux es reparteix en diverses vies, alguna de les quals és més ràpida que les altres. Això pot “repartir” la traça, de manera que se'n formin diverses. Tots aquests fenòmens influeixen notablement en la composició de l'aigua, independentment de quina contaminació porti el riu d'entrada, ja que el nostre riu serà un reactor més o menys eficient en la seva autodepuració.

Un cop introduït el traçador en un punt del riu, anem mesurant el temps i la velocitat a què es mou la traça de colorant. A qualsevol punt fix podem anar detectant el traçador mesurant la conductivitat en funció del temps. Els resultats es poden ajustar a diversos models.

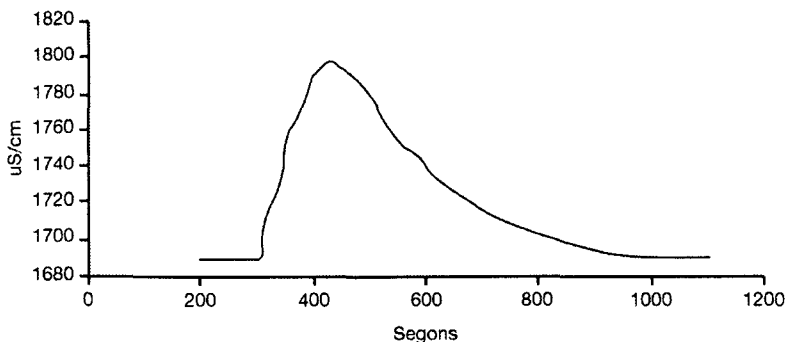
S'ha injectat el traçador a M, en una zona de gran velocitat, que dóna en una zona de flux molt lent i després torna a agafar velocitat. El recorregut del traçador fins al conductímetre és de 20 m.

Suposem que la traça va viatjant al llarg del riu com per un reactor amb flux en pistó, i al mateix temps la traça es va eixamplant seguint una equació de difusió que inclou difusió molecular, dispersió per turbulència, etc. (2a llei de Fick), que no exposaré aquí.

La solució d'aquesta equació és coneguda **(19)** i ens dóna una idea del flux que tenim, en funció del terme adimensional $\{D/vL\}$, conegut com a mòdul de dispersió. Quan tendeix a zero tenim un reactor de flux en pistó, i quan tendeix a infinit, de flux agitat.

Primer mesurem la conductivitat en funció del temps, un tros més enllà d'on aboquem el traçador. Amb el conjunt de dades de conductivitat i temps, es construeix el gràfic 10, i es calculen el temps mitjà i la variància **(19)**. En funció d'aquests paràmetres, es calcula el mòdul de dispersió: $\{D/vL\} = 0,13$; que

correspon a un flux en pistó, ja que l'augment de la conductivitat no és instantani, (el traçador no pot anar més de pressa que el riu), però amb una enorme turbulència.



Gràfic 10. Pas del traçador pel detector, a 20 m

Podem veure al gràfic 10 que la traça puja, arriba a un màxim i va baixant, però deixant una gran cua. Les primeres molècules del traçador arriben al detector en 5 minuts (300 segons), la majoria ho fa en 7 minuts (430 segons), i després hi ha molta dispersió. Les darreres arriben als 16 minuts, aproximadament (960 segons). Això correspon a una velocitat mitjana neta de 0,066 m/s les primeres; 0,044 la majoria; i 0,021 m/s les darreres, amb tota la gamma de velocitats compreses entre aquestes. També s'ha pogut observar que hi ha zones on una part del flux forma grans remolins, normalment allà on el riu s'eixampla de cop. En aquests remolins el traçador o la matèria orgànica o el que sigui que baixi pel riu entra al remolí i dóna voltes durant uns minuts, fins que acaba sortint.

De la mateixa manera podem obtenir alguna estimació del cabal. Es mesura la velocitat mitjana, i la secció aproximada del fons. El cabal serà el producte d'aquests dos valors.

Es troba una secció d'uns 300 cm² i velocitat de 47 cm/s, cosa que indica un cabal de 14 l/s al punt N. Immediatament després es troba una secció d'uns 6000 cm², a la qual correspon una velocitat d'uns 2 cm/s. Els llacs anteriors tenen uns 25000 cm² fet que vol una velocitat d'uns 0,5 cm/s. El punt T a la desembocadura dóna una secció d'uns 460 cm² i velocitats mitjanes de 57cm/s, cosa que dóna uns 25 l/s, força menys que els 80-310 l/s del 1995 esmentats en algun estudi (9). Aquestes proves es van fer el novembre i desembre, quan el cabal era prou gran. A l'estiu hi ha molt poc cabal, i la majoria del flux esdevé lent.

7.2 Modelització dels contaminants: models cinètics

Per veure com es comporta el cicle del nitrogen, considerem un cop més l'equació de la nitrificació però simplificada:



Les reaccions implicades són més complicades ja que són fetes per bacteris, i inclouen més passos: hidroxilamina, àcid hidrazoic o metabolits com l'oxima pirúvica, etc (20). De tota manera, podem assumir que la reacció és com la representem, amb cinètica de primer ordre per a cada pas (21) com a simplificació. De fet, la cinètica bacteriana sol seguir equacions de Monod (7, 21), però per concentracions baixes de reactius s'assemblen molt a les de primer ordre. Llavors les equacions cinètiques són:

$$\frac{d[NH_4^+]}{dt} = -k_1 [NH_4^+]$$

$$\frac{d[NO_2^-]}{dt} = k_1 [NH_4^+] - k_2 [NO_2^-]$$

$$\frac{d[NO_3^-]}{dt} = k_2 [NO_2^-]$$

Al lector que no estigui familiaritzat amb la cinètica química només li cal entendre que amb la resolució d'aquestes equacions, i alguna informació sobre les concentracions en un punt podem fer una predicció teòrica aproximada del perfil de concentracions d'amoni, nitrit i nitrat al llarg del riu.

S'ha de tenir en compte que l'oxigen intervé en les reaccions, per la qual cosa ha d'anar incorporat a les equacions cinètiques. Per no introduir més variables el que es pot fer és modificar les constants de velocitat en funció de l'oxigen dissolt. Aquestes passen a dependre de l'oxigen en forma d'equacions de Monod (7), que també podem considerar com a equacions de primer ordre. Així, les constants k varien en proporció al perfil de concentració de l'oxigen.

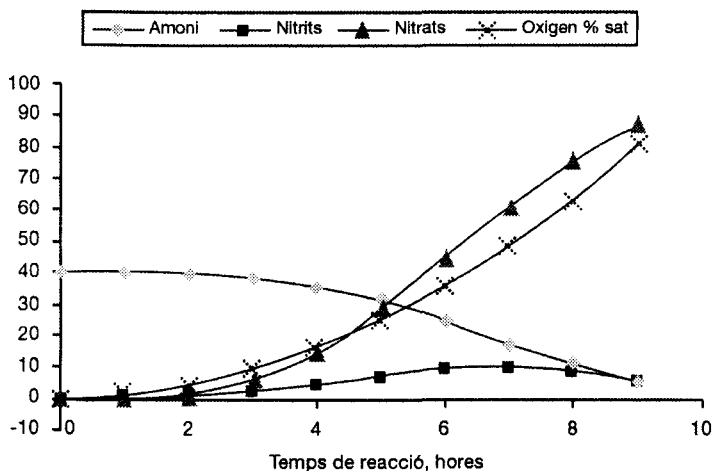
Fent-ho així, aquestes equacions són fàcils d'integrar, amb les condicions inicials següents: hem de saber la concentració inicial d'amoni (al punt H), menyspreem les concentracions inicials de nitrit i nitrat (22) (ja hem vist que són molt baixes), i fixem un perfil de concentració d'oxigen dissolt al llarg del riu de tipus parabòlic, que s'ajusta bé a l'obtingut experimentalment en cada cas.

Necessitem saber les constants de velocitat k_1 i k_2 . Sabem que el temps de reacció entre els punts M i N és d'una hora (valor orientatiu obtingut aproximadament seguint una traça de colorant). Llavors substituint els valors coneguts d'amoni, nitrit i nitrat a les equacions cinètiques entre M i N, s'obté un valor aproximat per a les constants k_1 i k_2 :

$$k_1 = 0.00008 \text{ s}^{-1} \text{ a } 12^\circ\text{C}; \quad k_2 = 0.0023 \text{ s}^{-1} \text{ a } 21^\circ\text{C}.$$

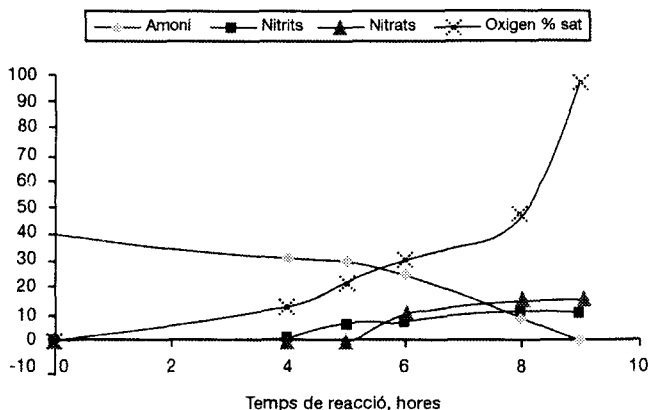
Les constants cinètiques varien amb la temperatura. Es poden ajustar a cada cas segons la temperatura de l'aigua mesurada experimentalment.

Llavors podem integrar les equacions cinètiques numèricament amb un ordinador o una calculadora, i obtindrem la concentració de cada espècie en funció del temps de reacció (que és el de permanència dins el riu, des de l'abocament H fins al final). Comencem amb els valors aproximats de k_1 i k_2 , i els modifiquem lleugerament fins a obtenir la major concordança possible. Per l'agost, sabem que l'aigua és a 20-21°C i s'obté el gràfic 11.



Gràfic 11. Resultats del model cinètic per al mes d'agost

Els nitrits s'han representat multiplicats per 10. Mentre que els valors trobats experimentalment són els del gràfic 12:



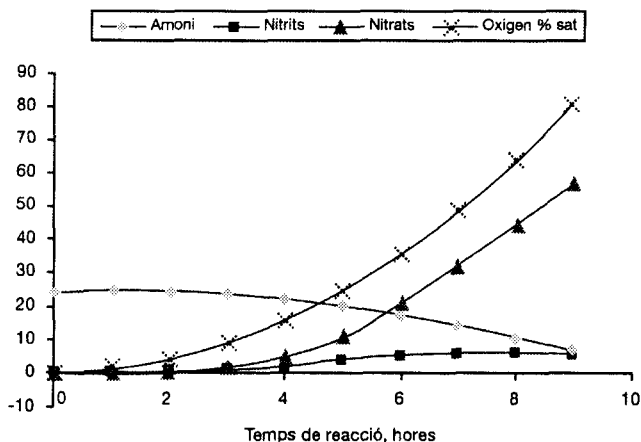
Gràfic 12. Resultats experimentals del mes d'agost

Al segon gràfic he situat els valors d'H a temps =0, i els altres (K, M, N, R...) al valor de temps que els correspon de manera que encaixin els valors d'amoníac, nitrit i nitrat observats, els màxims de cada espècie, etc.

A l'octubre, hem de modificar les constants k_1 i k_2 ja que a temperatures baixes la velocitat de reacció disminueix aproximadament de la manera següent (7, 20):

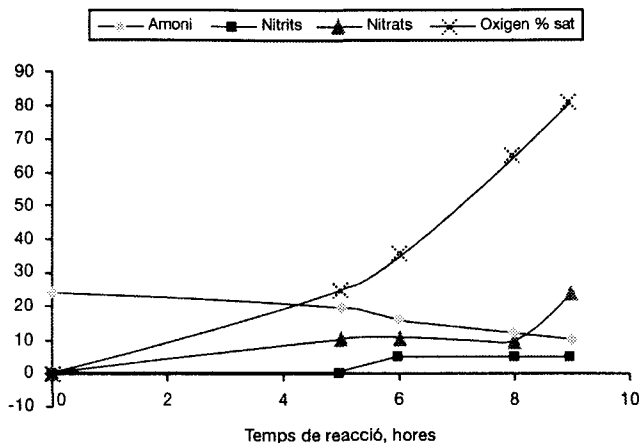
$$k = k(15^\circ\text{C})e^{0,098(T-15)}$$

I aplicant el mateix model per al mes d'octubre amb aquestes modificacions per la temperatura s'obté el gràfic 13. Ara, és clar, es parteix de les dades del punt H del mes d'octubre com a condicions inicials.



Gràfic 13. Resultats del model cinètic per al mes d'octubre

I els valors experimentals són al gràfic 14:



Gràfic 14. Resultats experimentals del mes d'octubre

Així, per a cada mes, partint de la concentració d'amoníac al punt H, el perfil de concentració d'oxigen i un càlcul de les constants cinètiques en funció de la temperatura de l'aigua, podem reproduir el perfil de concentracions de l'amoníac, nitrít i nitrat.

Més important que els resultats numèrics (que al capdavant s'ajusten per tempteig, tot i que en conjunt encaixen) és veure l'evolució de cada espècie al llarg del riu o el que és el mateix, al llarg del temps de residència. Amb aquest model podem veure que:

1)-La concentració d'amoní no decreix de forma exponencial com correspon a una cinètica de primer ordre normal, molt ràpid al principi i més lentament al final, sinó que ho fa al revés: decreix poc a poc al principi, i més de pressa al final. Això es correspon amb les nostres observacions experimentals, i es deu a la dependència de la velocitat de reacció respecte l'oxigen dissolt, molt escàs al principi i que no creix gaire fins al final.

2)-La concentració de nitrats tampoc puja de cop com ho faria aquest model si hi hagués prou oxigen, sinó gradualment, quan hi ha prou oxigen. Això també concorda amb les dades experimentals.

3)-La concentració prevista de nitrats, en canvi, dona valors molt més alts dels previstos.

Estequiomètricament, la conversió completa d'1 mg d'amoni en nitrat ha de donar 3,44 mg de nitrat. Al final de la riera l'amoni desaparegut no es correspon amb el nitrat format en relació d'1 a 3,44 ni de bon tros: vegeu la taula 7

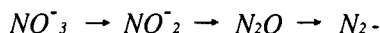
Mes	Amoni	Nitrat previst	Nitrat màxim detectat	Nitrat al final del riu
Gener	6	20,1	15	10
Març	10	34,4	15	10
Juliol	20	68,9	25	10
Agost	40	137,6 !	15	10
Octubre	24	82,6	25	10
Desembre	5	17,2	15	15

Taula 7: relació de nitrat i amoníac

Veiem que a més hi ha un fet desconcertant, i és que a més el nitrat desapareix parcialment cap al final del riu. No només el contingut en nitrats no creix tal com seria de preveure estequiomètricament, sinó que en general la concentració de nitrits es manté o creix una mica el darrer tram, comprès entre S i T. També en general en aquest tram augmenta una miqueta la matèria orgànica.

En general, hi ha com un retrocés en el procés normal de depuració i nitrificació de l'aigua en el tram final, cap a la desembocadura. La concentració de nitrats, sempre baixa, podria ser atribuïda a un error sistemàtic en la mesura, però els augments en la concentració de matèria orgànica, nitrits, la pèrdua d'oxigen i la disminució de nitrat ja no poden ser totes degudes a errors. Com a observació curiosa podem apuntar el fet que el darrer tram del riu és pràcticament l'únic que circula sota els arbres.

En efecte, la major part del riu, des del pantà (on encara està prou net) fins al pont del camí cap a Santfores (R), el riu transcorre a cel obert, i els arbres es troben a una certa distància. A partir del pont de Santfores fins a la desembocadura el riu circula cobert d'arbres de fulla caduca, de manera que queda ple de fulles, especialment a l'hivern. Hi ha constància que aquesta aportació natural de matèria orgànica té un pes específic important, i en molts casos és l'única font important de matèria orgànica del riu per causes naturals. En aquestes condicions se sap que es poden trobar zones del riu amb menys oxigen (per exemple al fons, o en munts de matèria en descomposició), on la nitrificació es reverteixi, gràcies a bacteris com *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Achromobacter* (20).



Com es pot veure a la reacció (no ajustada) no es genera amoníac, per això no el detectem al final, encara que hi hagi desnitrificació. També se sap que els extractes tàncics procedents de les restes vegetals poden interferir els processos d'oxidació normals dels compostos nitrogenats. També poden fer-ho altres productes reductors procedents de la matèria en descomposició. La nitrificació s'atura a potencials redox inferiors a 0,4 V **(20)**. També cal considerar que hi pot haver ocasionalment aportacions d'aigua, per exemple de la riera de Roqueta, gairebé sempre activa, que sol ser molt neta i per tant dilueix l'amoní i també el nitrat consegüent.

Una altra explicació plausible és que hi hagi una evaporació parcial de l'amoníac, abans no es transformi en nitrat. Això no ho podem detectar.

Un altre model cinètic és el que fa referència a la matèria orgànica i l'oxigen. La descomposició de la matèria orgànica segueix un altre cop una equació tipus Monod, que pot assimilar-se a equacions de primer ordre respecte l'oxigen (O) i la matèria orgànica reaccionant (S). Si la quantitat d'oxigen és acceptable, més d'uns 2mg/l per exemple, la dependència respecte l'oxigen es pot ignorar **(21)**. L'oxigen dissolt decreix en proporció a la velocitat amb què el consum la matèria orgànica, i creix en la mesura que el riu es va oxigenant. L'oxigenació del riu té lloc per difusió molecular de l'oxigen a la interfase aire-aigua, i pel moviment de l'aigua més enllà de la interfase **(21)**. Per tant, la velocitat d'oxigenació ve limitada per la diferència entre la concentració d'oxigen dissolt O i la concentració d'oxigen en equilibri a una temperatura donada O* (la que hem vist a la taula 4) i un coeficient de transferència que depèn de la turbulència del riu: k₂

$$\frac{dS}{dt} = -k_1 S O$$

$$\frac{dO}{dt} = -k_1 S + k_2 (O^* - O)$$

Com a les equacions del cicle del nitrogen, la resolució d'aquestes ens donaria la concentració de matèria orgànica S i d'oxigen O al llarg del riu.

Hi ha moltes fórmules per a calcular k₂, comprovades experimentalment, a partir de dades com la velocitat del riu (v), el pendent del curs del riu (g) i la temperatura (T) **(21)**.

$$k_2 = 0,177vg(1,022^{(T-20)})$$

= 0,10 a 0,35 dia-1 per a llacs i corrents lents

= 0,35 a 0,69 per a aigua corrent

= 0,69 a 1,15 corrent ràpid i salts

També es disposa de la solució analítica d'aquestes equacions: Streeter-Phelps (6,21). S'ha fet algun tempteig en aquest aspecte, però els resultats no són gaire interessants. El problema és que el nostre riu té llacs estancats o aigües molt lentes (mil·límetres per segon), intercalades amb salts d'aigua i corrents ràpids (gairebé 1 metre per segon), com hem vist abans, amb la qual cosa la constant d'oxigenació és molt variable. Estudiar l'evolució d'un riu en base a una mitjana de valors amb tal dispersió és com estudiar l'evolució de tots els malalts amb febre d'un hospital en base a una mitjana de les seves temperatures. Per això, tot i que es pot reproduir per càlcul els valors experimentals, el resultat no ens diu gran cosa. Ajustant les constants de velocitat per a la descomposició de la matèria orgànica i l'oxigenació segons la temperatura i el cabal, es pot obtenir el perfil de concentració de l'oxigen típic dels mesos càlids, o bé dels mesos freds, tal com es descriu a l'apartat 4.3 i que concorda amb l'equació analítica de Streeter-Phelps (6,21).

Podem destacar, com a conclusió, la gran diversitat en el règim del riu, tant pel que fa a les velocitats, com per l'oxigenació. Entre H i K, per exemple, hi ha un salt d'aigua d'uns 2 metres que dóna a un llac totalment estancat. Per l'altre extrem s'escola un corrent ràpid, que baixa per un gran pendent, fins a un altre llac estancat. Aquesta diversitat és, potser, la seva característica més acusada.

7.3 Conclusions que treiem dels models matemàtics

1- Seguint la pista del traçador veiem que el flux del riu presenta molta variació de velocitat. Hi ha trams molt ràpids i d'altres de molt lents. Dins un mateix tram ràpid hi ha molta turbulència, remolins i molta dispersió en les velocitats puntuals. Així, doncs, per qualsevol entrada de contaminants, el riu no se'ls enduu sinó que els escampa i els dispersa.

2 -La cinètica dels compostos nitrogenats s'ajusta qualitativament a la reacció de dos passos consecutius de pseudoprimer ordre, però amb la presència d'oxigen com a factor limitant.

3 -Per alguna/es de les raons esmentades abans, la conversió en nitrats no és completa. Cap a la desembocadura desapareix l'amoniac però no es transforma completament en nitrat.

8. CONCLUSIONS GENERALS

8.1 S'ha comprovat que hi ha paràmetres que romanen força estables en tot el curs del riu i al llarg de l'any. Són el pH, la conductivitat i les característiques organolèptiques.

El pH es manté comprès entre 7,9 i 8,3 en tots els casos. La conductivitat es mou entre uns valors extrems de 2070 i 2460 uS/cm a l'hivern, i 1500 a 2330 uS/cm a l'estiu

8.2 El cabal i l'evolució dels contaminants responen a dues tendències, independentment de la càrrega contaminant.

En mesos freds les reaccions de descomposició i nitrificació són lentes. Hi ha un cabal suficient per assegurar la dilució dels reactants i l'oxigenació. No hi ha gaire dèficit d'oxigen, gràcies a la bona circulació i al menor consum. S'aprecia un màxim en la concentració d'amoni, coincidint amb un mínim en l'oxigen dissolt, sense que aquest arribi a esgotar-se.

Els mesos que fa més calor, les reaccions de descomposició i nitrificació són ràpides. Hi ha un cabal escàs. Els reactants estan concentrats i l'oxigenació és lenta. L'oxigen del riu s'esgota de seguida, a causa de la poca circulació i del major consum.

8.3 Seguint la pista d'un traçador veiem que el flux del riu presenta molta variació de velocitat. Dins un mateix tram ràpid hi ha molta turbulència, remolins i molta dispersió en les velocitats puntuals. Així, doncs, per qualsevol entrada de contaminants, el riu no se'ls enduu sinó que els escampa i els dispersa.

La cinètica dels compostos nitrogenats s'ajusta de forma aproximada a la reacció de dos passos consecutius de pseudoprimer ordre, però amb la presència d'oxigen com a factor limitant.

BIBLIOGRAFIA:

(1) Catàleg i instruccions del Kit Aquaquant 1.14400.0001 per Amoníac en aigua de Merck

(2) Reial Decret del 14 de setembre de 1990. Publicat al BOE del 20 de setembre de 1990, núm. 226, pàg. 27488 i següents.

- (3)- J.M.Garrido Fernández, R.Méndez Pampín, J.M.Lema. *Nitrificación de aguas residuales: Procesos de biomasa en suspensión y procesos de biopelículas*. Afinidad, núm. LIII, 465 setembre-octubre, 1996.
- (4) Ordre d'1 de juliol de 1987. Publicada al BOE de 9 de juliol de 1987, núm. 163, pàg. 2934 i següents.
- (5) *Història Natural dels Països Catalans*, vol 14. Edicions de l'Enciclopèdia Catalana 1989 Barcelona.
- (6) -J.G.Catalán Lafuente. *Química del agua*. Ed. Bellisco 1990 Madrid.
- (7) -Metcalf & Eddy Inc. *Ingeniería sanitaria. Tratamientos, evacuación y reutilización de aguas residuales*. Revisió de G.Tchobanoglous. Ed.Labor 1985.
- (8) -*Standard methods for the examination of water and waste-water*. 19a edició. Publicació de la American Public Health Association.
- (9) -T.Munné i Torras, N.Prat i Fornells. *Estudi qualitatiu del riu Anoia. Diagnosi del seu estat actual i propostes d'actuació*. Tesi presentada a la Universitat de Barcelona, Octubre de 1995.
- (10) -E.Primo Yúfera, J.M.Carrasco Dorrien. *Química agrícola. Vol. II: Plaguicidas y fitoreguladores*. Ed. Alhambra 1980 Madrid.
- (11) -Merck Index 12a edició. Editat per Merck & Co
- (12) -Z.Grunter, J. Sherma. *Handbook of Chromatography Vol. 1: Pesticides*. Ed. CRC Press. U.S.A.
- (13) -Carlos de liñán. *Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Ed. Agrotécnica SL 1993 Madrid
- (14) -M.Barón, A.Chueca, J.López Gorgé. *Inhibición de la fotosíntesis por herbicidas*. Investigación y ciencia. Juliol 1987
- (15) -R.Margalef. *Ecología*. Ed.Omega S.A. 1977 Barcelona.
- (16) X.Domènech. *Química de la hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes*. Miraguano ediciones. 1995 Madrid.
- (17) J.Peñuelas: *Introducción a la Ecología. De la biosfera a la antroposfera*. Biblioteca científica Salvat Vol.13. 1993 Barcelona.
- (18) *Història Natural dels Països Catalans*, vol. 10. Edicions de l'Enciclopèdia Catalana 1989 Barcelona.
- (19) -O.Levenspiel. *Ingeniería de reactores químicos*. Ed. Reverté. Barcelona.
- (20) -R.G.Wetzel. *Limnología*. Ed.Omega, 1981 Barcelona.
- (21) -J.B.Snape, I.J.Duun, J.Ingham, J.E.Prenosil. *Dynamics of environmental bioprocesses. Modelling and Simulation*. Ed. VCH.
- (22) I.N.Levine: *Físico-Química*. 3a ed. McGraw-Hill 1991 Madrid.

