
Diversitat i anàlisi microbiològiques del riu Manol

Per PAU BOHER i GENÍS*



* Alumne IES Alexandre Deulofeu.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Els rius

El medi fluvial

El medi fluvial presenta unes condicions molt diferents, generalment, en comparació a les que imperen a la resta de sistemes aquàtics. La composició química és variable, com també la temperatura i el grau d'oxigenació. El corrent, però és un dels principals trets diferenciadors. És per això que es considera els rius com a ecosistemes en moviment, perquè el corrent condiciona en gran mesura la vida en els rius. Això obliga els seus pobladors a una adaptació especial i, d'altra banda, fa que en distàncies relativament curtes les comunitats vegetals i animals tinguin diferències considerables. Als rius bàsicament hi viuen comunitats bentòniques. Només en casos en què el riu són molt grans, i en què el corrent és lent, es desenvolupen organismes planctònics. Els rius es poden dividir en tres trams: curs alt, mitjà i baix. El curs alt comprèn del naixement del riu fins a un punt on perd el caràcter torrencial. En aquest tram la comunitat d'organismes és molt pobra a causa de la forta erosió del fons del riu, a conseqüència del desnivell que presenta el riu. En el tram mitjà i baix hi ha una complexitat i diversitat més gran pel que fa la comunitat d'organismes, tot i que la contaminació i l'estat dels rius catalans sovint provoquen que en l'últim tram els rius estiguin fortament degradats i la diversitat sigui baixa.

Ecologia dels rius

Els rius tenen una producció primària neta molt baixa en comparació als altres ecosistemes, tant els altres medis aquàtics com els terrestres. Aquests últims són els que aporten matèria orgànica als rius, atès que els rius normalment es troben envoltats per les plantes del medi terrestre; és l'anomenada vegetació de la ribera. Les fulles i branques que cauen i la

matèria orgànica arrossegada o dissolta que arriba al curs fluvial constitueixen les aportacions més importants d'energia al riu i són bona part del seus nutrients. Tant les algues com les moltes i les plantes aquàtiques, que són els principals productors primaris de l'ecosistema del riu, no podrien sostenir tota la comunitat amb la seva activitat sense l'aportació de l'energia que ve de l'exterior. Els rius, però, poden tenir comunitats molt variades, segons les propietats fisicoquímiques del riu: la temperatura, la velocitat del corrent, la mineralització de l'aigua, el substrat de la llera o la quantitat de matèria orgànica dissolta o en suspensió. Per tant, segons en quines condicions es trobi el riu en una determinada zona, hi viuran unes espècies o unes altres. La xarxa tròfica dels rius està formada per: els productors primaris (autòtrofs), que com hem dit abans són les algues, moltes, plantes aquàtiques, juntament amb alguns bacteris fotoautòtrofs, que són els microorganismes que mitjançant l'energia de la llum fabriquen compostos orgànics, i també juntament amb els bacteris quimioautòtrofs, que obtenen l'energia mitjançant l'oxidació de determinats compostos inorgànics, com per exemple els bacteris del nitrogen o del sofre. Aquests, al seu torn, serveixen d'aliment als consumidors primaris (herbívoros) –aquests ja són heteròtrofs, que s'aprofiten del treball biològic fet pels productors primaris per obtenir matèria i energia–, i estan formats per força animals, sobretot larves d'insectes. Aquests altres són menjats per altres animals com el peixos o els amfibis, que ocupen els nivells tròfics superiors dels rius. Tot i així gran part dels animals del riu s'alimenten de material procedent del medi terrestre que arrossega el riu. Al final d'aquesta xarxa, però, es troben els descomponedors. Aquest grup està format per diversos bacteris que degraden la matèria orgànica procedent de restes animals i vegetals que arriba al fons del riu i la transformen en matèria inorgànica.

1.2 La contaminació dels rius

Pertorbacions

La major part dels rius catalans són de cabals irregulars i inconstants. En èpoques de sequera i de pluges torrencials, estan sotmesos a fortes fluctuacions. Això fa que les comunitats estiguin alterades per les riuades o les secades. Llavors és quan predominen espècies oportunistes, que aprofiten les vegades que les condicions del riu els són favorables per desenvolupar-se. Un altre causant de l'alteració de les condicions d'equilibri del riu és la contaminació. La contaminació de les aigües, en general, i més concretament la dels rius, és un dels problemes més importants que tenim en l'actualitat. A més, és un problema molt proper a Catalunya, i encara més pròxim aquí, a l'Alt Empordà, atès que hi ha estudis que indiquen la pol·lució de rius com la Muga i el seu afluent, el Llobregat. L'abocament de deixalles de les poblacions, indústries i granges són les principals causes de l'empitjorament

de la qualitat dels rius: la contaminació de residus fecals al riu, a vegades a conseqüència de la falta d'una xarxa de clavegueram en algunes poblacions i altres vegades procedents d'algunes granges; l'abocament de metalls pesants i matèria orgànica d'algunes indústries; també l'ús excessiu de fertilitzants en l'agricultura, que sovint contamina aigües subterrànies a causa de la infiltració, o també l'ús d'adobs nitrogenats i detergents fa que les aigües s'enriqueixin en fosfats i nitrats.

L'autodepuració no és suficient

Tot i que els rius tenen una gran capacitat d'autodepuració, quan es passen certs límits de contaminació, aquesta capacitat és neutralitzada. El fenomen de l'autoregeneració dels rius és un fet molt important en el qual els bacteris en són protagonistes. A més aquest fet és objecte de molts estudis. Aquest fenomen es duu a terme de la següent manera: la contaminació produeix l'acumulació de matèria orgànica, i aquesta és degradada pels bacteris aerobis dels rius. Aquests microorganismes converteixen la glucosa i l'oxigen en aigua i CO². Això comporta l'increment del consum de l'oxigen de l'aigua: és l'anomenada DBO (demanda biològica d'oxigen). Per tant, amb una quantitat adient d'oxigen i d'aquests bacteris el riu es pot autodepurar. Però en el cas que hi hagi un excés elevat de matèria orgànica i poca quantitat d'oxigen, les algues fotosintètiques creixen en gran mesura. Aquest creixement fa que es tapin les unes a les altres i no els arribi la llum i es morin. Es deixa de sintetitzar oxigen i l'aigua es torna anòxica. Aquest procés es coneix com l'eutrofització de les aigües. Llavors, en aquestes condicions no poden viure la majoria dels animals aquàtics, i només proliferen bacteris anaerobis. Alguns d'aquests són nocius per a la salut i d'altres sintetitzen productes tòxics.

1.3 . Objectius

L'estudi de la qualitat de les aigües d'un riu mitjançant els bacteris indicadors, juntament amb l'estudi de la diversitat microbiana que hi ha en aquest riu, que ens permeti avaluar la contaminació del riu i intuir els seus possibles focus, gràcies que aquests microorganismes són molt sensibles a les alteracions, ha estat l'objecte principal d'aquest treball. En aquest cas el riu estudiat ha estat el Manol, afluent de la Muga, situat a l'Alt Empordà. Aquest treball, però, no ha estat el primer que s'ha fet sobre l'ecologia d'un riu en aquest institut, ja que anteriorment s'han dut a terme altres treballs sobre l'ecologia d'altres rius de l' Alt Empordà: Vilar, R. i altres (2000); Musquera, S. i Escapa, M^a Rosa (2002). Aquest treball, però, té un tret diferenciador força important respecte dels anteriors: a part que s'estudia un altre afluent de la Muga, en aquest treball s'analitzen els bacteris com a organismes indicadors, és a dir, que es basa en indicadors de la pol·lució exclusivament

microbiològics, a diferència d'anteriors treballs que es basaven en l'estudi dels macroinvertebrats.

2. MATERIAL I MÈTODES

L'apartat Material i Mètodes està format pel treball pràctic, el qual al seu torn consta de dues parts: treball de camp i treball de laboratori. En aquest apartat, a més, es dona una informació general del riu Manol i explica l'establiment de les estacions estudiades i les seves característiques.

2.1. El riu Manol. Establiment de les estacions de mostratge

El riu Manol

El Manol és l'afluent més important i l'únic que arriba per la dreta de la Muga, el principal riu de l'Alt Empordà. Neix prop de Lliurona, al vessant nord de la tossa d'Espinau (1089 m) a la Mare de Déu del Mont, i acaba al passadís de Vilanova de la Muga. En el seu recorregut, de prop de 40 quilòmetres, rep les aigües de diferents rieres, entre les quals destaca la riera d'Àlguema i el Rissec. El cabal del Manol és molt irregular i pateix forts estiatges, però en temps de pluges sol tenir crescudes abundoses, també fruit dels nombrosos rierols que se li ajunten.

En alguns indrets, el Manol no arriba a assecar-se mai, tot mantenint vives nombroses gorges entre les quals podem destacar: la Timba (sota un gran cingle), la d'en Bagué (sota el centre de cultura i esbarjo de Vilafant), la del Mas Nou (també coneguda per la dels Figuerencs), la gorja Blava i la del Palol.

La seva conca abasta unes 15.000 ha (el 12% de l'Alt Empordà) i passa pels municipis d'Albanyà, Cabanelles, Lladó, Navata, Avinyonet de Puigventós, Vilafant, Ordis, Borrassà, Pontós, Santa Llogaia d'Àlguema, Figueres, Llers, Terrades, Cistella, el Far, Vila-sacra i Vilanova de la Muga. Tots aquests municipis, sense comptar Figueres, representen el 13% de la població de l'Alt Empordà.

Establiment de les estacions de mostratge

A la Fig.1 hi ha assenyalades, amb punts vermells, les estacions de mostreig on vam recollir les mostres que ens van servir per dur a terme el treball.



Fig. 1. Recorregut del riu Manol i tram d'estudi amb expressió de les estacions de mostreig: 1- Casa Nova (situat abans de Lladó), 2- La Timba (gorja situada a l'altura de Lladó), 3- Castell del Moro (abans de Vilanant), 4- Avinyonet de Puigventós i 5- Vilafant. En aquesta darrera estació les mostres es van prendre de la riera d'en Serra, un afluent que aboca al cap de pocs metres d'on es va fer el mostreig. El mapa no inclou el petit tram de riu que va de Figueres a Vilanova de la Muga, on desemboca a la Muga.

A la Taula I que es mostra a continuació hi ha les coordenades UTM determinades amb el GPS i les cotes de cada estació, determinades en un mapa topogràfic.

Taula I. Coordenades de les estacions estudiades.

Estació	Latitud	Longitud	Cota (m.)
1. Casa Nova	42° 15' 43" N	2° 48' 50" E	200
2. La Timba	42° 15' 32" N	2° 49' 04" E	170
3. Castell del Moro	42° 14' 55" N	2° 52' 02" E	100
4. Avinyonet de Puigventós	42° 14' 49" N	2° 54' 38" E	60
5. Vilafant	42° 14' 47" N	2° 56' 44 E	40

Totes aquestes estacions pertanyen al curs mitjà del riu (Fig.2), on ja no hi ha un desnivell tan accentuat com en el curs alt i en el qual predomina el transport de materials erosionats al curs anterior. També hi té lloc un augment de matèria orgànica.

També hem triat aquest tram del riu perquè és on hi ha més poblacions i per tant podem estudiar com influeixen en la comunitat bacteriana del riu i veure en quin grau el contaminen.

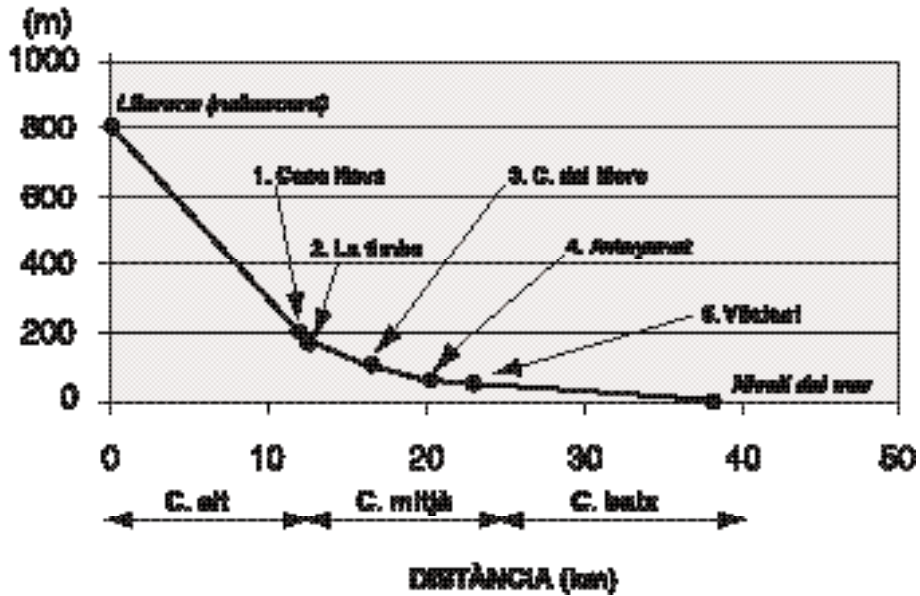


Fig.2. Perfil longitudinal del riu i les seves estacions

Clima:

El corrent de l'aigua al llarg dels rius té una relació directa amb el clima de la zona geogràfica per on passa, el qual està determinat per l'orografia i la circulació atmosfèrica general. El clima de la zona on es troba el Manol es caracteritza per estius secs i màximes pluviomètriques a la tardor i a la primavera, trets característics que distingeixen els rius de caire mediterrani. Com a conseqüència, els cabals dels rius pateixen fortes oscil·lacions tant en el temps com en l'espai. La pluviositat de la zona és de 283,4 l/m² i la temperatura mitjana és de 16,22°C (Estació Meteorològica Municipal de Figueres).

Hidrogeologia:

Els tipus de materials pels quals passa el riu Manol són calcaris al curs alt, i a la resta del curs passa per sediments com llims, arcòsics i grava. A causa de la influència dels materials calcaris, les sals dissoltes en l'aigua del riu són de tipus carbonàtic (vegeu Fig. 3.).

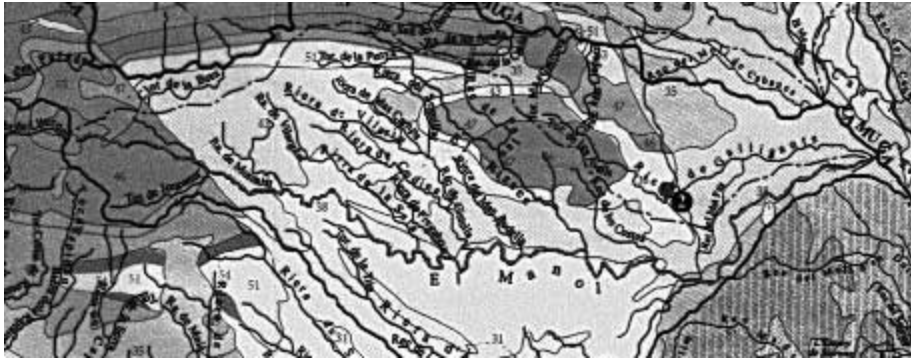


Fig.3. Mapa litològic del riu Manol

Llegenda:	
	Calcàries organògens
	Graves, sorres, llims i argiles
	Lutites, margues, gresos i conglomerats.
	Llims, gresos arcòsics i graves

2.2 Treball de camp

El treball de camp es basa en l'obtenció de dades del riu (paràmetres fisicoquímics), i en el recull de mostres amb les quals vam dur a terme el treball de laboratori, a més del recompte de bacteris de l'aigua del riu mitjançant Hygicult.

2.2.1. Paràmetres fisicoquímics

Les principals variables físiques van ser mesurades el 17 de novembre de 2003 a cadascuna de les estacions del riu i són les següents:

- Temperatura
- Transparència
- Amplada i fondària del llit del riu (s'utilitzaran per a la determinació del cabal)
- Velocitat del corrent
- Cabal del riu (és igual al producte de la secció del riu i la velocitat del corrent)

Els paràmetres químics van ser determinats per J. González. Aquests paràmetres van ser elaborats a partir de l'aigua que ell va recollir, també el 17 de novembre, i són els següents:

- Oxigen dissolt (es determina mitjançant el mètode Winckler modificat)
- pH
- Conductivitat
- Alcalinitat
- Nitrats

2.2.2. Recollida de mostres

La primera recollida de mostres es va dur a terme el mateix dia 17 de novembre de 2003. Es van prendre dos tipus de mostres a cada estació: una mostra de sediment, és a dir, el sòl del riu, i una mostra de sobre roca* per poder tenir uns resultats més representatius de la comunitat microbiana a l'hora de dur a terme el treball de laboratori. Amb aquestes dues mostres el que es pretenia era estudiar els bacteris “residents” del riu, i no els de l'aigua del riu, és a dir els que viuen al llit del riu i per tant els que viuen sempre en el mateix lloc. Aquestes comunitats residents són les que més fidelment mostren les característiques de l'aigua circulant, ja que si ho haguéssim fet mitjançant mostres d'aigua del riu no tindríem un valor real, ja que el valor que hauríem tingut hauria variat segons si hagués plogut el dia abans o no, i si hi hagués hagut un abocament de matèria orgànica poc abans de fer el mostreig o no. De manera que si el riu hagués rebut una fluctuació puntual els resultats haurien variat, i per tant no serien fiables. Aquestes mostres a l'hora de fer el treball de laboratori que vam dur a terme el dia següent de la recollida de mostres, ens van servir per determinar la diversitat bacteriana del riu. Les mostres es van recollir amb uns tubs tipus Falcon, estèrils. Després de recollir les mostres les vaig desar a la nevera per inhibir-ne el creixement bacterià.

*Sobre roca: Comunitats que viuen adherides a les roques del llit del riu.

La segona recollida de mostres es va fer el dia 20 de novembre, i aquest cop es van obtenir mostres d'aigua circulant. Primer de tot, mitjançant l'autoclau vam esterilitzar uns pots de vidre d'uns 350 ml cadascun. Amb aquests pots es va dur a terme la recollida d'aigua de cada estació. La recollida d'aigua del riu a l'hora de fer el treball de laboratori ens va servir per fer-ne una anàlisi microbiològica. És a dir que mitjançant l'estudi de tres tipus de bacteris indicadors de contaminació (coliforms totals, fecals i enterococs fecals), vam obtenir informació sobre la qualitat de l'aigua i, per tant, si l'aigua era potable o no en cadascuna de les estacions. L'anàlisi es va fer al cap de 24 hores de la recollida de mostres, i també es van desar els pots d'aigua a la nevera per la raó ja esmentada anteriorment.

A l'hora de transportar les mostres a Girona, on vaig fer tot el treball de laboratori, vaig posar les mostres amb gel, dintre d'una bossa tèrmica que em va proporcionar el tutor, ja que com he dit abans era important mantenir la temperatura de les mostres un cop s'havien agafat fins a l'hora d'utilitzar-les al laboratori.

2.2.3. Recompte de bacteris amb Hygicult TPC

El recompte de bacteris es va fer el dia 17 de novembre mitjançant Hygicult TPC, una forma senzilla i pràctica de tenir una informació quantitativa de bacteris del riu.

Mètode d'utilització:

Immersió en l'aigua a estudiar d'una làmina amb un medi de cultiu gelificat en agar que permet el creixement dels bacteris més comuns. Després d'una incubació de 24 hores es compten el nombre de colònies per comparació amb una taula model.

2.3. Treball de laboratori

El treball de laboratori es va dur a terme a Girona, durant els dies 18, 21, 24, 27, 28 de novembre. En el decurs del treball de laboratori vam dur a terme dues tècniques diferents: una tenia com a objectiu avaluar la diversitat bacteriana de la comunitat de cada estació i l'altra consistia a identificar els bacteris indicadors de la qualitat de les aigües.

2.3.1. Paràmetres de diversitat bacteriana

(I) Concepte de diversitat:

L'índex per estudiar la diversitat que s'utilitza més, i el que hem utilitzat nosaltres, és el de Shannon, i que es pot expressar matemàticament de la següent manera:

$$H' = \frac{c}{N} \cdot \left(n \log n - \sum_{i=1}^n n_i \log n_i \right)$$

En aquesta fórmula, N és el nombre total de bacteris, c és una constant que val 2.3 i n_i és el nombre d'individus de l'espècie i . La importància d'aquest índex rau en la sensibilitat tant de la riquesa d'espècies com de l'abundància relativa de cada una d'elles. Un dels inconvenients que es manifesten a l'hora d'utilitzar-lo és l'excessiva sensibilitat a la grandària de la mostra, atès que quan es tracta de mostres grans és molt difícil fer un recompte correcte de tots els individus de cada espècie. Per això es disposa d'una mesura d'*equitativitat* (J) que pren valors de 0 a 1. Aquest altre índex fa referència a l'índex màxim obtingut en el cas que hi hagués tants individus com espècies ($H_{màx}$). El valor màxim apareix quan totes les espècies són igualment abundants. Aquesta és la seva fórmula:

$$J = \frac{H'}{H_{màx}}$$

(II) Tècnica:

a) Reactius: solució isotònica (Ringer), aigua destil·lada. mostres de sediment i de sobre roca i agar nutritiu.

b) Aparells: nanses de Digiralsky, estufa a 30°C, plaques de Petri, vòrtex

c) Procediment:

– **Banc de dilucions:**

Després de barrejar les mostres de sediment i de sobre roca prepararem unes dilucions de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} i 10^{-4} .

– **Sembra:**

Sembren en agar nutritiu les dilucions de 10^{-2} , 10^{-3} i 10^{-4} amb la nansa de Digiralsky amb la tècnica del Spread-plate.

– **Incubació:**

A 30°C durant 48 hores

– **Recompte de colònies:**

Es compten les colònies que tenen un aspecte diferent per la forma (circular regular, circular irregular, concèntrica); marges (llisos, irregulars); aspecte (mucós, aspre, brillant) i el color. Es compta també el nombre de cada tipus (Vegeu Fig.4)

– **Obtenció dels índexs de diversitat:**

Un cop ja hem fet el recompte i amb les dades de cada estació, les introduïm a l'ordinador i mitjançant un programa informàtic s'obtenen els índexs de diversitat i equitativitat microbiana de cada estació (índex de Shannon).

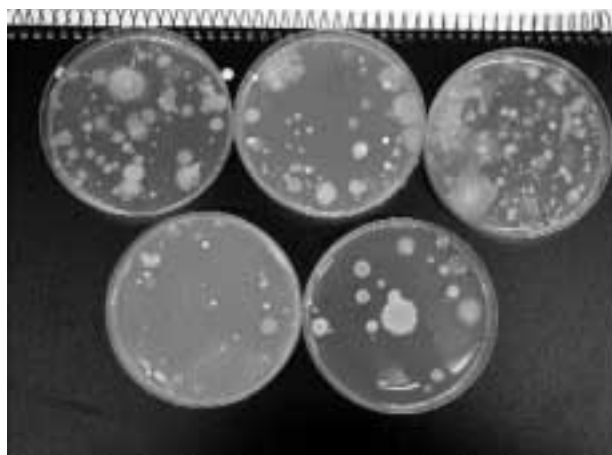


Fig. 4. Plaques d'agar nutritiu cultivades amb les dilucions 10^{-3} de les cinc estacions. De dreta a esquerra i de baix a dalt les plaques corresponen a les estacions 1. Casa Nova, 2. La Timba, 3. Castell del Moro, 4. Avinyonet i 5. Vilafant.

2.3.2. Qualitat microbiològica de l'aigua

(I) Tècnica:

a) Reactius: Filtres de nitrats de cel·lulosa de $0,45 \mu\text{m}$, alcohol, aigua destil·lada, plaques amb medis selectius (m-Endo, m-FC i m-Ent),

reactiu de l'oxidasa, reactiu de Kovacs, aigua de peptona i aigua de triptona.

b) Aparells: Rampa de filtració, estufa de cultius, nanses de sembra i de Kolle.

c) Procediment:

c.1. Filtració:

A partir d'una mostra d'aigua de 350 ml de cada estació es filtra amb una membrana de 0,45 mm de porus amb la rampa de filtració

c.2. Creixement en medis selectius:

Els filtres es col·loquen en medis selectius (m-Endo per a coliforms totals; m-FC per a coliforms fecals i m-Ent per a enterococs fecals) en unes condicions adequades de temperatura i durada segons el medi selectiu corresponent (Taula II).

Taula II. Condicions d'incubació segons el medi selectiu

Medi	Temperatura (°C)	Temps (hores)
m-Endo (coliforms totals)	37,0	24
m-FC (coliforms fecals + <i>E.coli</i>)	44,5	24
m-Ent (enterococs fecals)	37,0	48

c.3. Sembra de colònies sospitoses:

Després del període d'incubació corresponent per a cada medi es fa la lectura i el recompte de colònies sospitoses segons els criteris exposats a la Taula III. Tot seguit es fa la sembra per estries de les colònies sospitoses de cadascuna de les plaques del medi selectiu. És a dir, només confirmarem tres colònies de cada placa. Així doncs, a cada placa del medi selectiu li correspon una placa AN (agar nutritiu) on es sembren les tres colònies sospitoses. Dividim simbòlicament les plaques en tres parts (a, b, i c), indiquem l'estació de la qual es tracta (1,2,3,4 i 5) i el bacteri sospitós (CT, CF, EF). Llavors se sembren tres colònies sospitoses a la placa d'AN. La sembra per estries permet d'aïllar colònies. Es deixa en incubació a l'estufa a 37°C durant 24 h. Després caldrà realitzar les corresponents proves de confirmació.

Taula III. Lectura de colònies sospitoses

Bacteri indicador	Lectura
Coliforms totals	Les colònies sospitoses són de color verd iridescent
Coliforms fecals+ <i>E.coli</i>	Les colònies sospitoses són de coloració blava
Enterococs fecals	Les colònies sospitoses són de coloració marró o vermella

d) Proves de confirmació: A cada tipus de bacteris indicats (CT,CF i EF) se'ls fan unes proves determinades per confirmar-los (Vegeu Taula IV)

Taula IV. Proves de confirmació

Bacteri indicador	Proves de confirmació
Coliforms totals (CT)	Oxidasa, fermentació de la lactosa
Coliforms fecals (CF)+ <i>E.coli</i>	Oxidasa, fermentació de la lactosa, producció d'indole
Enterococs fecals (EF)	Fermentació de l'esculina

d.1. Prova de l'oxidasa:

Es recullen les colònies amb un escuradents estèril, i s'estenen sobre un paper de filtre en el qual s'ha aplicat una gota de reactiu oxidasa. Si canvia el color a violeta és positiu

d.2. Fermentació de la lactosa:

A partir d'una colònia ben aïllada de les plaques d'AN, sembrem amb la nansa de Kolle en un tub d'assaig amb Aigua de Peptona Lactosada (APL) i amb campana de Durham. Incubarem els tubs durant 24 hores a 37°C. Si s'observa una bombolla de gas retinguda a la campana de Durham s'haurà format aquest gas a conseqüència de la fermentació de la lactosa i per tant el resultat serà positiu (Vegeu Fig. 5).



Fig. 5. Prova de fermentació de la lactosa

d.3. Producció de l'indol:

Aquesta prova només es fa als CF. Se sembra amb la nansa de Kolle en un tub d'assaig amb aigua de triptona (AT). Incubem a 44,5°C durant 48 h. La producció d'indol es posa de manifest si en afegir el reactiu de Kovacs apareix un anell de color cirera a la superfície (Fig. 6).



Fig. 6. Prova producció d'indol

d.4. Fermentació de l'esculina:

Sembrem per estries unes plaques de medi BEA (Bilis-Esculina Agar) a partir de les sèmres de les tres colònies sospitoses. Després les incubem durant 24 hores a 37°C. Les colònies que fermenten l'esculina, i per tant són positives, apareixen de color negre (Fig. 7).



Fig. 7. Sembra per estria en placa de medi BEA

• *Criteris de confirmació (Vegeu Taula V)*

Taula V. Criteris de confirmació

Bacteris	Oxidasa	Fer. lactosa	Indole	Fer. esculina
<i>Coliforms totals</i> (CT)	--	+ (37°C)		
Coliforms fecals (CF)	--	+ (44,5°C)		
<i>E. coli</i> (CF)	--	+ (44,5°C)	+	
<i>E. faecalis</i> (EF)				+

(II) Criteris microbiològics de qualitat de l'aigua.

Per tal de determinar si l'aigua és o no és potable es fan servir uns criteris microbiològics establerts a la legislació vigent recollits als RD 1074/2002 (BOE 29/10/02) i RD 1138/90 (BOE 20/09/90) segons els quals el recompte d'E.coli i d'enterococs en 250 ml ha de ser zero i el recompte de coliforms totals i fecals i estreptococs fecals en 100 ml també ha de ser zero.

3. RESULTATS

En aquest apartat s'exposen els resultats de les dades obtingudes tant en el treball de camp (paràmetres fisicoquímics i recompte bacterià amb Hygicult TPC), com en el treball de laboratori (paràmetres de diversitat bacteriana i qualitat microbiològica de l'aigua).

3.1. Paràmetres fisicoquímics

Les dades corresponents als paràmetres físics i químics determinats el dia 17/11/03 es troben representades a les taules VI i VII respectivament.

Taula VI. Paràmetres físics

<i>Estació</i>	<i>Hora</i>	<i>T°C</i>	<i>Transparència (cm)</i>	<i>Cabal (m³/s)</i>
1. Casa Nova	17:35	10	80	0,16368
2. La Timba	17:10	11	95	0,3603
3. C. del Moro	16:30	12	120	0,2354
4. Avinyonet	16:00	13,5	87,5	0,6230
5. Vilafant	15:35	14	56,5	0,7584

Gràfica i comentari dels paràmetres físics:

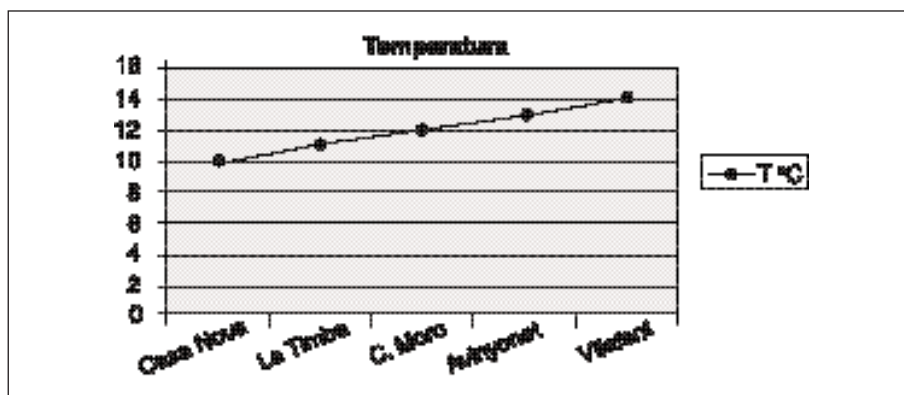


Fig. 8. Variació de la temperatura

Temperatura:

S'observa un augment de la temperatura aigües avall, que passa a ser de 10°C a 14°C. És un fenomen ja descrit en anteriors estudis de rius i pot ser atribuït a una major insolació de l'aigua després de recórrer tot el curs del riu. A més, aigües avall el corrent del riu és més lent i això facilita aquest escalfament de l'aigua.

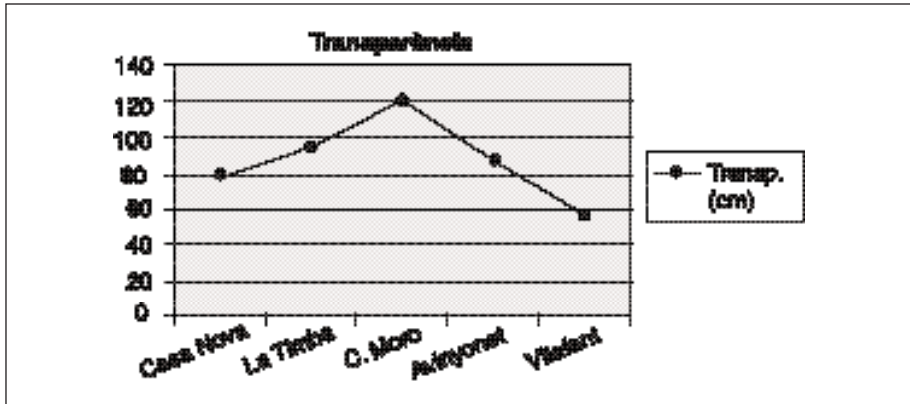


Fig. 9. Variació de la transparència

Transparència:

La transparència de l'aigua mostra variacions atribuïbles a diversos factors, entre els quals hi ha la turbulència de l'aigua i el transport de materials. No obstant això, no es pot extraure cap conclusió si tenim en compte que aquests dies van haver-hi pluges importants. A l'estació 1. Casa Nova i a la 2. Timba l'aigua és tèrbola, s'aclareix fins a arribar al 3. Castell del Moro i es torna a enterbolir 4. Avinyonet i 5. Vilafant.

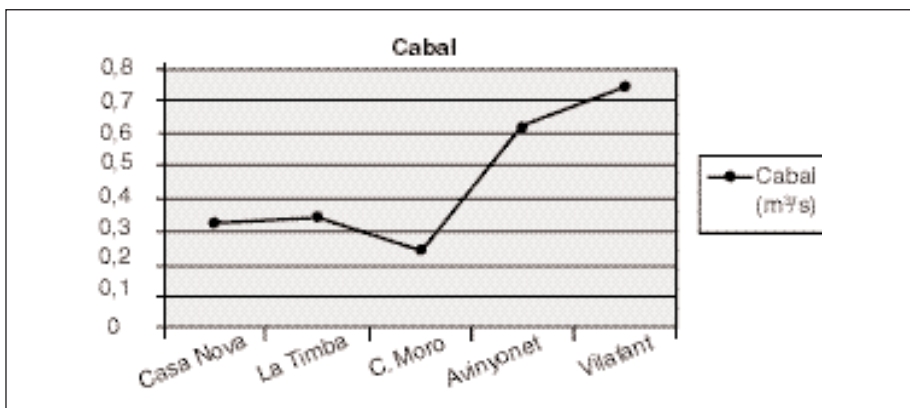


Fig. 10. Variació del cabal

Cabal:

El cabal augmenta aigües avall a conseqüència de les aportacions d'aigua dels afluents. Les disminucions de cabal es poden atribuir a les captacions per part de granges o poblacions, o a filtracions en terrenys més permeables.

Taula VII. Paràmetres químics*

Estació	O ₂ (mg/l)	pH	C (µS)	Alcal (mg/l)	NO ₃ -(mg/l)
1. Casa nova	7,8	8,1	409	228	0-10
2. La Timba	9,7	8	405	216	0-10
3. C .del Moro	7,8	7,8	718	285	10-25
4. Avinyonet	8	8	651	276	25-50
5. Vilafant	8,7	8	698	273	100-250

* Dades subministrades per J. González.

Gràfica i comentari dels paràmetres químics:

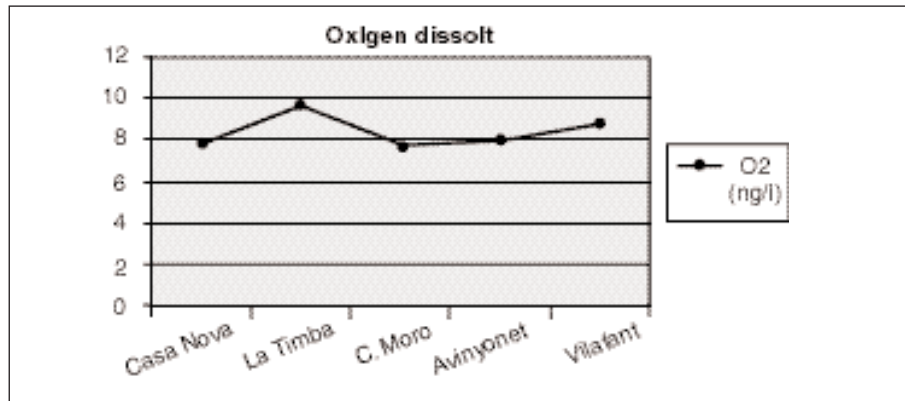


Fig. 11. Variació de l'oxigen dissolt

Oxigen dissolt:

La variacions d'oxigen dissolt són poc significatives. Hi ha un increment d'oxigen a l'estació 2 - *La Timba*, probablement com a conseqüència de l'existència d'un salt d'aigua en el lloc on vam agafar les mostres d'aigua.

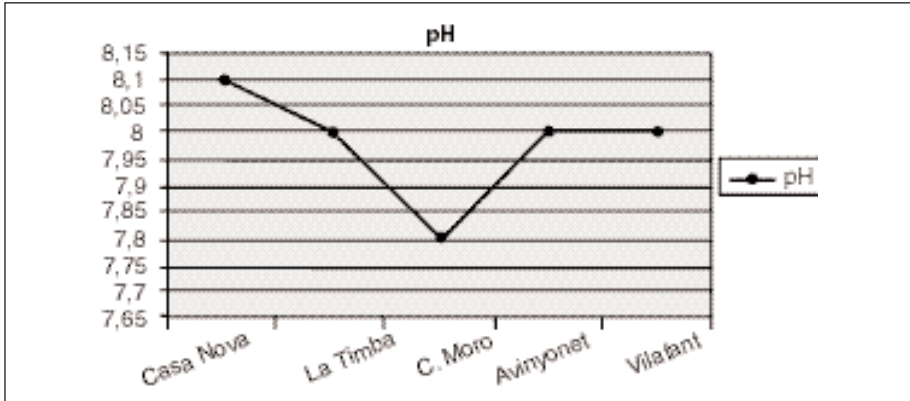


Fig. 12. Variació del pH.

pH:

El pH oscil·la poc (entre 7,8 i 8,1). El fet que les aigües d'aquestes estacions del Manol tinguin un pH alcalí s'atribueix a les sals dissoltes a la capçalera del riu, que són de tipus carbonàtic a causa del pas per materials calcaris.

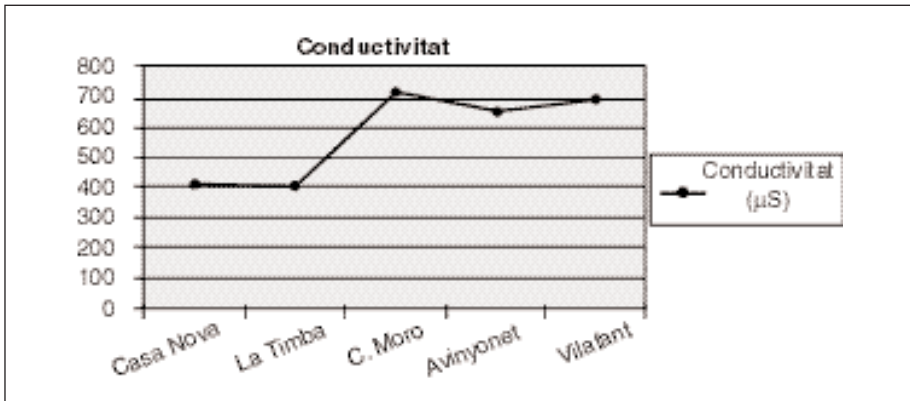


Fig. 13. Variació de la conductivitat

Conductivitat:

És el paràmetre que manifesta una variació més important i és un signe de pol·lució per sals procedents d'aigües residuals de les poblacions, probablement de rentadores.

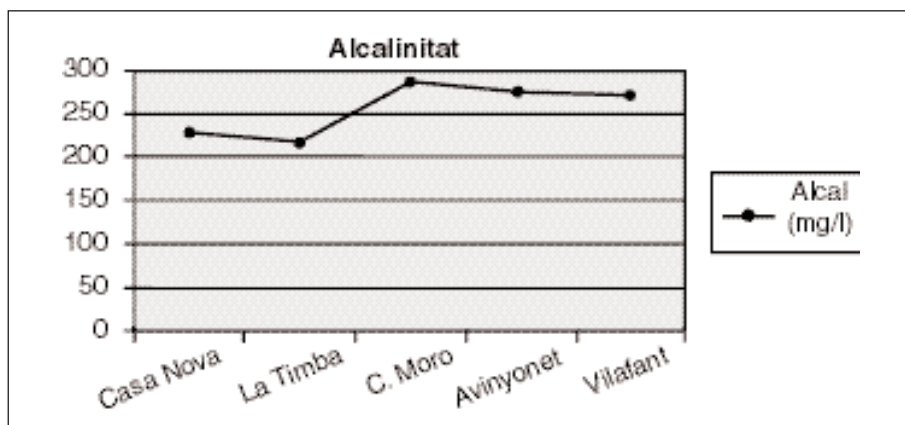


Fig. 14. Variació de l'alcalinitat

Alcalinitat:

L'alcalinitat augmenta a aigües avall probablement com a conseqüència de l'acumulació de les sals dissoltes de la capçalera del riu.

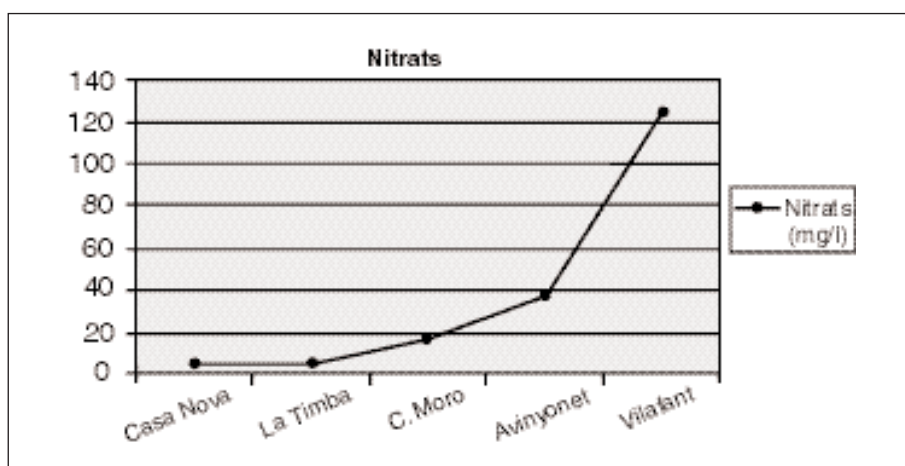


Fig. 15. Variació de la concentració de nitrats

Nitrats:

La concentració de nitrats mostra un gran augment aigües avall, principalment entre l'estació 4- Avinyonet i 5- Vilafant segurament a conseqüència de l'augment de la matèria orgànica i de lixiviat procedents d'adobs nitrogenats.

3.2. Resultats del recompte bacterià

Els resultats quantitatius de bacteris obtinguts mitjançant Hygicult TPC en cadascuna de les estacions són els següents:

Taula VIII. Resultats recompte bacterià

Núm.	Estació	Bacteris/ml
1	Casa Nova	10 ³
2	La Timba	10 ⁴
3	Castell del Moro	10 ⁴
4	Avinyonet	10 ⁵
5	Vilafant	10 ⁶

Es pot observar que la quantitat de bacteris augmenta a mesura que anem a estacions més baixes, és a dir, les estacions més pròximes al tram baix del riu. Això deu ser degut a l'augment de matèria orgànica, i per tant també a l'augment de contaminació del riu que hi ha les estacions més baixes. La matèria orgànica i la contaminació es van acumulant de les estacions anteriors, ja que com més baix és el punt del riu que estudiem, per més poblacions ha hagut de passar l'aigua del riu que hi ha en aquell punt i, per tant, de més fonts de contaminació i de matèria orgànica ha rebut el riu, i aquests fets faciliten la proliferació de bacteris.

3.3. Paràmetres de diversitat

El tractament de les dades del recompte qualitatiu i quantitatiu de les colònies que hi havia a les plaques d'agar nutritiu, prèviament sembrades amb les dilucions de les mostres de sediment i de sobre roca, van permetre d'obtenir els paràmetres de diversitat i d'equitativitat que apareixen a la taula IX i són representats gràficament a les Fig. 21 i Fig. 22. Aquests paràmetres ens donen informació de com es troba la comunitat microbiana resident al riu Manol. Abans però, mostrem la distribució de les diferents espècies bacterianes i els seus percentatges en cadascuna de les estacions, per poder comprendre d'on provenen els resultats d'aquests dos índexs a cada estació.

Distribució i percentatges de les espècies bacterianes:

Estació 1 - Casa Nova

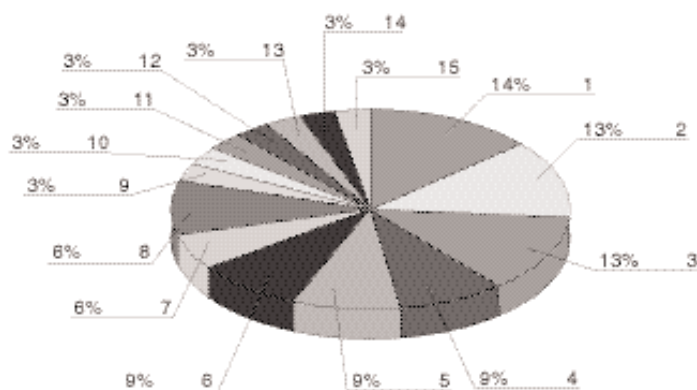


Fig. 16. Percentatge de les espècies bacterianes de l'estació 1- Casa Nova

La comunitat bacteriana d'aquesta estació la formen 15 espècies diferents de bacteris, i és la que té més igualment repartit el nombre d'individus de cada espècie, tal com es pot observar en aquest gràfic de percentatges, on no hi ha cap espècie que destaquí notòriament sobre la resta.

Estació 2 - La Timba

En la comunitat bacteriana d'aquesta estació hi ha 17 espècies diferents. Tal com es pot apreciar en les imatges anteriors, hi ha una espècie de bacteri clarament dominant (espècie núm. 1), que juntament amb dues espècies més

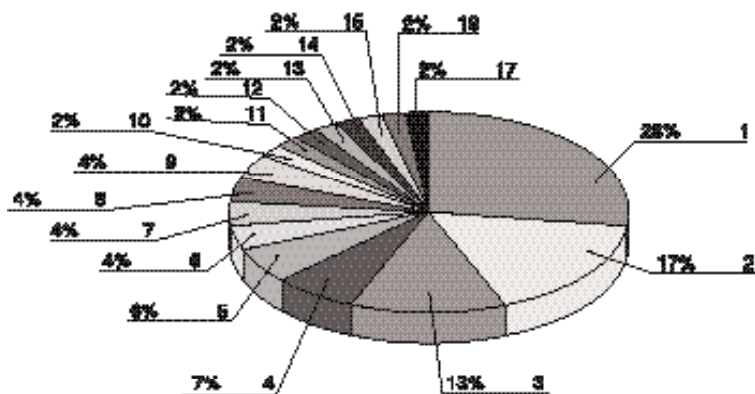


Fig. 17. Percentatge de les espècies bacterianes de l'estació 2- La Timba

(2 i 3) formen més de la meitat dels individus de la comunitat bacteriana. La resta d'individus estan força ben repartits entre les altres espècies.

Estació 3 - Castell del Moro

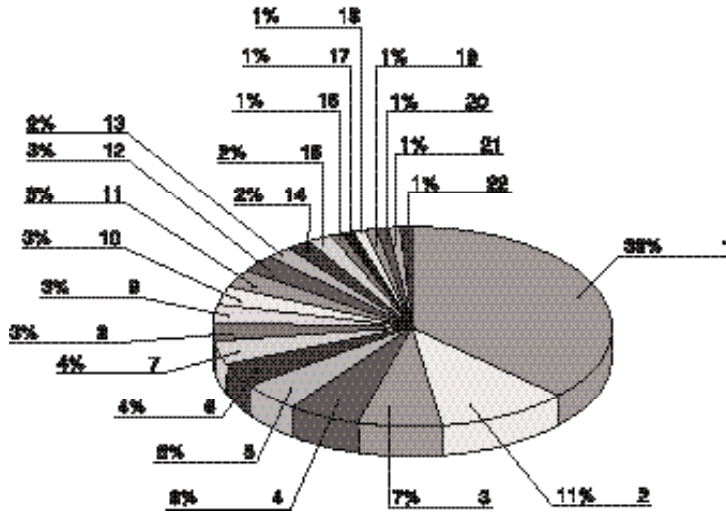


Fig. 18. Percentatge de les espècies bacterianes de l'estació 3- Castell del Moro

La comunitat bacteriana d'aquesta estació està formada per 22 espècies diferents. D'aquestes destaca per sobre de totes una espècie que conté quasi bé el 40% dels individus de tota la comunitat. Llavors hi ha unes altres espècies que contenen el 7%, 6% i 5% respectivament. La resta tenen uns percentatges similars.

Estació 4 - Avinyonet

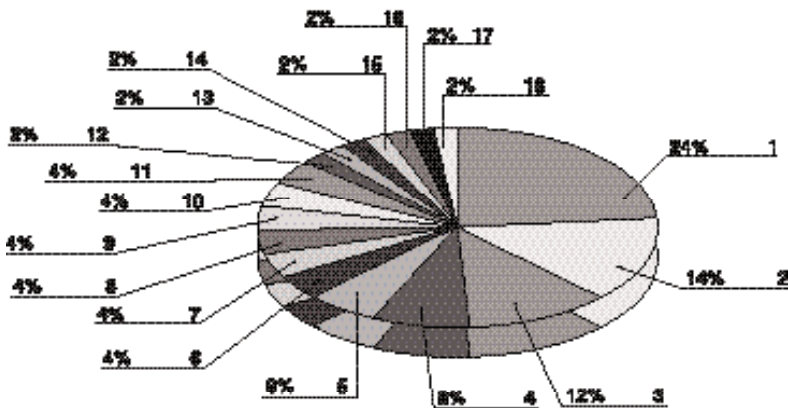


Fig. 19. Percentatge de les espècies bacterianes de l'estació 4- Avinyonet

La comunitat bacteriana d'aquesta estació està formada per 18 espècies diferents. En aquesta comunitat cal destacar el fet que tres espècies, de les divuit diferents que hi ha, formen el 50% de la comunitat. També són dignes de mencionar les espècies núm. 4 i 5, que formen el 8 i el 6 per cent respectivament.

Estació 5 - Vilafant

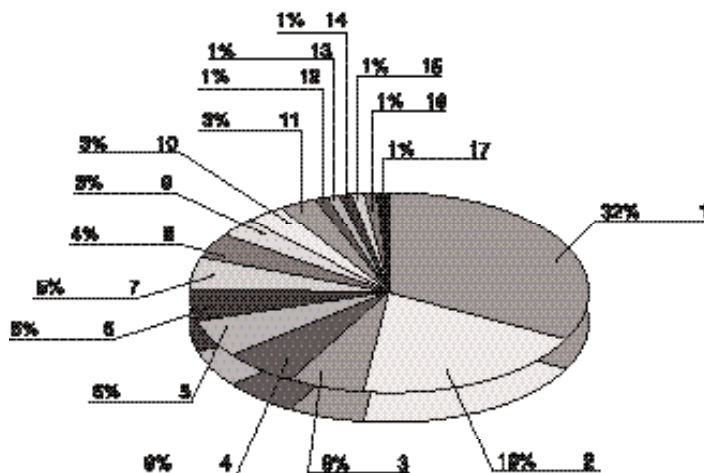


Fig. 20. Percentatge de les espècies bacterianes de l'estació 5- Vilafant

La comunitat bacteriana d'aquesta estació està formada per 17 espècies diferents, de les quals en destaquen dues: una conté el 32% dels individus de la comunitat bacteriana i l'altra el 19%. La resta d'individus estan força ben repartits entre les altres espècies.

A continuació es mostren els índexs de diversitat i equitativitat de cada estació en la següent taula, i la seva representació en les gràfiques posteriors:

Taula IX. Paràmetres diversitat i equitativitat

Estació	H (diversitat)	J (equitativitat)
1- Casa Nova	2,547384272	0,201185868
2- La Timba	2,349244771	0,178182242
3- C. del Moro	2,361446483	0,167748298
4- Avinyonet	2,529970532	0,192724251
5- Vilafant	2,254440426	0,166357052

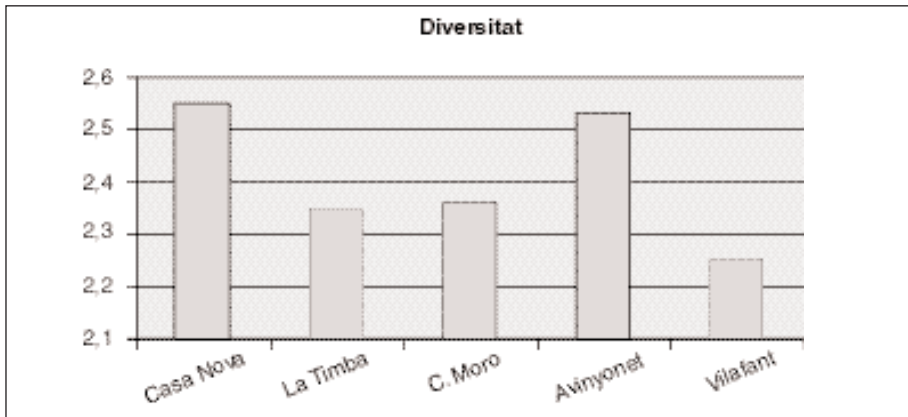


Fig. 21. Diversitat bacteriana de les estacions d'estudi del riu Manol.

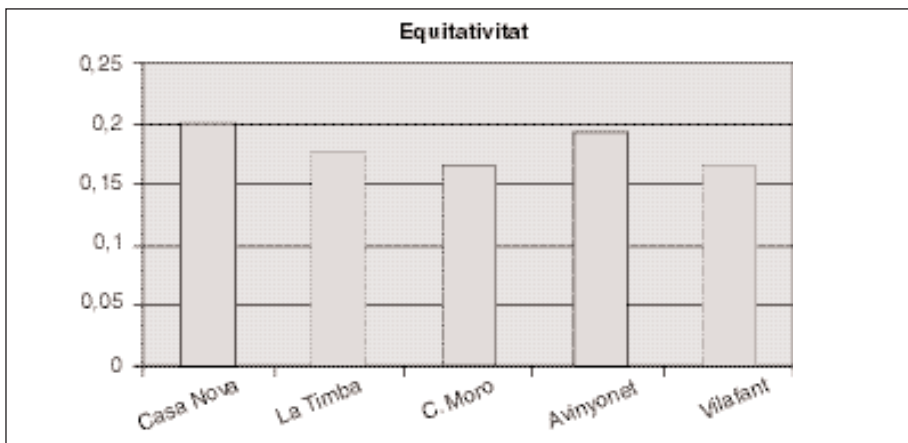


Fig. 22. Equitativitat bacteriana a les estacions d'estudi del riu Manol

Diversitat i equitativitat:

Un índex alt de diversitat significa una major complexitat de la comunitat bacteriana. Aquesta major complexitat és símptoma que el riu es troba amb unes condicions ambientals adequades. Aquestes condicions permeten que en el riu hi hagi una proliferació del major nombre d'espècies bacterianes. Per tant com més gran és la diversitat bacteriana resident en un riu, en millors condicions estarà aquest riu. Això però, no es cert del tot, ja que s'ha de tenir present l'*equitativitat* en què es troben totes les espècies de la comunitat bacteriana, és a dir, la proporció amb què es troben totes les espècies de bacteris. Si el riu està contaminat, una espècie oportunista, la qual ha sortit beneficiada d'aquesta alteració, se'n pot aprofitar i pot començar-se reproduir a gran velocitat, de manera que al cap de poc temps aquest bacteri oportunista formarà la major part de la comunitat bacteriana en aquell punt. I recíprocament, si el riu es troba en unes condicions adequades i

absent de qualsevol contaminació, totes les espècies estaran en unes proporcions similars i per tant tindran una equitativitat més gran.

Comentari dels resultats:

Pel que fa la diversitat observem a la fig. 21 que entre les estacions hi ha diferents índexs de diversitat. En les estacions 1 i 4 hi ha uns índexs més alts que en les altres estacions. Aquest resultat ja té sentit perquè a l'estació 1 és on el riu està més apartat de les persones, i per tant és on el riu es troba en unes condicions ambientals més adequades perquè hi puguin créixer un major nombre d'espècies de bacteris. A l'estació 4, s'observa un índex força alt, probablement com a conseqüència d'una recuperació del riu. Els baixos índexs que s'observen a les estacions 2 i 3 indiquen un fort impacte a l'ecosistema fluvial, el qual encara és més gran a l'estació 5, a Vilafant.

Pel que fa a l'equitativitat diríem que segueix un paral·lelisme amb la diversitat. Així doncs les estacions 1 i 4 segueixen essent les que tenen uns índexs més favorables. A continuació ve l'estació 2, per ordre de major índex, i seguidament vénen les estacions 1 i 3, que tenen els pitjors índexs d'equitativitat.

3.4. Qualitat microbiològica de l'aigua

Els resultats d'aquesta pràctica són els resultats de les proves de confirmació següents:

- a) Prova oxidasa per a coliforms totals i fecals
- b) Fermentació de la lactosa per a coliforms totals i fecals
- c) Producció d'indole per a E. Coli (coliforms fecals)
- d) Fermentació de l'esculina per enterococs fecals

• Resultats prova oxidasa:

Taula X. Resultats prova oxidasa (CT i CF)

Estació	Mostres	Colònia	Resultat (CT)	Resultats (CF)
1. Casa Nova	1	a	+	-
	1	b	+	-
	1	c	+	-
2. La Timba	2	a	+	-
	2	b	+	-
	2	c	+	-
3. Castell del Moro	3	a	+	-
	3	b	-	-
	3	c	+	-
4. Avinyonet	4	a	+	-
	4	b	+	-
	4	c	+	-
5. Vilafant	5	a	+	-
	5	b	+	-
	5	c	+	-

Els coliforms totals, tal com indiquen els criteris de confirmació, són oxidasa negatius. Per tant com que surten oxidasa positius podem pensar que es tracta de colònies formades per algun altre tipus de bacteri diferent dels CT. Pel que fa els coliforms fecals, tal com indiquen els criteris, són oxidasa negatius, per tant de moment amb aquesta prova es confirmen totes les colònies sospitoses de totes les estacions, i per tant indica contaminació fecal. A més, és probable que aquesta contaminació fecal sigui d'origen humà.

• **Resultats prova fermentació de la lactosa (APL):**

Taula XI. Fermentació lactosa (CF i CT)

Estació	Mostres	Colònia	Resultat (CT)	Resultats (CF)
1. Casa Nova	1	a	–	+
	1	b	–	+
	1	c	–	+
2. La Timba	2	a	–	+
	2	b	–	+
	2	c	–	+
3. Castell del Moro	3	a	+	+
	3	b	–	+
	3	c	+	+
4. Avinyonet	4	a	+	+
	4	b	–	+
	4	c	+	+
5. Vilafant	5	a	+	+
	5	b	+	–
	5	c	+	+

Els CT, tal com s'indica en els criteris de comprovació, són positius a la fermentació de la lactosa. Per tant podem comprovar que a les estacions 3, 4, 5 es confirma la presència d'aquests tipus de bacteris, de manera que ens indica contaminació en aquestes estacions. Però no podem especificar quin és l'origen d'aquesta contaminació. En canvi a les estacions 1 i 2 s'observen tots els resultats negatius, per tant això ens indica que en aquestes dues estacions no existeix la presència d'aquests bacteris, i també indica l'absència de contaminació que podem trobar a les estacions d'aigües avall.

Pel que fa als CF, també fermentadors de la lactosa, es troben a totes les estacions. Sorpren trobar-los fins i tot a l'estació 1 (Casa Nova) situada abans de Lladó que evidencia l'existència de residus fecals humans.

• **Prova de producció d'indol (AT):**

Taula XII. Resultats prova producció d'indol (*E. coli*)

Estació	Mostres	Colònia	Resultat
1. Casa Nova	1	a	+
	1	b	+
	1	c	+
2. La Timba	2	a	+
	2	b	+
	2	c	+
3. Castell del Moro	3	a	+
	3	b	+
	3	c	+
4. Avinyonet	4	a	+
	4	b	+
	4	c	+
5. Vilafant	5	a	+
	5	b	+
	5	c	+

Com hem comentat en algun lloc anteriorment *E.coli* s'inclou dintre del grup dels coliforms, però els bacteris del gènere *Escherichia* només tenen origen intestinal. Per tant, els resultats obtinguts, positius en aquesta prova, tal com escau a les característiques d'aquest bacteri, indiquen la contaminació fecal en aquest riu i possiblement contaminació fecal humana.

• **Prova de la fermentació de l'esculina**

Taula XIII. Resultats fermentació esculina (EF)

Estació	Mostres	Colònia	Resultat
2. La Timba	2	a	+
	2	b	*
	2	c	+
3. Castell del Moro	3	a	+
	3	b	-
	3	c	-
4. Avinyonet	4	a	+
	4	b	+
	4	c	*
5. Vilafant	5	a	+
	5	b	*
	5	c	+

* Sembla que no hi ha hagut creixement

(No hi ha dades de l'estació 1, Casa Nova, perquè després de la filtració no hi va créixer cap colònia.)

Als resultats on hi ha els asteriscs, vam suposar que probablement no hi havien crescut aquestes colònies perquè les devia cremar a l'hora de fer la sembra en el medi BEA. Quan esterilitzava la nansa, si no la deixava refredar suficientment podia matar les colònies i com a conseqüència aquestes no van créixer. De manera que si suposem que els resultats on hi ha un asterisc són positius, que és el més probable, es confirma la presència d'aquests bacteris a totes les estacions excepte a la 3. Així que en el riu Manol hi ha contaminació fecal, i en aquest cas probablement d'origen animal. Així que totes les estacions, excepte la 3, estan afectades per aquesta contaminació.

4. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

Hem estudiat la contaminació del riu Manol des de dos vessants diferents: l'ecologia del riu i l'aspecte biosanitari. Pel que fa a l'ecologia del riu comentarem els índexs de diversitat i d'equitativitat (uniformitat). En allò referent a l'apartat biosanitari deduirem si aquestes aigües són aptes per al consum humà. A més comentarem la informació procedent dels resultats dels paràmetres fisicoquímics.

4.1. Paràmetres fisicoquímics

La variació més significativa als efectes de contaminació correspon a la conductivitat i als nitrats, que augmenten des de la Casa nova fins a Vilafant. El primer, per aportacions al riu de sals, segurament procedents de rentadores, i el segon per les aportacions d'aigües residuals i lixiviat de granges i camps de conreu. No podem dir res de la transparència atès que les mesures van ser preses després de pluges abundants.

4.2. Qualitat de l'aigua. Possibles fonts de contaminació

En els resultats podem observar que l'estació 1 del riu anomenada Casa Nova, que està situada més amunt de Lladó, es troba contaminada molt lleument per CF. Els CF són generalment bacteris indicadors de contaminació fecal humana, per tant la contaminació del riu en aquesta zona, si és que realment n'hi ha, deu provenir segurament d'algun mas o casa rural que no deu tenir clavegueres i les seves aigües fecals van a parar al riu. En aquesta estació es tracta, en comparació a les posteriors, tal com he dit abans, d'una contaminació molt lleu. En aquesta estació, no s'han trobat enterococs fecals, i com que aquests són indicadors de contaminació fecal animal, podem concloure que no hi ha cap font de contaminació animal. Pel que fa els coliforms totals no em vam trobar a cap de les estacions perquè eren oxidasa positius i per tant indicaven que es tractava d'una altre espècie. Tot i així aquest bacteri que no coneixem s'ha trobat en gran quantitat a quasi totes les estacions. Per tant això ens indica que hi ha contaminació, però no en sabem l'origen.

Més avall, els enterococs fecals sí que hi són presents, concretament a partir de l'estació 2 anomenada la Timba, que està situada a l'altura de Lladó. Els enterococs fecals, com hem dit abans, generalment són indicadors de contaminació fecal animal, i dona la casualitat que aquesta estació està situada poc després d'una granja les instal·lacions la qual estan situades als marges del riu Manol i que utilitzen l'aigua del riu. Tot i que la legislació actual estableix l'obligatorietat de depurar les aigües residuals abans de retornar-les al riu, es qüestiona la qualitat i el rendiment d'aquesta depuració. Per altra part s'han de tenir en compte els lixiviats procedents dels camps situats en aquella zona i que són adobats amb aigües residuals (purins). Un altre aspecte que cal tenir en compte, i que vam observar en una visita en el mateix mes, abans de les pluges (fig. 23), és el règim del riu el cabal del qual, en èpoques d'estiatge, queda molt disminuït i les captacions d'aigua de les esmentades instal·lacions el deixen pràcticament sense aigua corrent i només s'hi troben basses, com vam poder observar en l'estació de la Timba, en la d'Avinyonet i la de Vilafant, la qual cosa repercuteix dràsticament en les comunitats fluvials. Aquest extrem queda confirmat per les observacions fetes per J. González (comunicació personal), que va estudiar la comunitat de macroinvertebrats d'aquest riu i que mostra una clara davallada en l'índex BMWPC, concretament en l'estació 2- La Timba i la 5-Vilafant (fig. 24). A més, aquest riu mostra una menor diversitat biològica en macroinvertebrats que la Muga i el seu afluent, el Llobregat d'Empordà, en treballs de i Vilar, R. altres (2000) i Musquera i Escapa (2002). En aquesta visita les aigües estaven molt pol·luïdes (color fosc i mala olor). En aquesta estació els CF hi segueixen essent presents i ben segur que són els mateixos de l'estació 1, atesa la proximitat que hi ha entre les dues, encara que hi són més abundants a causa de l'augment progressiu de cases i masos als marges del riu, que són possibles fonts de contaminació.

A l'estació 3, localitzada al Castell del Moro (situat abans de Vilanant), tot i que el recompte en la placa de medi selectiu d'enterococs era molt nombrós atès les colònies sospitoses que hi havia, no està clara la presència d'enterococs fecals ja que va donar dos resultats negatius i només un de positiu en la prova de la fermentació de l'esculina. Per tant la seva presència és dubtosa i si menys no en menor quantitat que a les altres estacions. Això podria indicar una certa recuperació del riu pel que fa a la contaminació fecal animal, probablement per una disminució de les aportacions d'aigües residuals i lixiviats dels camps regats amb purins entre les estacions 2 i 3. Pel que fa als CF, es constata la seva presència en major quantitat com a resultat de l'acumulació al llarg del curs del riu.

A l'estació 4, situada al poble d'Avinyonet de Puigventós, s'han identificat tant EF com CF, encara que en menor proporció, en comparació a l'estació anterior, per la disminució d'aportacions d'aigües residuals de cases i de granges. Això es manifesta en una recuperació del riu.

L'estació 5, situada a Vilafant, és juntament amb l'estació 3 els dos punts dels cinc estudiats més contaminats del riu Manol. Si en l'estació anterior parlàvem d'una certa recuperació, en aquesta seria tot el contrari. Hi ha un augment tant d'enterococs fecals com de coliforms fecals.

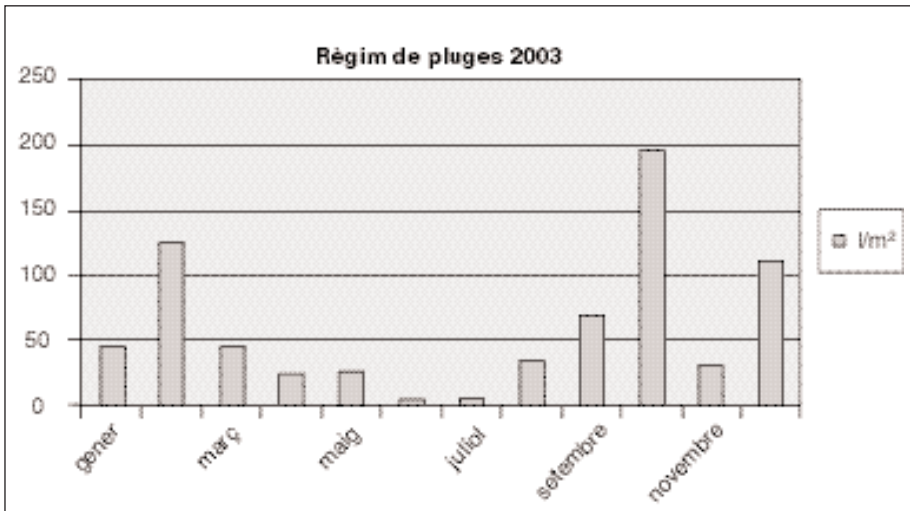


Fig.23. Règim de pluges de l'any 2003 a l'Alt Empordà. Estació Meteorològica Municipal de Figueres.

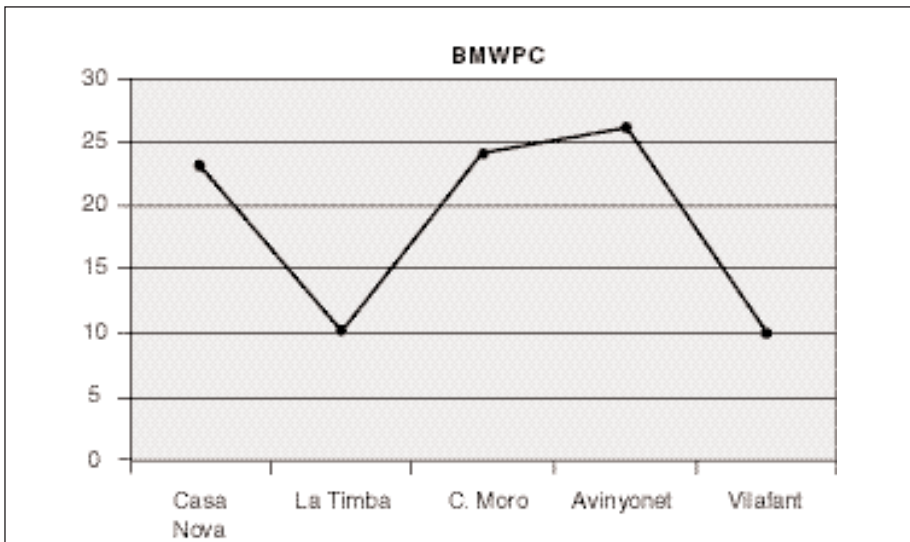


Fig. 24. Variació de l'índex de BMWPC a les diferents estacions.

4.3. Estat ecològic de les aigües del riu Manol

Com hem dit al començament, l'índex de diversitat és indicatiu de la varietat d'espècies i com a conseqüència de la complexitat de l'ecosistema. Com més alt sigui, més madur i equilibrat és l'ecosistema. Per altra part l'equitativitat ens indica si les diferents espècies que formen la comunitat estan en equilibri o

si una o més espècies bacterianes dominen sobre la resta. El seu valor varia de 0 a 1 i el valor màxim apareix quan totes les espècies són igualment abundants.

L'estació 1 - *Casa Nova*: és la que té uns índexs més alts de totes les estacions, lògicament, perquè és l'estació que és més a prop del naixement del riu i per tant és la que potser està menys a l'abast de l'home a causa de la seva situació i per tant la que rep menys influències perjudicials com l'abocament d'aigües residuals al riu o la filtració dels purins.

A l'estació 2 - *La Timba*: s'observa una considerable disminució de la diversitat que és atribuïble a l'impacte de les instal·lacions ramaderes que hi ha poc abans, als marges del riu, i que s'ha afegit als residus fecals humans detectats a l'estació anterior. L'equitativitat també ha disminuït a causa d'aquesta pertorbació que ha estat aprofitada per tres espècies de bacteris que formen més de la meitat de la comunitat bacteriana d'aquesta estació, que està constituïda per 17 espècies diferents (Fig.17).

A l'estació 3 - *Castell del Moro*: hi ha una accentuació del que passava a l'estació 2, on una espècie determinada de bacteri forma el 40% de la comunitat bacteriana en aquest punt (Fig.18). Aquest bacteri s'aprofita, així com el de l'anterior estació, d'alguna pertorbació causada per la contaminació del riu. Per tant en aquest punt l'equitativitat és més baixa a causa que no hi ha un equilibri entre la quantitat d'individus de cada espècie de bacteri. Pel que fa la diversitat, no ha disminuït en aquesta estació i fins i tot ha augmentat una mica, de manera que el riu manté la riquesa d'espècies diferents de l'estació anterior. Però el problema està en la repartició del nombre de bacteris de cada espècie, que no és gaire equilibrat.

A l'estació 4 - *Avinyonet*: el riu experimenta una notable recuperació pel que fa els dos índexs estudiats. La diversitat és semblant a la de l'estació 1 (la més propera al seu naixement), i per tant hi ha una recuperació pel que fa la varietat d'espècies. L'equitativitat en aquest punt també augmenta perquè està més repartit el nombre d'individus de cada espècie. Això indicaria una menor contaminació del riu en el tram entre l'estació 3 i 4.

A l'estació 5 - *Vilafant*: s'observa una manifesta davallada de la diversitat, essent l'estació amb un índex més baix. L'equitativitat també és la més baixa, ja que la meitat de la comunitat bacteriana està representada per només 2 espècies que s'aprofiten d'alguna pertorbació del riu en el tram d'Avinyonet a Vilafant (Fig. 20). Aquesta pertorbació podria ser a conseqüència de la contaminació que prové en part de l'urbanització de Mas Pau, que pertany al poble d'Avinyonet. Aquesta urbanització, segons m'ha informat una veïna d'aquesta urbanització, no té una xarxa de clavegueram i es veu que aboquen les aigües fecals al riu Manol a l'altura d' Avinyonet. Segurament es tracta d'un punt posterior a l'estació 4-Avinyonet, ja que el riu en aquest punt manifesta una notable recuperació.

4.4. Conclusions i possibles actuacions

- 1) *Potabilitat de l'aigua*. L'aigua del riu Manol no és potable, des del punt de vista microbiològic, en cap de les cinc estacions estudiades.

Això és degut a la presència de CF en totes les estacions i d'EF a les 4 últimes, d'acord amb la legislació vigent d'aigües potables per al consum públic i la de consum públic envasat.

- 2) *Ecologia del riu*. Segons la informació procedent de l'estat de la comunitat microbiana "resident", l'ecosistema del riu Manol està molt alterat, especialment a les estacions 2- *La Timba*, 3- *Castell del Moro* i 5- *Vilafant*, com a conseqüència de l'impacte de les aigües residuals de les poblacions i instal·lacions ramaderes i llixiviats dels camps de conreu. Aquestes observacions s'adiuen amb un altre estudi sobre la comunitat dels macroinvertebrats (J. González 2003). Segons manifesta la gent de les contrades, abans al riu Manol s'hi pescaven barbs, bagres i anguiles. Això és impensable de fer-ho ara, ja que hi ha absència d'aquests peixos en l'actualitat.
- 3) *Actuacions*: Per tal de millorar la qualitat de l'aigua i per tant l'ecosistema fluvial cal:
 - Disminuir les captacions d'aigua del riu que repercuteixen negativament en el seu cabal i buscar altres fonts d'aigües com poden ser els pous.
 - Evitar regar els camps amb aigües residuals i purins que no poden reciclar i que tonen al riu a través dels llixiviats.
 - Anul·lar l'abocament d'aigües residuals al riu sense depurar (poblacions, indústries, instal·lacions agropecuàries).

5. BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, S., *Elementos de Biología*, Madrid, Agesa, 1974
- BAÑERAS, L., MARTÍNEZ, A., MONTSERRAT, G., BORREGO, C., GARCIA-GIL, J., *Anàlisis Microbiològiques. Manual de pràctiques*. UdG. Curs 2001-2002
- DOMINGO, À., DE MANUEL, J., GRAU, R., *Biologia 1 Batxillerat*, Barcelona, Teide, 1998
- DOMINGO, À., DE MANUEL, J., GRAU, R., MOLINA, J., NUEL, M^a À., *Biologia 2 Batxillerat*, Barcelona, Teide, 1998
- INFIESTA, E., TARRIADA, V., TOLA, J., SUCARRATS, J., MONREAL, G., PLANAS, M., ROMANÍ, J.M., *Nova Enciclopèdia Catalana de l'Estudiant*, Tom 3, Ciències Biològiques, Barcelona, Carroggio, 2001
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA, *Atlas de l'Alt Empordà*, Barcelona, 2000
- MARGALEF, R., *Ecologia*, Barcelona, Omega, 1974
- MARGALEF, R., *Limnologia*, Barcelona, Omega, 1983
- MUSQUERA, S., i ESCAPA, M^a R., *Estudio del río Llobregat d'Empordà, un afluente del río Muga*, "Congreso Nacional de Medio Ambiente para Niños", Santiago de Compostela, 2003
- PLANAS, J., *Elementos de Biología*, Madrid, Sever-Cuesta, 1975
- STANIER, R., *Microbiología*, Madrid, Reverté S.A., 1989
- VILAR, R. i altres, "El riu Muga està contaminat?" *Simposi sobre l'ensenyament de les Ciències Naturals*. Balaguer, 2002.

AGRAÏMENTS

Des d'aquí vull agrair a tots els que d'alguna manera m'han ajudat a realitzar aquest treball. Primer de tot vull agrair-li al tutor d'aquest treball, en Santi Musquera, el temps que ha invertit en aquest treball i per les vegades que m'ha hagut de portar amb el seu cotxe a Girona. Vull, també, donar-li les gràcies a en Jesús García-Gil del Departament de Biologia de la UdG per la seva predisposició i ajuda a l'hora de realitzar aquest treball, ja que ens va ajudar d'acabar d'orientar-lo i em va dirigir la part pràctica de laboratori, a més ens va proporcionar material i ens va cedir un laboratori del seu departament per dur-la a terme. Agraeixo al meu pare els viatges que va haver de fer per portar-me a Girona, i a en Miquel Pujulà que em va portar amb la seva moto a buscar les mostres d'aigua del riu. També agraeixo a l'Ester, de l'associació dels Amics del Manol, que em va donar informació sobre els punts de contaminació del riu Manol. Per últim, agraeixo la col·laboració a la Sra. Marta, dels laboratoris d'anàlisi Nutrilab, que sempre que vam anar-hi ens va atendre i va ser qui ens va recomanar Hygicult TPC per al recompte de bacteris.