



Informe Tècnic:

EFFECTE DE LA PLANTA DE REGENERACIÓ D'AIGUA DE CASTELL- PLATJA D'ARO EN LA QUALITAT ECOLÒGICA, QUÍMICA I MICROBIOLÒGICA DEL RIU RIDAURA

Girona, novembre de 2006

EQUIP DE TREBALL

El personal que ha intervingut en l'obtenció de resultats, la realització d'experiments i l'elaboració del present informe ha estat el següent (per ordre alfabètic):

- Sònia Costa, SEARSA (fins al setembre de 2005)
- Anna Costan, Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
- Manuela Hidalgo, Departament de Química Analítica, Facultat de Ciències, Universitat de Girona
- Joan Jofre, Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
- Francisco Lucena, Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
- Miguel Montemayor, Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
- Rafael Mujeriego, Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental, ETS d'Enginyers de Camins, Canals i Ports, Universitat Politècnica de Catalunya
- Jordi Muñoz, SEARSA (a partir de l'1 d'abril de 2006, Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA)
- Andrey Payán, Departament de Microbiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona
- Sílvia Quintana, SEARSA (a partir de l'1 d'abril de 2006, Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA)
- Jordi Sala, consultor ambiental
- Lluís Sala, Consorci de la Costa Brava
- Victòria Salvadó, Departament de Química Analítica, Facultat de Ciències, Universitat de Girona

INTRODUCCIÓ

La zona d'estudi i la gènesi d'aquest treball

La vall d'Aro, per la qual discorre el riu Ridaura, conté totes aquelles essències de la Costa Brava que han passat a formar part de l'imaginari col·lectiu com a distintives de la zona. Muntanyes de mitjana alçada, cobertes per masses boscoses d'alzina surera (*Quercus suber*), d'alzina (*Quercus ilex*) i de pi pinyoner (*Pinus pinea*), clima suau a l'hivern i calorós a l'estiu, precipitacions mitjanes relativament elevades per ser un ambient mediterrani –per sobre de 700 mm/any–, i platges de sorra daurada, producte de la degradació de les roques de granit rosat que encerclen la vall, conformen els principals trets característics d'un paisatge singular. En els primers anys 60 aquest atractiu paisatgístic va esdevenir un motor per a l'economia local, que es va bolcar vers les activitats turístiques, amb la qual cosa es va iniciar una transformació radical de bona part de la vall, especialment en la franja litoral, en la plana i en alguns dels vessants muntanyosos.

Enmig d'aquest entorn en transformació hi circula el riu Ridaura, una de les principals rieres de la Costa Brava, descomptats els “grans” rius de la zona, com serien la Muga, el Fluvià, el Ter, el Daró i la Tordera. Fins l'any 1993, moment en què entra en servei la portada d'aigües del Ter a la Costa Brava centre, l'aqüífer del riu Ridaura era l'única font d'aigua per al conjunt d'activitats de la vall. La principal era l'abastament urbà, seguida del conjunt d'usos de reg que incloïen des dels conreus farratgers fins als camps de golf, passant per les explotacions de fruiters. Alhora, fins a la construcció de l'estació depuradora d'aigües residuals (EDAR) que es troba ubicada a Castell d'Aro, l'any 1983, la llera del riu Ridaura rebia també els abocaments d'aigües residuals, amb el consegüent perjudici ambiental i risc per a la salut pública que això representava. Arran d'aquesta pressió, a la que se li han sumat les periòdiques sequeres tan habituals en les regions de clima mediterrani, el riu Ridaura ha passat uns quants anys sota mínims des del punt de vista ecològic. És en aquests primers anys del segle XXI quan s'ha començat a recuperar, fruit d'una sèrie de mesures orientades a reduir tant les extraccions de l'aqüífer com els abocaments, que podrien resumir-se en una importació de recursos externs a la conca, una major racionalitat en l'explotació d'aquest aquífer, en un foment de la reutilització de les aigües per a usos de reg i en una explotació més acurada de l'estació depuradora d'aigües residuals.

L'any 2002 va ser plujós, especialment entre els mesos de març i desembre, però la llera del riu aigües amunt de l'EDAR va seguir seca, com havia estat habitual durant la major part del temps en els anys immediatament precedents. Ara sabem que la pluja del 2002 va servir per omplir un aquífer totalment exhaurit, ja que a partir de desembre d'aquell any el riu va començar a mostrar un flux d'aigua, d'una aparent elevada qualitat. Aquest fluxe, que va durar fins el juny de 2003, va suposar la primera circulació d'aigua en continu durant 6 mesos seguits en molt de temps. Al març de 2003, en constatar que el fluxe d'aigua no havia estat una cosa esporàdica, sinó que tenia l'aparença de continuar almenys durant unes quantes setmanes més, des del Consorci de la Costa Brava (CCB) es va decidir efectuar un estudi de la qualitat de l'aigua, com a forma inicial de mesurar l'estat ecològic d'una riera que havia recuperat els fluxos en continu d'aigua feia tan poc temps. Els resultats van mostrar una realitat sorprenent: per una banda, es va observar la presència d'organismes que tan sols es desenvolupen en absència de pol·lució i, per l'altra, la gran riquesa de macroinvertebrats detectada va situar els punts d'aigües amunt de l'EDAR en la categoria de qualitat “molt bona”, mentre que aigües avall de l'EDAR aquesta categoria baixava un esglaó, per passar a ser “bona”. Tota una agradable sorpresa per a una riera tan maltractada fins feia tan pocs anys.

Aquests resultats van portar a intentar esbrinar el perquè de la continuïtat dels fluxos d'aigua, la qual cosa va dur a la realització d'una estimació dels balanços hídrics de la conca del riu Ridaura des de 1997 en endavant. La presentació d'aquests resultats es va fer a Sant

Feliu de Guíxols el 15 de juliol de 2003 en forma d'un treball titulat "Estudi de l'evolució dels recursos d'aigua de la conca del Ridaura i qualitat ecològica del riu" (Sala & Sala, 2003), Aquest acte va comptar amb la presència dels alcaldes de Sant Feliu de Guíxols, Sr. Joan Alfons Albó, i de Llagostera, Sr. Lluís Postigo, els quals van reclamar que de cara al futur aquest seguiment tingués una major regularitat en el temps i també una major profunditat. Arran d'aquest suggeriment, el CCB va iniciar una activa col·laboració amb el Departament de Microbiologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona i amb el Departament de Química Analítica de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, que es van sumar a la col·laboració ja existent d'anys enrere amb la Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental de l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de la Universitat Politècnica de Catalunya, per tal de documentar l'estat actual del riu Ridaura i realitzar uns estudis que aportessin la informació bàsica per continuar en aquest procés de millora d'aquesta conca.

La qualitat d'una aigua o d'un ecosistema es pot avaluar a partir de paràmetres molt diferents, depenent d'allò que es desitgi estudiar. En aquest estudi s'han determinat paràmetres que es poden agrupar en tres categories: paràmetres indicadors de l'estat ecològic, paràmetres indicadors de la qualitat química i paràmetres indicadors de la qualitat microbiològica. Cadascun d'aquests grups, per separat, dona informació de la qualitat en un aspecte molt concret, però l'anàlisi simultània dels tres tipus de dades aporta una visió força completa sobre la situació en què es troba el riu Ridaura. Els diferents paràmetres de qualitat analitzats en aquest estudi han estat descrits en els corresponents apartats.

Aquest document recull el conjunt de treballs realitzats en base a aquests convenis de col·laboració en els anys 2003, 2004 i 2005, i inclou un apartat d'estat ecològic, un de qualitat química i un de qualitat microbiològica, els quals donen una àmplia visió de conjunt de l'estat actual del riu Ridaura i del funcionament de les instal·lacions de tractament d'aigües residuals i de regeneració que donen servei als municipis de la conca.

El Consorci de la Costa Brava i el sanejament a la vall d'Aro

El Consorci de la Costa Brava (CCB) és un organisme supramunicipal que aplega els 27 municipis del litoral gironí i la Diputació de Girona i que, des de 1971, s'ocupa de la gestió del cicle de l'aigua en aquest territori, amb especial èmfasi en el sanejament i en el tractament de les aigües residuals.

L'any 1983 va entrar en funcionament l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (Figura 1), que dona servei a aquest municipi i també als de Sant Feliu de Guíxols i de Santa Cristina d'Aro i que, des d'aleshores i fins l'1 d'abril de 2006, ha estat explotada i mantinguda per l'empresa SEARSA. A partir d'aquesta data, pren el relleu en l'explotació i manteniment l'Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava, SA, una empresa mixta formada pel CCB com a ens públic i per un ens privat format per l'Agrupació d'Interès Econòmic de les empreses Sorea, Aqualia i SEARSA.

L'EDAR de Castell-Platja d'Aro és una instal·lació de fangs activats convencional que tracta entre uns 8.000 m³/dia a l'hivern i uns 28.000 m³/dia a l'estiu (entre 5 i 6 hm³/any, la segona més important en l'àmbit del CCB en termes de volum tractat) i que consta d'un pretractament, tres decantadors primaris, tres reactors biològics i tres decantadors secundaris en la línia d'aigües, i de dos espessidors, tres digestors aerobis i dues centrífugues en la línia de fangs. Mentre que els rendiments anuals d'eliminació de demanda bioquímica d'oxigen (DBO) i de matèria en suspensió (MES) són elevats, a l'entorn del 97%, aquesta instal·lació no està preparada per eliminar el nitrogen de l'aigua residual, ni tampoc per a la desinfecció de la totalitat de l'aigua tractada, que és abocada en part al mar a través d'un emissari submarí i en part a la llera del riu Ridaura a Castell d'Aro, on es troba ubicada

l'EDAR. Tot i que l'EDAR no disposa d'elements de mesura del cabal que és abocat al mar a través de l'emissari submarí, es pot estimar que per aquesta via s'evacuen uns 6.000 - 8.000 m³/dia, la qual cosa vol dir que a l'hivern la major part del cabal és abocat al mar i que la sortida al riu Ridaura és relativament petita, mentre que a l'estiu la major part de l'aigua, aproximadament uns dos terços del total, és abocada a la llera del riu Ridaura. Aquest fet condiciona la qualitat del riu Ridaura aigües avall del lloc d'abocament de l'EDAR, especialment des del punt de vista dels nutrients i de la qualitat microbiològica.

El tractament terciari o de regeneració

L'any 1989 es va iniciar el procés de regeneració d'aigües a l'EDAR de Castell-Platja d'Aro. Inicialment, aquest tractament incloïa tan sols una desinfecció amb hipoclorit de l'efluent secundari, fins que l'any 1998 es va construir la planta de regeneració actual, amb un tractament més complet, la qual cosa va servir per millorar la qualitat de l'aigua regenerada també des del punt de vista físic i químic. Actualment aquesta instal·lació subministra aigua regenerada per al reg agrícola, de camps de golf i de zones verdes de la vall d'Aro.



Figura 1. Vista general de l'estació depuradora d'aigües residuals (EDAR) de Castell-Platja d'Aro

La planta de regeneració d'aigua de Castell-Platja d'Aro està dissenyada per a un cabal teòric de 625 m³/hora (15.000 m³/dia) i té com a objectiu la millora de la qualitat fisicoquímica de l'aigua a través de paràmetres com la matèria en suspensió i la terbolesa, i la inactivació dels microorganismes patògens encara presents en l'efluent secundari. Aquest tractament, però, no modifica les concentracions de nutrients (nitrogen i fòsfor) presents en l'efluent secundari, que continuen essent pràcticament idèntiques en l'aigua regenerada.



Figures 2 i 3: Filtració de l'efluent secundari a la planta de regeneració d'aigua de Castell-Platja d'Aro. Esquerra: funcionament normal del filtre. Dreta: Filtre en fase de contrarentat.



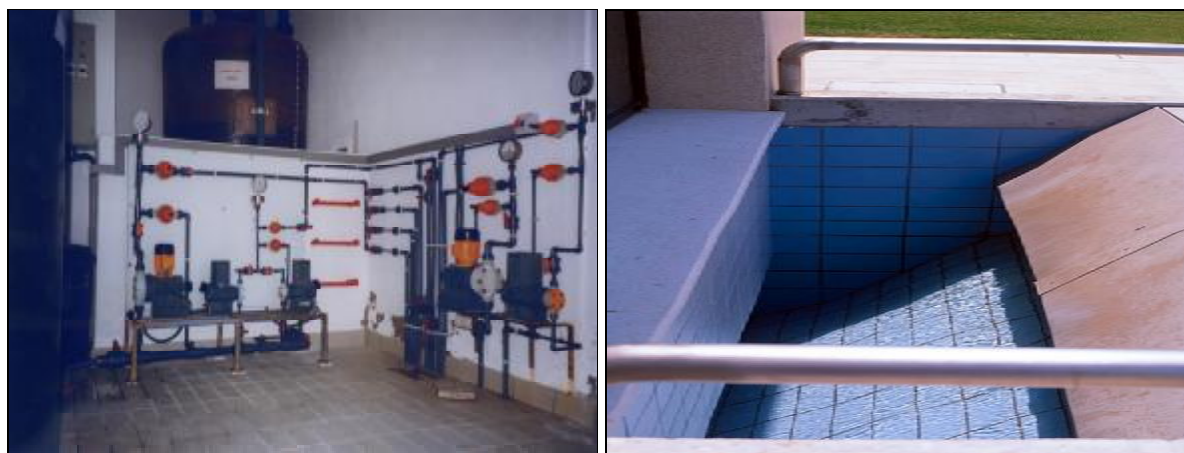
Figures 4 i 5. Vista general i de detall dels equips de desinfecció amb llum UV instal·lats a la planta de regeneració d'aigua de Castell-Platja d'Aro.

Les etapes del tractament de regeneració de l'aigua de Castell-Platja d'Aro són les següents:

- **Coagulació:** En aquesta etapa s'addiciona policlorur d'alumini en una cambra de contacte de 57 m³ de capacitat i proveïda d'un agitador, per tal d'aconseguir una agregació en forma de flocs de les partícules de matèria en suspensió. Aquesta etapa és opcional i només s'utilitza a l'estiu quan el valor de la matèria en suspensió en l'efluent secundari es troba per sobre de 20 mg/l.
- **Filtració:** Aquesta etapa es realitza mitjançant filtres de sorra de llit pulsat marca HydroClear, pels quals es fa passar l'efluent secundari, amb o sense coagulant (depenent de l'època de l'any), a fi de reduir-ne la terbolesa i la matèria en suspensió, i d'augmentar-ne la transmitància a 254 nm (Figures 2 i 3). Es disposa de 4 cel·les de filtració que presenten una única matriu filtrant de sorra de quars de gra fi, i que tenen 25 centímetres de gruix. El cabal de disseny és de

625 m³/hora i la superfície filtrant és de 80 m² (20 m²/llit x 4 llits), la qual cosa dóna una velocitat de filtració teòrica de 7,81 m/h.

- **Desinfecció amb llum ultraviolada:** l'aigua filtrada passa a una cambra de bombament que compta amb quatre bombes marca Hidrostal model D04Q-501 i que donen un cabal unitari de 121 m³/h. Cada bomba impulsa l'aigua per una canonada de descàrrega de 150 mm de diàmetre fins a un col·lector que comunica amb la canonada de desinfecció de 300 mm de diàmetre. Un cop l'aigua arriba a aquest punt es troba amb els equips de desinfecció amb llum ultraviolada (Figures 4 i 5), que són dos equips Berson In Line 5000 situats en sèrie i de manera perpendicular al flux de l'aigua a desinfectar. Cada equip disposa de 4 làmpades de pressió mitjana *model B3535* (4 làmpades/equip x 2 equips = 8 làmpades en funcionament) i d'un sistema de neteja automàtica "*ultra wipe*" que actualment compta amb la dosificació d'un àcid per netejar les precipitacions sobre els protectors de quars de les làmpades (beines) i prevenir-ne la seva formació. Durant el període d'aquest estudi, les beines es van mantenir netes i lliures d'incrustacions combinant la neteja periòdica existent en aquell moment, de tipus mecànic, amb la neteja química manual realitzada una vegada a la setmana amb un agent desincrustant. La dosi aportada per aquests equips ha estat calculada en funció dels següents paràmetres: llum emesa, cabal, transmissió a 254 nm, nivell de potència i hores de funcionament acumulades.
- **Postcloració:** La postcloració és la darrera fase del tractament i es produeix després de la desinfecció amb llum ultraviolada. Té com a finalitat complementar-ne l'efecte desinfectant, per tal d'assolir una major qualitat microbiològica i una major regularitat en els resultats. Aquest tractament consisteix en aportar hipoclorit sòdic al 15% a partir de dues bombes dosificadores marca ProMinent, model Vario, amb un cabal màxim de 30 l/h (Figura 6), fins arribar a una dosi de 5 mg Cl₂/l. El seguiment de la dosificació es realitza a través de controls periòdics del cabal aportat per les bombes, així com de les concentracions de clor residual lliure i total en l'aigua regenerada. La Figura 7 mostra la qualitat habitualment assolida en l'aigua produïda per la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro.



Figures 6 i 7. Vista general de la sala de dosificació de reactius i de l'aigua regenerada produïda a la planta de regeneració d'aigua de Castell-Platja d'Aro.

L'any 2005 es van regenerar uns 944.000 m³, dels quals 610.000 m³ van ser subministrats per a usos de reg, mentre que els 334.000 m³ restants van ser abocats al riu Ridaura. Aquest volum se suma als 1.600.000 m³ que s'estima que poden haver estat abocats com a

efluent secundari, una vegada descomptats els 2.200.000 m³ que poden haver arribat a mar a través de l'emissari submarí (6.000 m³/dia durant els 365 dies de l'any). Cal tenir present que si en un any hidrològicament normal aquestes xifres ja haurien de ser preses com a orientatives, encara ho han de ser més pel 2005. Les severes inundacions del mes d'octubre van deixar fora de servei el cabalímetre d'entrada a la planta durant uns deu dies, i la situació en la qual van quedar les instal·lacions en aquell moment fa difícil saber quin tipus d'aigua va acabar sortint al riu i amb quina qualitat.

El riu Ridaura i el seu seguiment

Introducció

La conca del riu Ridaura té uns 71 km² i es situa entre les comarques del Baix Empordà i del Gironès. El riu neix al municipi de Santa Cristina d'Aro, just a sota el Puig de Sant Baldiri (Figura 8), en ple massís de l'Ardenya, per passar de seguida al municipi de Llagostera seguint la direcció N-NW. Més tard gira bruscament cap a l'est entre els massissos de les Gavarres i l'Ardenya, recorre tota la vall d'Aro i acaba desembocant al sud de Platja d'Aro (Figura 13). Igual que en d'altres rieres de la Costa Brava, la història recent del riu Ridaura ha estat condicionada per l'activitat turística i urbanística que s'hi ha desenvolupat en les darreres dècades. Malgrat les greus alteracions (assecatge, contaminació, intrusió marina) sofertes en la fase més crítica, les actuacions més recents realitzades en la conca han anat en la línia de millorar determinats aspectes de l'abastament, del sanejament i de la reutilització, la qual cosa, juntament amb unes pluges generoses els anys 2002, 2003 i 2004, ha propiciat una recuperació de cabals naturals en el riu durant períodes d'entre 6 i 9 mesos a l'any, cosa que feia anys que no succeïa (Sala, 2004; Sala *et al.*, en premsa). Arran d'aquest inici de circulació de cabals naturals en el riu Ridaura, el març del 2003 el CCB va iniciar una sèrie d'estudis per tal de documentar la qualitat del riu i avaluar el seu estat ecològic, així com per generar informació sobre l'efecte de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro en el seu tram final. Aquesta informació podrà ser comparada amb la que es generi en el futur una vegada s'hagin dut a terme les millores previstes en el PSARU de la Costa Brava a partir de l'any 2010 en relació al sanejament de la vall d'Aro.



Figures 8 i 9. A l'esquerra, la riera de Sant Baldiri, a la capçalera del riu Ridaura (14 de juliol de 2005) i a la dreta el riu Ridaura en el punt P3 de l'estudi (9 de juny de 2003).



Figures 10 i 11. El riu Ridaura en el punt P5 de l'estudi. A l'esquerra, vista en direcció al mar (15 de maig de 2005), i a la dreta, vista en direcció a l'interior (març de 2003).



Figures 12 i 13. A l'esquerra, el riu Ridaura en el punt P5' corresponent al pont de la carretera de Sant Feliu de Guíxols a Platja d'Aro (març de 2003) i a la dreta el riu Ridaura a la seva desembocadura a Platja d'Aro (25 d'agost de 2005).

Punts de mostreig

Els punts de mostreig emprats per als diferents seguiments realitzats són (veure Figura 14):

1. Punts de capçalera

1.1. P1.1: riera de Verderes. UTM (x, y): (494100, 4625900)

1.2. P1.2: riera de Sant Baldiri. UTM (x, y): (494800, 4626450) (Figura 8)

2. Punts del tram mig i baix, abans de l'EDAR
 - 2.1. P2: el riu Ridaura a Can Moner. UTM (x, y): (493700, 4628900). Aquest és el primer punt del Ridaura com a tal, just després de la confluència dels seus dos afluents principals.
 - 2.2. P3: el riu Ridaura sota el pont de Tapioles. UTM (x, y): (497400, 4630950). Aquest punt es troba situat aigües amunt del municipi de Santa Cristina d'Aro, aproximadament a uns 6 km de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (Figura 9).
 - 2.3. P4: el riu Ridaura al gual del Molí del Cuc. UTM (x, y): (502500, 4628450). Aquest punt està situat uns pocs metres aigües amunt del punt de sortida de l'efluent terciari de l'EDAR i un centenar de metres aigües amunt del punt de vessament de l'efluent secundari.
3. Punts del tram baix, després de l'EDAR
 - 3.1. P5: el riu Ridaura sota el pont del carril bici. UTM (x, y): (503200, 4628850). Aquest punt es troba situat aigües amunt del municipi de Santa Cristina d'Aro, aproximadament a uns 6 km de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (Figures 10 i 11).
 - 3.2. P5': el riu Ridaura sota el pont de la carretera a Sant Feliu de Guíxols. UTM (x, y): (504942, 4628768). Aquest punt es troba aproximadament uns 2 km aigües avall del punt anterior, just abans que el riu entri en el tram final (Figura 12).
 - 3.3. P6: la desembocadura del riu Ridaura a Platja d'Aro. UTM (x, y): (505450, 4628550) (Figura 13).



Figura 14. Localització en el mapa dels punts de mostreig del present estudi.

En base als convenis de col·laboració existents des de 1994 entre el Consorci de la Costa Brava i el Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya, i des del 2003 entre el CCB i el Departament de Microbiologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, i entre el CCB i el Departament de Química Analítica de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona, durant els anys

2004 i 2005 aquestes institucions han treballat conjuntament per tal d'estudiar la capacitat de millora de la qualitat de l'aigua depurada per part del tractament terciari de l'EDAR, així com de la incidència d'aquesta instal·lació sobre la qualitat del riu Ridaura en base a un seguiment rutinari. A més d'aquest seguiment, a finals de la primavera de 2005 s'ha dut a terme també un experiment específic destinat a avaluar fins a quin punt es podia millorar la qualitat sanitària del riu Ridaura aigües avall de l'EDAR. Alhora, des del 2003 es fan anàlisis trimestrals de les poblacions de macroinvertebrats aquàtics i es fa un seguiment anual de la qualitat del bosc de ribera, com a elements fonamentals per determinar l'estat ecològic del riu. Les anàlisis realitzades a l'aigua del riu Ridaura dins d'aquest estudi queden recollides en protocols anuals de seguiment (ConSORCI de la Costa Brava, 2004; ConSORCI de la Costa Brava, 2005).

OBJECTIUS

El present estudi té dues principals finalitats:

- Documentar l'estat actual del riu Ridaura analitzant la seva qualitat ecològica, química i microbiològica.
- Estudiar el funcionament de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro i avaluar la seva influència en la qualitat de l'aigua del riu Ridaura tant abans com després del punt d'abocament de l'EDAR.

Entre els objectius específics podríem destacar:

- Mesurar la qualitat de l'aigua a partir del mostreig dels macroinvertebrats aquàtics en els diversos trams del riu Ridaura i l'estat de conservació dels boscos de ribera de la conca.
- Avaluar l'estat ecològic del riu Ridaura, a fi de generar informació útil de cara a la seva correcta gestió i a determinar els canvis que puguin provocar sobre el medi les millores previstes en el PSARU Costa Brava relatives al sanejament de la vall d'Aro.
- Caracteritzar la qualitat de l'efluent secundari i de l'aigua produïda per la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro, així com de l'aigua del riu Ridaura abans i després de l'abocament de l'EDAR, tant des del punt de vista fisicoquímic com microbiològic.

L'ESTAT ECOLÒGIC

Material i mètodes

Paràmetres indicadors de l'estat ecològic en rius i rieres

Existeixen diversos paràmetres per avaluar la qualitat dels diversos elements de rius i rieres, com per exemple l'aigua, el medi físic o la vegetació de ribera. La combinació dels resultats de diversos d'aquests paràmetres permet extreure'n una valoració global sobre el seu estat ecològic (Prat et al. 2000). Els més utilitzats a Catalunya són:

- Índex d'Hàbitat Fluvial, IHF (Pardo et al. 2002): És un índex de valoració ràpida que pot prendre valors entre 0 i 100, i que avalua les característiques hidromorfològiques de la llera. Aquest índex serveix per valorar el grau d'alteracions de l'hàbitat dels rius i rieres, tal com requereix la Directiva Marc de l'Aigua de la Unió Europea (2000/60/EC), i mesura aspectes físics relacionats amb l'heterogeneïtat de l'hàbitat, com la freqüència de ràpids, els règims de velocitat i de profunditat, el grau d'inclusió i la composició del substrat, el grau de sedimentació i l'existència de diversos elements que aportin heterogeneïtat a l'hàbitat (diversitat de material, percentatge d'ombra en la llera, cobertura de la vegetació aquàtica, entre d'altres).
- Índex de Qualitat del Bosc de Ribera, QBR (Munné et al. 1998, 2003): Com l'anterior, aquest també és un índex de valoració ràpida que pot prendre valors entre 0 i 100. Aquest índex dóna una idea de la qualitat de l'hàbitat ripari, mesurant el grau, l'estructura i la qualitat de la cobertura vegetal de la ribera, així com el grau de naturalitat de la riba.
- Índex *Iberian Biomonitoring Working Party*, IBMWP (antic BMWP'; Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Alba-Tercedor et al. 2002): Adaptació a les aigües ibèriques d'un sistema de puntuació britànic (BMWP) creat per tal de valorar la qualitat de l'aigua pel que fa a la contaminació orgànica a partir de la comunitat de macroinvertebrats bentònics presents als rius i rieres. Aquest índex es basa en dues característiques que varien quan es donen episodis de contaminació orgànica: (1) l'elevat nombre de taxons presents en un punt d'aigües netes disminueix a mesura que augmenta la contaminació, i (2) alguns taxons presenten una elevada sensibilitat a la contaminació, de manera que desapareixen quan se'n produeix un episodi. Així, es pot assignar un valor de sensibilitat a cada taxó i l'índex es calcula sumant els valors de sensibilitat de cada taxó present en el punt del riu que s'està analitzant.
- Índex *Biomonitoring Working Party Catalunya*, BMWPC (Benito & Puig 1999): Adaptació als rius i rieres catalans de l'índex BMWP i BMWP'. L'objectiu és, com en l'anterior índex, valorar la qualitat de l'aigua en relació a la contaminació orgànica a partir dels macroinvertebrats bentònics. El funcionament de l'índex és idèntic a l'anterior.
- Índex *Iberian Average Score per Taxa*, IASPT: Aquest índex no s'ha de prendre com a tal, sinó com un paràmetre derivat de l'índex IBMWP. Es tracta simplement de dividir el valor de l'IBMWP pel nombre de taxons capturats en el punt del riu que s'està analitzant, i ens dóna una idea de la sensibilitat mitjana dels taxons presents en el punt. Aquest índex no atorga cap valoració de qualitat als resultats obtinguts i s'aconsella que la interpretació dels resultats es faci amb cautela (Vivas et al. 2002), ja que s'ha vist que està influenciat per variables com la salinitat i la temperatura, i per tant es podria produir un esbiaix en les conclusions obtingudes. Segons Vivas et al. (2002), aquest fet podria ser degut a una tendència a sobrevalorar els grups taxonòmics d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters (típics d'aigües dolces i més fredes) en relació als grups d'odonats, coleòpters i heteròpters (de trams més mineralitzats i tèrmics).

- Índex FBILL (Prat et al. 2000): El funcionament d'aquest índex és igual al de l'índex BILL (Besós i Llobregat; Prat et al. 1986), però la resolució taxonòmica que cal assolir és la de família. També es tracta d'un índex de valoració de la qualitat de l'aigua pel que fa a la contaminació orgànica mitjançant l'ús dels macroinvertebrats bentònics, però a diferència dels índexs de la família BWMP, aquest índex només té en compte aquells macroinvertebrats que habiten la zona lòtica (zona de corrent) del riu o riera. El protocol d'aquest índex, doncs, no contempla el mostreig en els diferents tipus de microhàbitat presents en el tram, excepte aquells situats a la zona lòtica. Com els índexs de la família BWMP, el FBILL també té en compte mesures de riquesa taxonòmica (nombre de famílies) i de sensibilitat en relació a la contaminació orgànica.
- Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius, BIORI (Agència Catalana de l'Aigua 2006): Recentment, l'ACA ha agrupat tot d'eines utilitzades per a mesurar l'estat ecològic dels sistemes lòtics en un manual on es recullen diferents metodologies per mesurar la qualitat de l'aigua a partir de diversos elements del sistema, com poden ser la flora aquàtica, els macroinvertebrats o els peixos. Alhora, també inclou una metodologia per determinar els tipus fluvials existents a Catalunya, ja que per a cadascun d'ells s'han d'establir unes qualitats màximes, que poden variar entre els diferents tipus.

Els mètodes utilitzats en aquest estudi han estat els índex IBMWP, IASPT, i el nombre de taxons com un estimador de la riquesa taxonòmica del punt de mostreig.

Resultats i discussió

Tal com s'ha apuntat en la introducció, en els darrers anys i fruit de diverses iniciatives, la principal de les quals és la importació de recursos externs, el riu Ridaura ha recuperat els cabals naturals de manera contínua durant uns quants mesos a l'any, cosa que feia temps – alguns anys – que no succeïa. La reducció de la contribució de la conca del riu Ridaura a la satisfacció de la demanda de la zona, que ha passat de ser aproximadament un 70% l'any 1997 a un 30% l'any 2005 (Sala, 2006), ha alliberat els recursos propis suficients com per produir una notable millora ecològica en el riu. Actualment, la variabilitat en la durada de la circulació dels cabals naturals ve marcada per la pluviometria de la tardor: quant menys tardi en reomplir-se l'aqüífer, major serà la durada d'aquesta circulació, que sol acabar-se entre els mesos de maig i juny de l'any següent (Figura E-1).

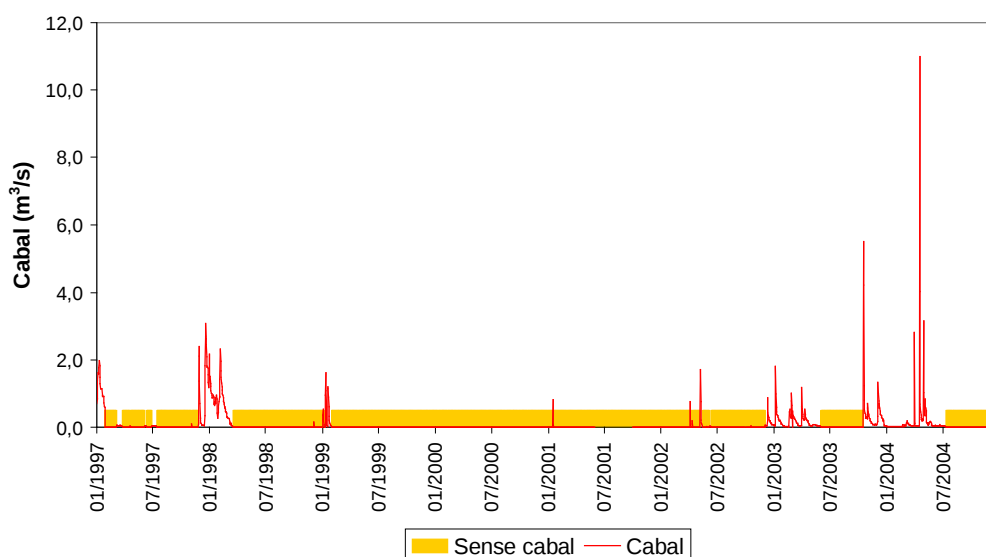


Figura E-1. Resum dels cabals en el riu Ridaura en el període 1997-2004.

Observant la Figura E-2 és interessant constatar com el nombre de dies durant els quals el riu Ridaura ha disposat de circulació de cabals naturals ha augmentat de manera apreciable a partir de l'any 2003, superant el mig any. Aquest increment de la circulació de cabals naturals contrasta fortament amb l'absència pràcticament total de cabals dels anys 2000 i 2001. També cal ressaltar que les condicions dels anys 1997, 1998 i 1999, en els quals el nombre de dies amb cabals circulants ha estat baix, però amb un cabal mitjà relativament elevat, producte d'uns episodis de pluges intenses que contrasten amb les ja esmentades dels anys 2003 i 2004.

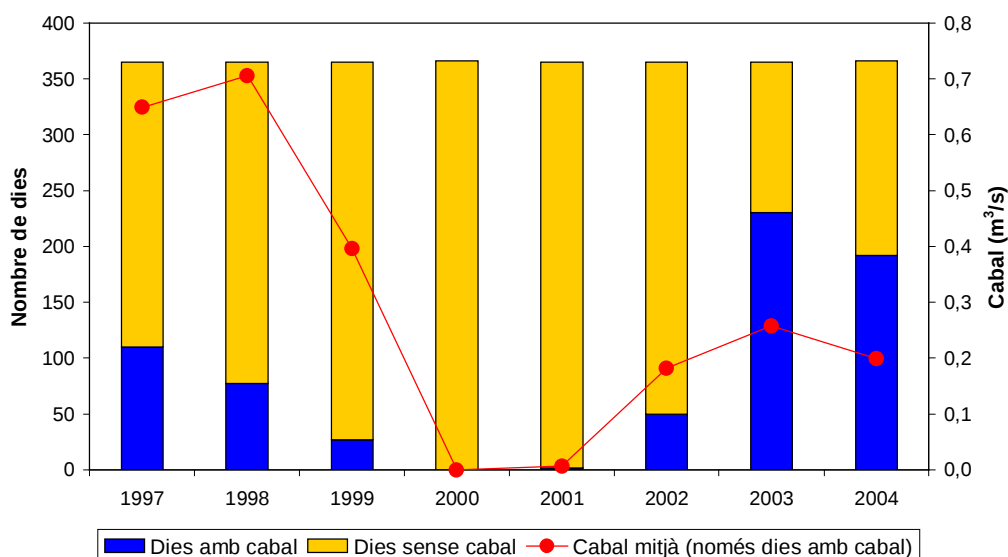


Figura E-2. Dies amb cabal, dies sense cabal i cabal mitjà dels dies amb cabal en el riu Ridaura en el període 1997-2004.

La Taula E-1 presenta un resum dels resultats disponibles fins al moment, corresponents al període 2003-2005, en els quals es pot apreciar l'evolució de la qualitat de l'aigua al llarg del riu, així com la influència que l'abocament de l'EDAR té en els diferents paràmetres. D'entrada, cal observar que el tram mig pateix un assecament estival, cosa que no succeeix en els punts de capçalera ni en els punts del tram final, en aquest darrer cas a causa dels abocaments realitzats per l'EDAR de Castell-Platja d'Aro.

En els punts de capçalera s'observa una baixa conductivitat elèctrica i un elevat nivell d'oxigen dissolt al llarg de tot l'any, així com unes concentracions de coliformes fecals també baixes o molt baixes, que corresponen a les condicions habituals de les capçaleres dels rius considerats nets. Alhora, l'índex de macroinvertebrats IBMWP hi mostra els valors més elevats, especialment a l'hivern, primavera i tardor, mentre que a l'estiu es produeix una davallada en aquests valors fruit de l'estiatge i del pas a adult de moltes de les larves aquàtiques trobades en els mostresos d'hivern i de primavera. En el tram mig i baix, abans de l'abocament de l'EDAR, s'observa ja un lleuger increment de la conductivitat elèctrica i de les concentracions de nitrogen i fòsfor. L'oxigen dissolt es manté encara en unes concentracions elevades, mentre que es produeix un lleuger increment de les concentracions de coliformes fecals. L'índex IBMWP es manté en uns valors elevats a l'hivern i a la primavera, mentre que a la tardor el valor disminueix lleugerament per efecte de la dessecació estival, malgrat no canviar de categoria de qualitat (Figura E-3).

Taula E-1. Mitjanes aritmètiques de diversos paràmetres segons el tram i l'estació de l'any a la conca del riu Ridaura. Valors físics i químics mesurats durant el període 2003-05, mentre que els valors de macroinvertebrats corresponen al període 2003-04. En el cas dels coliformes fecals, les dades corresponen a les mitjanes geomètriques dels valors dels anys 2004 i 2005.

Tram	Paràmetres	Hivern	Primavera	Estiu	Tardor
Capçalera	Conductivitat, mS/cm	0,157	0,153	0,294	0,184
	Oxigen dissolt, mg/L	11,1	9,0	7,5	10,2
	Nitrogen total, mg/L	ND (<1,1) ^a	ND (<0,3) ^a	ND (0,3) ^a	ND (<0,2) ^a
	Amoni, mg/L	ND (<0,3) ^a	ND (<0,3) ^a	ND (<0,3) ^a	ND (<0,3) ^a
	Nitrat, mg/L	ND (<0,01) ^a	ND (<0,01) ^a	ND (<0,01) ^a	ND (<0,01) ^a
	Fòsfor total, mg/L	ND (<1,0) ^a	ND (2,0) ^a	ND (0,1) ^a	ND (2,3) ^a
	Coliformes fecals, log ufc/100 ml	0,2	1,3	2,3	1,2
	IBMWP	203	194	109	209
	Categoria IBMWP	I	I	I	I
	ASPT	5,5	5,6	5,0	5,4
	Nombre taxons	37	35	24	39
Tram mig i baix (abans EDAR)	Conductivitat, mS/cm	0,455	0,481		0,477
	Oxigen dissolt, mg/L	11,5	9,4		10,2
	Nitrogen total, mg/L	6,8	10,8		7,0
	Amoni, mg/L	<0,3	<0,3		<1,3
	Nitrat, mg/L	5,3	9,7		<5,7
	Fòsfor total, mg/L	1,1	1,8	Sec	3,4
	Coliformes fecals, log ufc/100 ml	1,6	2,2		2,4
	IBMWP	141	136		119
	Categoria IBMWP	I	I		I
	ASPT	4,6	4,3		4,6
	Nombre taxons	31	32		26
Tram baix (després EDAR)	Conductivitat, mS/cm	0,838	0,843	1,550	0,915
	Oxigen dissolt, mg/L	8,5	6,3	3,5	8,7
	Nitrogen total, mg/L	15,9	23,3	38,9	<6,8
	Amoni, mg/L	<6,2	13,2	32,5	<3,3
	Nitrat, mg/L	3,6	3,3	3,0	3,0
	Fòsfor total, mg/L	2,0	2,7	4,4	4,6
	Coliformes fecals, log ufc/100 ml	4,1	2,9	6,0	3,8
	IBMWP	89	80	47	68
	Categoria IBMWP	II	II	III	II
	ASPT	4,0	3,5	2,8	3,4
	Nombre taxons	23	23	16	18

^a. ND: Dades no disponibles. A títol comparatiu, es dona la mitjana dels paràmetres mesurats a la capçalera d'una riera veïna a les Gavarres (riera de Torrentbò) l'any 2005.

En el tram final, després de l'abocament de l'EDAR, es produeixen canvis importants en la majoria dels paràmetres, sempre molt més accentuats a l'estiu, quan no hi ha cabals naturals per diluir l'abocament. Els increments més notables s'observen en la conductivitat elèctrica i en les concentracions de nitrogen i fòsfor, així com en les de coliformes fecals. L'oxigen dissolt continua presentant concentracions relativament elevades a la tardor i l'hivern, amb un mínim estival lluny de l'anòxia. Finalment, l'índex IBMWP es manté en categoria "bona" durant tres de les quatre estacions de l'any, amb un mínim estival que se situa en una categoria de qualitat "mediocre", però que es recupera amb els cabals naturals

aportats per les pluges de la tardor (Figura E-1). La qualitat mostrada per aquestes dades de l'índex IBMWP és superior a l'esperada *a priori*, pel fet de ser una riera que ha passat temporades de dessecació tan llargues i per l'abocament d'una aigua no nitrificada que realitza l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (Sala & Sala, 2003).

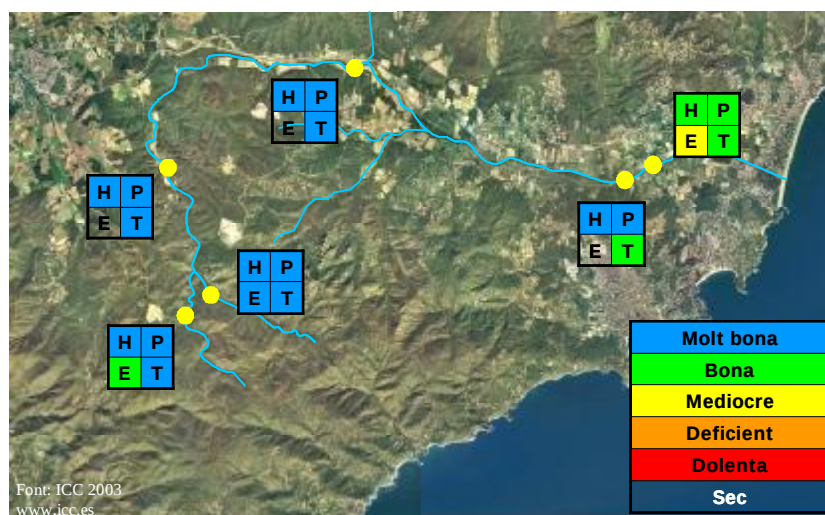


Figura E-3. Resum de la qualitat ecològica del riu Ridaura segons els valors mitjans de l'índex IBMWP durant el període 2003-2004 (modificat de Sala, 2006).

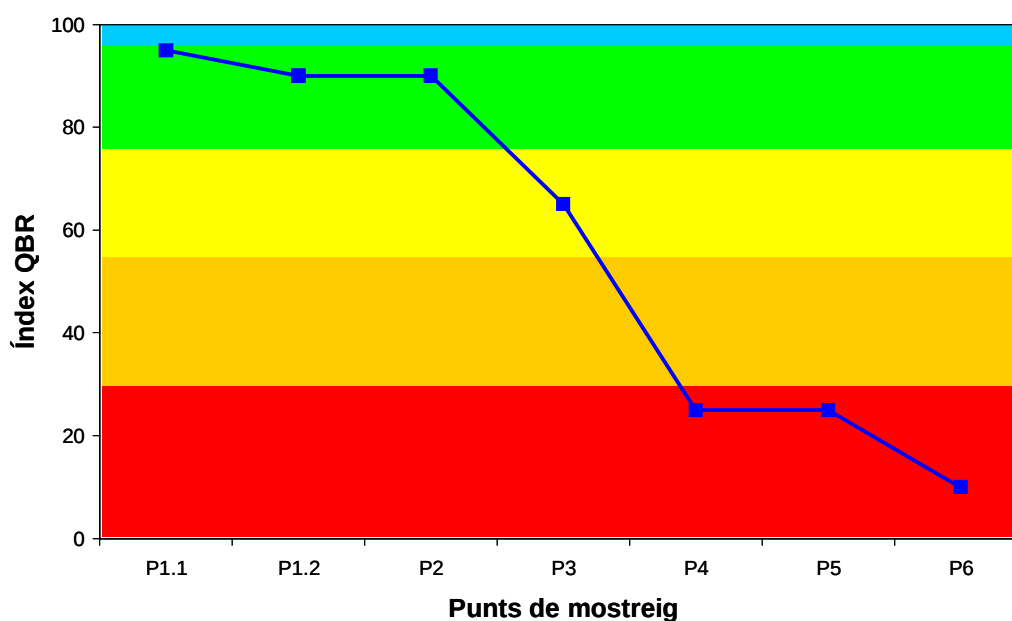


Figura E-4. Evolució de l'índex de qualitat del bosc de ribera (QBR) al llarg del riu Ridaura en l'any 2003 (extret de Sala, 2004).

Des d'un punt de vista d'estat ecològic, el paràmetre segurament més preocupant és l'índex QBR, que mesura la qualitat del bosc de ribera. Aquest índex mostra una forta disminució entre els punts P2 i P4, en què passa d'una qualitat de categoria "bona" a una de categoria "deficient", producte de l'alteració de la llera, de la desaparició de la vegetació autòctona de ribera i de la seva substitució per vegetació al·lòctona, o per la simple desaparició de qualsevol mena de cobertura vegetal (Figura E-4). Atesa la bona qualitat mostrada pels índexs de macroinvertebrats, la millora de la qualitat del bosc de ribera en el tram mig i final significaria un gran avenç en la restauració ecològica del riu Ridaura.

Conclusions

Les conclusions que es poden extreure del seguiment realitzat a l'entorn de l'estat ecològic del riu Ridaura són les següents:

- E-1. Al llarg dels darrers anys el riu Ridaura ha mostrat signes de clara millora en el seu estat ecològic, fruit sobretot d'una més gran continuïtat en els cabals circulants i de l'elevada qualitat d'aquests. Els motius que han permès aquesta recuperació són una importació de recursos externs a la conca, provinents del riu Ter, una major racionalitat en l'explotació d'aquest aqüífer, un foment de la reutilització de les aigües per a usos de reg i una explotació més acurada de l'estació depuradora d'aigües residuals.
- E-2. Entre 1997 i 2005 s'ha produït un progressiu canvi en l'origen de l'aigua potable subministrada a la vall d'Aro. L'aigua extreta de l'aqüífer del riu Ridaura ha passat de ser aproximadament un 70% l'any 1997 a un 30% l'any 2005, mentre que per a la provinent del riu Ter l'evolució dels percentatges ha estat la complementària. Gràcies a aquest fet, a partir de l'any 2003 el nombre de dies amb circulació de cabals naturals ha pujat de manera apreciable respecte als anys anteriors, superant el mig any, dada que contrasta amb la quasi absència de cabals naturals durant la major part del període 1999-2002.
- E-3. La qualitat ecològica dels punts de capçalera i dels del tram mig del riu Ridaura és molt elevada, com a resultat d'un entorn encara relativament natural i d'una absència de grans pertorbacions en la qualitat com a conseqüència de l'activitat humana. L'índex IBMWP es manté en uns valors elevats al llarg de tot l'any en ambdós trams. A diferència dels punts de capçalera, al tram mig es produeix un assecament total del riu durant l'estiu.
- E-4. La qualitat ecològica del tram final, després de l'abocament de l'efluent secundari de l'EDAR, disminueix respecte a la dels punts del tram mig i de capçalera. Al llarg de l'any, aquesta disminució és més acusada quan no existeixen cabals naturals de dilució, és a dir, a l'estiu, i és en aquesta època quan més elevats són els valors de la conductivitat elèctrica i de les concentracions de nutrients. L'índex IBMWP es manté a la categoria "bona" durant tres de les quatre estacions de l'any i baixa fins a la categoria "mediocre" a l'estiu; no obstant això, la recuperació dels valors propis de la tardor se sol produir gràcies als cabals naturals aportats per les pluges típiques d'aquesta estació.
- E-5. Dins dels paràmetres relatius a l'estat ecològic, l'aspecte més deficient del riu Ridaura és el de la qualitat del bosc de ribera. Aquest índex mostra una forta disminució entre els punts P2 i P4, en què passa d'una qualitat de categoria "bona" a una de categoria "deficient", producte de l'alteració de la llera, de la desaparició de la vegetació autòctona de ribera i de la seva substitució per vegetació al·lòctona, o per la simple desaparició de qualsevol mena de cobertura vegetal. Aquesta precària situació es manté fins a la desembocadura del riu.
- E-6. Atesa la important millora assolida en els darrers anys en el règim de circulació de cabals naturals del riu Ridaura i en la qualitat de les seves aigües, els esforços dels propers anys per a la millora de l'estat ecològic s'hauran de centrar en el tram final del riu i, especialment, en una recuperació del bosc de ribera ja des del punt en què el riu Ridaura arriba a la plana al·luvial.

LA QUALITAT QUÍMICA

El seguiment de la qualitat química de les aigües

Durant les últimes dècades l'elevat nombre de compostos orgànics detectats a les aigües superficials ha assolit un nivell preocupant pel que fa a la contaminació d'aquestes. L'origen dels contaminants orgànics pot ser divers i tant les activitats agrícoles com les industrials han centrat tradicionalment l'atenció en el seguiment de la contaminació química de les aigües. Per altra banda, l'abocament d'aigües residuals tractades és també la causa de la presència en el medi de nombrosos compostos orgànics com fàrmacs, hormones i d'altres substàncies presents en els productes d'higiene personal, ja que estudis recents han posat de manifest que les plantes de tractament actuals poden no ser suficients per a eliminar-los, malgrat trobar-se en concentracions molt baixes (Kolpin, 2004).

És necessari disposar de marcadors adequats per detectar i localitzar les fonts de contaminació de l'aigua. El marcador ideal ha de permetre l'elucidació de la font de manera inequívoca i la quantificació de la magnitud d'aquesta contaminació. Un altre requeriment que ha de tenir una substància per ser un bon marcador és que hi hagi un consum regular i constant per part de la societat, la qual cosa implica que els hàbits de consum d'aquesta substància no han de ser susceptibles de canviar de forma sobtada. Finalment, les quantitats presents en les aigües residuals han de ser prou elevades com per permetre la seva quantificació després de la dispersió en el medi.

Els indicadors microbiològics, com per exemple els coliformes fecals, s'han utilitzat tradicionalment per monitoritzar la contaminació de les aigües naturals per part de les residuals, però la seva fiabilitat ha estat qüestionada a causa del seu curt temps de supervivència en el medi i de la limitada especificitat de la font. Alternativament, s'han suggerit diferents marcadors químics com els metabòlits endògens humans i els constituents de fàrmacs o de productes d'higiene personal (Buerge et al., 2003). Els esteroides fecals presenten un ús limitat com a traçadors d'aigües residuals ja que hi ha altres fonts d'aquestes substàncies, com ara la ramaderia, indistingibles de la humana (Standley et al., 2000). Pel que fa als compostos relacionats amb els tensioactius, com els nonilfenols, no només tenen com a font les aigües residuals domèstiques sinó que s'utilitzen en processos industrials i com a adjuvants en formulacions de plaguicides. La cafeïna i les fragàncies figuren entre els compostos amb característiques adients per ser utilitzats com a marcadors de contaminació per aigües residuals urbanes. La cafeïna és un bon marcador químic ja que les seves concentracions en l'aigua residual no tractada reflecteixen no només el consum, metabolisme i excreció del compost, sinó també la cafeïna provinent de begudes i aliments que s'han abocat directament, així com la degradació potencial en el sistema de clavegueram.

La cafeïna és una de les substàncies més àmpliament consumides en el món i es pot trobar en aliments, begudes i preparats farmacèutics. Alguns autors estimen un consum mitjà global de 70 mg per persona i dia, encara que pot variar molt segons els països. Un percentatge de la cafeïna passa sense canvis a través del cos humà i s'elimina per l'orina. A més, s'aboquen directament per les piques domèstiques quantitats relativament importants de cafè i te, de manera que a les EDAR hi arriben quantitats significatives d'aquesta substància. Els efluents de les depuradores d'aigües residuals urbanes poden ser una font de cafeïna per a les aigües naturals si aquesta substància no és eliminada completament en el procés de tractament. Una altra font podria ser l'abocament d'aigua residual no tractada directament a les aigües superficials, com per exemple en episodis de fortes pluges, durant els quals la capacitat de les instal·lacions de transport i/o de tractament de les aigües residuals es veu superada pels cabals elevats d'aigua que circulen per les xarxes de sanejament.

En aquest estudi de seguiment de la qualitat de l'aigua del riu Ridaura els paràmetres seleccionats inclouen compostos representatius de diferents fonts de contaminació, com pesticides, dissolvents i altres substàncies d'ús industrial, que s'han seleccionat en base a la seva presència en les aigües superficials, àmpliament documentada, i a la seva rellevància ambiental. La cafeïna ha estat escollida com a marcador de la contaminació per aigües residuals urbanes.

Material i mètodes

Paràmetres determinats

Les substàncies analitzades en el marc d'aquest estudi són les següents:

- Carboni orgànic total (TOC)
- Subproductes de la desinfecció de l'aigua regenerada
- Microcontaminants orgànics (es detallen més endavant)
- Cafeïna, com a traçador de contaminació per aigües residuals urbanes

Descripció de les mostres analitzades

Per al seguiment dels microcontaminants orgànics s'han analitzat mostres d'aigua recollides amb una freqüència aproximadament trimestral en el període 2004-2005 i en els punts següents:

- Efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro
- Aigua produïda per la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro
- P3: aigua del riu Ridaura sota el pont de Tapióles (aigües amunt de l'EDAR)
- P5: aigua del riu Ridaura sota el pont del carril bici (aigües avall de l'EDAR)
- P5': aigua del riu Ridaura sota el pont de la carretera a Sant Feliu de Guíxols (mostreig intensiu de la primavera de 2005)

Les mostres d'aigua es van recollir en ampelles de vidre àmbar i es van mantenir refrigerades a 4° C fins al seu processament. Prèviament a l'anàlisi les mostres es van filtrar emprant filtres de fibra de vidre de 0.45 µm per a eliminar la matèria en suspensió.

Mètodes d'anàlisi

Carboni orgànic total (TOC): Segons norma UNE-EN 1484.

Subproductes de desinfecció i dissolvents organoclorats: S'ha fet l'anàlisi de les mostres segons el mètode EPA 551, d'extracció líquid-líquid i cromatografia de gasos amb detector de captura d'electrons, aplicable a la determinació de trihalometans i dissolvents clorats. Els anàlits considerats són els següents:

Triclorometà	Diclorometà	Triclorete
Bromodiclorometà	Tetraclorometà	Tetraclorète
Dibromoclorometà	1,1-diclorete	1,1-diclorete
Tribromometà	1,2-diclorete	1,2-diclorete
	1,1,1-triclorete	1,2-diclorpropè
	1,1,2-triclorete	1,3-diclorpropè

Altres microcontaminants orgànics: Aquesta determinació s'ha basat en el mètode EPA 525, d'extracció en fase sòlida emprant un disc amb una fase C18 i una elució amb clorur de metilè, seguida d'una cromatografia de gasos amb detecció per espectrometria de masses.

Amb aquesta tècnica es pot detectar un ampli rang de compostos orgànics, que inclou hidrocarburs aromàtics policíclics (PAHs), bifenils policlorats (PCBs), ftalats i alguns plaguicides:

Aldrin	Antracè	2,3-Diclorobifenil
Atrazina	Benz[a]antracè	2-Clorobifenil
Dieldrin	Benzo[b]fluorantè	2,2',3,3',4,4',6-Heptaclorobifenil
Endrin	Benzo[k]fluorantè	2,2',4,4',5,6'-Hexaclorobifenil
Heptaclor	Benz[a]pirè	2,2',3,3',4,5',6,6'-Octaclorobifenil
Heptaclor epòxid	Dibenz[a,h]antracè	2,2'3',4,6-Pentaclorobifenil
Lindà	Fenantrè	2,2',4,4'-Tetraclorobifenil
Simazina	Pirè	2,4,5-Triclorobifenil
Butilbenzil ftalat	Di (2-etilhexil) ftalat	Pentaclorofenol
Di-n-butil ftalat	Dimetil ftalat	
Dietilftalat	Di-n-octil ftalat	

Cafeïna: El mètode emprat es basa en l'extracció i preconcentració de l'anàlit en una fase sòlida C18 i en la determinació posterior mitjançant HPLC amb detecció a $\lambda = 254$ nm (Moret, 2006).

Resultats i discussió

Carboni orgànic total (TOC)

Els resultats obtinguts en la determinació de carboni orgànic total en les mostres analitzades en aquest estudi apareixen recollits en la Taula Q-1.

Taula Q-1. Resultats obtinguts en el seguiment de les concentracions de carboni orgànic total, TOC (mg/l) en diferents punts del riu Ridaura i en els efluent de l'EDAR Castell-Platja d'Aro. (* : riu sec en aquest punt, ** : no es va agafar mostra).

Data	Carboni orgànic total, mg/l				
	Efluent secundari	Aigua regenerada	P3	P5	P5'
20/04/2004	14,1	12,3	4,1	3,2	**
20/05/2004	17,6	8,1	2,4	3,3	**
29/07/2004	8,4	9,7	11,3	9,8	**
06/10/2004	9,1	11,3	*	7,5	**
14/12/2004	13,2	10,0	*	7,2	**
07/03/2005	12,7	9,4	2,7	8,6	**
23/05/2005	11,0	11,8	3,0	10,5	**
30/05/2005	15,1	14,3	*	12,2	6,9
01/07/2005	10,4	12,0	6,8	10,4	7,9
27/09/2005	8,7	7,9	*	9,4	**
15/12/2005	11,5	8,1	5,6	8,9	**
Mitjana	12,0	10,4	5,1	8,3	---

Les determinacions de carboni orgànic total (TOC) realitzades en l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro han mostrat una relativa regularitat, oscil·lant entre 8,4 i 17,6 mg/l, amb una mitjana de 12,0 mg/l. L'aigua regenerada ha presentat un patró similar, però amb valors lleugerament inferiors, de manera que ha oscil·lat entre 7,9 i 14,3 mg/l i amb una mitjana de 10,4 mg/l.

Les determinacions realitzades en el riu Ridaura han presentat una variabilitat considerable entre les diferents mostres del riu amb valors que oscil·len entre 2,7 i 12,2 mg/L, aquest últim valor del mateix ordre que les concentracions trobades en els efluent de l'EDAR. Com es podia esperar, les concentracions de TOC són més baixes en el punt P3 (mitjana de 5,1 mg/l), aigües amunt de l'EDAR, ja que es tracta d'unes aigües naturals amb escàs recorregut i per tant amb poques possibilitats d'incorporar matèria orgànica. L'únic valor un xic elevat, el del 29/7/2004, d'11,3 mg/l, correspon a un moment proper a l'assecatge de la riera en aquest punt, en què la matèria orgànica queda concentrada per efecte de la reducció dels volums d'aigua.

Pel que fa als punts situats aigües avall de l'EDAR, els valors són més elevats (mitjana de 8,3 mg/l) i estan relacionats amb la menor o major presència de cabals naturals (de baix TOC) i/o de cabals d'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro. Els valors més baixos corresponen a la primera meitat del 2004, un període molt plujós, i els més elevats corresponen a l'any 2005, un any molt sec fins a la meitat del mes d'agost. Així, els valors més elevats, fins a 12,2 mg/l en el P5, es presenten quan els cabals naturals han deixat de fluir. És interessant també fer notar la reducció de TOC que es produeix entre el punt P5 i P5', potser producte de la degradació que pateix la matèria orgànica en la seva circulació superficial per la llera del riu Ridaura. Aquesta circulació és similar en alguns trams a la que es produiria en un aiguamoll construït, atès el creixement de macròfits que s'observa en molts trams de la llera.

Subproductes de desinfecció i dissolvents organoclorats

En totes les mostres analitzades els compostos considerats es troben per sota del límit de detecció del mètode. Els límits de detecció oscil·len entre 0,02 µg/l i 0,2 µg/l.

Altres contaminants orgànics

Dels compostos seleccionats només s'han identificat els plastificants Di-n-octil ftalat i Di-n-butil ftalat en les mostres corresponents a l'efluent secundari de l'EDAR en concentracions d'entre 10 i 20 µg/l. La significació d'aquests resultats és escassa, ja que són substàncies pràcticament ubiques en el medi ambient, producte de la vastíssima utilització de plàstics que fa la nostra societat.

Cafeïna

Els resultats obtinguts en el seguiment de les concentracions de cafeïna en el riu Ridaura i en els efluent de l'EDAR Castell-Platja d'Aro es recullen en la Taula Q-2. Com es pot observar en aquesta taula, es detecta cafeïna en totes les mostres dels efluent secundari i terciari de la planta de tractament, excepte en les corresponents al mes de setembre de 2005. Les concentracions són una mica més elevades en l'efluent secundari que en l'aigua regenerada i oscil·len entre els 3,7 µg/l de la mostra de l'efluent terciari d'octubre de 2004 i els 46,8 µg/l de la mostra de l'efluent secundari de finals de juliol del mateix any. Les mitjanes de la concentració de cafeïna del conjunt de dades disponibles són de 17,7 mg/l en l'efluent secundari i de 11,4 mg/l en l'aigua regenerada. Aquests valors estan dins del rang de concentracions trobades en un estudi de seguiment de la cafeïna en les diferents etapes del tractament de les aigües residuals realitzat en algunes de les EDAR de la Costa Brava (Moret, 2006). Això indica que en el tractament biològic per fangs activats es produeix l'eliminació del 99% de la cafeïna que arriba a les plantes de tractament.

Les concentracions de cafeïna trobades en les aigües naturals oscil·len entre el límit de detecció i uns pocs µg/l i aquesta substància es detecta en poques ocasions. Només en la mostra d'octubre de 2004 es va detectar cafeïna a una concentració de 3,9 µg/l aigües avall de l'EDAR Castell-Platja d'Aro (punt P5). També l'any 2004 es va detectar cafeïna en les

mostres de maig i juliol corresponents al punt situat aigües amunt de l'EDAR (P3) i a concentracions del mateix ordre (2,0 µg/l i 6,3 µg/l respectivament). L'origen de la cafeïna en aquest cas podria ser aigua residual no tractada, però que òbviament no prové de l'EDAR per ser un punt que es troba aigües amunt d'aquesta instal·lació. En cap de les mostres d'aigua del riu analitzades l'any 2005 es va detectar cafeïna. Aquests resultats són comparables als d'altres estudis que podem trobar a la literatura (Burgue et al., 2006) i als obtinguts en el seguiment d'altres rieres de la Costa Brava, concretament a les de Tossa i Aubí (Moret, 2006).

Taula Q-2. Resultats obtinguts en el seguiment de les concentracions de cafeïna (µg/l) en diferents punts del riu Ridaura i en els efluentes de l'EDAR Castell-Platja d'Aro. (* : riu sec en aquest punt, ** : no es va agafar mostra).

Data	Cafeïna, µg/l				
	Efluent secundari	Aigua regenerada	P3	P5	P5'
20/04/2004	14,1	8,9	< 0,05	< 0,05	**
20/05/2004	23,5	4,7	2,0	< 0,05	**
29/07/2004	46,8	18,9	6,3	< 0,05	**
06/10/2004	8,9	3,7	*	3,9	**
14/12/2004	7,2	4,3	*	< 0,05	**
07/03/2005	9,2	8,3	< 0,05	< 0,05	**
23/05/2005	25,2	25,8	< 0,05	< 0,05	**
30/05/2005	30,6	33,7	*	< 0,05	< 0,05
01/07/2005	18,1	15,2	< 0,05	< 0,05	< 0,05
27/09/2005	< 0,05	< 0,05	*	< 0,05	**
15/12/2005	10,5	2,3	< 0,05	< 0,05	**
Mitjana	< 17,7	< 11,4	< 1,2	< 0,4	---

A partir dels resultats obtinguts podem concloure que no s'observa una aportació significativa de cafeïna a les aigües superficials per part de l'EDAR en les dates i punts en els quals s'han agafat mostres. A partir de les mostres analitzades no es poden treure conclusions més concretes. Cal tenir en compte que es tracta d'un seguiment amb periodicitat trimestral dissenyat amb uns objectius més amplis que inclouen també els aspectes de qualitat ecològica i microbiològica de les aigües del riu Ridaura. Per tal de fer una millor avaluació del paper de la cafeïna com a marcador de contaminació per aigües residuals urbanes, caldria realitzar un seguiment continuat en el temps i prendre en consideració les diferents condicions de funcionament de les EDAR, com per exemple els episodis de pluja que provoquen l'entrada en servei dels sobreeixidors dels sistemes de sanejament i el consegüent abocament al medi d'aigües residuals sense tractar.

Conclusions i recomanacions

Q-1. Les concentracions de carboni orgànic total (TOC) són relativament estables tant en l'efluent secundari com en l'aigua regenerada, amb mitjanes de 12,0 i de 10,4 mg/l, respectivament. En el riu Ridaura les concentracions són més baixes aigües amunt de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro (mitjana de 5,1 mg/l), tot i que poden augmentar de manera puntual per causes naturals en els moments d'estiatge. Aigües avall de l'EDAR els efectes de l'abocament de l'efluent secundari són constatables (mitjana 8,3 mg/l) i la concentració de TOC augmenta fins a valors pràcticament idèntics als del propi efluent secundari en aquells moments en què no hi ha dilució per part dels cabals naturals.

- Q-2. En cap de les mostres analitzades s'han detectat subproductes de la desinfecció ni de dissolvents organoclorats. De la resta de microcontaminants orgànics, tan sols s'han detectat en les mostres corresponents a l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro unes substàncies avui en dia ubiques en el medi ambient com són els plastificants Di-n-octil ftalat i Di-n-butil ftalat, tot i que a concentracions molt baixes (entre 10 i 20 µg/l).
- Q-3. Les concentracions de cafeïna detectades en l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro són concordants amb les detectades en d'altres EDAR de la Costa Brava i amb els valors que apareixen en la literatura científica (mitjana de 17,7 mg/l) i són lleugerament superiors a les detectades en l'aigua regenerada (mitjana de 11,4 mg/l). La majoria de les mostres d'aigües del riu Ridaura analitzades durant el període d'estudi han donat valors inferiors al límit de detecció del mètode ($< 0,05 \mu\text{g/l}$), mentre que les que han donat concentracions mesurables han oscil·lat entre 2,0 i 6,3 µg/l.
- Q-4. Per tal de fer una millor avaluació del paper de la cafeïna com a marcador de contaminació per aigües residuals urbanes caldria un seguiment continuat en el temps i que tingués en consideració les diferents condicions de funcionament de les EDAR, com per exemple els episodis de pluja que provoquen l'entrada en servei dels sobreeixidors dels sistemes de sanejament i el consegüent abocament al medi d'aigües residuals sense tractar.

LA QUALITAT MICROBIOLÒGICA

El tractament de les aigües residuals i la qualitat microbiològica dels efluent

Històricament, les societats han desenvolupat actuacions de sanejament amb la finalitat de preservar la salut pública. Aquestes actuacions van consistir inicialment en allunyar les emissions de les aigües residuals dels punts de captació de les aigües potables, habitualment portant-les més avall. Posteriorment, aquestes actuacions van anar evolucionant vers l'aplicació de tractaments a les aigües residuals abans del seu abocament, amb l'objectiu de reduir els impactes que es produïen sobre el medi. En el nostre país el tractament de les aigües residuals ha estat una activitat dirigida i planificada fonamentalment per tècnics amb formació en el camp de l'enginyeria, de manera que s'ha fet especial èmfasi en les qüestions relacionades amb la hidràulica i amb l'eliminació dels contaminants principals, com la demanda bioquímica d'oxigen (DBO) i la matèria en suspensió (MES). La creixent sensibilitat entorn de les qüestions ambientals del darrer quart del segle XX i l'entrada en escena d'ecòlegs van fer veure la necessitat d'ampliar els tractaments existents fins a aconseguir també la reducció de les concentracions de nitrogen i/o de fòsfor dels efluent, a fi de reduir els impactes que el seu abocament encara provoca, especialment lligats als processos d'eutrofització de les aigües receptores.

De manera un xic paradoxal, però, les aigües residuals depurades continuen sent abocades al medi sense un tractament de desinfecció, malgrat que l'origen de les actuacions de sanejament està indubtablement lligat a la preservació de la salut pública. Així, les aigües residuals depurades són retornades al medi amb unes concentracions baixíssimes de DBO, de MES i, sovint, de nitrogen, però continuen aportant elevades concentracions de microorganismes indicadors de contaminació fecal i dels patògens associats. Alhora, la mala premsa del clor i dels seus derivats com a agents desinfectants ha tingut com a conseqüència que la pràctica més habitual en el conjunt de les estacions depuradores d'aigües residuals del país hagi estat la d'abocar efluent secundaris al medi sense desinfectar, a fi d'evitar els possibles impactes ambientals derivats de la utilització del clor a canvi, però, de perdre bona part de l'esforç fet prèviament per a l'aïllament de la contaminació microbiològica fecal.

Així doncs, i des del punt de vista sanitari, les EDAR són encara avui en dia notables focus d'emissió de contaminació microbiològica d'origen fecal i, des d'aquest punt de vista, continuen alterant la qualitat de les aigües dels punts que en reben l'abocament. Naturalment, la situació seria objectivament pitjor si no existís cap mena de tractament de les aigües residuals, però alhora cal tenir present que la reducció de la càrrega microbiana que realitzen els tractaments biològics (molt eficients a l'hora de reduir la DBO, la MES i el nitrogen) és relativament limitada. En un estudi dut a terme en deu EDAR s'assenyala que, mentre que les concentracions mitjanes de coliformes fecals, enterococs fecals, clostridis sulfit-reductors i colifags somàtics a l'entrada de les EDAR són d'un 7,0 ulog/100 ml, 6,0 ulog/100 ml, 5,0 ulog/100 ml i 6,5 ulog/100 ml respectivament, les mitjanes dels mateixos paràmetres en l'aigua de sortida són encara de 5,5 ulog/100 ml, 4,5 ulog/100 ml, 4,0 ulog/100 ml i 5,5 ulog/100 ml (Jofre & Lucena, 2006).

La progressiva construcció en els darrers 10-15 anys de tractaments de regeneració d'aigües de cara a la seva posterior reutilització ha permès que les EDAR del país disposessin, segurament per primera vegada, dels elements necessaris per dur a terme una desinfecció eficaç de les aigües depurades. Tot i que les aigües regenerades són subministrades per atendre demandes de tipus no-potable, sol ser habitual que la producció es fixi en uns valors de cabal superiors als de la demanda, de manera que el major o menor excedent d'aigua regenerada és abocat al medi com a aigua de millor qualitat microbiològica que la d'un efluent secundari. Aquesta situació es produeix en la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro i aquest és el motiu pel qual s'intenta documentar quina és la reducció

en les concentracions microbianes aportada per aquest tractament, així com el seu efecte en la qualitat microbiològica del riu Ridaura i el potencial existent en la millora del seu tram final.

Material i mètodes

Paràmetres indicadors de la qualitat microbiològica

La qualitat microbiològica d'una aigua se sol avaluar a partir de la determinació de les concentracions dels microorganismes indicadors de contaminació fecal, encara que de vegades també es determinen directament les concentracions de microorganismes patògens. Les característiques i propietats dels principals microorganismes indicadors són les següents:

Coliformes: Són bacteris anaerobis facultatius gramnegatius, no formadors d'espores, oxidasa negatius, amb forma de coccobacils, i que fermenten la lactosa (a través de l'enzim β -galactosidasa) amb formació d'àcid i de gas en un període de 24 a 48 h i a una temperatura de $36 \pm 2^\circ\text{C}$. Són indicadors no específics de contaminació fecal.

Coliformes termotolerants: Són coliformes que produeixen àcid i gas a partir de la fermentació de la lactosa a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ en un període de 24 ± 2 h. Són també coneguts com a coliformes fecals, a causa de el seu paper com a indicadors de contaminació fecal.

***Escherichia coli* (*E. coli*):** És una espècie de bacteri coliforme termotolerant que produeix indol a partir del triptòfan, i que actualment se'l defineix també com a coliforme capaç de produir β -glucuronidasa. És molt apropiat per indicar la contaminació fecal d'animals de sang calenta.

Estreptococs fecals: Són cocs grampositius, catalasa negatius, que creixen en mitjans selectius (brou de dextrosa-azida, agar d'enterococs o agar esculina) en presència de bilis i a 45°C . Pertanyen als gèneres *Enterococcus* i *Streptococcus*, i posseeixen l'antigen del grup D de Lancefield.

Enterococs: Gairebé tots els estreptococs fecals que creixen a pH 9,6, entre 10 i 45°C i en un medi amb 6,5% de NaCl són membres del gènere *Enterococcus*. També satisfan els criteris de resistència a 60°C durant 30 minuts i de capacitat de reduir el blau de metilè al 0,1%. Els enterococs són un subconjunt dels estreptococs. Alternativament, els enterococs es poden identificar directament com a microorganismes capaços de créixer aeròbicament a $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ i d'hidrolitzar el metilumbeliferil- β -4-D-glucoside (MUD), detectant-se l'activitat β -glucosidasa per fluorescència blava a 366 nm en presència de l'acetat de tal·li, d'àcid nalidíxic i de clorur de 2,3,5, trifeniltetrazolium (TTC), que es redueix produint formazan en el mitjà especificat (Anònim, 1998).

Clostridis sulfit-reductors (CSR): Són bacils grampositius, formadors d'espores, immòbils, anaerobis estrictes que redueixen el sulfit a sulfur d'hidrogen. *Clostridium perfringens* pertany al grup dels CSR, però també fermenta la lactosa, la sucrosa i l'inòsitol amb producció de gas, redueix el nitrat, hidrolitza la gelatina i produeix la lecitinasa i l'àcid fosfatasa. Bonde (1963) va suggerir que no tots els CSR són bons indicadors de contaminació fecal, tot i que d'entre aquests el *Clostridium perfringens* seria el més apropiat.

Bifidobacteris: Són bacils anaerobis estrictes, no formadors d'espores, immòbils, grampositius, altament pleomòrfics i que poden exhibir formes de ramificació dels bulbs (bífids), de coccidis, coryneformes, i amb formes d'Y i de V. Són tots catalasa negatius i fermenten la lactosa, excepte les tres espècies que habiten en insectes: *B. asteroides*, *B. indicum* i *B. coryneforme*. És un dels grups més nombrosos de bacteris presents en la femta d'animals de sang calenta.

Bacteriòfags (fags): Són virus que infecten bacteris. Aquells que infecten determinats bacteris que habiten al tub digestiu de l'home i dels animals poden servir per determinar la qualitat de l'aigua. En certes situacions són emprats com a microorganismes model dels virus entèrics humans. Són d'interès per a aquesta finalitat els colifags somàtics, els colifags F-específics RNA, (colifags F-RNA) i els fags que infecten *Bacteroides fragilis*.

Colifags: Els colifags somàtics infecten *E. coli* a través de la paret cel·lular i inclouen els fags esfèrics de la família *Microviridae* i diversos fags amb cua inclosos en tres famílies diferents. Estan presents als excrements de l'home i de tots els animals de sang calenta. Els colifags F-RNA infecten *E. coli* a través dels pèls sexuals (factor F) i són fags sense cua, englobats en quatre serogrupos. També es troben als excrements de l'home i de tots els animals de sang calenta. Els serogrupos II i III predominen a l'home i els I i IV als animals.

Bacteriòfags de *Bacteroides* ssp.: Aquests fags infecten un dels bacteris més abundants de la femta com és *Bacteroides*. Els més abundants pertanyen a la família *Siphoviridae* amb cua flexible. Algunes soques hoste, per exemple *Bacteroides fragilis* RYC2056, detecten fags a les femtes de l'home i altres animals, mentre que d'altres detecten només fags a les femtes humanes, per exemple *Bacteroides fragilis* HSP40 o *Bacteroides thetaiotaomicron* GA17.

Campanyes de mostreig i presa de mostres

Amb la finalitat d'assolir els objectius proposats, s'han realitzat dues menes de campanyes de mostreig:

- Una campanya de fons, amb una periodicitat aproximadament bimensual, duta a terme durant els anys 2004 i 2005, destinada a conèixer i valorar el comportament del sistema en condicions normals de funcionament.
- Una campanya intensiva, duta a terme a finals de la primavera del 2005 (darrera setmana de maig i primera de juny), destinada a avaluar fins a quin punt era possible millorar la qualitat sanitària del tram final del riu Ridaura. Les dates triades corresponen a un moment en el qual el riu Ridaura ja no portava cabals naturals aigües amunt de l'EDAR i en el qual la pràctica totalitat de l'efluent secundari podia ser regenerat abans de ser abocat.

Les mostres analitzades han estat les següents:

- Efluent secundari (aigua depurada).
- Efluent terciari (aigua regenerada).
- P3: el riu Ridaura sota el pont de Tapioles.
- P5: el riu Ridaura sota el pont del carril bici.
- P5': el riu Ridaura sota el pont de la carretera a Sant Feliu de Guíxols.

Respecte als punts de mostreig escollits i en base als resultats analítics, el punt P3 seria un punt de referència de la qualitat de l'aigua en el moment en el qual el riu deixa els vessants de la muntanya i s'endinsa a la vall, i en el qual la qualitat no es veu especialment alterada per l'activitat humana, que hi és mínima. En aquest sentit, cal apuntar que cap dels paràmetres estudiats (físics, químics i biològics) des del 2003, any de l'inici dels estudis, fins a l'actualitat, mostra en aquest punt cap mena d'afecció ambiental important, incloses les que es podrien esperar per part de l'abocador de Solius. En aquest punt tan sols és possible la circulació de cabals naturals o bé la seva absència causada pel procés d'estiatge.

En canvi, el punt P5, situat pocs metres aigües avall del punt d'abocament de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro, correspon a l'indret on es manifesten amb més intensitat els efectes de l'abocament de l'aigua tractada, i presenta una variabilitat molt més gran en la seva qualitat. En aquest punt, així com en la resta de punts aigües avall d'aquest, hi podem trobar des de cabals que corresponen íntegrament a l'efluent secundari de l'EDAR fins a cabals que són una mescla, en proporcions variables al llarg de l'any, dels cabals naturals i de l'efluent secundari abocat. Cal fer esment també que els volums abocats d'efluent secundari són altament variables al llarg de l'any en funció del volum d'aigua residual que arriba a l'EDAR en cada moment, del volum que és abocat a mar a través d'emissari, i del volum no abocat perquè segueix la via del tractament de regeneració i de la reutilització. Per tant, per a la correcta interpretació dels resultats trobats en aquest punt caldrà una consideració de tots aquests factors. En el punt P5, doncs, hi trobem una pèrdua de la qualitat fisicoquímica i biològica respecte a la situació descrita per al punt P3. Finalment, esmentar que el punt P5' va ser escollit de cara a la campanya de seguiment intensiu per tal de documentar les possibles variacions de qualitat de l'aigua després d'una circulació superficial per la llera del riu d'uns 2 km des del punt anterior.

Calendari de recollida de mostres

Per a la campanya de fons:

- Any 2004: 9 de març, 20 d'abril, 8 de juny, 1 de juliol, 4 d'agost, 7 d'octubre, 21 de desembre.
- Any 2005: 4 de febrer, 9 de març, 6 de juny i 28 de setembre.

Per a la campanya intensiva realitzada a finals de primavera de 2005:

- Mostres preses a les 10:00 i 15:30 hores (dues al dia) els dies 30 i 31 de maig i 2, 6 i 7 de juny.

Seguiment fisicoquímic del procés de regeneració

Paral·lelament a la presa de mostres per a les anàlisis microbiològiques es van realitzar tota una sèrie de determinacions fisicoquímiques amb la finalitat de caracteritzar la qualitat de l'aigua de cara a la seva regeneració. Aquestes determinacions han estat realitzades just després de la recollida de les mostres, a fi d'assegurar una màxima fiabilitat dels resultats. En la Taula M-1 es recullen els paràmetres fisicoquímics analitzats i els mètodes analítics emprats.

Taula M-1. Descripció i mètodes d'anàlisi dels paràmetres fisicoquímics determinats en les diferents mostres d'aigua obtingudes a la planta de regeneració d'aigua de Castell-Platja d'Aro.

Paràmetres fisicoquímics	Mètodes analítics
MES (mg/l)	Standard Methods, 2540-D
Terbolesa (NTU)	Nefelometria
Transmitància (%)	Espectrofotometria
Clor residual total	Kit colorimètric

Determinació i recompte de microorganismes

Microorganismes utilitzats en l'estudi

Per tal d'avaluar la qualitat microbiològica de les aigües, tant residuals com del riu Ridaura, i l'efecte de millora de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro, s'han emprat els següents microorganismes :

- Bacteris
 - o Coliformes fecals
 - o Enterococs fecals
 - o Espores de clostridis reductors de sulfit
- Virus
 - o Bacteriòfags indicadors
 - § Colifags somàtics
 - § Bacteriòfags F-RNA
 - § Bacteriòfags de *Bacteroides fragilis* RYC2056
 - § Bacteriòfags de *Bacteroides thetaiaomicron* GA17
 - o Patògens
 - § Enterovirus
- Protozous
 - o *Cryptosporidium* spp.: ooquistes totals

Tècniques de concentració i enumeració

Bacteris

- Coliformes fecals: Enumeració mitjançant la filtració per membrana i sembra en el medi selectiu mFC agar.
- Enterococs fecals: Enumeració mitjançant la filtració per membrana i sembra en el medi selectiu mEnterococcus agar.
- Espores de clostridis sulfit-reductors: enumeració mitjançant la sembra en massa en el medi selectiu SPS.

Bacteriòfags

- Colifags somàtics: Concentració per filtració segons Méndez et al. 2004 i enumeració mitjançant ISO 10705-2 (Anònim, 2000).
- Fags F-RNA: Concentració per filtració segons Méndez et al. 2004 i enumeració mitjançant ISO 10705-1 (Anònim, 1995).
- Fags de *Bacteroides fragilis* RYC: Concentració per filtració segons Méndez et al. 2004 i enumeració mitjançant ISO 10705-4 (Anònim, 2001).
- Bacteriòfags de *Bacteroides thetaiaomicron* GA17 (nova soca en estudi al DM, Payán et al. 2005): Concentració per filtració segons Méndez et al. 2004 i enumeració mitjançant ISO 10705-4 (Anònim, 2001).

Protozous

- *Cryptosporidium*: El protocol seguit és el següent:
 - Concentració de les mostres segons el protocol descrit en el Mètode 1623 (US EPA, 1999).
 - Detecció dels ooquistes mitjançant citometria de fase sòlida segons Montemayor et al. (2005).

Enterovirus

- Per a la quantificació d'enterovirus en les mostres dels efluent secundaris
 - Descontaminació de les mostres mitjançant filtres tipus GP 0,22 µm (Mocé-Llivina, 2003).
 - Quantificació dels enterovirus presents als concentrats sobre la línia cel·lular BGM. Mètode de titulació de la doble capa (Mocé-Llivina, 2004).
- Per a la quantificació d'enterovirus en les mostres dels efluent terciaris
 - Concentració dels enterovirus presents a les mostres en filtres electropositius Zeta Plus i elució dels enterovirus adsorbits al filtre seguint el protocol descrit per l' EPA (US EPA, 1996).
 - Aplicació del mètode de concentració secundària de la floculació orgànica (Katzenelson, 1976).
 - Descontaminació dels concentrats obtinguts en el procés de concentració secundària mitjançant filtres tipus GP 0,22 µm (Mocé-Llivina, 2003).
 - Quantificació dels enterovirus presents als concentrats sobre la línia cel·lular BGM. Mètode de titulació de la doble capa (Mocé-Llivina, 2004).

Nomenclatura

La nomenclatura utilitzada en aquest estudi ha estat la següent:

- CF: coliformes fecals, ufc/100 ml.
- EF: enterococs fecals, ufc/100 ml.
- CSR: espores de clostridis reductors de sulfit, ufc/100 ml.
- SOM: colifags somàtics, ufp/100 ml.
- FRNA: bacteriòfags F-RNA específics, ufp/100 ml.
- RYC: fags que infecten a la soca RYC2056 de *Bacteroides fragilis*, ufp/100 ml.
- GA17: fags que infecten a la soca GA17 de *Bacteroides fragilis*, ufp/100 ml.
- ENT: enterovirus, ufp/litre.
- CRYP: ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp/litre.
- SEC: efluent secundari.
- CLO: efluent amb tractament de cloració.
- UV: efluent amb tractament de llum ultraviolada.
- CUV: efluent amb tractament combinat de cloració i llum ultraviolada.

Exemples:

- SECFRNA: Valors de bacteriòfags F-RNA específics, ufp/100 ml en l'efluent secundari.
- CLOFRNA: Valors de bacteriòfags F-RNA específics, ufp/100 ml en l'aigua clorada.

Resultats i discussió

Qualitat fisicoquímica

Aigua depurada i efecte del tractament de regeneració

A l'igual de la majoria d'instal·lacions en zones turístiques, l'EDAR de Castell-Platja d'Aro està sotmesa a una important variabilitat de condicions al llarg de l'any. Aquestes condicions resulten del creuament de les dues principals variables: el volum d'aigua residual i l'escorrentia. El volum d'aigua residual generada és funció directa de la població resident en la zona en cada moment, mentre que l'escorrentia és generada per la pluviometria que acaba arribant als sistemes de sanejament. En la Taula M-2 es descriuen les situacions que es poden presentar i les incidències més plausibles que es poden donar en l'explotació de l'EDAR.

Taula M-2. Diversitat de condicions de l'explotació de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i incidències sobre el seu funcionament.

Condicions	Funcionament de l'EDAR
Temporada baixa i absència de pluges	Cabals relativament constants, funcionament estable, elevada qualitat en l'efluent secundari
Temporada baixa amb pluges	Cabals superiors als normals, disminució de la càrrega orgànica per dilució, qualitat fins i tot superior a la de temps sec
Temporada alta i absència de pluges	Cabals elevats però constants, funcionament estable, bona qualitat de l'efluent secundari (dins dels límits per a l'abocament)
Temporada alta amb pluges	Cabals elevats, possibilitat de rentat de licor mescla i d'arrossegament de fangs en cas de pluges d'elevada intensitat, possibilitat de notable empitjorament de la qualitat de l'efluent secundari

Taula M-3a. Qualitat fisicoquímica de l'efluent secundari i de l'efluent terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro en les dates més properes a la presa de mostres de microbiologia avançada durant l'any 2004.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques (a)	MES, mg/l		Terbolesa, NTU		T254, %		pH	CE, dS/m	Amoni, mg NH ₄ -N/l	Fòsfor total, mg P/l
	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3				
Tipus d'aigua (b)										
1) 9-mar-2004	2,2	2,8	1,0	1,0	65	63	7,7	0,92	0,3	2,8
2) 26-abr-2004	2,3	1,2	0,6	0,6	66	64	7,4	0,96	2,8	2,4
3) 8-jun-2004	5,4	2,8	2,5	1,9	55	56	7,7	1,04	18,0	2,3
4a) 28-jun-2004	24,6	12,8	17,5	11,5	33	37	7,6	1,23	34,0	1,6
4b) 5-jul-2004	8,0	1,4	1,0	0,6	60	62	7,2	1,26	33,0	0,8
5) 3-ago-2004	5,8	4,6	4,6	3,3	47	54	7,7	1,70	37,0	1,4
6) 4-oct-2004	10,2	4,6	4,6	3,3	71	75	7,8	1,24	30,0	7,9
7) 14-des-2004	3,0	2,4	0,5	0,4	67	61	7,6	1,30	6,4	8,3
Nombre mostres	34	27	29	29	29	29	35	35	33	33
Mitjana anual	6,4	3,7	3,6	2,2	56	57	7,6	1,14	17,7	3,9
Percentil 90 anual	12,9	6,8	7,0	3,4	67	64	7,8	1,37	34,8	8,2

Notes:

(a) Les dates de mostreig per a les anàlisis microbiològiques van ser: **1)** 9-mar-2004; **2)** 20-abr-2004; **3)** 8-jun-2004; **4)** 1-jul-2004; **5)** 4-ago-2004; **6)** 7-oct-2004; **7)** 21-des-2004

(b) Abreviacions: Efl2 = efluent secundari; Efl3 = efluent terciari

Al llarg de tot el període de mostreig, tant en l'any 2004 com en el 2005, la qualitat de l'efluent secundari ha estat sempre dins dels límits que marca la legislació per al seu abocament (DBO₅ < 25 mg/l; MES < 35 mg/l), de manera que cal considerar que aquesta és una aigua òptima per ser entrada en un tractament de regeneració i posteriorment reutilitzada. Pel que fa als criteris de qualitat fisicoquímica (percentils 90 del conjunt anual de

valors de MES i terbolesa inferiors a 20 mg/l i a 5,0 NTU, respectivament), l'aigua regenerada també ha estat dins dels límits normatius esmentats (veure Taules M-3a i M-3b).

L'elevada pluviometria de l'hivern i la primavera de l'any 2004 va propiciar unes qualitats excel·lents tant a nivell d'efluent secundari com d'aigua regenerada, tal com s'aprecia en els resultats recollits en la Taula M-3a i corresponents al període comprès entre inicis de març i inicis de juny. La pèrdua de qualitat dels valors del dia 28 de juny de 2004 mostra probablement la pertorbació causada per la festivitat de Sant Joan, en la qual sol haver-hi un augment sobtat de cabals d'aigua residual, fruit de l'augment també sobtat de població, mentre que els valors del 5 de juliol de 2004 mostren una clara recuperació cap als valors de qualitat normals en aquesta EDAR i en aquesta època de l'any. La resta de valors fins a finals d'any, marcats per l'absència de grans pertorbacions causades per episodis de pluja, han de ser considerats també com a normals en aquesta EDAR.

Taula M-3b. Condicions de treball de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro en les dates més properes a la presa de mostres de microbiologia avançada durant l'any 2004.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques (a)	Dosi coagulant, mg PAX18/l (producte actiu)	Velocitat de filtració, m/h	Dosi UV, mW.s/cm ²	Dosi hipoclorit, ppm Cl ₂	Clor residual total, ppm Cl ₂
1) 9-mar-2004	-	4,2	57,9	-	2,5
2) 26-abr-2004	-	4,2	59,9	-	3,0
3) 8-jun-2004	-	4,1	45,7	5	2,4
4a) 28-jun-2004	-	3,4	24,0	5	2,4
4b) 5-jul-2004	-	4,2	56,0	5	2,4
5) 3-ago-2004	10	3,9	42,7	5	3,0
6) 4-oct-2004	-	2,5	86,9	5	1,8
7) 14-des-2004	-	2,5	54,1	5	3,0

Notes:

(a) Les dates de mostreig per a les anàlisis microbiològiques van ser: **1)** 9-mar-2004; **2)** 20-abr-2004; **3)** 8-jun-2004; **4)** 1-jul-2004; **5)** 4-ago-2004; **6)** 7-oct-2004; **7)** 21-des-2004

Durant l'any 2004, el procés de regeneració ha estat format per una filtració i una desinfecció mixta amb llum UV i hipoclorit, amb uns paràmetres d'explotació que es descriuen en la Taula 4b. Tal com es pot observar, la coagulació ha quedat restringida al mes d'agost, mentre que les velocitats de filtració s'han mantingut entre 2,5 – 4,2 m/h, molt per sota dels valors màxims de disseny. El paràmetre que més variacions ha experimentat ha estat la dosi de llum UV, que ha oscil·lat entre 24 i 87 mJ/cm². Aquestes variacions en la dosi de llum UV són degudes a les notables variacions de transmissió a 254 nm que es donen al llarg de l'any en aquesta EDAR, motiu pel qual la combinació amb un segon desinfectant, en aquest cas l'hipoclorit a una dosi de 5 mg Cl₂/l, és absolutament imprescindible en el moment actual per assolir els objectius de qualitat microbiològica en l'aigua regenerada. Durant l'any 2004 els valors de clor residual en els dies propers a la presa de mostres per a l'estudi s'han mantingut entre els 1,8 i els 3,0 mg Cl₂/l.

Taula M-4a. Qualitat fisicoquímica de l'efluent secundari i de l'efluent terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro en les dates més properes a la presa de mostres de microbiologia avançada durant l'any 2005.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques (a)	MES, mg/l		Terbolesa, NTU		T254, %		pH	CE, dS/m	Amoni, mg NH ₄ -N/l	Fòsfor total, mg P/l
Tipus d'aigua (b)	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3	Efl3	Efl3	Efl2	Efl2
1a) 12-gen-2005	4,2	4,8	2,0	1,8	59	57	7,7	1,12	16,0	4,8
1b) 22-feb-2005 (c)	2,2	-	0,4	-	66	-	7,5	0,92	11,0	< 0,3
2) 7-mar-2005	17,2	1,6	8,5	0,3	54	67	7,8	1,50	13,0	5,7
3) 7-jun-2005	7,4	3,2	1,8	0,8	52	31	7,4	1,11	31,0	6,6
4a) 20-set-2005	4,4	2,8	1,6	1,8	57	39	8,3	1,30	26,0	4,0
4b) 3-oct-2005	8,0	2,8	3,9	0,8	55	44	8,2	1,23	22,0	5,2
Nombre mostres	61	31	42	36	39	34	63	63	51	55
Mitjana anual	8,6	4,6	3,8	2,6	50	45	7,7	1,41	27,6	5,1
Percentil 90 anual	17,0	8,8	8,5	4,8	62	55	7,9	1,55	45,0	8,8

Notes:

(a) Les dates de mostreig per a les anàlisis microbiològiques van ser: **1)** 4-feb-2005; **2)** 9-mar-2005; **3)** 6-jun-2005; **4)** 28-set-2005

(b) Abreviacions: Efl2 = efluent secundari; Efl3 = efluent terciari

(c) En aquesta data el tractament terciari estava aturat

Pel que fa a l'any 2005, les condicions de l'efluent secundari i de l'aigua regenerada produïda han estat també dins dels límits normatius per a cada tipus d'aigua, i no s'han enregistrat incidències remarcables en els dies de mostreig per a les anàlisis de la microbiologia avançada (Taula M-4a). Les condicions de treball del tractament terciari també han estat molt semblants a les de l'any 2004 (Taula M-4b), amb velocitats de filtració 2,1 i 6,0 m/h i dosis de llum UV d'entre 14 i 66 mJ/cm², a les quals s'hi ha afegit una dosi addicional d'hipoclorit de 5 mg Cl₂/l. Durant l'any 2005, els valors de clor residual en els dies propers a la presa de mostres per a l'estudi s'han mantingut entre els 2,4 i els 4,0 mg Cl₂/l.

Taula M-4b. Condicions de treball de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro en les dates més properes a la presa de mostres de microbiologia avançada durant l'any 2005.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques (a)	Dosi coagulant, mg PAX-18/l (producte actiu)	Velocitat de filtració, m/h	Dosi UV, mW.s/cm ²	Dosi hipoclorit, ppm Cl ₂	Clor residual total, ppm Cl ₂
1) 12-gen-2005	-	3,1	47,3	5	2,4
2) 7-mar-2005	-	3,5	66,3	5	2,6
3) 7-jun-2005	-	3,0	19,6	5	4,0
4a) 20-set-2005	-	2,1	25,7	5	4,0
4b) 3-oct-2005	-	6,0	30,4	5	3,0

Notes:

(a) Les dates de mostreig per a les anàlisis microbiològiques van ser: **1)** 4-feb-2005; **2)** 9-mar-2005; **3)** 6-jun-2005; **4)** 28-set-2005

Qualitat microbiològica

Resultats de la campanya de fons (2004-2005)

En la Taula M-5 es recull l'estadística descriptiva, en unitats logarítmiques, dels paràmetres estudiats i dels diferents tipus d'aigües analitzades durant les campanyes rutinàries del bienni 2004-2005, mentre que en la Taula M-6 es presenten les reduccions mitjaneres assolides per la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro. Els resultats detallats de les anàlisis de les diferents campanyes de mostreig es recullen en l'Annex M-1.

Aigua depurada i efecte del tractament de regeneració

L'aigua depurada (efluent secundari) produïda per l'EDAR de Castell-Platja d'Aro té la qualitat microbiològica que correspon a aquesta mena d'instal·lacions, tant a nivell bacterià com víric. Així, en termes mitjans i pel que fa a bacteris, la concentració de coliformes fecals en 100 ml se situa entre les 4,9 i 6,3 unitats logarítmiques (ulog), la dels enterococs fecals entre 3,8 i 5,8 ulog/100 ml, i la de les espores de clostridis sulfít-reductors entre 3,0 i 4,7 ulog/100 ml. Les desviacions típiques mesurades són molt semblants per als tres grups de microorganismes, oscil·lant entre 0,43 i 0,52 ulog/100 ml, la qual cosa dóna una idea de la regularitat d'aquests resultats.

Taula M-5. Estadística descriptiva dels resultats obtinguts per als diferents paràmetres i tipus d'aigua en les campanyes bimensuals de seguiment realitzades entre 2004 i 2005 (valors mínim, màxim, desviació típica i mitjana, en unitats logarítmiques).

Tipus de microorganisme i d'aigua	N	Mínim	Màxim	Mitjana geomètrica	Desviació típica
P3CF	8	0,90	2,98	< 1,89	0,73
P3EF	8	< 1,00	2,18	< 1,12	0,46
P3CSR	9	0,00	1,90	< 1,00	0,48
P3SOM	7	0,00	2,60	< 0,91	1,08
P3FRNA	8	< -0,40	2,15	< 0,74	0,92
P3RYC	7	< -0,60	0,00	< -0,40	0,19
P3GA17	7	< -0,40	1,08	< -0,03	0,56
P3CRYP	5	< -1,60	< -0,96	< -1,22	0,27
P3ENT	5	< -1,60	-0,55	< -0,93	1,02
SECCF	11	4,90	6,30	5,54	0,43
SECEF	11	3,88	5,73	4,50	0,52
SECCSR	11	3,08	4,62	3,83	0,47
SECSOM	11	4,06	5,34	4,79	0,44
SECFRNA	11	3,49	4,86	4,12	0,40
SECRYC	11	1,00	2,74	1,97	0,55
SECGA17	10	1,60	3,50	2,63	0,58
SECCRYP	7	-0,14	1,76	< 0,63	0,69
SECENT	7	< -2,00	2,40	< 1,28	1,47
TERCF	11	< 1,00	2,18	< 1,22	0,38
TEREF	10	< 0,60	1,48	< 1,03	0,22
TERCSR	10	< 1,00	2,85	< 1,85	0,72
TERSOM	11	1,60	3,23	2,49	0,59
TERFRNA	11	2,00	3,84	2,94	0,61
TERRYC	11	-0,40	1,94	< 0,72	0,82
TERGA17	10	0,00	2,58	1,34	0,83
TERCRYP	6	< -1,70	1,76	< 0,07	1,32
TERENT	7	< -2,00	< -1,60	< -1,90	0,17
P5CF	11	< 1,00	5,18	< 3,17	1,27
P5EF	11	< 1,00	4,70	2,53	1,26
P5CSR	12	1,00	4,00	2,83	1,02
P5SOM	11	2,62	4,74	3,64	0,71
P5FRNA	11	2,20	4,39	3,55	0,60
P5RYC	11	0,00	2,00	< 0,98	0,64
P5GA17	10	0,30	3,02	1,90	0,93
P5CRYP	7	< -1,10	1,73	< 0,18	1,14
P5ENT	6	< -2,00	0,53	< -1,01	1,00

Dels resultats obtinguts dels bacteriòfags analitzats es pot concloure que les concentracions mitjanes trobades se situen prop de les 5 ulog/100 ml en el cas dels colífags somàtics, de les 4 ulog/100 ml en el dels bacteriòfags F-RNA, de les 2 ulog/100 ml per als RYC, i entre 2,5 i 3,0 ulog/100 ml en el cas dels G17, mentre que per als enterovirus (virus patògens), aquests valors mitjans se situen per sota d'1,3 ulog/litre. En el cas dels bacteriòfags, les desviacions típiques són també relativament homogènies entre si (entre 0,40 i 0,58 ulog/100 ml), mentre

que en el cas dels enterovirus s'observa una més gran variabilitat en les dades, fet que dona una desviació típica de 1,47 ulog/litre, producte d'uns valors habitualment molt baixos i d'un pic màxim de 2,40 ulog/litre. Finalment, respecte als ooquistes totals de *Cryptosporidium*, cal apuntar que les concentracions mitjanes són inferiors a 0,63 ulog/litre, amb una desviació típica de 0,69 ulog/litre, valor també relativament elevat si se'l compara amb l'esmentada mitjana.

Pel que fa a l'aigua regenerada, s'observa una reducció important en les concentracions dels bacteris indicadors de contaminació fecal clàssics, com els coliformes fecals (mitjana inferior a 1,22 ulog/100 ml) i els enterococs fecals (mitjana inferior a 1,03 ulog/100 ml), mentre que en les formes més resistents, com és el cas de les espores de clostridis, la reducció és substancialment menor (mitjana inferior a 1,85 ulog/100 ml), la qual cosa significa unes reduccions logarítmiques superiors a 4,32, 3,47 i 1,98 ulog/100 ml, respectivament. Alhora, l'efecte de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro sobre els bacteriòfags és de menor intensitat que el que produeix sobre els bacteris, la qual cosa posa de manifest l'error que pot suposar inferir determinades pautes i rendiments de desinfecció en base al grup de microorganismes menys resistent –els coliformes fecals. Així, les concentracions mitjanes de colifags somàtics i F-RNA se situen en els 2,49 i 2,94 ulog/100 ml, respectivament, fet que indica reduccions de 2,30 ulog/100 ml per als primers i tan sols de 1,18 ulog/100 ml per als segons. Les eliminacions dels bacteriòfags RYC i GA17 de *Bacteroides fragilis* són similars a les dels fags F-RNA (entre 1,25 i 1,30 ulog/100 ml), però les concentracions en l'aigua regenerada són força menors (inferiors a 0,72 ulog/100 ml per als RYC i 1,34 ulog/100 ml per als GA17) a causa de la seva inferior concentració en l'efluent secundari (entre 2 i 3 ulog/100 ml menys).

Taula M-6. Resum de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'efluent secundari i en l'aigua regenerada, i eliminacions mitjanes de cadascun d'ells assolides durant el període d'estudi.

Microorganismes	Mitjanes 2004-005		
	Efluent secundari	Aigua regenerada	Reducció assolida (a)
Bacteris			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	5,54	≤ 1,22	≥ 4,32
Enterococs fecals, ulog/100 ml	4,50	≤ 1,03	≥ 3,47
Clostridis sulfít-reductors, ulog/100 ml	3,83	≤ 1,85	≥ 1,98
Virus			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	4,79	2,49	2,30
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	4,12	2,94	1,18
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,97	≤ 0,72	≥ 1,25
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	2,63	1,34	1,29
Enterovirus, ulog/litre	< 1,28	≤ - 1,90	-
Protozous			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquistes/litre	< 0,63	≤ 0,07	-

(a) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors “menors que”) en ambdós tipus d'aigua.

Finalment, constatar que els enterovirus queden pràcticament eliminats amb el tractament actual, amb una concentració en l'aigua regenerada inferior a –1,90 ulog/litre, i que els ooquistes totals de *Cryptosporidium* se situen en valors inferiors a 0,07 ulog/litre. Encara que no quantificables amb precisió, les eliminacions d'enterovirus assolides en condicions d'explotació rutinària han de ser vistes com un important factor de protecció de cara a evitar la transmissió de malalties víriques pels diferents usos que es dona a l'aigua regenerada. Respecte a les desviacions típiques observades en les mostres d'aigua regenerada, cal apuntar que són més grans que les mesurades en les d'efluent secundari, ja que petites oscil·lacions en el rendiment del tractament de desinfecció poden fer variar de manera apreciable les concentracions finals de microorganismes. En les Figures M-1, M-2 i M-3 es representen les mitjanes geomètriques i

les desviacions típiques de les concentracions dels microorganismes analitzats durant el període d'estudi en les diferents mostres d'aigua.

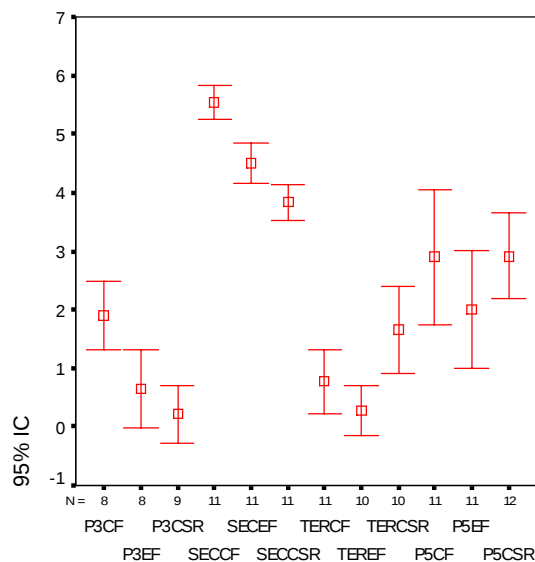


Figura M-1. Resum dels valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufc/100 ml) per als bacteris determinats en els punts de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i del riu Ridaura durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

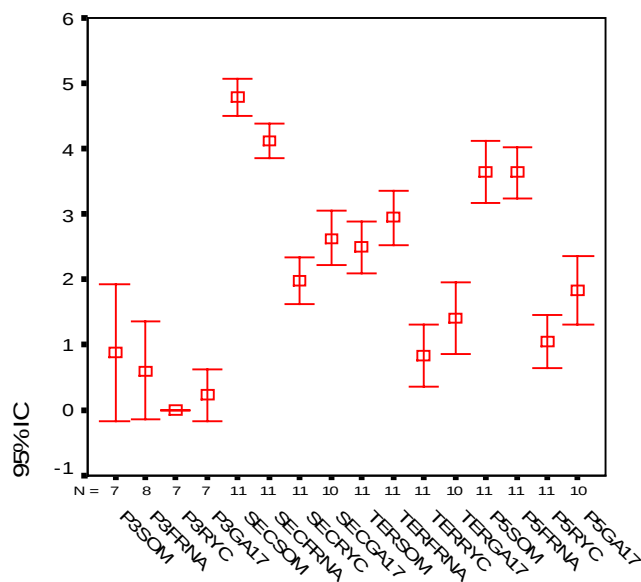


Figura M-2. Resum dels valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufp/100 ml) per als bacteriòfags determinats en els punts de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i del riu Ridaura durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

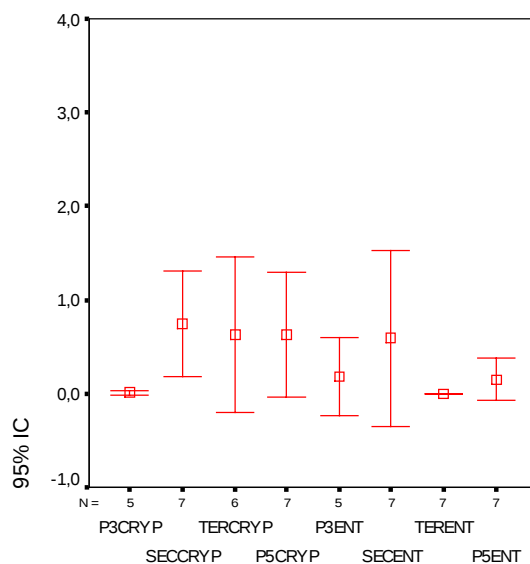


Figura M-3. Resum dels valors mitjans i intervals de confiança del 95% per a *Cryptosporidium* spp. (ooquistes totals/l) i per als enterovirus (ufp/l) determinats en els punts de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i del riu Ridaura durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

El punt P3

El punt P3 presenta una elevada qualitat microbiològica i, almenys durant l'estudi, ha mostrat símptomes d'una escassa alteració. A Catalunya, rius i rieres amb una qualitat microbiològica com la mesurada aquí es troben tan sols a la capçalera dels rius pirinencs, en els quals les concentracions trobades poden considerar-se pràcticament com el "soroll de fons" de rius pocs contaminats. En concret, cal esmentar que al llarg del període d'estudi les concentracions mitjanes de coliformes fecals i d'enterococs fecals queden per sota de les 2 ulog/100 ml, mentre que les de tota la resta d'indicadors, tant bacterians com vírics, queden per sota d'1 ulog/100 ml o d'1 ulog/litre, segons correspongui. Finalment, els ooquistes totals de *Cryptosporidium* hi són pràcticament absents, amb una concentració mitjana inferior a les -1,22 ulog/litre (menys d'un ooquist total en 16 litres d'aigua).

El punt P5

L'abocament de l'efluent secundari, amb les seves elevades càrregues microbianes, condiciona clarament la qualitat microbiològica de les aigües d'aquest punt. Així doncs, en el punt P5 l'aigua presenta un clar increment de concentracions per a tots els paràmetres mesurats –encara que no sempre quantificables amb precisió–, excepte per als enterovirus, que pràcticament es mantenen constants entre abans i després de l'EDAR (Taula M-7 i Figures M-4a i M-4b). Atès que les concentracions d'enterovirus del propi efluent secundari són molt baixes (mitjana inferior a 1,3 ulog/litre), cal considerar que aquestes no han variat al llarg del riu durant el període d'estudi, malgrat l'abocament de l'efluent secundari. No obstant això, aquesta situació pot variar substancialment en el cas de possibles passes de malalties degudes a virus de transmissió per via fecal en les poblacions connectades al sistema de sanejament de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro, de manera que no cal prendre aquestes dades com a referència d'una situació constant i estable en el temps.

De la resta de paràmetres destaca l'increment de quasi 3 ulog de bacteriòfags F-RNA/100 ml, així com el de quasi 2,8 ulog de colifags somàtics/100 ml, el de quasi 2 ulog de bacteriòfags GA17/100ml, i el de més de 1,8 ulog d'espores de clostridis sulfít-

reductors/100 ml, que són els que més clarament marquen la incidència de l'abocament de l'efluent secundari. Curiosament, la concentració de coliformes fecals té un increment aparentment menor, quan potser *a priori* se n'esperaria un augment més notable. També cal esmentar que la desviació típica dels valors del punt P5 és superior a la dels del P3 per a la majoria de paràmetres, ja que, com s'ha esmentat abans, és un punt sotmès a una gran variabilitat en l'origen i en la composició dels cabals que hi circulen.

Taula M-7. Resum de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en les aigües del riu Ridaura, en un punt previ a l'abocament de l'efluent secundari de l'EDAR (P3) i en un punt posterior (P5), i variació mitjana de cadascun d'ells observada durant el període d'estudi.

Microorganismes	Mitjanes 2004-005		
	P3 (abans EDAR)	P5 (després EDAR)	Variació (a)
Bacteris			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 1,89	< 3,17	-
Enterococs fecals, ulog/100 ml	< 1,12	< 2,53	-
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	< 0,99	2,83	> 1,84
Virus			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	< 0,91	3,64	> 2,73
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	< 0,74	3,55	> 2,81
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< -0,40	< 0,98	-
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< -0,03	1,90	> 1,93
Enterovirus, ulog/litre	< -0,93	< -1,01	-
Protozoos			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	< -1,22	< 0,18	-

(a) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

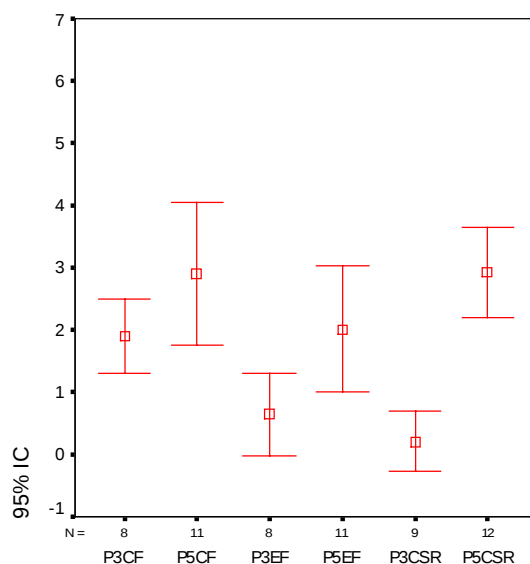


Figura M-4a. Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufc/100 ml) per als bacteris estudiats en els punts del riu Ridaura previ a l'abocament de l'efluent secundari (P3) i posterior a aquest (P5) durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

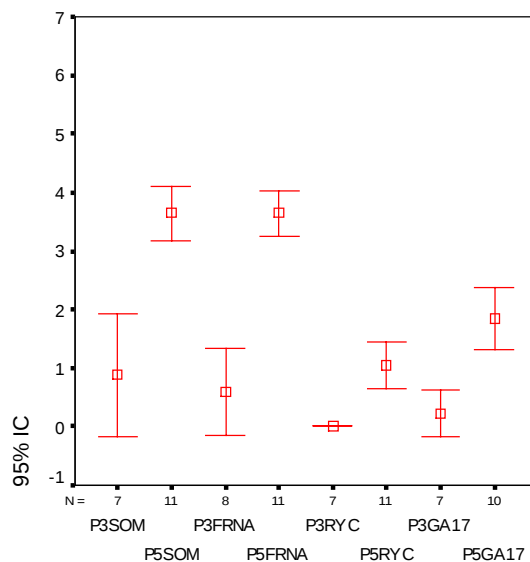


Figura M-4b. Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufp/100 ml) per als bacteriòfags estudiats en els punts del riu Ridaura previ a l'abocament de l'efluent secundari (P3) i posterior a aquest (P5) durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

L'efecte sobre la qualitat microbiològica de l'aigua del punt P5 produïda per la dilució de les aigües del punt P3 –quan el riu porta cabal natural– pot ser mesurada diferenciant les concentracions mesurades en una i altra situació (Taula M-8 i Figura M-5). Així, l'increment de valors que es produeix en el punt P5 en moments de manca de cabals naturals respecte a quan n'hi ha, és màxim per a les concentracions d'enterococs fecals, que augmenten en 2,14 ulog/100 ml, seguit d'un increment d'1,70 ulog per als coliformes fecals i d'un increment d'1,19 ulog per als ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp. Les concentracions d'enterovirus són molt baixes en ambdós punts, la qual cosa indica l'absència de passes importants de malalties degudes a aquesta mena d'organismes durant el període d'estudi. Alhora, les Figures M-6a, M-6b i M-6c mostren la sèrie temporal per a aquests tres paràmetres i s'hi pot observar com les concentracions en el punt P5 tendeixen a ser més grans quan el punt P3 deixa de tenir cabal.

Taula M-8. Increment de les concentracions mitjanes de diferents microorganismes en el punt P5 del riu Ridaura, entre els moments en què hi ha cabals naturals i els moments en què el riu pateix l'estiatge.

Microorganismes	Mitjanes 2004-005		
	P5 (amb cabals a P3)	P5 (sense cabals a P3)	Variació (a)
Bacteris			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 2,70	4,40	+ 1,70
Enterococs fecals, ulog/100 ml	1,94	4,08	+ 2,14
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	2,59	3,56	+ 0,97
Virus			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	3,35	4,40	+ 1,05
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	3,41	3,91	+ 0,50
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,86	1,32	+ 0,46
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,70	2,38	+ 0,68
Enterovirus, ulog/litre	< - 0,76	< -1,65	-
Protozous			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquistes/litre	< - 0,16	1,03	+ 1,19

(a) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

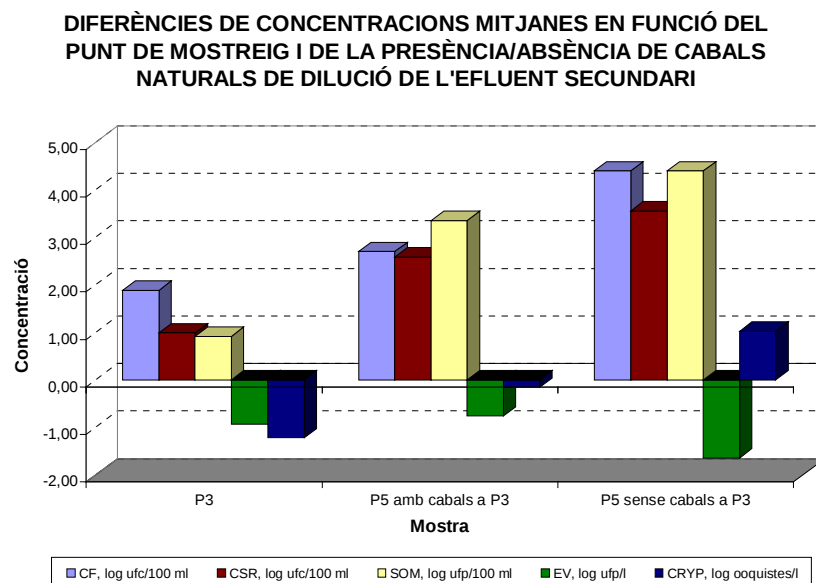


Figura M-5. Diferències en les concentracions mitjanes de coliformes fecals, espores de clostridis sulfít-reductors, colífags somàtics, enterovirus i ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp. en el riu Ridaura entre els punts P3, P5 quan hi ha cabals naturals a P3, i a P5 quan tota l'aigua prové íntegrament de l'abocament de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro.

SÈRIE TEMPORAL DE LES CONCENTRACIONS DE COLIFORMES FECALS EN DOS PUNTS DEL RIU RIDAURA DURANT LES CAMPANYES TRIMESTRALS DE 2004 I 2005

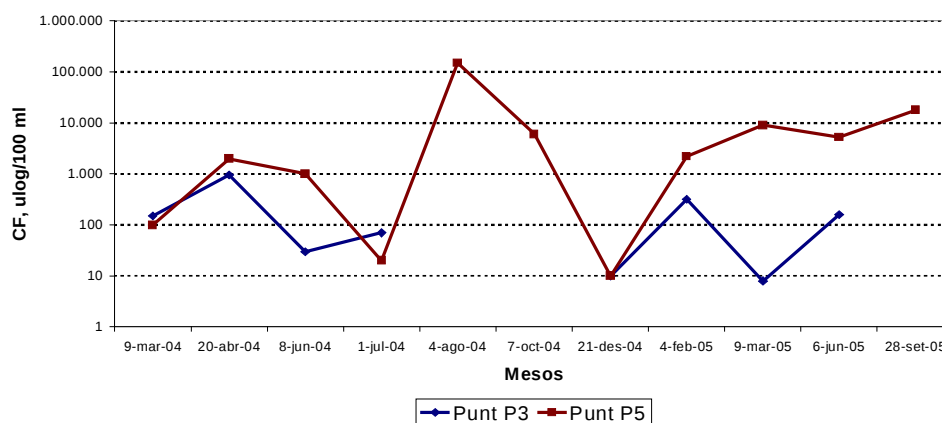


Figura M-6a. Sèrie temporal de les concentracions de coliformes fecals en el riu Ridaura entre els punts P3 i P5 durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

SÈRIE TEMPORAL DE LES CONCENTRACIONS D'ESPORES DE CLOSTRIDIS EN DOS PUNTS DEL RIU RIDAURA DURANT LES CAMPANYES TRIMESTRALS DE 2004 I 2005

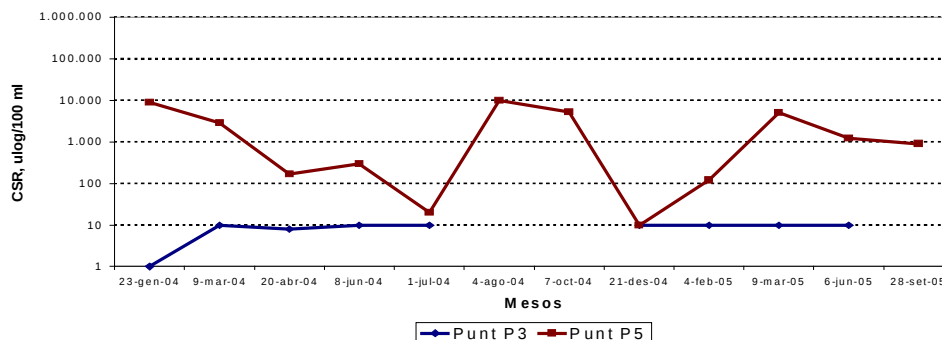


Figura M6-b. Sèrie temporal de les concentracions d'espores de clostridis sulfit-reductors en el riu Ridaura entre els punts P3 i P5 durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

SÈRIE TEMPORAL DE LES CONCENTRACIONS DE BACTERIOFAGS SOMÀTICS EN DOS PUNTS DEL RIU RIDAURA DURANT LES CAMPANYES TRIMESTRALS DE 2004 I 2005

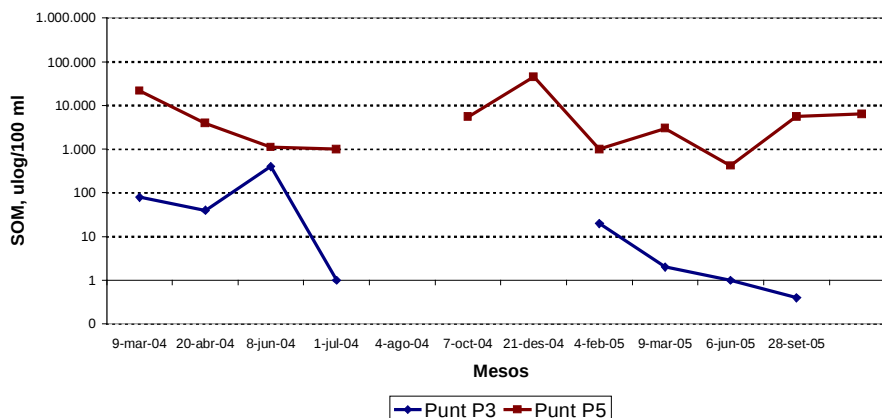


Figura M6-c. Sèrie temporal de les concentracions de colifags somàtics en el riu Ridaura entre els punts P3 i P5 durant les campanyes de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005.

Conclusions de la campanya de seguiment de fons dels anys 2004 i 2005

- M1-1. Tant els nivells d'indicadors de contaminació fecal com els nivells de patògens (ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp. i enterovirus) detectats en l'efluent secundari són els normals per a una EDAR de fangs activats.
- M1-2. La planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro redueix les concentracions dels microorganismes estudiats en un factor variable depenent de les característiques intrínseques d'aquests microorganismes. Les màximes reduccions s'observen en les concentracions de coliformes fecals, d'enterococs fecals i d'enterovirus (no quantificables) i les mínimes en els bacteriòfags F-RNA.
- M1-3. Els nivells de contaminació fecal detectats en el punt P3 del riu Ridaura, situat aigües amunt de l'EDAR, són molt baixos tant per als microorganismes indicadors com per

als patògens estudiats, de manera que els valors se situen en el que podria ser considerat quasi com a “soroll de fons”.

M1-4. En el punt P5 del riu Ridaura, situat aigües avall de l'EDAR, es produeix un increment d'entre 1 i 3 unitats logarítmiques de tots els microorganismes analitzats, excepte per als enterovirus, que s'han mantingut en un nivell relativament constant durant l'estudi.

Resultats de la campanya intensiva (30 maig-7 juny de 2005)

Tal com s'ha explicat anteriorment, al seguiment de fons realitzat en els anys 2004 i 2005 se li va superposar una campanya intensiva, concentrada en la darrera setmana de maig i la primera de juny, amb l'objectiu de veure fins a quin punt es podia millorar la qualitat de l'aigua del riu per efecte del tractament terciari de l'EDAR. Aquesta campanya va ser realitzada entre els dies 30 de maig i 7 de juny de 2005, quan es van produir una sèrie de condicions específiques:

1. El riu Ridaura es va assecar aigües amunt de l'EDAR, la qual cosa deixava l'aigua abocada per aquesta instal·lació com a únic cabal del riu entre l'EDAR i el tram final. Per efecte de la sequera de finals del 2004 i primers del 2005, el riu Ridaura es va assecar un mes i mig abans del que havia estat normal en els anys anteriors més recents.
2. A causa d'aquest assecament a mitjans de maig, abans de l'inici de la veritable temporada turística, els cabals tractats per l'EDAR en aquesta època són encara molt semblants als d'hivern, especialment els que s'enregistren en dies laborables. Això permetia regenerar la quasi totalitat de l'aigua depurada, de manera que l'aigua abocada per l'EDAR al riu Ridaura era en la gran majoria aigua regenerada (efluent terciari) i no efluent secundari.

Les condicions de treball de l'EDAR per dur a terme l'experiment esmentat van ser les següents: a) desviació del màxim cabal possible d'efluent secundari vers la planta de regeneració (entre 235 i 270 m³/hora durant tot el període de l'assaig); i b) els cabals instantanis que van superar el valor anterior van sortir de l'EDAR vers el riu Ridaura com a efluent secundari, o bé van ser abocats al mar a través de l'emissari submarí.

Taula M-9a. Qualitat fisicoquímica de l'efluent secundari i de l'efluent terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro al llarg dels mesos de maig i juny de l'any 2005.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques	MES, mg/l		Terbolesa, NTU		T254, %		pH	CE, dS/m	Amoni, mg NH ₄ -N/l	Fòsfor total, mg P/l
	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3	Efl2	Efl3	Efl3	Efl3	Efl2	Efl2
Tipus d'aigua (a)										
2-maig-2005	8,0	2,4	3,1	2,2	52	48	7,5	1,22	25	1,5
9-maig-2005	8,6	3,8	4,9	2,8	44	44	7,7	1,24	35	6,9
19-maig-2005	5,0	3,2	1,1	2,3	61	53	7,6	0,96	34	5,1
7-juny-2005	7,4	3,2	1,8	0,8	52	31	7,4	1,11	31	6,6
14-juny-2005	17,5	8,6	5,4	3,5	39	21	7,5	1,36	38	6,9
21-juny-2005	11,6	5,0	4,1	2,6	47	48	7,6	1,25	32	9,0
Nombre mostres	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mitjana període	9,7	4,4	3,4	2,4	49	41	7,6	1,19	33	6,0
Percentil 90 període	14,6	6,8	5,2	3,2	57	51	7,7	1,31	37	8,0

Notes:

(a) Abreviacions: Efl2 = efluent secundari; Efl3 = efluent terciari

En les Taules M-9a i M-9b es recullen les principals dades de qualitat fisicoquímica dels efluent secundari i terciari, així com les condicions de treball del tractament terciari durant aquesta campanya de mostreig intensiu.

Taula M-9b. Condicions de treball de la planta de regeneració de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro al llarg dels mesos de maig i juny de l'any 2005.

Dates més properes d'anàlisis fisicoquímiques	Dosi coagulant, mg PAX18/l (producte actiu)	Velocitat de filtració, m/h	Dosi UV, mW.s/cm ²	Dosi hipoclorit, ppm Cl ₂	Clor residual total, ppm Cl ₂
2-maig-2005	-	3,1	34,4	5	2,4
9-maig-2005	-	2,1	30,9	5	1,8
19-maig-2005	-	4,0	41,0	5	1,8
7-juny-2005	-	3,0	19,8	5	4,0
14-juny-2005	-	4,0	13,8	5	3,0
21-juny-2005	-	4,0	34,4	5	2,4

Taula M-10. Estadística descriptiva dels resultats obtinguts per als diferents paràmetres i tipus d'aigua en la campanya intensiva de seguiment realitzada a finals de la primavera de 2005 (valors mínim, màxim, desviació típica i mitjana, en unitats logarítmiques).

Tipus de microorganisme i d'aigua	N	Mínim	Màxim	Mitjana geomètrica	Desviació típica
SECCF	10	4,00	5,95	5,30	0,63
SECCSR	10	3,28	4,62	3,72	0,47
SECSOM	10	3,41	5,30	4,61	0,55
SECFRNA	10	3,20	4,86	3,95	0,46
SECRYC	10	0,40	2,40	1,59	0,53
SECGA17	10	1,48	2,89	2,39	0,43
SECCRYP	4	0,78	1,41	1,15	0,27
SECENT	4	0,70	< 1,70	< 1,27	0,51
TERCF	10	< 1,00	1,48	< 1,05	0,15
TERCSR	10	< 1,00	2,95	< 2,13	0,83
TERSOM	10	1,70	3,08	2,40	0,51
TERFRNA	10	2,63	3,84	3,08	0,48
TERRYC	10	0,00	1,94	< 0,34	0,65
TERGA17	8	0,00	2,58	1,20	0,87
TERCRYP	4	-0,08	1,76	0,93	0,86
TERENT	4	< - 2,00	- 2,00	< - 2,00	0,00
P5CF	10	< 1,00	3,72	< 1,36	0,88
P5CSR	10	< 1,00	3,23	2,27	0,65
P5SOM	10	2,30	3,75	2,97	0,45
P5FRNA	10	2,48	4,39	3,29	0,55
P5RYC	10	0,00	1,51	< 0,37	0,59
P5GA17	8	0,00	2,04	< 1,15	0,67
P5CRYP	4	- 0,25	1,92	1,01	1,01
P5ENT	4	< - 2,00	< - 1,92	< - 1,98	0,04
P5ICF	10	2,23	3,73	2,91	0,49
P5'CSR	10	2,00	3,78	2,72	0,53
P5'SOM	10	1,32	3,58	2,29	0,75
P5'FRNA	10	1,32	3,20	2,50	0,60
P5'RYC	10	0,00	0,48	< 0,05	0,15
P5'GA17	7	0,00	1,23	0,29	0,46
P5'CRYP	4	- 0,64	0,91	0,18	0,65
P5'ENT	4	< - 2,00	< - 1,89	< - 1,97	0,06

Malgrat el relatiu control sobre les condicions operacionals, les limitacions de l'experiment plantejat són les següents:

- a) Atès que el que determina el destí de l'aigua és el cabal horari, i que el cabalímetre està instal·lat a l'entrada de l'EDAR, no es pot conèixer amb exactitud la quantitat d'aigua abocada al riu Ridaura com a efluent secundari.
- b) L'increment de cabals que es produeix en els caps de setmana preestiuencs, a causa dels increments puntuals de població, fa que les condicions en les que s'ha desenvolupat l'experiment no fossin totalment estables ni homogènies. Entremig dels períodes de mostreig (dies laborables de dues setmanes diferents) hi ha un cap de setmana, amb tot el que això significa de pertorbació temporal de les condicions de treball de l'EDAR.

Respecte als punts de control de la qualitat de l'aigua del riu Ridaura, cal fer notar que en aquesta campanya intensiva no hi ha mostres del punt P3 (sec) i que, a més del punt habitual P5, el primer després de l'abocament de l'EDAR, s'hi ha incorporat un nou punt, el P5', més proper a la desembocadura del riu, a fi de mesurar aigües avall l'evolució de la qualitat de l'efluent terciari abocat. En la Taula M-10 es recull l'estadística descriptiva, en unitats logarítmiques, dels paràmetres estudiats durant la campanya intensiva de finals de primavera de 2005. Els resultats de les anàlisis d'aquesta campanya es recullen en l'Annex M-2.

Aigua depurada i efecte del tractament de regeneració

La qualitat de l'aigua depurada i de l'aigua regenerada produïdes durant la campanya de mostreig intensiu de finals de primavera del 2005 és essencialment molt semblant a la que es va obtenir globalment en la campanya de fons dels anys 2004 i 2005 (Taula M-11a). Pel que fa a la microbiologia (Taula M-11b), les variacions de les mitjanes dels diferents paràmetres (calculades a partir d'un número de mostres semblant) són escasses. Malgrat tot, s'aprecia una lleugera tendència a presentar una millor qualitat en les aigües de la campanya intensiva, tant en l'efluent secundari com en el terciari, excepte en el cas dels clostridis sulfit-reductors i dels bacteriòfags F-RNA de l'efluent terciari, i en el cas de *Cryptosporidium* spp. en l'efluent secundari i en el terciari. En cap dels microorganismes ni en cap de les aigües es produeixen variacions entre campanyes que superin una diferència d'1 logaritme.

Taula M-11a. Comparació dels valors estadístics dels diferents paràmetres fisicoquímics mesurats en l'aigua regenerada durant la campanya de fons del 2004 i 2005 amb els de la campanya intensiva de finals de maig i primers de juny del 2005.

Paràmetre	Campanya de fons 2004		Campanya de fons 2005		Campanya intensiva	
	Mitjana	P90	Mitjana	P90	Mitjana	P90
MES, mg/l	3,7	6,8	4,6	8,8	4,4	6,8
Terbolesa, NTU	2,2	3,4	2,6	4,8	2,4	3,2
T254, %	57	64	45	55	41	51
pH	7,6	7,8	7,7	7,9	7,6	7,7
CE, dS/m	1,14	1,37	1,41	1,55	1,19	1,31
Amoni, mg NH ₄ -N/l	17,7	34,8	27,6	45,0	33,0	37,0
Fòsfor total, mg P/l	3,9	8,2	5,1	8,8	6,0	8,0

Ahora, les reduccions logarítmiques assolides pel tractament terciari per a cadascun dels tipus de microorganismes són molt semblants entre les dues campanyes, tot i que lleugerament inferiors en la campanya intensiva respecte a la de fons, tal com mostra la Taula M-12. Això és degut a les menors concentracions mesurades en la campanya intensiva (Taula M-11b), la qual cosa fa que a una millor qualitat d'aigua produïda li correspongui també una petita disminució en les reduccions dels diferents microorganismes.

Taula M-11b. Diferències entre les qualitats de l'efluent secundari i l'aigua regenerada en les dues campanyes de mostreig realitzades.

Tipus de microorganisme i d'aigua	Campanya de fons		Campanya intensiva		Diferència entre la campanya intensiva i la de fons (a)
	Número de mostres	Mitjana geomètrica	Número de mostres	Mitjana geomètrica	
Bacteris					
SECCF, ulog/100 ml	11	5,54	10	5,30	- 0,24
TERCF, ulog/100 ml	11	< 1,22	10	< 1,05	-
SECCSR, ulog/100 ml	11	3,83	10	3,72	- 0,11
TERCSR, ulog/100 ml	10	< 1,85	10	< 2,13	-
Virus					
SECSOM, ulog/100 ml	11	4,79	10	4,61	- 0,18
TERSOM, ulog/100 ml	11	2,49	10	2,40	- 0,09
SECFRNA, ulog/100 ml	11	4,12	10	3,95	- 0,17
TERFRNA, ulog/100 ml	11	2,94	10	3,08	+ 0,14
SECRYC, ulog/100 ml	11	1,97	10	1,59	- 0,38
TERRYC, ulog/100 ml	11	< 0,72	10	< 0,34	-
SECGA17, ulog/100 ml	10	2,63	10	2,39	- 0,24
TERGA17, ulog/100 ml	10	1,34	8	1,20	- 0,14
SECENT, ulog/100 ml	6	< 1,28	4	< 1,27	-
TERENT, ulog/100 ml	6	< -1,90	4	< -2,00	-
Protozoos					
SECCRYP, ulog/100 ml	7	< 0,63	4	1,15	+ 0,52
TERCRYP, ulog/100 ml	6	< 0,07	4	0,93	+ 0,86

(a) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

Taula M-12. Resum de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'efluent secundari i en l'aigua regenerada, eliminacions mitjanes de cadascun d'ells assolides durant la campanya de mostreig intensiu i comparació amb les eliminacions de la campanya de fons (dades Taula M-6).

Microorganismes	Campanya intensiva			Diferència d'eliminació entre campanyes (a, b)
	Efluent secundari	Aigua regenerada	Reducció assolida	
Bacteris				
Coliformes fecals, ulog/100 ml	5,30	≤ 1,05	≥ 4,25	-
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	3,72	≤ 2,13	≥ 1,59	-
Virus				
Colifags somàtics, ulog/100 ml	4,61	2,40	2,21	- 0,09
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	3,95	3,08	0,87	- 0,30
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,59	< 0,34	1,25	0,00
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	2,39	< 1,20	1,19	- 0,10
Enterovirus, ulog/litre	1,27	≤ -2,00	≥ 3,27	-
Protozoos				
<i>Cryptosporidium</i> spp.. ulog ooquists/litre	1,15	0,93	0,22	- 0,34

(a) Diferència entre l'eliminació en la campanya intensiva i la campanya de fons. Un signe positiu indica major eliminació en la intensiva, i un signe negatiu major eliminació en la de fons.

(b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

També resulta interessant destacar les diferències observades en els punts de mostreig del riu, P5 i P5', en els quals s'observa un comportament diferent dels microorganismes analitzats (Taula M-13). Així, mentre que en el cas dels bacteris (coliformes fecals i clostridis sulfít-reductors) es produeix un augment en les concentracions mitjanes a mida que l'aigua circula pel riu, que en el cas dels primers arriba a ser de 1,55 ulog/100 ml, per a la resta de microorganismes estudiats (tots els virus, encara que per alguns d'ells no es pugui realitzar una quantificació fiable, i *Cryptosporidium* spp.) es produeix la situació inversa, de manera

que les concentracions són menors en el punt P5' respecte al punt P5. No obstant això, atès que són pràcticament absents durant el període d'estudi, cal considerar que les concentracions d'enterovirus s'han mantingut constants entre els dos punts de control.

Taula M-13. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en el riu Ridaura entre els punts P5 i P5' durant de la campanya intensiva.

Microorganismes	Riu Ridaura		Diferència (a, b)
	P5	P5'	
Bacteris			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 1,36	2,91	> 1,55
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	< 2,27	2,72	> 0,45
Virus			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	2,97	2,29	- 0,68
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	3,29	2,50	- 0,79
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,37	< 0,05	-
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,15	< 0,29	- 0,86
Enterovirus, ulog/litre	< - 1,98	< - 1,97	-
Protozous			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	1,01	0,18	- 0,83

- (a) Diferència entre els resultats dels punts P5 i P5' en la campanya intensiva. Un signe positiu indica major concentració en P5' i un signe negatiu major concentració en P5.
 (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

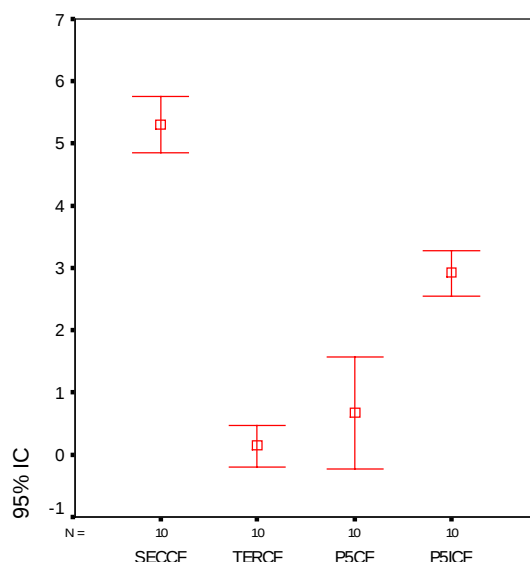


Figura M-7a. Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufc/100 ml) per als coliformes fecals en els efluents secundari i terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i en dos punts del riu Ridaura posteriors a l'abocament (P5 i P5') durant la campanya de seguiment intensiu de finals de la primavera de 2005.

D'aquestes dades se n'infereixen les següents qüestions:

- a) La reducció de l'abocament al riu Ridaura d'aigua depurada (efluent secundari) i la seva substitució per aigua regenerada (efluent terciari) produeix, en el tram de riu més proper a l'EDAR i segons la qualitat actualment assolible en la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro, una millora important de la qualitat basada en indicadors bacterians de contaminació fecal, però no en base a indicadors vírics.

- b) No es coneixen les causes que provoquen l'augment de les concentracions de bacteris al llarg del riu en un moment en què la major part de l'aigua abocada és un efluent terciari d'elevada qualitat bacteriana, i en el que sovint no es detecten els indicadors bacterians en el punt més proper a l'abocament de l'EDAR. Les hipòtesis més plausibles que ho explicarien serien que o bé s'ha produït alguna mena de reactivació en els bacteris, fenomen que, pel seu particular metabolisme, no pot produir-se en els virus, o bé que en un punt intermedi s'ha produït algun petit abocament d'aigües residuals. El present estudi no va permetre generar la informació necessària per aclarir aquest interrogant.

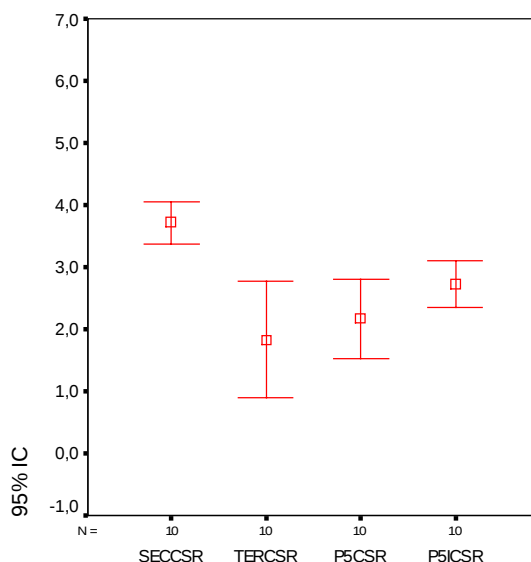


Figura M-7b.- Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufc/100 ml) per als clostridis sulfít-reductors en els efluents secundari i terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i en dos punts del riu Ridaura posteriors a l'abocament (P5 i P5') durant la campanya de seguiment intensiu de finals de la primavera de 2005.

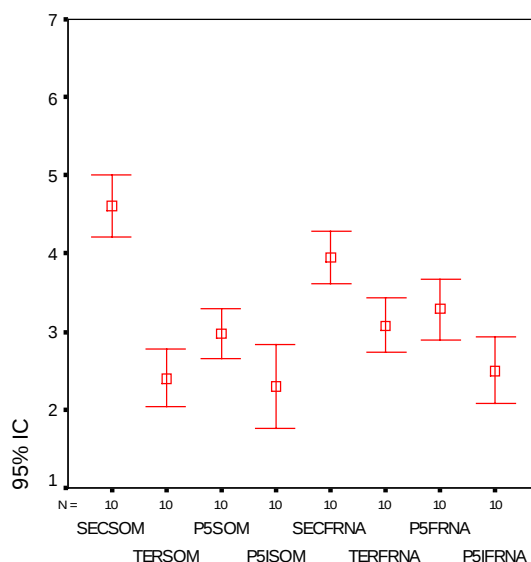


Figura M-7c.- Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufp/100 ml) per als colifags somàtics i F-RNA en els efluents secundari i terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i en dos punts del riu Ridaura posteriors a l'abocament (P5 i P5') durant la campanya de seguiment intensiu de finals de la primavera de 2005.

De cara al futur podria ser interessant esbrinar amb estudis i experiments de més llarga durada si es pot assolir una millora de la qualitat de l'aigua del riu en el punt més proper a l'abocament de l'aigua regenerada tant en base als indicadors bacterians com als vírics.

En les Figures M-7a, M-7b, M-7c i M-7d es presenta una representació gràfica dels resultats de les anàlisis microbiològiques realitzades en el marc de la campanya intensiva de finals de primavera de 2005.

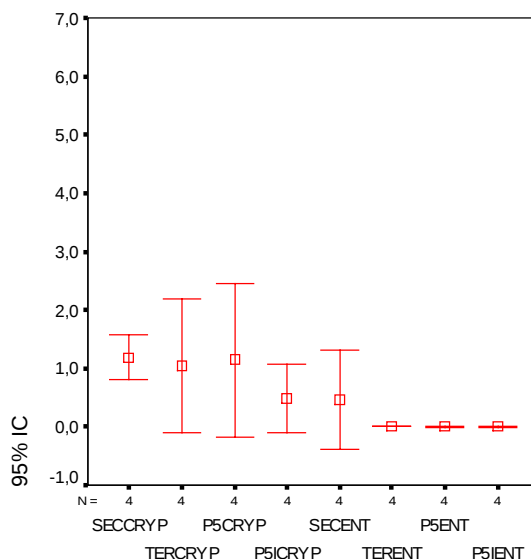


Figura M-7d.- Valors mitjans i intervals de confiança del 95% (en ufp/100 ml) per als bacteriòfags RYC i enterovirus en els efluent secundari i terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro i en dos punts del riu Ridaura posteriors a l'abocament (P5 i P5') durant la campanya de seguiment intensiu de finals de la primavera de 2005.

Taula M-14a. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro entre la primera i la segona setmana de la campanya intensiva.

Microorganismes	Efluent secundari		Diferència (a, b)
	Primera setmana	Segona setmana	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	4,98	5,77	+ 0,79
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	3,58	3,94	+ 0,36
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	4,30	5,08	+ 0,78
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	3,66	4,38	+ 0,72
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,58	1,59	+ 0,01
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	2,31	2,50	+ 0,19
Enterovirus, ulog/litre	< 1,70	0,85	< - 0,85
<i>Protozous</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	1,00	1,30	+ 0,30

- (a) Diferència entre els resultats de la primera i la segona setmana en la campanya intensiva. Un signe positiu indica major concentració en la segona setmana i un signe negatiu major concentració en la primera.
- (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

En aquesta campanya de seguiment intensiu, però, s'observen diferències entre els resultats obtinguts en la primera setmana i els obtinguts en la segona (Taules M-14a a M-14d i Figures M-8a a M-8c). Tant en l'efluent secundari com en l'efluent terciari i en l'aigua del punt P5 es produeix un increment de tots els tipus de microorganismes estudiats, excepte els enterovirus que o bé disminueixen lleugerament, o bé es mantenen constants. De fet, la reducció d'aquests microorganismes observada en l'efluent de la depuradora (Taula M-14a) podria no ser tal ja que els resultats de les dues determinacions de la primera setmana són < 50 ufp/l en ambdues; això fa que necessàriament el resultat hagi de ser $< 1,70$ ulog/l, i per tant que la diferència entre una i altra setmana hagi de ser inferior a $0,85$ ulog/l, però que no sigui possible tenir una major precisió en aquest resultat.

Taula M-14b. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'efluent terciari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro entre la primera i la segona setmana de la campanya intensiva.

Microorganismes	Efluent terciari		Diferència (a, b)
	Primera setmana	Segona setmana	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 1,00	< 1,12	-
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	< 1,97	< 2,37	-
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	2,21	2,68	+ 0,47
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	2,78	3,53	+ 0,75
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	0,00	< 0,86	+ 0,86
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,95	< 1,45	-
Enterovirus, ulog/litre	< - 2,00	< - 2,00	-
<i>Protozous</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	0,22	1,63	+ 1,41

- (a) Diferència entre els resultats de la primera i la segona setmana en la campanya intensiva. Un signe positiu indica major concentració en la segona setmana i un signe negatiu major concentració en la primera.
- (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

Taula M-14c. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'aigua del riu Ridaura al punt P5 entre la primera i la segona setmana de la campanya intensiva.

Microorganismes	Punt P5		Diferència (a, b)
	Primera setmana	Segona setmana	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 1,00	< 1,91	-
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	< 2,00	2,84	+ 0,84
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	2,71	3,36	+ 0,65
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	2,93	3,83	+ 0,90
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,05	< 0,85	-
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,85	1,44	+ 0,59
Enterovirus, ulog/litre	< - 1,96	< - 2,00	-
<i>Protozous</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	0.19	1.83	+ 1.01

- (a) Diferència entre els resultats de la primera i la segona setmana en la campanya intensiva. Un signe positiu indica major concentració en la segona setmana i un signe negatiu major concentració en la primera.
- (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

Taula M-14d. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'aigua del riu Ridaura al punt P5' entre la primera i la segona setmana de la campanya intensiva.

Microorganismes	Punt P5'		Diferència (a, b)
	Primera setmana	Segona setmana	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	3,16	2,54	- 0,63
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	2,88	2,80	- 0,08
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	2,14	2,51	+ 0,37
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	2,49	2,52	+ 0,03
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	0,00	< 0,12	+ 0,12
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,43	< 0,10	-
Enterovirus, ulog/litre	< - 1,94	< - 2,00	-
<i>Protozoos</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	0.14	0.23	+ 0.09

- (a) Diferència entre els resultats de la primera i la segona setmana en la campanya intensiva. Un signe positiu indica major concentració en la segona setmana i un signe negatiu major concentració en la primera.
- (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

EVOLUCIÓ DE LES CONCENTRACIONS DE COLIFORMES FECALS DURANT EL SEGUIMENT INTENSIU DE LA PRIMAVERA DE 2005

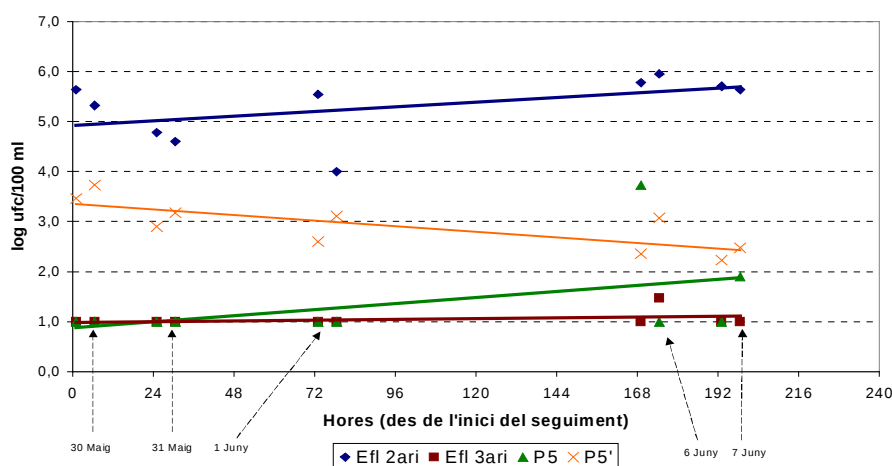


Figura M-8a. Evolució de les concentracions de coliformes fecals mesurades en els diferents tipus d'aigües durant la campanya de seguiment intensiu.

Una explicació plausible per a les majors concentracions de microorganismes detectades, majoritàriament d'entre 0 i 1 ulog d'increment, seria la relacionada amb l'efecte dels caps de setmana sobre el funcionament de l'EDAR en aquesta època de l'any. El sobtat increment de població i, per tant de volums d'aigua residual generada que es produeix en aquesta zona cada cap de setmana des de Setmana Santa fins a l'estiu, produeix una pertorbació en el funcionament del tractament biològic que se sol traduir en una lleugera pèrdua de qualitat de l'aigua depurada a inicis de setmana. Aquesta pèrdua de qualitat es detecta per un augment de diversos paràmetres, com la MES, la terbolesa, la concentració de nitrogen amoniacal i també per les concentracions de coliformes fecals, alhora que sol anar associada a una disminució de la transmitància a 254 nm. Respecte als nutrients, per

exemple, els gestors del Golf Costa Brava prefereixen evitar o reduir al màxim el bombament d'aigua regenerada cap a les seves instal·lacions durant els caps de setmana i fins i tot els dilluns, com a manera de reduir les aportacions de nutrients al camp mitjançant el reg (Ferrer, 2004). Aquest increment de cabal del cap de setmana també va provocar durant aquesta campanya intensiva l'augment de la sortida d'aigua cap al riu Ridaura en forma d'efluent secundari, la qual cosa podria explicar, si no totalment sí en la seva major part, aquestes majors concentracions de microorganismes mesurades durant la segona setmana.

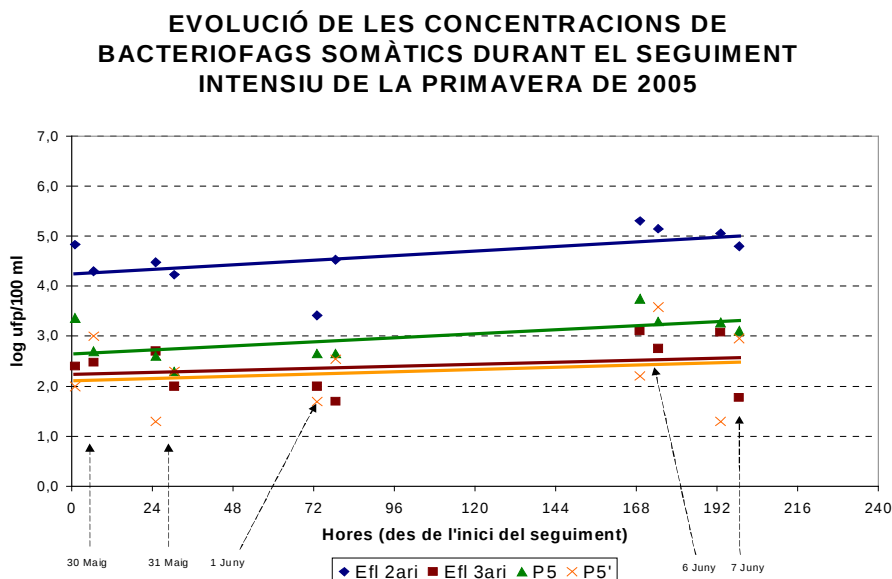


Figura M-8b. Evolució de les concentracions de colífags somàtics mesurades en els diferents tipus d'aigües durant la campanya de seguiment intensiu.

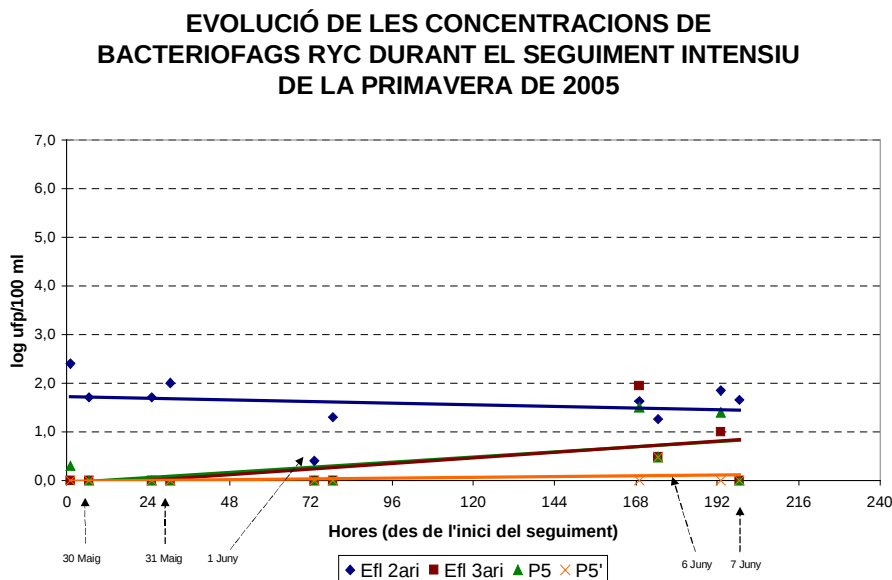


Figura M-8c. Evolució de les concentracions de bacteriòfags RYC mesurades en els diferents tipus d'aigües durant la campanya de seguiment intensiu.

Tal com ja s'havia posat de manifest en la Taula M-13, el punt P5' presenta una tendència lleugerament diferent a les observades en la resta de punts (Taula M-14d). Així, s'hi observa

una lleugera disminució de les concentracions de coliformes fecals i de clostridis sulfit reductors en la segona setmana respecte a la primera, mentre que per als colifags somàtics, F-RNA i RYC els increments són menors que els observats en el punt P5 (+0,03 - +0,37 ulog/100 ml, comparat als +0,65 - +0,90 ulog/100 ml). Semblaria, per tant, que la circulació de l'aigua per la llera del riu provoca una certa atenuació dels microorganismes, especialment dels virus.

Taula M-15. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'aigua del riu Ridaura en el punt P5 entre la campanya de mostreig intensiu i la campanya de fons.

Microorganismes	Punt P5		Diferència (a, b)
	Campanya de fons	Campanya intensiva	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	3,17	< 1,36	> - 1,81
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	2,83	< 2,27	> - 0,56
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	3,64	2,97	- 0,67
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	3,55	3,29	- 0,26
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< 0,98	< 0,37	-
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	1,90	1,15	- 0,75
Enterovirus, ulog/litre	< - 1,01	< - 1,98	-
<i>Protozous</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	< 0,18	1,01	< - 0,83

- (a) Diferència entre els resultats de la campanya intensiva i la campanya de fons. Un signe positiu indica major concentració en la intensiva i un signe negatiu major concentració en la de fons.
 (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

Taula M-16. Diferències de les concentracions mitjanes dels diferents microorganismes en l'aigua del riu Ridaura al punt P3 en la campanya de fons i en l'aigua al punt P5 en la campanya de mostreig intensiu.

Microorganismes	Punt P3	Punt P5	Diferència (a, b)
	Campanya de fons	Campanya intensiva	
<i>Bacteris</i>			
Coliformes fecals, ulog/100 ml	< 1,89	< 1,36	-
Clostridis sulfit-reductors, ulog/100 ml	< 0,99	< 2,27	-
<i>Virus</i>			
Colifags somàtics, ulog/100 ml	< 0,91	2,97	> 2,06
Bacteriòfags F-RNA, ulog/100 ml	< 0,74	3,29	> 2,55
Bacteriòfags RYC de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< - 0,40	< 0,37	-
Bacteriòfags GA17 de <i>B. fragilis</i> , ulog/100 ml	< - 0,03	1,15	-
Enterovirus, ulog/litre	< - 0,93	< - 1,98	-
<i>Protozous</i>			
<i>Cryptosporidium</i> spp., ulog ooquists/litre	< - 1,22	1,01	> 2,23

- (a) Diferència entre els resultats de la campanya intensiva i la campanya de fons. Un signe positiu indica major concentració en el punt P5 en la campanya intensiva i un signe negatiu indica major concentració en el punt P3 en la campanya de fons.
 (b) No es pot quantificar amb precisió la reducció assolida quan hi ha incertesa (valors "menors que") en ambdós tipus d'aigua.

La comparació de la qualitat de l'aigua en el punt P5 en les dues campanyes de seguiment mostra com l'abocament al riu Ridaura de la màxima quantitat possible d'aigua regenerada i la minimització, tant com sigui possible, de l'abocament d'efluent secundari provoca una millora notable en tots els paràmetres bacteriològics estudiats (Taula M-15). En tots aquests

paràmetres s'observa una disminució de les concentracions que se situa entre 0,26 i 0,75 ulog, excepte en el cas dels coliformes fecals, pels quals la disminució és de gairebé 2 ulog, la qual cosa demostra que seria possible assolir una relativa millora de la qualitat microbiològica del tram final del riu Ridaura. Si comparem aquesta qualitat amb la mesurada en el punt P3 durant la campanya de fons, representativa del que serien els cabals naturals (Taula M-16), s'observa que, a banda de la concentració d'enterovirus, que mereix un comentari apart, l'únic paràmetre que probablement millora per l'abocament d'aigua regenerada –tot i no ser quantificable– és la concentració de coliformes fecals, mentre que tota la resta de paràmetres experimenten empitjoraments notables. Això s'explica per l'elevada eficàcia de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro en la reducció de les concentracions de coliformes fecals, que és el que s'exigeix de cara al subministrament d'aigua regenerada per a usos de reg, i per la seva menor eficàcia en la reducció de microorganismes més resistents a l'acció dels desinfectants, com per exemple les espores de clostridis sulfit-reductors o de *Cryptosporidium*, o els diferents tipus de bacteriòfags. Malgrat que en el cas dels enterovirus semblaria haver-hi una millora en el punt P5 respecte el P3, cal tenir present que els resultats del mostreig de fons recullen informació de dos anys i de les diferents estacions de l'any, de manera que és molt més probable que alguna de les mostres hagi estat presa en un moment amb alguna incidència, ni que sigui petita, d'alguna malaltia causada per aquests microorganismes; en canvi, les absències d'enterovirus en les mostres preses en el punt P5 durant les dues setmanes d'experimentació de la campanya intensiva indicarien sobretot que aquesta va correspondre a una època d'absència de malalties víriques. No obstant això, igual com passa amb d'altres microorganismes, aquestes diferències no són quantificables pel fet que els valors dels que es disposa per a la comparació són “menor que” en ambdós casos.

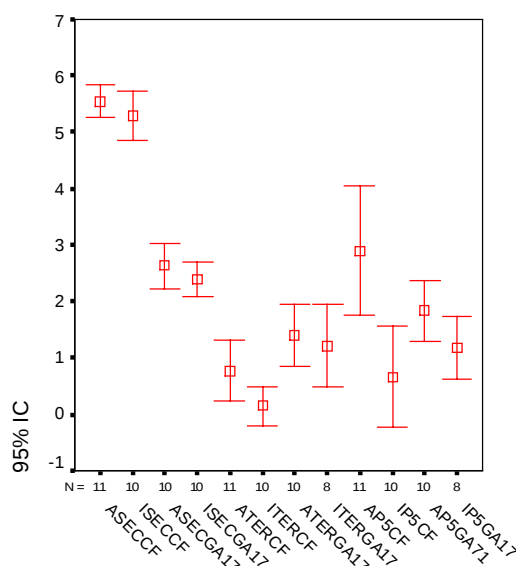


Figura M-9. Comparació dels valors mitjans i dels intervals de confiança del 95% per als coliformes fecals (en ufc/100 ml) i per als bacteriòfags GA17 (en ufp/100 ml) en diferents tipus d'aigua entre la campanya de seguiment de fons (anual) i la campanya de seguiment intensiu.

La Figura M-9 mostra com els resultats de les dues campanyes són molt semblants i, per tant, comparables, en les aigües generades per l'EDAR –efluent secundari i efluent terciari–, mentre que són radicalment diferents en el cas de les concentracions de coliformes fecals en el punt P5, que disminueixen de manera notable en la campanya intensiva com a resultat de l'esforç realitzat en fer un abocament amb la màxima proporció possible d'aigua regenerada. En canvi, en aquest punt les concentracions dels bacteriòfags GA17 tan sols

mostren una petita disminució en la campanya intensiva respecte a la de fons, producte de la menor incidència del tractament terciari sobre aquesta mena de microorganismes.

Finalment, la Figura M-10 compara les concentracions de coliformes fecals i de bacteriòfags GA17 en els punts P3 i P5 de la campanya de fons i en els punts P5 i P5' de la campanya intensiva. Resulta interessant observar com l'aigua del punt P5 pot ser millorada respecte a la del punt P3 pel que fa la concentració d'uns indicadors bacterians com els coliformes fecals, però no respecte a uns indicadors vírics com els bacteriòfags GA17. Aquests bacteriòfags, en canvi, tornen a disminuir fins als nivells basals –els del punt P3– en el punt P5', mentre que en aquest darrer punt torna a augmentar la concentració de coliformes fecals, aparentment insensible als esforços esmerçats en la desinfecció de l'aigua abocada i que sí que són visibles en el punt P5.

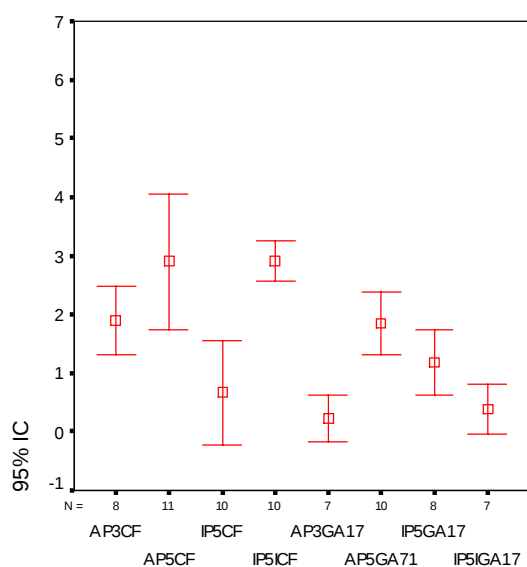


Figura M-10. Comparació dels valors mitjans i dels intervals de confiança del 95% per als coliformes fecals (en ufc/100 ml) i per als bacteriòfags GA17 (en ufp/100 ml) en diferents tipus d'aigua entre la campanya de seguiment de fons (anual) i la campanya de seguiment intensiu.

Conclusions de la campanya intensiva de seguiment

- M2-1. Durant la campanya intensiva, el funcionament de l'EDAR i de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro no ha presentat cap incidència remarcable i és perfectament comparable al funcionament que ha tingut durant els anys 2004 i 2005, en què es va dur a terme la campanya de fons.
- M2-2. A nivell microbiològic i en termes generals, la qualitat de l'aigua produïda per la planta de regeneració és lleugerament superior a la mesurada en la campanya de fons, tot i que les diferències no són estadísticament significatives.
- M2-3. La qualitat microbiològica en el punt P5 és superior a la del P5' des del punt de vista de les concentracions de bacteris, però inferior des del punt de vista de les concentracions de bacteriòfags, enterovirus i d'ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp. Es desconeix la causa de l'augment de les concentracions de bacteris en el punt P5' i la simultània disminució de les de la resta de microorganismes.

- M2-4. Durant la segona setmana s'observa un augment de les concentracions de tots els microorganismes estudiats –excepte els enterovirus–, tant en l'efluent secundari com en l'efluent terciari i en l'aigua del punt P5, respecte als valors mesurats en la primera setmana. En aquesta segona setmana, i respecte de la primera, en el punt P5' es detecten una disminució de les concentracions de bacteris i un augment de la de la majoria de bacteriòfags i de *Cryptosporidium* spp.
- M2-5. En el punt P5 es produeix una millora de la qualitat de l'aigua per a tots els paràmetres microbiològics mesurats respecte als obtinguts en la campanya de fons, la qual cosa indica que el tractament terciari de l'EDAR té la possibilitat de produir una certa millora de la qualitat microbiològica de l'aigua del tram final del riu Ridaura.
- M2-6. No obstant això, excepte per als coliformes fecals, que presenten una concentració lleugerament superior, l'aigua del punt P3 és de millor qualitat que la del punt P5 fins i tot quan es maximitza l'abocament d'efluent terciari al riu. Això indicaria que la reducció dels abocaments i la restauració dels fluxos naturals en el riu durant la major part de l'any provocaria no tan sols una millora de la qualitat ecològica del tram final sinó també de la qualitat microbiològica, la qual cosa es traduiria en una més gran protecció de la salut pública en aquesta zona.

Conclusions generals

Les principals conclusions que es poden extreure de l'estudi de la qualitat microbiològica del riu Ridaura i de la influència de l'EDAR i de la planta de regeneració de Castell-Platja d'Aro són:

- M-1. L'EDAR de Castell-Platja d'Aro presenta un funcionament dins de la normalitat per a aquesta mena d'instal·lacions. La planta de regeneració es mostra molt efectiva a l'hora de reduir les concentracions de coliformes fecals i d'enterococs fecals i produeix una aigua que compleix amb els criteris de qualitat per a reg sense restriccions.
- M-2. El riu Ridaura presenta una molt bona qualitat microbiològica en el tram previ a l'EDAR de Castell-Platja d'Aro. L'abocament d'efluent secundari per part d'aquesta instal·lació fa augmentar les concentracions de microorganismes de contaminació fecal en el tram final del riu.
- M-3. Aquest increment en el tram final està sotmès a una gran variabilitat al llarg de l'any, en funció de paràmetres com el cabal natural del riu, el volum abocat per l'EDAR, ja sigui com a efluent secundari o com a aigua regenerada, la diferent resistència dels microorganismes als agents desinfectants i a l'estrès ambiental, i les entrades de contaminació microbiològica d'origen fecal que puguin arribar al riu per via difusa.

Recomanacions

De cara a la millora de la protecció de la salut pública

- Realitzar anàlisis rutinàries d'un segon microorganisme indicador, preferentment un bacteriòfag, per així disposar de nova informació per a avaluar l'eficiència de la planta de regeneració en relació als microorganismes no bacterians.
- Reduir els abocaments d'efluent secundari a la llera del riu Ridaura, especialment en els mesos d'estiu, en els que no hi ha cabals naturals que dilueixin l'abocament. Aquesta reducció es pot aconseguir a mig i llarg termini mitjançant un increment dels volums

d'aigua que són reutilitzats i/o mitjançant la construcció d'un emissari submarí que permeti l'abocament a mar de l'aigua depurada restant.

- Potenciar aquelles actuacions a nivell de conca que vagin en la direcció d'afavorir la circulació de cabals naturals en el riu Ridaura.

De cara a la recerca aplicada

- Investigar la possibilitat de millorar la qualitat de l'aigua del riu en el punt més proper a l'abocament de l'aigua regenerada tant en base als indicadors bacterians com als vírics.
- Investigar les causes de l'augment de concentracions bacterianes en punts allunyats de l'abocament d'aigua regenerada pel rentat del sediment ja existent en el llit del riu.

CONCLUSIONS I RECOMANACIONS DE L'ESTUDI

En resum, d'aquest estudi realitzat entre els anys 2003 i 2005 se'n poden extreure les següents conclusions:

- 1) La qualitat de l'aigua del riu Ridaura, mesurada a partir de les poblacions de macroinvertebrats aquàtics, és sorprenentment elevada si es tenen en compte els llargs episodis de sequera que ha patit la llera del riu fins a finals de 2002, especialment en el seu tram mig, així com l'abocament d'aigua amb elevades concentracions de nutrients que realitza l'EDAR de Castell-Platja d'Aro. Aquest abocament té una veritable incidència sobre la qualitat de l'aigua en els mesos d'estiu, quan augmenta el volum d'aigua abocada a la llera del riu i desapareixen els cabals naturals de dilució. Els canvis en el model d'explotació de l'aqüífer han afavorit que aquests cabals naturals hi hagin estat presents almenys durant mig any en els anys 2003 i 2004, mentre que en el 2000 i 2001 el riu va estar permanentment sec durant tot l'any.
- 2) Els índexs de la qualitat del bosc de ribera (QBR) disminueixen ràpidament quan el riu deixa la muntanya i entra a la plana. L'alteració de la llera, la desforestació i la substitució de les espècies autòctones per espècies al·lòctones són els principals factors responsables d'aquesta pèrdua de qualitat del bosc de ribera. Seria desitjable programar i executar actuacions de progressiva restauració del bosc de ribera, a fi de completar el procés de restauració ecològica ja iniciat amb la recuperació dels cabals naturals.
- 3) En cap de les mostres analitzades s'han detectat subproductes de la desinfecció ni de dissolvents organoclorats, mentre que de la resta de microcontaminants orgànics tan sols s'han detectat els plastificants Di-n-octil ftalat i Di-n-butil ftalat en les mostres corresponents a l'efluent secundari de l'EDAR. Malgrat que és detectada en l'efluent secundari i en l'aigua regenerada, no s'observen concentracions significatives de cafeïna en les aigües superficials del riu Ridaura en els punts i en les dates on s'han agafat mostres.
- 4) La qualitat microbiològica de l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro és la típica per a una instal·lació d'aquestes característiques en el nostre país. No obstant això, el seu abocament a la llera del riu Ridaura, que creix en volum a mida que arriba la temporada turística, produeix un empitjorament en la qualitat microbiològica de l'aigua del riu a partir de l'EDAR. Aquest empitjorament es fa especialment palès a través de les concentracions de microorganismes indicadors (coliformes fecals, clostridis, bacteriòfags), però és de magnitud molt inferior si s'avalua en funció de microorganismes patògens com els enterovirus o els ooquistes totals de *Cryptosporidium* spp.
- 5) La disminució de l'abocament d'aigua depurada (efluent secundari) a la llera del riu Ridaura i la seva substitució per aigua regenerada (efluent terciari) suposa una notable millora en les concentracions d'indicadors bacterians en l'aigua del riu en el tram més proper al punt d'abocament, però quasi imperceptible sobre les concentracions d'indicadors vírics. En canvi, en un punt ja molt proper a la desembocadura, s'observa una tendència inversa, és a dir, a l'increment de les concentracions d'indicadors bacterians i a una disminució dels vírics. Es desconeixen les causes que produeixen aquesta inversió de la tendència.

AGRAÏMENTS

Agrair a Carmelo Llorente i a Lluís Leyda, de Teqma SA, la seva col·laboració al llarg de l'estudi en el càlcul de les dosis de llum ultraviolada aportades amb l'equip de desinfecció de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro.

Agrair també a Anna Serra i Picamal la feina realitzada en la revisió i correcció del català.

BIBLIOGRAFIA

- Alba-Tercedor, J. & Sánchez-Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S. & Zamora-Muñoz, C. 2002. Caracterización del estado ecológico de los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica*, 21 (3-4): 175-185.
- Anònim, 1995. ISO 10705-1: Water quality. Detection and enumeration of bacteriophages. Part 1: Enumeration of F-specific RNA-bacteriophages. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland.
- Anònim, 1998. ISO 7899-1: Detection and enumeration of intestinal enterococci. Part 1: Miniaturized method (Most Probable Number) for surface and waste water. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland.
- Anònim, 2000. ISO 10705-2: Water quality. Detection and enumeration of bacteriophages. Part 2: Enumeration of somatic coliphages. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland.
- Anònim, 2001. ISO 10705-4: Water quality. Detection and enumeration of bacteriophages. Part 4: Enumeration of bacteriophages infecting *Bacteriodes fragilis*. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland.
- Benito, G. & Puig, M.A. 1999. BMWPC un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del Agua*, 191: 43-56.
- Buergue, I., Poiger, T., Müller, M.D. & Buser, H.R. 2003. Caffeine, an anthropogenic marker for wastewater contamination of surface waters. *Environmental Science and Technology*, 37: 691-700.
- Buergue, I., Poiger, T., Müller, M.D. & Buser, H.R. 2006. Combined sewer overflows to surface waters detected by the anthropogenic marker caffeine. *Environmental Science and Technology*, 40: 4096-4102.
- Consorci de la Costa Brava. 2004. Protocol de seguiment de l'estat ecològic del riu Ridaura. Disponible a http://www.ccbgi.org/docs/protocol_seguiment_Ridaura_gener_2004.pdf
- Consorci de la Costa Brava. 2005. Protocol de seguiment de l'estat ecològic del riu Ridaura. Disponible a http://www.ccbgi.org/docs/protocol_seguiment_Ridaura_gener_2005.pdf

- Ferrer, B. 2004. El marc de gestió del subministrament d'aigua regenerada als camps de golf de la Costa Brava. *Jornada de treball sobre la utilització d'aigua regenerada per al reg de camps de golf i espais verds*. Mas Badia, La Tallada d'Empordà, 18 de novembre de 2004.
- Jofre, J. & Lucena, F. 2006. Los bacteriófagos, un instrumento útil en la gestión de la calidad microbiológica del agua regenerada. *Tecnología del Agua*, 272: 56-68.
- Katzenelson, E., Fattal, B. & Hostovesky, T. 1976. Organic flocculation: an efficient second step concentration method for the detection of viruses in tap water. *Applied and Environmental Microbiology*, 30: 638-639.
- Kolpin, D.W., Skopec, M., Meyer, M.T., Furlong, E.T. & Zaugg, S.D. 2004. Urban contribution of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants to streams during differing flow conditions. *Science of the Total Environment*, 328: 119-130.
- Méndez, J., Audicana, A., Isern, A., Llana, J., Moreno, B., Tarancón, M.L., Jofre, J. & Lucena F. 2004. Standardised evaluation of the performance of a simple membrane filtration-elution method to concentrate bacteriophages from drinking water. *Journal of Virological Methods*, 117: 19-25.
- Mocé-Llivina, L., Jofre, J. & Muniesa, M. 2003. Comparison of polyvinylidene fluoride and polyether sulfone membranes in filtering viral suspensions. *Journal of Virological Methods*, 109: 99-101.
- Mocé-Llivina, L., Lucena, F. & Jofre, J. 2004. Double-layer plaque assay for quantification of enteroviruses. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 2801-2805.
- Montemayor, M., Valero, F., Jofre, J. & Lucena, F. (en premsa) Occurrence of *Cryptosporidium* spp. oocysts in raw and treated sewage and river water in north-eastern Spain. *Journal of Applied Microbiology*.
- Moret, S. 2006. Desenvolupament de metodologia analítica per al seguiment d'herbicides fenoxiacètics i cafeïna en el medi ambient. Tesis Doctoral, Universitat de Girona.
- Munné, A., Solá, C. & Prat, N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.
- Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada, N. & Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams. QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 147-164.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J.L., Vivas, S., Bonada, N., Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Moyà, G., Prat, N., Robles, S., Suárez, M.L., Toro, M. & Vidal-Abarca, M.R. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21 (3-4): 115-133.
- Prat, N., González, G & Millet, X. 1986. Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA y BILL. *Tecnología del Agua*, 31: 33-49.
- Prat, N., Munné, A., Rieradevall, M., Solà, C. & Bonada, N. 2000. ECOSTRIMED: Protocol per a determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. *Estudis de la qualitat ecològica dels rius*, 8. Àrea Medi Ambient, Diputació de Barcelona. 94 pp.

- Sala, J., & Sala, L. 2003. Estudi de l'evolució dels recursos d'aigua de la conca del Ridaura i qualitat ecològica del riu. Informe per al Consorci de la Costa Brava, disponible a http://www.ccbqi.org/docs/informe_Ridaura_2003-07.pdf
- Sala, J. 2004. Primers resultats del seguiment de l'estat ecològic del riu Ridaura. Presentació en les "II Jornades Internes de Reutilització d'Aigües", Lloret de Mar, 10 de febrer de 2004. Disponible a http://www.ccbqi.org/docs/ridaura_febrer_2004.pdf
- Sala, J. 2006. Qualitat i quantitat de l'aigua al riu Ridaura. Presentació en les jornades "El Ridaura: present i futur d'un riu emblemàtic". Santa Cristina d'Aro, 28 de gener de 2006. Disponible a http://www.ccbqi.org/docs/santacristina06_jordi_sala.pdf
- Sala, L., Sala, J., Ordeix, M., Boix, D., Couso, J. & Serra, M. (en premsa). Les rieres de la Costa Brava: Evolució històrica recent, estat actual i perspectives de futur. *Scientia gerundensis*.
- Standley, L.J., Kaplan, L.A. & Smith, D. 2000. Molecular tracers of organic matter sources to surface water resources. *Environmental Science and Technology*, 34: 3124-3130.
- US EPA 1996. ICR Microbial Laboratory Manual. Section VIII. Part 1 (VIII-4-VIII-12). U.S. Environmental Protection Agency, Ohio 45268.
- US EPA 1999. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. EPA/821/R-99-006. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC: Government Printing Office.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., Mellado, A., Prat, N., Alba-Tercedor, J., Álvarez, M., Bayo, M.M., Jáimez-Cuellar, P., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Zamora-Muñoz, C. & Moyà, G. 2002. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. *Limnetica*, 21 (3-4): 149-173.

Annex M-1. DADES DEL SEGUIMENT DE FONS. ANYS 2004-2005.

Data	Mostra	ufc/100 ml			ufp /100 ml				Ooquists totals/litre	ufp/litre
		CF	EF	Clostridis	Somàtics	F-RNA	RYC	GA	<i>Cryptosporidium</i>	Enterovirus
23/01/2004	P3	nt	nt	<1	8,00E+01	<20	<0,4	<0,4	nt	nt
23/01/2004	P5	nt	nt	9,00E+04	2,17E+04	4,50E+03	1,30E+00	4,90E+01	nt	nt
09/03/2004	P3	1,50E+02	1,50E+01	<10	4,00E+01	6,00E+00	<0,25	2,00E+00	nt	nt
09/03/2004	P4- Secundari	1,80E+05	8,00E+04	2,60E+04	8,15E+04	1,53E+04	1,00E+02	3,15E+03	nt	nt
09/03/2004	P4- Terciari	<10	<10	5,00E+02	2,41E+02	5,20E+02	5,20E+01	1,22E+02	nt	nt
09/03/2004	P5	<100	<100	2,90E+03	3,95E+03	3,05E+03	4,10E+01	2,67E+02	nt	nt
20/04/2004	P3	9,50E+02	1,50E+02	8,00E+01	4,00E+02	6,00E+01	<1	<1	<0,11	<0,025
20/04/2004	P4- Secundari	8,00E+04	7,50E+03	1,20E+03	1,15E+04	4,60E+03	1,00E+01	8,50E+01	7,20E-01	50
20/04/2004	P4- Terciari	4,00E+01	3,00E+01	3,00E+02	1,32E+03	7,80E+02	<1	1,50E+01	nt(algues)	<0,01
20/04/2004	P5	2,00E+03	4,00E+02	1,70E+02	1,12E+03	1,60E+02	<1	2,00E+00	1,20E-01	0,15
08/06/2004	P3	3,00E+01	<10	<10	<1	<1	<0,4	1,20E+01	nt	nt
08/06/2004	P4- Secundari	3,00E+05	1,80E+04	9,00E+03	1,10E+05	2,31E+04	1,80E+02	8,00E+02	nt	nt
08/06/2004	P4- Terciari	1,50E+02	<10	1,00E+02	1,60E+02	1,32E+03	1,60E+00	1,44E+01	nt	nt
08/06/2004	P5	1,00E+03	<10	3,00E+02	1,00E+03	4,80E+03	1,34E+01	2,64E+01	nt	nt

		ufc/100 ml			ufp /100 ml				Ooquists totals/litre	ufp/litre
Data	Mostra	CF	EF	Clostridis	Somàtics	F-RNA	RYC	GA	<i>Cryptosporidium</i>	Enterovirus
01/07/2004	P3	7,00E+01	<10	<10					<0,08	0,28
01/07/2004	P4- Secundari	5,60E+05	2,10E+04	6,00E+03	2,20E+05	2,45E+04	3,00E+02	1,60E+03	<1	250
01/07/2004	P4- Terciari	2,00E+01	<10	3,00E+01	1,70E+03	5,30E+03	5,00E+00	9,00E+00	<0,02	0,02
01/07/2004	P5	2,00E+01	3,00E+01	2,00E+01					<0,08	3,4
04/08/2004	P3				no mostra				nt	nt
04/08/2004	P4- Secundari	2,00E+06	8,00E+04	2,00E+04	5,70E+04	1,27E+04	3,00E+02	1,25E+03	nt	nt
04/08/2004	P4- Terciari	<10	<10	1,00E+01	1,05E+03	4,15E+03	5,00E+01	3,00E+02	nt	nt
04/08/2004	P5	1,50E+05	5,00E+04	1,00E+04	5,50E+04	1,08E+04	1,00E+02	1,05E+03	nt	nt
07/10/2004	P3					sense mostra				
07/10/2004	P4- Secundari	1,50E+06	5,40E+05	7,00E+03	8,90E+04	1,72E+04	3,00E+01	4,00E+01	8,33	<58
07/10/2004	P4- Terciari	<10	<10	pend	8,00E+01	1,00E+02	<1	1,00E+00	0,72	<0,01
07/10/2004	P5	6,00E+03	8,50E+02	5,20E+03	4,50E+04	1,41E+04	1,50E+01	1,60E+02	3,75	0,05
21/12/2004	P3	1,00E+01	<10	<10	<20	1,40E+02	<0,25	nt	nt	nt
21/12/2004	P4- Secundari	2,00E+05	1,60E+04	3,00E+03	1,20E+04	6,60E+03	2,00E+02	nt	nt	nt
21/12/2004	P4- Terciari	<10	<10	<10	8,10E+01	1,80E+02	1,28E+01	nt	nt	nt
21/12/2004	P5	<10	<10	1,00E+01	1,00E+03	1,40E+03	4,20E+00	nt	nt	nt

Data	Mostra	ufc/100 ml			ufp /100 ml				Ooquists totals/litre <i>Cryptosporidium</i>	ufp/litre Enterovirus
		CF	EF	Clostridis	Somàtics	F-RNA	RYC	GA		
04/02/2005	P3	3,20E+02	1,00E+01	<10	<2	<2	<0,4	<0,4	<0,04	<0,025
04/02/2005	P4- Secundari	2,70E+05	2,90E+04	2,00E+03	4,40E+04	6,20E+03	1,00E+02	3,00E+02	1,66	<50
04/02/2005	P4- Terciari	1,00E+01	2,00E+01	<10	7,00E+02	8,00E+02	9,00E+00	3,30E+01	0,34 (2,89 CS)	0,01
04/02/2005	P5	2,20E+03	1,00E+03	1,20E+02	3,00E+03	5,30E+03	2,70E+01	1,59E+02	0,24 (3,68 CS)	1,25
09/03/2005	P3	8,00E+00	4,00E+00	<10	<1	<1	<0,4	<0,4	<0,025	<0,025
09/03/2005	P4- Secundari	1,20E+05	1,00E+04	4,00E+03	3,00E+04	2,40E+04	5,50E+02	4,50E+02	3,00	<50
09/03/2005	P4- Terciari	2,00E+01	<4	2,00E+02	1,20E+02	1,06E+03	4,00E-01	6,00E+00	0,31	<0,01
09/03/2005	P5	9,00E+03	1,50E+02	5,00E+03	4,20E+02	1,07E+04	2,80E+00	6,80E+00	1,30	<0,025
06/06/2005	P3	1,60E+02	<10	<10	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,09	5
06/06/2005	P4- Secundari	6,00E+05	3,60E+04	4,20E+04	2,00E+05	7,32E+04	4,20E+01	3,39E+02	15,00	<0,01
06/06/2005	P4- Terciari	<10	<10	7,00E+02	1,28E+03	6,88E+03	8,80E+01	3,84E+02	31,6	<0,01
06/06/2005	P5	5,30E+03	2,00E+02	1,20E+03	5,60E+03	2,48E+04	3,20E+01	1,09E+02	54,3	<0,01
28/09/2005	P3					sense mostra				
28/09/2005	P4- Secundari	3,00E+05	2,00E+04	5,00E+03	1,30E+05	3,10E+03	2,00E+01	2,40E+02	57,00	<50
28/09/2005	P4- Terciari	1,00E+01	<10	5,00E+01	4,00E+01	2,00E+02	1,00E+00	5,00E+00	58,2	<0,025
28/09/2005	P5	1,80E+04	7,00E+02	9,00E+02	6,36E+03	3,46E+03	6,00E+00	8,10E+01	30,25	<0,01

Annex M-2. DADES DEL SEGUIMENT INTENSIU DE MAIG/JUNY DE 2005

			ufc / 100 ml		Ooquists totals/litre	ufp/litre	ufcp/100 ml			
Data	Mostra	Hora	CF	CSR	<i>Cryptosporidium</i>	Enterovirus	Somàtics	F-RNA	RYC	GA
Primera setmana										
30/05/2005	P4 secundari	10:00	4,30E+05	2,00E+03	6	<50 (<5)	6,75E+04	7,45E+03	2,50E+02	7,80E+02
30/05/2005	P4 terciari	10:00	<10	<10	0,84	0,01	2,50E+02	4,30E+02	<1	3,20E+01
30/05/2005	P5	10:00	<10	<10	0,56	0,012	2,30E+03	1,10E+03	2,00E+00	3,10E+01
30/05/2005	P5'	10:00	2,90E+03	3,00E+02	0,23	0,013	1,00E+02	8,00E+01	<1	3,00E+00
30/05/2005	P4 secundari	15:30	2,10E+05	1,00E+04	17	<50 (<5)	2,00E+04	5,30E+03	5,00E+01	6,40E+02
30/05/2005	P4 terciari	15:30	<10	<10	3,25	<0,01	3,00E+02	7,00E+02	<1	2,00E+01
30/05/2005	P5	15:30	<10	2,30E+02	4,38	<0,01	5,00E+02	1,20E+03	<1	1,60E+01
30/05/2005	P5'	15:30	5,40E+03	1,00E+02	8,17	<0,01	1,00E+03	6,00E+02	<1	1,70E+01
31/05/2005	P4 secundari	10:00	6,00E+04	5,00E+03	nd	nd	3,00E+04	4,00E+03	5,00E+01	2,00E+02
31/05/2005	P4 terciari	10:00	<10	1,00E+02	nd	nd	5,00E+02	6,00E+02	<1	nt
31/05/2005	P5	10:00	<10	7,00E+01	nd	nd	4,00E+02	1,40E+03	<1	nt
31/05/2005	P5'	10:00	8,00E+02	6,00E+03	nd	nd	2,00E+01	4,00E+02	<1	nt
31/05/2005	P4 secundari	15:30	4,00E+04	3,00E+03	nd	nd	1,70E+04	1,60E+03	<100	2,50E+02
31/05/2005	P4 terciari	15:30	<10	2,00E+02	nd	nd	1,00E+02	6,00E+02	<1	nt
31/05/2005	P5	15:30	<10	6,00E+01	nd	nd	2,00E+02	3,00E+02	<1	nt
31/05/2005	P5'	15:30	1,50E+03	5,00E+02	nd	nd	2,00E+02	5,00E+02	<1	nt

			ufc / 100 ml		Ooquists totals /litre	ufp/litre	ufp/100 ml			
Data	Mostra	Hora	CF	CSR	<i>Cryptosporidium</i>	Enterovirus	Somàtics	F-RNA	RYC	GA
02/06/2005	P4 secundari	10:00	3,50E+05	3,40E+03	nd	nd	2,60E+03	7,60E+03	2,50E+00	3,00E+01
02/06/2005	P4 terciari	10:00	<10	7,00E+02	nd	nd	1,00E+02	8,50E+02	<1	1,00E+01
02/06/2005	P5	10:00	<10	1,75E+02	nd	nd	4,50E+02	9,00E+02	<1	<1
02/06/2005	P5'	10:00	4,00E+02	2,60E+02	nd	nd	5,00E+01	1,00E+02	<1	<1
02/06/2005	P4 secundari	15:30	1,00E+04	2,80E+03	nd	nd	3,35E+04	5,00E+03	2,00E+01	1,00E+02
02/06/2005	P4 terciari	15:30	<10	5,00E+02	nd	nd	5,00E+01	5,00E+02	<1	<1
02/06/2005	P5	15:30	<10	1,35E+02	nd	nd	4,50E+02	7,50E+02	<1	5,00E+00
02/06/2005	P5'	15:30	1,30E+03	4,25E+02	nd	nd	3,50E+02	8,50E+02	<1	<1
Segona setmana										
06/06/2005	P4 secundari	10:00	6,00E+05	4,20E+04	15	5	2,00E+05	7,32E+04	4,20E+01	3,39E+02
06/06/2005	P4 terciari	10:00	<10	7,00E+02	31,6	<0,01	1,28E+03	6,88E+03	8,80E+01	3,84E+02
06/06/2005	P5	10:00	5,30E+03	1,20E+03	54,3	<0,01	5,60E+03	2,48E+04	3,20E+01	1,09E+02
06/06/2005	P5'	10:00	2,30E+02	2,80E+03	1,19	<0,01	1,60E+02	3,20E+02	<1	1,00E+00
06/06/2005	P4 secundari	15:30	9,00E+05	2,70E+04	26	10	1,40E+05	2,34E+04	1,80E+01	2,38E+02
06/06/2005	P4 terciari	15:30	3,00E+01	5,00E+02	58,1	<0,01	5,60E+02	6,24E+03	3,00E+00	3,30E+01
06/06/2005	P5	15:30	1,00E+01	1,70E+03	83,9	<0,01	2,00E+03	3,70E+03	3,00E+00	2,50E+01
06/06/2005	P5'	15:30	1,20E+03	8,00E+02	2,4	<0,01	3,80E+03	1,22E+03	3,00E+00	nt
07/06/2005	P4 secundari	10:00	5,10E+05	2,70E+03	nd	nd	1,14E+05	1,80E+04	7,00E+01	7,15E+02
07/06/2005	P4 terciari	10:00	<10	9,00E+02	nd	nd	1,20E+03	4,40E+03	1,00E+01	5,20E+01
07/06/2005	P5	10:00	<10	4,00E+02	nd	nd	1,90E+03	6,10E+03	2,50E+01	5,50E+01
07/06/2005	P5'	10:00	1,70E+02	3,50E+02	nd	nd	2,00E+01	2,00E+01	<1	<1
07/06/2005	P4 secundari	15:30	4,30E+05	1,90E+03	nd	nd	6,30E+04	1,10E+04	4,50E+01	1,75E+02
07/06/2005	P4 terciari	15:30	<10	<10	nd	nd	6,00E+01	7,00E+02	<1	<1
07/06/2005	P5	15:30	8,00E+01	2,70E+02	nd	nd	1,30E+03	3,70E+03	<1	4,00E+00
07/06/2005	P5'	15:30	3,00E+02	2,00E+02	nd	nd	9,00E+02	1,60E+03	1,00E+00	2,00E+00