

MAXIMITZACIÓ DEL BENEFICI AMBIENTAL EN L'EXPLOTACIÓ D'UNA EDAR D'UNA ZONA TURÍSTICA COSTANERA

Jordi Muñoz i Aulet i Josep Maria Caus i Pla

Societat d'Explotació d'Aigües Residuals, S.A. (SEARSA)
EDAR de Castell-Platja d'Aro
Afores s/n
17249 Castell d'Aro
E-mail: edarpmos@arrakis.es

RESUM

La millora tecnològica de les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) sempre ha anat lligada a la creixent eliminació de l'aigua d'aquelles substàncies que s'ha vist que constitueixen un problema ambiental quan eren abocades. En aquest sentit, la nova generació d'EDAR construïda a partir dels anys 90 ha incorporat sistemes d'eliminació de nitrogen que suposaven un pas endavant respecte les tradicionals instal·lacions de fangs activats convencionals que tan sols eliminaven carboni orgànic. El subministrament d'aigua regenerada, és a dir, la reutilització, obre noves perspectives sobre com enfocar l'eliminació dels diferents elements presents en les aigües depurades. Contra l'opció de treure cada cop més coses de l'aigua residual depurada hi ha l'opció d'abocar-ne menys, reciclant aquelles que puguin tenir un interès per a la societat. En aquest sentit, aquesta ponència es planteja explorar alternatives a l'eliminació clàssica del nitrogen d'una EDAR situada en una zona turística costanera (en concret, la de Castell-Platja d'Aro), en la que la màxima producció d'aigua –i per tant, també de nutrients– coincideix amb la màxima demanda per a reg. Es comparen els diferents escenaris de futur respecte al que serien les opcions relatives a l'ampliació de l'EDAR, del tractament terciari i del subministrament d'aigua regenerada, arribant-se a la conclusió que el model de màxim benefici ambiental, en aquesta ponència anomenat sostenibilista, és aquell que es basa en l'eliminació de nutrients quan l'aigua depurada ha de ser abocada (mesos d'hivern) i en la conservació d'aquests nutrients quan l'aigua pot ser subministrada per a reg (mesos d'estiu). La conservació d'aquests nutrients propicia un estalvi global que fins i tot permet el seu subministrament per a reg a les zones agrícoles de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera.

Paraules clau: reutilització d'aigües, eliminació de nutrients, fertirrigació, balanç energètic, sostenibilitat

INTRODUCCIÓ

L'EDAR de Castell d'Aro va entrar en servei l'any 1983 i des del seu inici tracta les aigües residuals de les poblacions de Castell-Platja d'Aro-S'Agaró, Santa Cristina d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, al sud de la comarca del Baix Empordà. Des de 1989 aquesta EDAR subministra aigua regenerada (fins el 1998, efluent secundari desinfectat, i a partir d'aleshores amb una filtració prèvia a la desinfecció) per a reg agrícola i de camps de golf en la zona de la Vall d'Aro. Inicialment aquest subministrament es limitava al Golf d'Aro (aleshores Golf Mas Nou) i als regants de l'entorn de l'EDAR, però en els darrers anys, aquesta activitat ha crescut gràcies al subministrament d'aigua per al reg del Golf Costa Brava i a la Comunitat de Regants de Solius, i a la millora de l'abocament al Ridaura que es fa d'una part de l'aigua tractada en aquesta instal·lació. De cara al futur es preveuen nous increments en el subministrament d'aigua regenerada en la zona, ja que han mostrat interès en disposar d'aquesta aigua els regants de la zona de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera. Per aquest motiu, i en base a les reflexions sorgides a l'entorn de la reutilització a la Vall d'Aro al llarg d'aquests anys, s'ha preparat aquesta ponència, que intenta avaluar des d'un punt de vista global el benefici ambiental de les diferents opcions de tractament de les aigües residuals i de subministrament d'aigua regenerada en la zona.

OBJECTIUS

L'objectiu d'aquesta ponència és el d'avaluar des d'un punt de vista ambiental global els diferents escenaris que es poden donar en el futur respecte al tractament de les aigües residuals i a la reutilització de les aigües regenerades, a fi de disposar de criteris per a escollir la de màxim benefici ambiental. Aquests escenaris, que seran descrits i avaluats més endavant, inclouen les diferents opcions en quant al tractament de l'aigua residual, al subministrament d'aigua regenerada, i als criteris d'explotació de l'EDAR.

DESCRIPCIÓ DE L'EDAR I RESULTATS DE FUNCIONAMENT

L'EDAR de Castell-Platja d'Aro compta amb un sistema de depuració de fangs activats convencional per a un cabal màxim de disseny de 35.000 m³/dia i una càrrega contaminant màxima de 175.000 habitants equivalents.

Taula 1. Cabals mensuals tractats en metres cúbics (m³) durant els darrers tres anys.

Mesos	Any 2002	Any 2003	Any 2004
Gener	294.618	506.739	389.953
Febrer	264.674	359.181	340.472
Març	312.852	455.379	417.363
Abril	523.788	614.477	587.791
Maig	575.286	471.470	695.974
Juny	550.602	454.586	503.740
Juliol	542.814	561.989	563.260
Agost	636.597	680.080	694.980
Setembre	497.487	428.550	460.832
Octubre	427.830	582.995	335.162
Novembre	395.496	408.961	289.144
Desembre	417.678	589.261	347.653
Total anual	5.439.722	6.113.668	5.626.324

La línia d'aigua està composta per:

- a) 2 línies de pretractament amb reixa automàtica de gruixuts i sistema d'eliminació de sorres i de greixos per aeració
- b) 3 decantadors primaris de 22 metres de diàmetre
- c) 3 cubes d'aeració de 2.623 m³ amb 9 equips d'aireig de superfície
- d) 3 decantadors secundaris de 30 metres de diàmetre

En la Taula 1 es presenten les dades dels cabals tractats per la instal·lació en els darrers tres anys, mentre que la Taula 2 mostra la qualitat de l'efluent secundari obtingut durant l'any 2004.

Taula 2. Resum estadístic de la qualitat de l'efluent secundari durant l'any 2004

Paràmetres	Mínim	Mitjana	Mediana	Percentil 90	Màxim
DBO, mg O ₂ /l (74)	2	5,9	5	10,7	15
DQO, mg O ₂ /l (48)	11	41,3	40,5	60,4	75
MES, mg/l (74)	2	8,2	7	14,7	26
Terbolesa, NTU (28)	0,5	3,6	2,7	7,0	8,1
Transmitància 254 nm, % (28)	33	56	55	67	71
pH (74)	7,1	7,6	7,6	7,9	8,1
CE, dS/m (74)	0,78	1,30	1,26	1,65	1,97
Nitrogen total, mg N/l (61)	0,3	19,5	24	41	44
Fòsfor total, mg P/l (61)	0,08	5,3	4,4	11,1	20

Nota: Entre parèntesi es mostra el número d'analítiques realitzades durant l'any.

L'anàlisi de les dades de les Taules 1 i 2 i de la Figura 1 permet extreure diferents factors que condicionen l'explotació de la instal·lació i que fan variar la quantitat i les característiques de l'efluent secundari produït al llarg de l'any. Aquests factors són:

- 1) *La contaminació d'origen domèstic:* La instal·lació es troba en una zona amb poca activitat industrial, de manera que l'aigua a tractar té una càrrega contaminant fàcilment biodegradable. Aquesta aigua té un origen essencialment domèstic i són rars els abocaments incontrolats de residus de processos industrials tòxics per al procés biològic. Aquesta circumstància fa que l'EDAR produeixi un efluent secundari de molt bona qualitat, que es troba molt per sota dels límits establerts per la legislació d'una manera regular i constant durant tot l'any.
- 2) *L'estacionalitat:* Aquesta EDAR tracta les aigües residuals de poblacions eminentment turístiques, de manera que les puntes de cabal i de càrrega contaminant arriben a la planta en el període comprès entre els mesos de juny i setembre, coincidint amb la temporada alta del turisme a la zona. La instal·lació posa en funcionament les seves línies de tractament en funció de la càrrega contaminant que li arriba, assolint-se els màxims valors de matèria en suspensió (MES), demanda bioquímica d'oxigen (DBO) i demanda química d'oxigen (DQO) en l'efluent secundari durant els mesos d'estiu. Pel fet de tractar-se d'una instal·lació amb un tractament biològic de fangs activats convencional, sense la capacitat de dur a terme processos de nitrificació/desnitrificació ni de reducció de fòsfor, l'efluent secundari presenta concentracions elevades de nutrients, especialment durant els mesos d'estiu. En la Figura 1, que mostra la distribució mensual del nitrogen en l'efluent secundari durant l'any 2004, es pot observar com

entre els mesos de juny a setembre l'efluent secundari conté gairebé un 50% de la càrrega anual de nitrogen abocada al medi.

- 3) *L'entrada d'aigües plujanes*: Al comptar amb part de les xarxes de clavegueram no separatives en les poblacions a les que es dona servei, en episodis de pluges l'EDAR rep gran quantitat d'aigües plujanes juntament amb l'aigua residual. Aquest fet es fa palès si s'observen a la Taula 1 les fluctuacions en el cabal tractat durant els mesos de maig i octubre dels diferents anys, a causa de la pluviometria especialment variable característica a la primavera i la tardor en el clima de la zona.

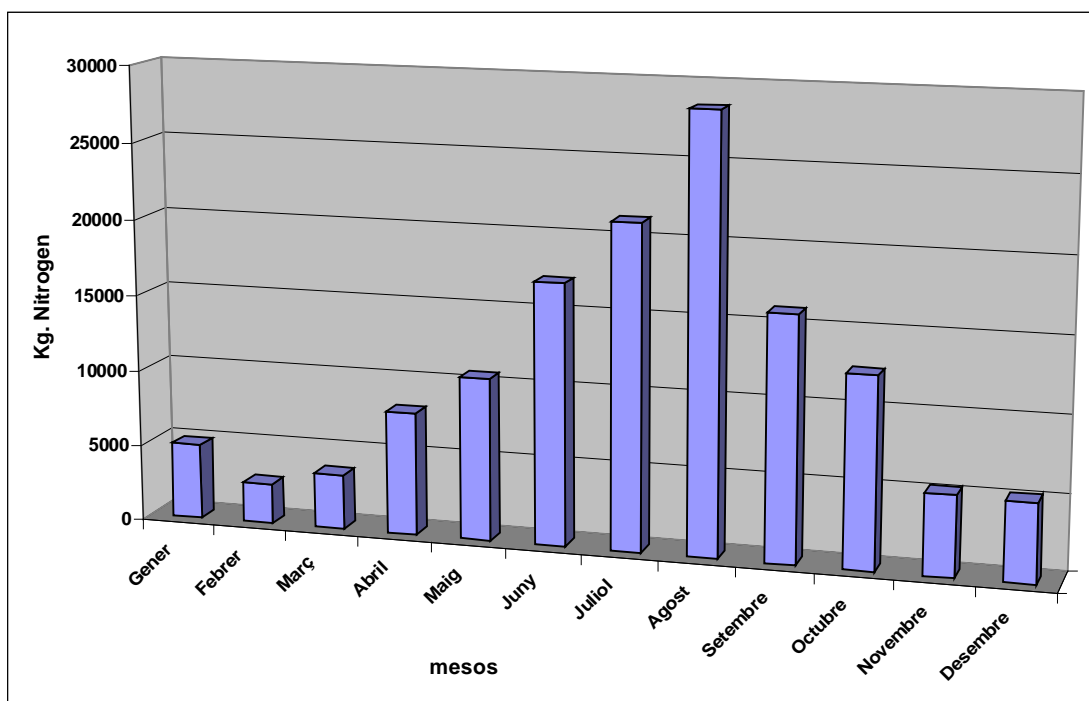


Figura 1. Distribució mensual de les càrregues de nitrogen (en kg N/mes) abocades amb l'efluent secundari de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro durant l'any 2004

TRACTAMENT TERCARI I QUALITAT DE L'AIGUA REGENERADA

La construcció de la planta de regeneració de l'EDAR de Castell d'Aro es va iniciar el 27 de juny del 1997 i es va finalitzar el 25 de març del 1998. Va ser finançada en un 80% per part de la Unió Europea amb els fons d'Infraestructures per a la Millora del Medi Ambient (FIMMA), amb els objectius de millorar la gestió dels recursos hídrics en la conca del Ridaura, reduir els abocaments i millorar la qualitat de l'aigua en l'últim tram del riu Ridaura. El cabal que hi aboca l'EDAR de Castell-Platja d'Aro, que és una part de tota l'aigua residual tractada per la instal·lació, representa una part important del cabal del riu durant la major part de l'any en aquest tram final. Aquest és un tractament terciari de tipus convencional, i amb una capacitat màxima de disseny de 625 m³/hora, equivalents a 15.000 m³/dia. L'objectiu d'aquest tractament és la reducció o eliminació de la població de microorganismes patògens, sense buscar l'eliminació dels nutrients (nitrogen i fòsfor) presents en l'efluent secundari. Les etapes per les que passa l'efluent secundari, en les quals es modifiquen les seves característiques fisicoquímiques i microbiològiques fins aconseguir la qualitat que el fa apte per a la seva reutilització posterior, són:

- 1) *Coagulació-floculació*: es duu a terme l'addició de policlorur d'alumini en una cambra de contacte proveïda d'un agitador. Es tracta d'una etapa opcional que només s'utilitza en els moments en què la concentració de sòlids de l'efluent secundari es troba per sobre de 20 ppm i es fa necessari incrementar el rendiment d'eliminació per tal d'assegurar l'obtenció d'un efluent que es trobi dins els límits de qualitat establerts.
- 2) *Filtració*: es disposa de 4 filtres oberts de llit polsant, sistema Hydroclear, proveïts d'una única capa de matriu filtrant de sorra de quars de gra fi i de 25 centímetres de gruix. En aquesta etapa l'aigua pateix unes modificacions de les característiques fisicoquímiques, que consisteixen en un descens en la concentració de la matèria en suspensió i de la terbolesa, i en un augment de la transmitància a 254 nanòmetres, que faciliten la desinfecció posterior.
- 3) *Desinfecció amb llum ultraviolada*: es disposa de 2 equips en canal tancat amb un total de 8 làmpades de mitja pressió. En aquesta etapa es busca reduir les concentracions de microorganismes patògens gracies a l'efecte germicida de la llum ultraviolada.
- 4) *Post-cloració*: es realitza mitjançant l'addició en línia d'hipoclorit sòdic. En aquesta etapa d'afinament es busca eliminar totalment la població de microorganismes patògens i dotar l'aigua d'un agent desinfectant que perduri en el temps i permeti mantenir la qualitat microbiològica de l'aigua en els sistemes de conducció fins al punt d'ús.

Taula 3. Comparativa entre els límits dels criteris de qualitat establerts per a reg sense restriccions (agrícola i espais verds) i els resultats obtinguts de l'efluent terciari.

Paràmetres	Percentil 90 dels valors anuals				
	Límits	2002	2003	2004	gener-agost 2005
Ous de Nematodes	<1/ litre	<1/ 25 litres	<1/25 litres	<1/50 litres	<1/50 litres
Escherichia coli (ufc/100 ml)	<200	23	120	5	29
Matèria en suspensió, (mg/l)	<20	4,0	7,0	6,8	8,9
Terbolesa (NTU)	<5	1,5	2,5	3,4	4,8

Malgrat el que es podria pensar *a priori*, la utilització de derivats del clor per a la desinfecció d'aigües residuals depurades presenta un potencial molt baix de formació de trihalometans, ja que la presència d'una mínima concentració de nitrogen amoniacal ja fa que aquest reaccioni preferentment amb el clor per formar cloramines, i que la formació de trihalometans sigui pràcticament nul·la. Així doncs, la producció d'una aigua amb concentracions elevades d'amoní assegura la inhibició de la formació de trihalometans en el procés de desinfecció per cloració, ja que no se supera el punt de ruptura ("*breakpoint*") de l'amoní, quedant tot el clor acomplexat en forma de cloramines. En conseqüència no es genera clor residual lliure que pugui reaccionar amb la matèria orgànica present en l'efluent terciari. El Departament de Química analítica de la Universitat de Girona ha realitzat una campanya de mostreig de l'efluent terciari durant els exercicis 2004 i 2005 (9 mostres puntuals en total) analitzant les mostres segons el mètode EPA 551, aplicable a la determinació de co-productes de desinfecció i de disolvents clorats. Aquesta tècnica, que es duu a terme mitjançant una extracció líquid-líquid i una cromatografia de gasos amb detector de captura d'electrons, permet la detecció simultània de 19 substàncies. Els resultats d'aquest seguiment han corroborat la tesi anterior, amb tots els compostos situats per sota dels límits de detecció del mètode, en rang comprès entre 0,02-0,15 µg/l, depenent del compost.

Per altra banda durant aquest període s'han dut a terme diferents campanyes de mostreig per part del Departament de Microbiologia de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, a fi d'ampliar el ventall de microorganismes analitzats i d'avaluar l'eficiència del tractament terciari en la seva reducció o eliminació. Així, a banda de la determinació de les concentracions de coliformes fecals i d'estreptococs fecals, també s'han fet determinacions de les concentracions d'espores de clostridis, de quatre tipus de bacteriòfags, d'enterovirus i d'un protozou patògen com *Cryptosporidium parvum* tant a l'entrada com a la sortida del tractament de regeneració. En la Figura 2 es poden observar els resultats obtinguts en l'efluent terciari pel que fa a aquests diferents grups de microorganismes.

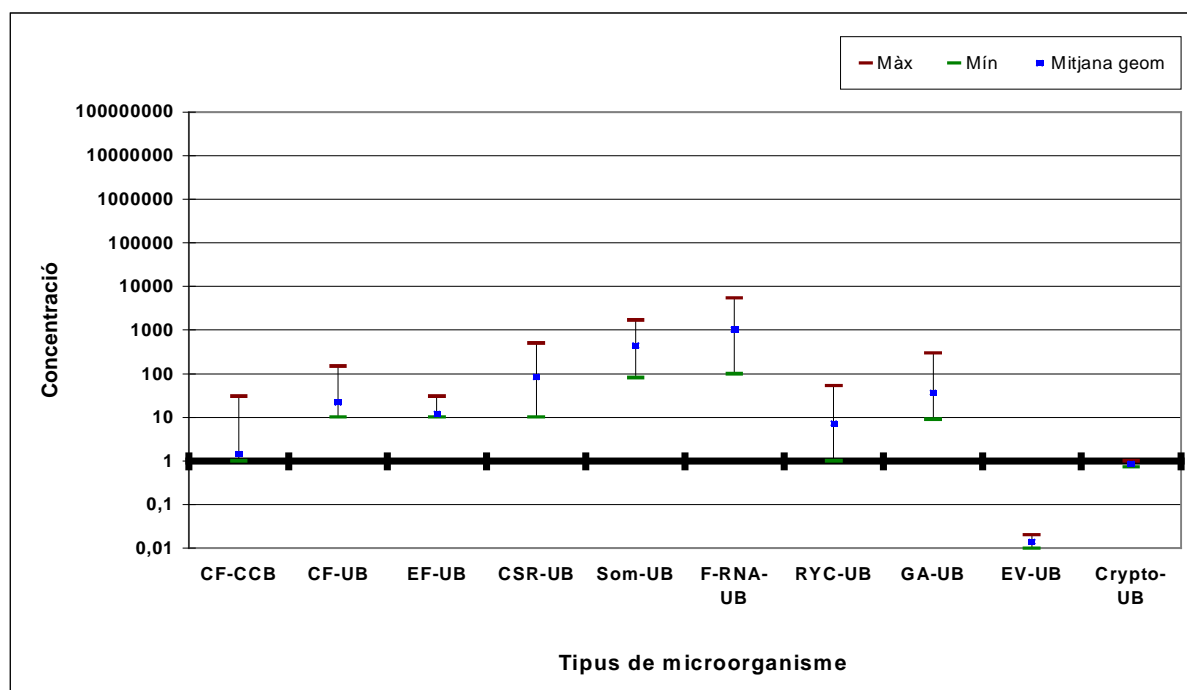


Figura 2. Concentracions dels diferents microorganismes analitzats en l'aigua regenerada de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro durant l'any 2004. Abreviacions: CCB: Consorci de la Costa Brava; UB: Universitat de Barcelona. **Bacteris:** CF: coliformes fecals; EF: estreptococs fecals; CSR: clostridis sulfít-reductors. **Virus:** Som: fags somàtics; F-RNA: fags F-RNA; RYC: fags RYC de *Bacteroides fragilis*; GA: fags GA de *Bacteroides fragilis*; EV: enterovirus. **Protozous:** Crypto: *Cryptosporidium parvum*. Número de mostres CCB: 27; UB: 6. Unitats en ufc/100 ml (bacteris), ufp/100 ml (virus), ufp/l (enterovirus) i ooquistes/l (*Cryptosporidium*).

Tant dels resultats de la Taula 3 com d'aquests seguiments addicionals realitzats amb convenis amb diferents departaments universitaris es desprèn que es compta amb la capacitat d'obtenir un efluent terciari que es trobi dins els límits per a la seva reutilització posterior per a usos de reg d'una manera constant i regular. Aquest fet, amb el pas del temps, ha anat donant una confiança en aquest recurs tant a l'administració com als diferents usuaris.

ALTERNATIVES EN LA GESTIÓ CONJUNTA DE L'EDAR I DEL SUBMINISTRAMENT D'AIGUA REGENERADA

Atès que hi ha plantejada la possibilitat d'una ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients, i que també existeix una expectativa d'ampliar el subministrament d'aigua regenerada per a diferents usos, entre els quals el reg agrícola n'és el principal, a continuació s'explorin les diferents alternatives de gestió del sistema EDAR-usuaris de l'aigua regenerada, avaluant la viabilitat global de les diferents opcions. A la

Taula 4 trobem la relació dels usuaris actuals juntament amb dades que permeten donar una idea de les característiques de cadascun d'ells i de la seva importància relativa.

Taula 4: Superfícies de reg dels usuaris actuals de l'aigua regenerada i principals dades lligades al subministrament en els darrers anys.

Usuaris aigua regenerada	Superfície regada (hectàrees)	Llacunes d'emmagatzematge	Aportació mitjana anual nitrogen 2002-2004 (Kg)	Aportació mitjana anual fòsfor 2002-2004 (Kg)	Volum subministrat mitjana 2002-2004 (m ³)	Volum subministrat gener-agost any 2005 (m ³)
Hortes entorn EDAR	10	No	2.532	382	84.573	73.827
Golf d'Aro	30	Si	5.870	727	177.299	201.701
Golf Costa Brava	25	No	4.109	577	135.094	117.703
Regants St. Cristina	25	Sí	3.609	371	96.880	115.550

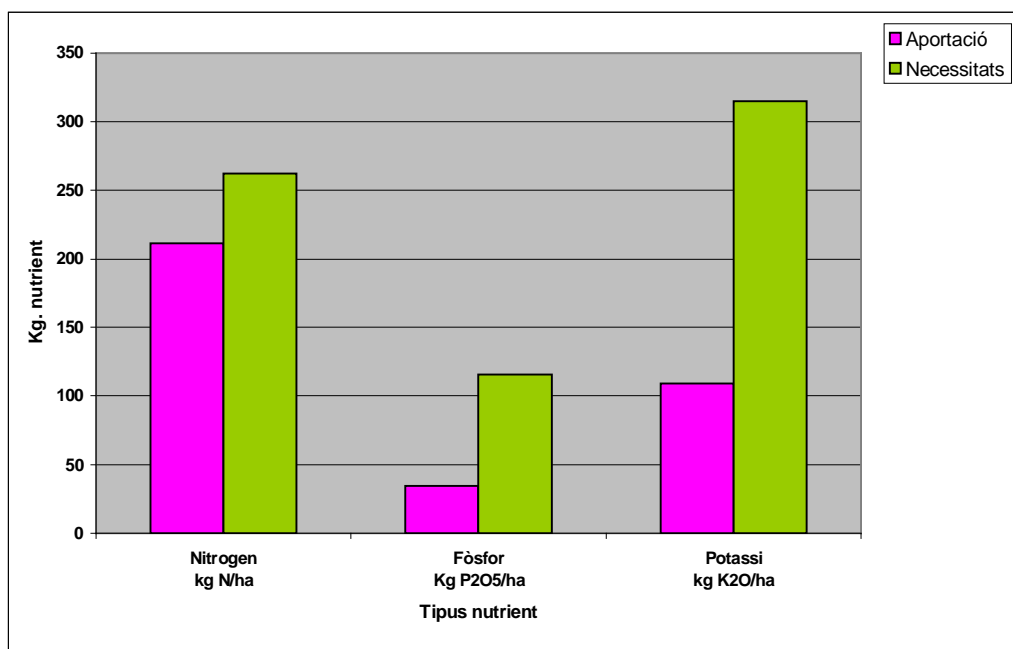


Figura 3: Comparativa entre les quantitats de nitrogen, fòsfor i potassi aportades per fertirrigació amb aigua regenerada durant l'any 2004 al cultiu de blat de moro de Santa Cristina i les necessitats totals anuals d'aquests nutrients per a un cultiu de blat de moro farratger amb una producció anual de 70 tones de matèria verda per hectàrea.

Atès que l'aigua regenerada presenta unes elevades concentracions de nutrients, les aportacions fetes per fertirrigació als cultius són significativament importants i permeten un estalvi important en fertilitzants a l'agricultor. A la Figura 3 es relacionen les quantitats de nitrogen, fòsfor i potassi aportades durant l'any 2004 a les hectàrees de blat de moro que actualment es reguen amb aigua regenerada a la zona de Santa Cristina amb les necessitats totals anuals d'aquests nutrients. Gràcies als nutrients presents en l'aigua regenerada, tan sols el reg ja aporta un 81% del nitrogen, un 30 % del fòsfor i un 35 % del potassi que requereix aquest conreu.

Per a l'anàlisi de les diferents alternatives es contemplen cinc escenaris de futur a mig termini, les dades dels quals es resumeixen en la Taula 5:

Escenari n° 1 – Situació actual: Aquest cas suposaria que no es portés a terme l'ampliació del tractament biològic amb criteris de reducció de nutrients ni de la planta de regeneració de l'EDAR, atès que la demanda d'aigua regenerada es mantindria estable. Es tracta de l'estat actual de les coses. En aquest escenari l'EDAR continuaria abocant gran part de l'aigua tractada durant l'any al mar i al riu Ridaura amb unes concentracions de nutrients elevades. Aquest abocament només es veuria reduït per la part de l'efluent terciari produït consumit pels usuaris que representaria un 9% del total tractat per l'EDAR i un 12 % dels quilograms de nitrogen abocats.

Taula 5. Comparativa de la distribució, en percentatges i en kg totals, del nitrogen que actualment s'aboca amb l'efluent secundari en els 5 escenaris de futur.

Usuaris	Distribució en percentatges					Distribució en Kg de nitrogen				
	Escenaris					Escenaris				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Hortes entorn EDAR</i>	1,9	1,9	0,5	0,5	1,4	2.532	2.532	708	708	1.845
<i>Golf Mas Nou</i>	4,4	4,4	1,2	1,2	3,9	5.870	5.870	1.630	1.630	5.206
<i>Golf Costa Brava</i>	3,1	3,1	0,9	0,9	2,5	4.109	4.109	1.161	1.161	3.347
<i>Santa Cristina - Llagostera</i>	2,7	40,0	0,7	11,0	40,0	3.609	52.911	969	14.586	52.911
Subtotal reciclatge	12,1	49,4	3,3	13,6	47,8	16.120	65.422	4.468	18.085	63.309
Atmosfera	0,0	0,0	71,7	71,7	39,1	0	0	94.907	94.907	51.670
Abocament medi	87,9	50,6	25,0	14,7	13,1	116.178	66.876	32.923	19.306	17.319
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	132.298	132.298	132.298	132.298	132.298

Escenari n° 2 - No ampliació tractament biològic / Sí ampliació planta de regeneració: Aquest supòsit implicaria que no es portés a terme l'ampliació del tractament biològic però sí que es dugués a terme l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m³/dia i que es construís un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. L'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre. En aquest escenari l'abocament de l'EDAR al medi (al riu Ridaura i al mar) en termes de nitrogen es veuria reduït d'un 87,9 % a un 50,6 %, mentre que el percentatge de nitrogen reciclat passaria d'un 12,1 % a un 49,4 %. L'escassa demanda d'aigua de reg fora dels mesos punta és la que impediria un major reciclatge i, per tant, una menor reducció dels abocaments al medi. Aquest és l'escenari que implica un major reciclatge de nitrogen, ja que no hi ha eliminació per desnitrificació en cap moment de l'any.

Escenari n° 3 - Sí ampliació de tractament biològic / No ampliació planta de regeneració: Aquest cas implicaria que es portés a terme l'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients i que es mantingués la demanda actual d'aigua regenerada, de manera que no s'ampliés el tractament terciari. S'estima que l'EDAR produiria un efluent secundari amb una concentració de nitrogen total inferior 5 ppm durant el període comprès entre els mesos de maig i octubre, i inferior a 10 ppm de juny a setembre. Aquesta reducció de la concentració de nitrogen present en l'efluent comportaria que malgrat abocar al medi al voltant d'un 90 % del volum tractat d'aigua (situació equivalent a l'actual en aquest aspecte), l'abocament de nitrogen al medi passaria a ser tan sols d'un 25 %. El destí principal del nitrogen no abocat passaria a ser l'atmosfera (71,7 %), a través de la desnitrificació. Aquest és l'escenari de mínim reciclatge de nitrogen, amb tan sols un 3,3 % del total produït per l'EDAR.

Escenari n° 4 - Sí ampliació del tractament biològic / Sí ampliació del tractament terciari: Aquest supòsit comportaria que s'executés el projecte d'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb criteris de reducció de nutrients i alhora l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m³/dia, i que es construís un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. S'estima que l'EDAR produiria un efluent secundari amb una concentració de nitrogen total inferior 5 ppm durant el període comprès entre els mesos de maig i octubre i inferior a 10 ppm de juny a setembre. L'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre. En aquest escenari l'abocament de nitrogen al medi es veuria reduït a tan sols un 14,7 %, mentre que el reciclatge seria d'un 13,6 %. Igual que en l'escenari anterior, el destí principal del nitrogen no abocat continuaria essent l'atmosfera (71,7 %), a través de la desnitrificació.

Escenari n° 5 - Model sostenibilista: Aquest supòsit comportaria l'execució del projecte d'ampliació del tractament biològic de l'EDAR amb la versatilitat suficient com per permetre treballar a voluntat tant amb criteris de reducció de nutrients mitjançant un sistema d'aireig prolongat com amb un sistema de fangs activats convencional que permetés reduir tan sols la càrrega contaminant carbonosa (eliminació de MES, DQO i DBO) sense actuar sobre el nitrogen i el fòsfor. Alhora, aquest escenari contemplaria l'ampliació del tractament terciari fins a una capacitat de tractament de 30.000 m³/dia, construint un sistema de conducció de l'aigua regenerada fins al punt d'ús. Igual que en els altres escenaris, l'augment de la demanda podria anar principalment a càrrec d'una comunitat de regants formada per agricultors de les poblacions de Santa Cristina d'Aro i Llagostera que consumirien la totalitat del cabal abocat al mar en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre.

Dins d'aquest escenari l'explotació de l'EDAR es duria a terme aplicant els següents criteris:

- a) Allotjar els nutrients (nitrogen i fòsfor) en el compartiment ambiental amb el menor impacte possible (Sala & Serra, 2004). Aquests compartiments varien al llarg de l'any, de manera que a l'estiu es procuraria allotjar-los a la biomassa lligada a les activitats productives dels usuaris de l'aigua regenerada, mentre que l'atmosfera seria el destí en l'època hivernal, en la que no hi ha demanda de reg.
- b) Minimitzar els costos econòmics i el consum energètic del sistema EDAR-usuaris.

La logística bàsica d'aquest model respecte el tractament biològic de les aigües residuals presenta dos criteris d'actuació diferenciats segons l'època de l'any:

- 1- Temporada de baixa intensitat en el reg: Són els mesos de baix consum d'aigua regenerada (d'octubre a maig), en què s'obtidria un efluent secundari a partir del tractament biològic d'aireig prolongat, amb unes concentracions de nitrogen baixes, d'entre 5 i 10 ppm. La producció del tractament terciari s'ajustaria a les demandes puntuals dels usuaris.
- 2- Temporada d'alta intensitat en el reg: Són els mesos d'elevat consum d'aigua regenerada (de juny a setembre), en què s'obtidria un efluent secundari mitjançant un tractament biològic de fangs activats convencional, amb unes concentracions de nitrogen similars a les actuals, que es podrien situar al voltant de les 35 ppm de mitjana. La totalitat de l'efluent tractat rebria un tractament terciari i seria reutilitzat per als diferents usos de reg.

En ambdues èpoques, però, el tractament terciari a aplicar a l'aigua depurada seria idèntic, i hauria de consistir en una filtració –amb possibilitat de ser reforçada per una coagulació– i una desinfecció mixta que combinés l'efecte desinfectant de la llum ultraviolada i del clor. Amb aquest tractament ja actualment s'assoleixen els límits de qualitat per a una aigua per a ser emprada per a reg agrícola i de jardineria sense restriccions (veure Taula 3).

En aquest escenari el percentatge de nitrogen abocat seria el mínim, assolint tan sols un 13,1 %, mentre que el nivell de reciclatge d'aquest element seria el segon més elevat, arribant al 47,8 %, molt proper al 49,4 % de l'escenari 2. L'enviament de nitrogen a l'atmosfera a través de la desnitrificació assoliria un 39,1 %. Aquest mínim abocament al medi s'assoliria gràcies a la combinació de dos factors: l'alliberació de gran part de nitrogen a l'atmosfera durant la temporada de baixa intensitat de reg i l'eliminació de l'abocament durant la temporada d'alta intensitat de reg. El fet de no haver de proporcionar l'oxigen necessari per a dur a terme la nitrificació del nitrogen amoniacal present en l'aigua durant l'època d'alta intensitat de reg comportaria un estalvi energètic en el tractament biològic del procés de depuració.

Aquest estalvi energètic del tractament biològic pot ser estimat a partir de les següents dades i consideracions:

- i) Que la quantitat de nitrogen amoniacal a oxidar durant el període comprès entre els mesos de juny i setembre seria d'uns 80.000 Kg. (valor calculat a partir de les dades de l'EDAR de Castell-Platja d'Aro del 2004).
- ii) Que el factor de conversió de les necessitats estequiomètriques d'oxigen a les necessitats reals d'oxigen en condicions estàndard seria de 0,64.
- iii) Que l'eficàcia dels difusors seria d'un 32 %. (valor provinent de l'EDAR de Torroella de Montgrí)
- iv) Que es disposaria d'uns bufadors amb un cabal d'emissió d'aire de 2.500 Nm³/h i amb una potència de 75 Kw. (valor provinent dels equips instal·lats en l'EDAR de Torroella de Montgrí)

En base a aquests supòsits, el cabal d'aire que es deixaria d'aportar per a la nitrificació/desnitrificació seria d'uns 4.926.000 m³, la qual cosa es traduiria en un estalvi energètic d'uns 148.000 Kwh. en l'esmentat període de juny a setembre.

AVALUACIÓ AMBIENTAL DE L'OPCIÓ SOSTENIBILISTA

Atès que aquesta opció presenta no tan sols un mínim abocament al medi i un elevat percentatge de reciclatge del nitrogen, sinó també un important estalvi energètic, s'ha efectuat una avaluació de la contribució a l'efecte hivernacle de les activitats associades a l'aplicació del model sostenibilista, basada en el balanç entre les tones de CO₂ generades i fixades. Els resultats d'aquest balanç es presenten en la Taula 6.

Tal com mostra la Taula 6, mentre que l'estimació del CO₂ generat en el període comprès entre els mesos de juny i setembre arriba a les 937 tones, el CO₂ fixat pel nou cultiu de blat de moro plantat en zones actualment de sequer, i el no emès pels estalvis energètics i de fertilitzants assoleix les 7.067 tones. Així doncs, el resultat del balanç indica que el conjunt d'activitats associades al model sostenibilista contribueixen a paliar l'efecte hivernacle fixant anualment al voltant de 6.130 tones de CO₂ de l'atmosfera. Tenint en compte que el consum energètic anual del conjunt del sistema de sanejament (EDAR i estacions d'impulsió) es troba al voltant dels 3.000.000 de Kwh, equivalents a una emissió de 1.277 tones de CO₂/any, el fet

de no abocar l'aigua depurada i de subministrar-la per al reg faria que l'efecte del consum energètic de la depuració quedés àmpliament neutralitzat per la quantitat fixada de CO₂.

Taula 6. Balanç en tones de CO₂ generat i fixat en les activitats del model sostenibilista⁽¹⁾.

Activitat	Tones CO ₂ generat	Activitat	Tones CO ₂ fixat
Tractament de regeneració	185 ⁽²⁾	Cultiu blat de moro	6.900 ⁽⁴⁾
Impulsió i reg	752 ⁽³⁾	Estalvi energètic EDAR	63 ⁽⁵⁾
		Estalvi energètic fertilitzant	104 ⁽⁶⁾
Total	937	Total	7.067

(1) Emissió específica mitjana en la generació d'electricitat a Espanya: 425,7 g. CO₂/Kwh

(2) S'estima que es tractarien 1.450.000 metres cúbics d'aigua amb un consum energètic de 0,3 Kwh/m³

(3) Es regarien 75 hectàrees de la zona de Santa Cristina amb un consum energètic de 0,75 Kwh/m³ i 270 hectàrees de la zona de Llagostera amb un consum energètic de 1,2 Kwh/m³ aportant 4.600 metres cúbics d'aigua per hectàrea

(4) Absorció de CO₂ per part de les noves 260 hectàrees en les quals es podria plantar blat de moro i que actualment sustenten conreus de sequer per manca d'aigua de reg. Es considera que una hectàrea de blat de moro fixa directament 30 tones de CO₂ per collita (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, 2001)

(5) Es considera un estalvi energètic de 148.000 Kwh al no aplicar criteris de reducció de nutrients en el procés biològic

(6) Es considera un estalvi en la producció industrial d'adob d'origen mineral per a cobrir les necessitats del cultiu de 53 tones de nitrogen. És necessària l'energia equivalent a l'emissió de 1,97 tones de CO₂ per produir una quantitat de fertilitzant que contingui una tona de nitrogen (Kongshaug, 1998).

AVALUACIÓ ECONÒMICA DE L'OPCIÓ SOSTENIBILISTA

Per tal de poder dur a la realitat el model sostenibilista s'ha de donar sortida a la totalitat de l'efluent de l'EDAR no reutilitzat en l'actualitat durant els mesos de juny a setembre, que arriba a un volum aproximat de 1.450.000 m³. Tenint en compte aquest elevat volum i el fet que aquest efluent presentaria una concentració mitjana de nitrogen d'unes 35 ppm, es fa necessari trobar una activitat productiva rendible basada en un cultiu que necessiti tant una gran quantitat d'aigua com que requereixi d'una important aportació de nitrogen durant els mesos de juny a setembre. El cultiu que compleix aquests requeriments que actualment es conrea en la zona i que, per tant, és econòmicament viable, és el blat de moro. Aquest cultiu presenta unes necessitats d'aigua durant els mesos de juny a setembre de 4.600 m³/ha i unes necessitats de nitrogen de 262 Kg/ha.

Si es relacionen les dades esmentades anteriorment amb els cabals de l'efluent secundari es necessitarien unes 320 hectàrees d'aquest cultiu a les quals subministrar l'aigua regenerada. Consultats els agricultors dels municipis de Santa Cristina d'Aro i de Llagostera, en la zona es disposa d'unes 350 hectàrees potencialment cultivables, sempre i quan existís un subministrament d'aigua regenerada que n'assegurés la viabilitat agronòmica de la seva explotació. En les Taules 7 i 8 es duu a terme una comparativa de costos per tal d'avaluar la viabilitat econòmica del canvi del tipus d'aigua de reg en les dues zones.

Tal com es dedueix dels resultats de les Taules 7 i 8, l'opció del reg amb aigua regenerada produïda seguint el model sostenibilista és econòmicament viable respecte a la situació actual, tant a Santa Cristina d'Aro com a Llagostera, gràcies a l'estalvi de costos que es produeix en l'apartat de la fertilització. Aquest estalvi compensa amb escreix l'increment de consum energètic que es produeix en la majoria de situacions pel transport de l'aigua des de l'EDAR, tot i que en el cas de les zones regades amb pous amb motor a gasoil a Santa Cristina d'Aro aquest cost ja és actualment superior al que genera el proveïment d'aigua des de l'EDAR.

Taula 7. Comparativa dels costos, en €/ha.any, del consum energètic per al reg i la fertilització del cultiu de blat de moro en la zona de Santa Cristina d'Aro.

Costos	Zona de Santa Cristina d'Aro, €/ha.any		
	Escenari convencional		Escenari aigua regenerada
	Pous energia elèctrica	Pous motor gasoil	Bombament EDAR-cultiu
Reg	240	450	297
Fertilització	350	350	135
Total	590	800	432

Taula 8. Comparativa dels costos, en €/ha.any, del consum energètic per al reg i la fertilització del cultiu de blat de moro en la zona de Llagostera.

Costos	Zona de Llagostera, €/ha.any		
	Escenari convencional		Escenari aigua regenerada
	Pous energia elèctrica	Pous motor gasoil	Bombament EDAR-cultiu
Reg	300	400	450 ⁽¹⁾
Fertilització	350	350	135
Total	650	750	585

(1) Cost estimat segons l'avantprojecte constructiu del sistema d'impulsió i reg realitzat per Casas-Masgrau S.A.

AVANTATGES

Avantatges de l'execució del projecte d'ampliació del terciari i del sistema de conducció d'aigua regenerada fins al punt d'us

Els avantatges que presenten els escenaris de futur on, per donar resposta a l'increment en la demanda de l'aigua regenerada es dugui a terme l'ampliació del tractament terciari i la construcció d'un sistema de conducció d'aquesta aigua fins al punt d'us, serien els següents:

1. El canvi en la font de subministrament d'aigua permet alliberar recursos hídrics dels aqüífers dels que s'extreu l'aigua amb la que es reguen els camps en l'actualitat. Aquest fet n'evita la salinització per intrusió d'aigua de mar i augmenta les reserves estratègiques d'aigua de boca a utilitzar en períodes de sequera persistent.
2. La reutilització de tota aquesta aigua redueix l'abocament dels nutrients en el tram final del riu Ridaura evitant processos d'eutrofització i millorant l'estat ecològic del tram final del riu.
3. Regar amb aigua regenerada proporciona una seguretat en la disponibilitat, control i subministrament en termes de quantitat i qualitat. Aquest fet permetrà gestionar l'explotació del cultiu amb independència de la meteorologia que condiciona les reserves disponibles en els aqüífers, fent que la disponibilitat d'aigua no sigui un factor limitant en termes de producció del cultiu en anys de sequera.
4. S'optimitza l'aprofitament d'un recurs existent com a element clau per a la continuïtat d'activitats agrícoles rendibles, ajudant a protegir i conservar el paisatge de les zones rurals.
5. El fet d'ampliar i consolidar el sistema EDAR-usuaris contribueix en termes d'educació ambiental a canviar la idea d'amagar i ignorar els residus generats per l'activitat humana convertint-los en un recurs integrat en les activitats productives quotidianes.

6. El sistema EDAR-usuaris integra activitats de sectors productius diversos. Aquest fet contribueix a la vertebració tant de la societat com del territori, permetent l'organització de diferents activitats econòmiques amb l'aigua regenerada com a eix conductor.

Avantatges addicionals de l'aplicació del model sostenibilista

1. Es racionalitza l'allotjament del nitrogen en el compartiment amb el menor impacte ambiental possible en cada època de l'any.
2. El fet de produir una aigua amb concentracions elevades d'amoni fa que tot el clor dosificat en el procés de desinfecció quedi acomplexat en forma de cloramines. Aquest fet evita la presència de clor residual lliure en l'aigua susceptible de reaccionar amb la matèria orgànica i formar trihalometans.
3. El fet de dur a terme la fertilització per fertirrigació redueix les aplicacions de nitrogen en forma d'adob mineral en cobertera. Aquest fet fa que es redueixi la quantitat de nitrogen rentat en els períodes de pluges de la tardor, minimitzant la quantitat d'aquest nutrient que arriba als aqüífers per lixiviació (Domingo, F. et al. 2003). Alhora, el reciclatge d'un nitrogen que ja ha entrat en la conca evita l'entrada de nou nitrogen a partir dels fertilitzants minerals, de manera que el potencial tant d'eutrofització dels cursos superficials d'aigua com de contaminació dels aqüífers per nitrats es veu fortament reduït.
4. A l'operar el tractament biològic sense criteris de nitrificació-desnitrificació durant l'època d'alta intensitat de reg permet un descens en el consum energètic a nivell d'explotació de l'EDAR, atès que no és necessari aportar l'oxigen per dur a terme l'oxidació d'amoni a nitrat en el procés biològic.
5. Servir una aigua regenerada amb unes concentracions elevades de nitrogen i fòsfor redueix la despesa de l'agricultor en la compra i aplicació de fertilitzants d'origen mineral. Aquesta reducció de costos contribueix de manera important a la viabilitat econòmica del canvi del tipus d'aigua de reg.

AGRAÏMENTS

Agrair les valuoses informacions aportades per a la confecció d'aquesta ponència per part de les següents persones: Joan Pijoan, president de la Comunitat de Regants de Solius; Benjamí Ferrer, greenkeeper Golf Costa Brava; Xavier Millet, biòleg; Jordi Salvia, Fundació Mas Badia; Nela Hidalgo, Departament de Química Analítica de l'Universitat de Girona; Casas Masgrau, S.A.; Josep Ferrer, SEAR S.A. i Lluís Sala, Consorci de la Costa Brava.

REFERÈNCIES

- Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya (2001). Llibre Blanc del Sector Agrari. Disponible a internet a través de l'adreça <http://www.gencat.net/darp/c/departam/lliblanc/doc/llibre.pdf>
- Domingo, F; Serra, J; Duran, M; Teixidor, M; (2003). Influencia de los aportes de residuos orgánicos ganaderos en el lavado de nitratos en un cultivo de maíz en regadío. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol VI: 391-395.

Kongshaug, G. (1998). Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. Disponible a internet a través de l'adreça http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/PDF/1998_biblio_65.pdf

Sala, L. and M. Serra (2004). Towards sustainability in water recycling. *Water Science and Technology*, Vol 50 No 2, pp. 1-7