

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

Presentació

L'aprofitament de l'aigua residual depurada per a determinats usos pot constituir un sistema vàlid d'estalvi d'aigua. Així, el reg dels camps i dels parcs públics, la neteja de les ciutats o la recàrrega dels aqüífers poden ser fets amb una aigua que, sense ser potable, té prou qualitat per a aquestes finalitats, tot evitant malgastar aigua destinada a ser utilitzada per al consum públic.

Però aquesta reutilització pot comportar un risc sanitari si no es fa amb prou cura. Conscient d'aquest risc, la Direcció General de Salut Pública va decidir preparar un recull dels consells necessaris per a una reutilització amb garanties sanitàries. En una primera fase s'ha enfocat el tema des de la perspectiva de l'ús per a reg. S'ha previst una segona fase on s'estudiarà la utilització d'aigua residual depurada per a la recàrrega d'aqüífers.

La publicació que ara es presenta s'ha editat en dos volums. En el primer es recullen els criteris sanitaris que cal tenir en compte per a qualsevol reutilització d'aigua residual depurada per a reg. El segon volum és una guia pràctica d'inspecció.

Aquest treball va adreçat a tècnics que, pel seu exercici professional, poden tenir la necessitat de consultar l'ús d'aigua depurada per a reg. Esperem que els sigui una eina eficaç en el desenvolupament de la seva tasca diària.

Lluís Salleras i Sanmartí

Director general de Salut Pública

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

ÍNDEX

PRESENTACIÓ

1. INTRODUCCIÓ

2. LEGISLACIÓ A L'ESTAT ESPANYOL

3. PERILLS SANITARIS DERIVATS DE L'APLICACIÓ AL SÒL D'AIGÜES RESIDUALS DEPURADES

4. ESTUDIS EPIDEMIOLÒGICS

5. NORMES I RECOMANACIONS ARREU DEL MÓN

6. CRITERIS SANITARIS A CATALUNYA

7. BIBLIOGRAFIA

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP:

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

Bibliografia. - Conté: Criteris sanitaris de reutilització d'aigües residuals depurades; Guia per al disseny i el control sanitari dels sistemes de reutilització d'aigües residuals
ISBN: 84-393-3020-0

I. Pascual i Cardona, Alba, dir. II. Salgot i de Marçay, Miquel III. Catalunya. Direcció General de Salut Pública IV. Criteris sanitaris de reutilització d'aigües residuals depurades V. Guia per al disseny i el control sanitari dels sistemes de reutilització d'aigües residuals 1. Regatge per aigües residuals - Aspectes sanitaris 2. Aigua - Reutilització - Aspectes sanitaris 3. Aigües residuals - Depuració - Aspectes sanitaris
61 4.7:628.034.3

©Generalitat de Catalunya
Departament de Sanitat i Seguretat Social

1a edició: Barcelona, setembre 1994
Tiratge: 3.500 exemplars
ISBN.: 84-393-3020-0
Dipòsit legal: B.13.661-1994
Coordinació editorial: Secció de Publicacions de la Secretaria General
Disseny, producció i impressió:
CYAN, Edicions i Creacions Gràfiques, S.A.
Av. Meridiana, 354.08027 Barcelona

Coordinació
Alba Pascual i Cardona

Autors
Miquel Salgot i de Marçay
Amparo Cortés i Lucas
Pilar Gomà i Pujol
Alba Pascual i Cardona

Col·laboradors
Enric Aulí Mellado
M. Rosa Monterde i Martínez
Carme Call i Ausió
Joan Gaya i Fuertes
Ramon Grau i Ortí
Carme Nuin i Gilpérez

PER OBTENIR MÉS INFORMACIÓ PODEU ADREÇAR-VOS A:

Departament de Sanitat i Seguretat Social
Travessera de les Corts, 131 -159 (Pavelló Ave Maria)
08028 Barcelona (Barcelonès)
Tel. 93 339 11 11
Fax. 93 411 11 14

Delegacions Territorials de Sanitat i Seguretat Social

Pl. de Catalunya, 20, 1r. pis
08002 Barcelona (Barcelonès)
Tel. 93 319 43 00
Fax. 93 315 10 32

Carrer del Sol, 15
17004 Girona (Gironès)
Tel. 972 21 84 12
Fax. 972 21 99 07

Av. de l'Alcalde Rovira Roure, 2
25006 Lleida (Segrià)
Tel. 973 70 16 00
Fax. 973 24 91 40

Av. de Maria Cristina, 54
43002 Tarragona (Tarragonès)
Tel. 977 22 41 51
Fax. 977 21 89 54

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

1. INTRODUCCIÓ

L'escassetat d'aigua en determinades zones del nostre país ha aconseguit sensibilitzar gran nombre de sectors de l'opinió pública i revitalitzar la investigació d'una sèrie d'alternatives d'obtenció d'aigua. Hom s'ha sentit obligat a no malgastar-ne i reservar l'aigua potable per a beguda i subministrament públic i aprofitar l'aigua usada provinent de la indústria i del municipi.

Tres característiques de les aigües residuals:

1. contingut de diversos components aprofitables,
2. abastament constant,
3. ubiqüitat

les fan, a la vegada, útils i perilloses.

Per evitar l'increment constant del grau de contaminació de les zones properes als abocaments d'aigües residuals cal depurar-les; un cop depurades apareix la possibilitat de la seva REUTILITZACIÓ. La reutilització de les aigües residuals depurades és un fet governat en la major part dels casos per motius econòmics: si l'aigua residual depurada és més barata que l'aigua de primer ús, la reutilització serà un fet més o menys proper en el temps.

Un cop establerta aquesta premissa podem indicar que hi ha altres condicionants que permeten que la reutilització es faci d'una forma adient des del punt de vista sanitari. Sovint s'interpreta que el marc sanitari es redueix a definir la contaminació per microorganismes i el possible impacte que aquests tenen sobre la població. Encara que aquest aspecte sigui una part important del context sanitari, no és menys cert que hi ha altres implicacions, si es considera la salut pública, que cal tenir en compte. A tall d'exemple podem esmentar la presència de metalls pesants i la seva possible acumulació en la cadena tròfica.

El marc sanitari de la reutilització és possiblement el que ara planteja més polèmica a nivell mundial per una sèrie de circumstàncies relacionades amb l'economia i la capacitat analítica. En aquest sentit, podem esmentar dos tipus (o fins i tot tres) de problemes en la reutilització d'aigües residuals depurades, que fan establir una separació clara:

4. Un primer grup de països, més desenvolupats i rics, ha assolit un nivell econòmic i analític que permet constatar una incertesa en els mètodes de control (principalment biològics) de la reutilització. Si bé l'analítica clàssica per a determinar la presència o absència de coliformes i altres bacteris ha assolit un grau de certesa en les determinacions que permet assegurar una qualitat bacteriològica de l'aigua recuperada, actualment la preocupació s'està decantant cap al control de virus i paràsits.
5. Al segon grup hi ha els països on la manca de mitjans econòmics fa que els mètodes de depuració emprats en els països desenvolupats (d'alt consum d'energia, infraestructura desenvolupada i personal tècnic molt qualificat) no siguin al seu abast, i on les mancances econòmiques no permeten portar a terme un control exhaustiu de la qualitat microbiològica de les aigües. Aquesta situació es tradueix en queixes sovintejades quan s'han de fer complir uns criteris microbiològics fora de les possibilitats reals del país.

Pot indicar-se també un tercer cas, en el qual podríem incloure la situació de Catalunya, on l'analítica es tecnològicament desenvolupada, però encara no s'ha assolit un grau prou elevat de construcció de depuradores, cosa que no ha permès un plantejament a gran escala de la reutilització. No obstant això, cal dir que l'obligatorietat del compliment de la Directriu comunitària sobre el tractament de les aigües residuals urbanes (91/271/CEE) ha fet que a Catalunya s'intensifiquessin les activitats de construcció de depuradores amb la previsió d'aconseguir el tractament de les aigües residuals molt abans dels terminis marcats per l'esmentada Directriu.

Possibilitats de reutilització

La reutilització directa d'aigües residuals depurades ha estat desenvolupada en aquells països amb

una capacitat tecnològica elevada, escassetat d'aigua i un cert nivell econòmic.

Aquestes circumstàncies s'han donat principalment en dos llocs, Califòrnia (EUA) i Israel. Posteriorment també es van desenvolupar a Arizona, Florida i altres estats dels EUA, al Japó i als països àrabs amb potencial econòmic. Darrerament, a la Mediterrània s'està detectant un interès creixent per aquest recurs.

L'ús principal de l'aigua residual recuperada es l'agrícola, però també hi ha altres possibilitats com són l'ús en la indústria, principalment com a refrigerant, i en els que es poden denominar usos paisatgístics, com ara el reg de zones verdes o l'existència de masses d'aigua per a ornament. També es pot utilitzar aquesta aigua per a usos municipals que no demanin aigua potable.

La recàrrega d'aquífers es practica com a mesura per a obtenir més aigua en llocs d'escassetat o per a crear barreres costaneres contra la intrusió d'aigua de mar.

Les aigües residuals depurades també es poden utilitzar per a activitats de lleure, com el reg de camps d'esport o l'ús de masses d'aigua (la totalitat o una part del volum d'aigua recuperada) per banyar-se o practicar esports aquàtics.

Finalment, a nivell mundial també s'ha descrit la reutilització directa com a aigua potable, encara que a Espanya estigui prohibida per llei, i per tant no es pugui posar en pràctica.

Les reutilitzacions més importants són les que, per diferents motius, consisteixen en l'aplicació d'aigua residual depurada al sòl. Es poden considerar dos punts de vista respecte a aquesta aplicació:

6. La reutilització en què predominen criteris agrícoles; és a dir, aquella en la qual l'ús de l'aigua s'efectua en funció d'uns conreus utilitzant l'aigua residual depurada com a aigua de reg. En aquest cas la finalitat de la reutilització és augmentar el rendiment agrícola aprofitant la matèria orgànica i els nutrients de l'aigua residual.
7. La reutilització en què predominen criteris de depuració. En aquest cas el sistema sòl/planta actua com a sistema de tractament avançat o terciari en el qual predomina el criteri de tractament enfront del conreu. La finalitat d'aquesta reutilització és augmentar el rendiment de la depuració.

En qualsevol dels casos es planteja com a problema sanitari bàsic el grau de contacte de les persones i animals amb el sistema, ja sigui mitjançant l'aigua de reg, el consum de vegetals o el contacte amb medis contaminats indirectament (aire, aigües subterrànies, vestits...).

TAULA 1
Ús de l'aigua residual depurada

Agricultura	Conreus Vivers/jardiners comercials Producció de biomassa
Paisatge	Reg de parcs, mitgeres autopista, cementiris... Millora i rehabilitació d'aiguamolls
Municipi	Extinció d'incendis Condicionament d'aire Aigua per a WC Zones verdes urbanes
Recàrrega	Realimentació Lluita contra la intrusió marina Control de subsidències
Lleure	Llacs i estanys Augment de cabals Neu artificial
Indústria	Refrigeració Alimentació de calderes Aigua de procés Grans obres hidràuliques

Previsions de futur

En el nostre país, l'ús principal de l'aigua recuperada ha de ser l'agricultura, ja sigui per conreus no excessivament exigents pel que fa a la qualitat sanitària de l'aigua, com per usos en terrenys de lleure en que se'n requereixin grans volums.

La recerca que està avançant a Catalunya s'orienta actualment cap a tres punts:

8. l'ús per a reg de camps de golf.
9. l'ús com a substitut d'aigua de reg de determinats conreus,
10. La millora dels mètodes terciaris de tractament per tal de poder regar qualsevol tipus de conreu.

Això demana que es porti a terme ràpidament una recerca tant agrícola com sanitària, i que s'estableixi el marc legal de la reutilització.

Paral·lelament a la construcció de noves depuradores i a la millora de les que ja existeixen, cal una campanya de sensibilització perquè, d'una banda, es deixi d'utilitzar per a regar l'aigua sense depurar (complint així allò que indica la normativa vigent) i de l'altra, perquè es controlin de forma adient les reutilitzacions d'aigua residual depurada.

En tot moment cal establir un balanç entre el que es pot considerar un risc i el que es pot considerar seguretat en la reutilització.

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

2. LEGISLACIÓ A L'ESTAT ESPANYOL

La legislació bàsica és competència de l'Estat i les comunitats autònomes realitzen el desenvolupament normatiu i l'execució. En el quadre següent s'indiquen les normes vigents a l'Estat espanyol i a les dues comunitats autònomes on hi ha legislació sobre el tema.

ÀMBIT	NORMA	OBSERVACIONS
Espanya	Llei d'aigües, 29/1985, Tit. V, Cap. III Art. 101	"Se establecerán las condiciones básicas para la reutilización directa de las aguas, en función de los procesos de depuración, su calidad y usos previstos"
	Reial decret 849/86, Tit.III, Cap. III Art. 272 i 273	Obligació de demanar un informe sanitari. Prohibició de la reutilització directa per al consum humà, excepte en situacions d'emergència o catastròfiques.
Catalunya	Decret 252/82, Art. 3	Els beneficiaris aportaran les autoritzacions administratives adients pel que fa a l'ús de les aigües residuals depurades per a reg. Els beneficiaris seran responsables de mantenir la qualitat sanitària de les aigües per a la seva aplicació al reg.
Illes Balears	Decret 33/87	Es declaren d'utilitat pública les actuacions encaminades a reordenar l'agricultura amb la utilització d'aigües residuals depurades.
	Llei 12/88, Exposició de motius	La necessitat que els cabals d'aigua necessaris per al reg de camps no es detreguin d'altres usos de necessitat més peremptòria.
	Art. 2	Estudis d'avaluació d'impacte ambiental.
	Decret 13/92,	Requisits per als abocaments de plantes de tractament d'aigües residuals urbanes per a la seva aplicació al terreny o evacuació al mar.

Referències

Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües. (BOE núm. 189, de 8 d'agost de 1985).

Reial decret 849/1986, d'11 d'abril, pel qual s'aprova el reglament de domini públic hidràulic que desenvolupa els títols preliminars, I, IV, V, VI i VII de la Llei 29/85, de 2 d'agost, d'aigües (BOE núm.103, de 30 d'abril de 1986).

Reial decret 1315/1992, de 30 d'octubre, pel qual es modifica parcialment el reglament del domini públic hidràulic que desenvolupa els títols preliminars, I, IV, V, VI i VII de la Llei 29/85, de 2 d'agost, d'aigües, aprovat pel Reial decret 849/1986, d'11 d'abril (BOE núm. 288, d'1 de desembre de 1992).

Decret 252/1982, de 30 de juliol, sobre aprofitament per a regs d'aigües residuals depurades. (DOGC núm. 253, de 25 d'agost de 1982.)

Decret 33/1987, de 21 de maig, pel qual es declara s'utilitat pública a Balears les actuacions encaminades a reordenar l'agricultura amb la utilització d'aigües residuals una vegada depurades (BOCAIB núm. 69, de 2 de juny de 1987).

Llei 12/1988, de 17 de novembre, de camps de golf (BOCAIB núm. 145, de 3 de desembre del 1988).

Decret 13/1992, de 13 de febrer, pel qual es regula l'evacuació d'abocaments líquids procedents de plantes de tractament d'aigües residuals urbanes (BOCAIB núm. 29, de 7 de març de 1992).

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

3. PERILLS SANITARIS DERIVATS DE L'APLICACIÓ AL SÒL D'AIGÜES RESIDUALS DEPURADES

És evident que la reutilització d'aigua residual comporta un risc sanitari, tant per al públic com per als treballadors del sistema, ja que l'exposició a microorganismes patògens i substàncies tòxiques és més elevada en aquests casos que en aquells en què s'utilitzen aigües no contaminades amb aigua residual. Per aquest motiu, l'objectiu últim és reduir al mínim l'exposició a aquests agents, mantenint així els possibles perills sanitaris dintre d'un nivell acceptable. En general, la preocupació sanitària que aquestes activitats susciten està relacionada amb el grau de contacte de l'aigua residual depurada amb les persones, el tipus i la qualitat de l'aigua residual depurada i la fiabilitat dels processos de tractament.

Els contaminants d'interès sanitari presents en una aigua residual poden classificar-se de forma general en agents biològics i agents químics. El perill principal de l'ús de l'aigua residual recuperada és, a curt termini, l'augment d'exposició de la població als patògens. A llarg termini pot ser l'acumulació de determinats elements o compostos en plantes i productes de consum, que poden afectar l'home o els animals.

3.1. Contacte de l'aigua residual depurada amb persones i animals

A l'hora d'analitzar les situacions on hi ha la possibilitat de contacte amb agents perillosos per a la salut-població no ens hem de referir només a la ingestió d'aigua residual depurada o al contacte amb pell i mucoses. En els sistemes de reutilització poden resultar afectades diverses matrius ambientals entre les quals cal destacar l'aire, les aigües subterrànies, el sòl i els vegetals.

Els aerosols

Es defineix com a aerosols viables la part de les aigües residuals depurades que es transforma en gotetes que queden suspeses en l'aire, i que, en unes condicions ambientals determinades, perden per evaporació l'aigua que retenien. El resultat és la producció d'unes partícules que contenen sòlids i microorganismes que inicialment eren a les aigües residuals. La densitat d'organismes en els aerosols és el resultat de tres condicionants: la densitat microbiana de les aigües residuals depurades que s'usen per a regar, l'efecte "aerosol xoc" (factors que produeixen la mortalitat inicial a l'agregat en el moment de formar-se) i la mort biològica dels microorganismes a mesura que són afectats per les condicions ambientals.

Els factors que afecten el comportament dels microorganismes són:

- Humitat relativa, temperatura, quantitat de sòlids: augmentar la supervivència.
- Les radiacions solars: disminueixen la supervivència.
- La velocitat del vent alta: augmenta el moviment.
- Les barreres vegetals: disminueixen el moviment

Les aigües subterrànies

Les aigües subterrànies poden ser afectades per les aigües residuals depurades per percolació quan aquestes darreres es fan servir per a reg o per a recàrrega d'aquífers.

El sistema sòl/planta

La presència de patògens en l'aigua residual depurada pot afectar el sistema sòl/planta. El mètode de reg condiona, en certa manera, la contaminació microbiològica del conreu; per exemple:

- El reg per cicles periòdics (inundació/secada) suposa un avantatge respecte el reg per aspersió (que acostuma a ser un mètode de regs sovintejats) perquè el període entre l'últim reg i la collita pot ser més gran, i per tant afavoreix l'acció de les condicions ambientals.
- El reg gota a gota permet l'aprofitament màxim de l'aigua sense contaminar el conreu per contacte

amb l'aigua; s'aconsegueix amb:

- Canonades en superfície
- Canonades cobertes amb fulls de polietilè
- Canonades subterrànies amb el sòl cobert amb fulls de polietilè.

Determinats elements, encara que no siguin micronutrients, poden entrar en la planta i incorporar-se als seus teixits, acumulant-s'hi. Alguns autors descriuen també la possibilitat que determinats virus siguin capaços de penetrar en l'interior de les plantes ja sigui pels mecanismes normals d'absorció o a través de les ferides, i romandre a l'interior dels teixits vegetals (Steadman, 1979).

En el sòl, a més dels patògens, hi ha la possibilitat que els metalls pesants i els microcontaminants orgànics hi arribin aportats per les aigües residuals depurades. Pel que fa als patògens, el seu moviment pot ser en superfície (per escorriment) o en profunditat. També cal evitar la formació d'estanyaments superficials més o menys estables, que poden facilitar l'aparició de problemes de vectors.

3.2 Qualitat de l'efluent tractat

Organismes presents en les aigües residuals recuperades que poden afectar la salut humana

Una planta de tractament d'aigua residual ben gestionada pot reduir les concentracions d'organismes patògens en molts ordres de magnitud. No obstant això, la dificultat per assegurar una eliminació completa i contínua d'aquests organismes fa que no pugui descartar-se la possibilitat de transmissió de malalties a través de la reutilització.

Durant els últims decennis, el nombre de microorganismes patògens presents en l'aigua residual ha minvat considerablement a causa de les millores en el sanejament i de la utilització d'antibiòtics. No obstant això, el nombre de patògens presents en l'aigua residual durant un brot epidèmic augmenta apreciablement. Els principals agents infecciosos per a l'home i els animals que poden trobar-se en l'aigua residual bruta poden classificar-se en tres grans grups: els bacteris, els paràsits (protozous i helmints) i els virus. En la TAULA 2 s'esmenten els principals agents infecciosos que poden trobar-se en una aigua residual domèstica.

La supervivència dels bacteris en l'aigua depèn molt de la presència d'altres microorganismes que tinguin efectes de predació o competència. Sovint els bacteris sobreviuen més en aigües netes que en aigües brutes. Al contrari, hi ha una certa evidència que la supervivència dels virus és millor en les aigües contaminades, presumiblement com a resultat d'un efecte protector que els virus poden rebre quan són absorbits en les partícules sòlides suspeses en l'aigua bruta. Les supervivències dels bacteris superiors a 50 dies són rares i a 20-30°C el temps màxim més probable de supervivència és de 20 dies. Les supervivències dels virus són superiors i s'incrementen amb la disminució de la temperatura. A 20-30°C el temps de supervivència és d'uns 2 mesos i a uns 10°C d'uns 9 mesos. Els cists de protozou sobreviuen malament en qualsevol ambient. Un màxim per *Entamoeba histolytica* en aigües pol·lucionades és d'uns 20 dies. Els ous d'elmint varien des dels molt fràgils als molt resistents. El més resistent de tots és l'ou d'*Ascaris* que pot sobreviure durant més d'un any (Crites, 1977; Pascual, Salgot i Cardús, 1984; Libhaber i Michail, 1987).

El comportament dels patògens en el sòl depèn de la interrelació de tres tipus de factors (vegeu figures 1 i 2):

- condicions del sòl,
- condicions ambientals,
- condicions del propi organisme.

Les condicions ambientals que més poden influir en el comportament dels microorganismes són la radiació ultraviolada, la temperatura i la pluja.

La temperatura ambiental alta pot produir, per ella mateixa, l'augment de la supervivència dels bacteris, dels protozous i de les larves dels helmints i la disminució de la supervivència dels virus. També produeix un descens de la humitat del sol, factor negatiu per a la vida dels bacteris, virus i helmints. Aquest descens de la humitat afavoreix l'aparició de clivelles en la superfície del sòl, les quals faciliten el moviment de les suspensions de microorganismes cap a capes més profundes.

La pluja afavoreix la supervivència dels patògens en el sòl perquè n'augmenta el grau d'humitat. A la vegada facilita el moviment dels patògens ja que aporta el vehicle de transport dels microorganismes i,

l'aportació d'aigua produeix els descens de la concentració de cations, afavoreix la desorció dels organismes prèviament adsorbits i impedeix la immobilització per una nova adsorció.

Les condicions del sòl tenen gran importància. La textura defineix la superfície global de contacte, la qual es relaciona íntimament amb:

- la capacitat de retenció d'aigua
- la capacitat de retenció de sals i nutrients
- la capacitat de retenció de substàncies antagonistes o tòxiques per als patògens
- la capacitat de retenció de bacteris i virus

(les tres primeres afecten la supervivència dels patògens, la darrera afecta el moviment).

En els sòls argilosos, amb molta superfície específica, s'afavorirà la supervivència dels organismes mitjançant la retenció d'aigua i de nutrients que s'hi produeix i perquè el sòl, en adsorbir microorganismes, els protegirà de la dessecació i dels raigs ultraviolats. Per altra banda, el moviment hi serà difícil a causa de l'adsorció dels microorganismes a les partícules d'argila.

Els sòls sorrenços no afavoriran la supervivència, però incrementaran el moviment.

Segons l'estructura del sòl hi haurà o no espais buits dintre i fora dels agregats. En aquests espais es pot retenir una certa quantitat d'aigua; quan aquesta desaparegui per infiltració o dessecació serà substituïda per aire; aerobiosi o anaerobiosi més o menys estrictes condicionen la supervivència de determinats organismes.

FIGURA 1
Factors que afecten la supervivència dels microorganismes en el medi

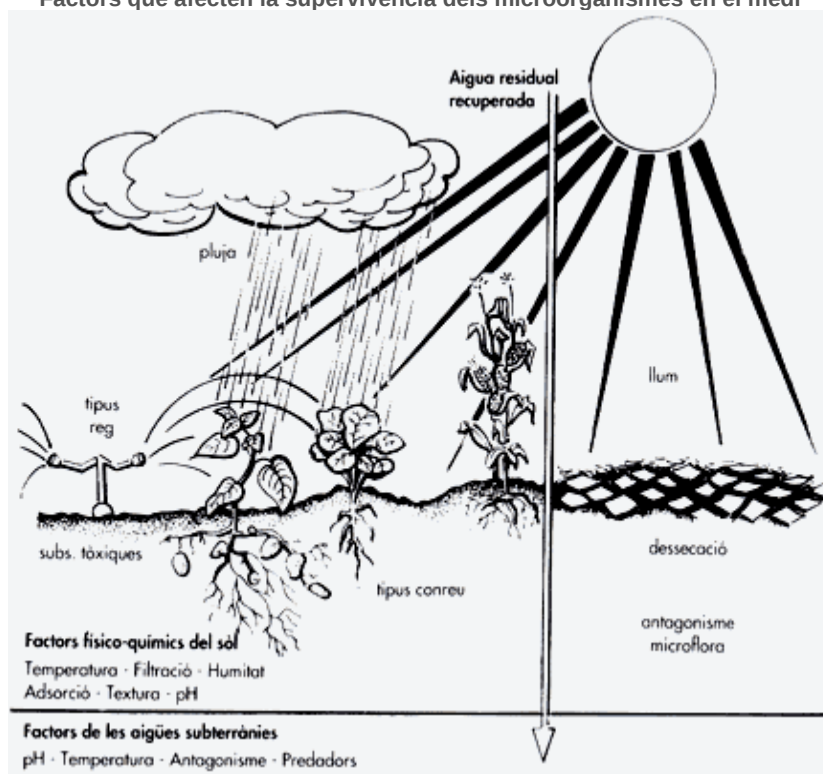
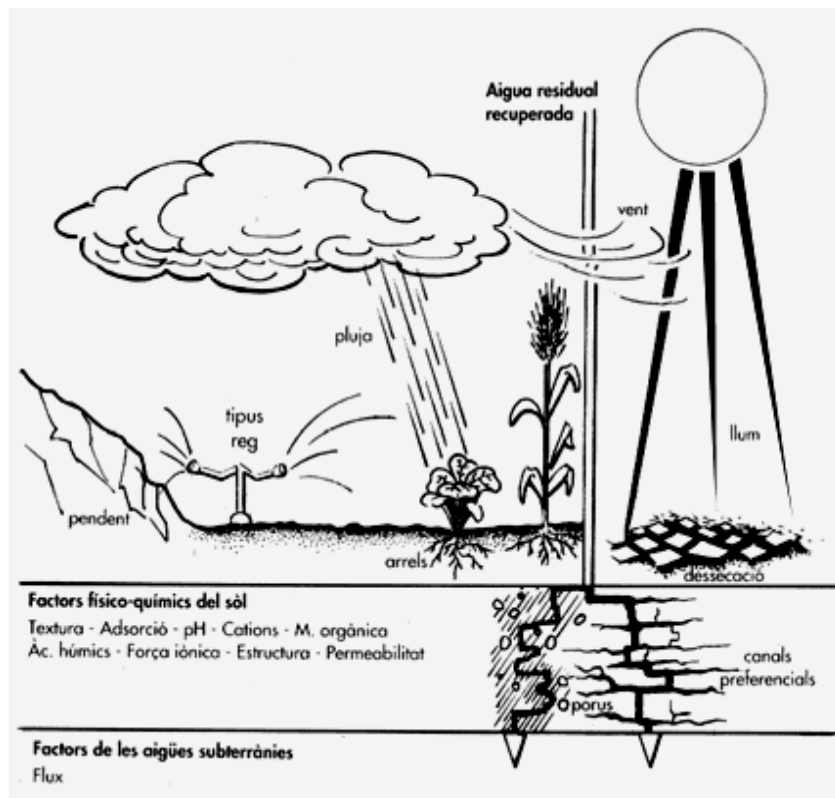


FIGURA 2
Factors que afecten el moviment dels microorganismes en el medi



TAULA 2 Principals organismes patògens que poden trobar-se en una aigua residual domèstica i malalties que produeixen

ORGANISME PATOGEN	MALALTIA
Protozoous	
Entamoeba histolytica Giardia lamblia Balantidium coli	Disenteria amèbica Giardiasi Balantidiosi
Helmints	
Ascaris lumbricoides Ancylostoma duodenale Necator americanus Ancylostoma spp Strongyloides stercoralis Trichuris trichiura Taenia spp Enterobius vermicularis Echinococcus granulosus	Ascariasi Anquilostomiasi Necatoriasi Larva migrant cutània Estrongiloïdiasi Tricuriasi Teniasi Enterobiasis Hidatidiosi
Bacteris	
Shigella (4 espècies) Salmonella typhi Salmonella (unes 1700 esp.) Vibrio cholerae Escherichia coli enteropatògena Yersinia enterocolítica Leptospira spp	Shigel·losi Febre tifoide Salmonel·losi Còlera Gastro-enteritis Yersiniosi Leptospirosi
Virus	
Enterovirus (71 tipus)	Gastro-enteritis, anomalies cardíques, meningitis...
Virus de l'hepatitis A Adenovirus (31 tipus) Rotavirus Parvovirus (2 tipus)	Hepatitis Malalties respiratòries Gastro-enteritis Gastro enteritis

El pH del sòl, a més de seleccionar els organismes adaptats a viure en aquest pH concret, determina la càrrega neta de les substàncies amfòteres i condiciona l'adsorció dels organismes al complex adsorbent del sòl.

La microflora autòctona pot originar modificacions del micromedi, competència per l'aliment, síntesi de substàncies beneficioses o tòxiques pels patògens, predació, parasitisme, simbiosi i comensalisme. La macroflora afavoreix el moviment, tot facilitant canals als organismes.

Les característiques del propi patògen (producció de formes de resistència, característiques de la capa externa, etc.) també en condicionen el comportament.

En condicions òptimes, els coliformes poden sobreviure en el sòl molts mesos. En els climes calorosos, especialment en els àrids, la supervivència és limitada a 2-3 mesos. Les salmonel·les poden sobreviure fins a un any si el sòl és fred, humit i ric en matèria orgànica (per exemple, si ha estat adobat) però això varia considerablement amb la soca. La informació de què hom disposa sobre els virus suggereix que les partícules víriques s'adsorbeixen a les partícules del sòl i esdevenen protegides dels factors ambientals. La supervivència és més gran a temperatures baixes: les supervivències de fins a 3 mesos han estat descrites en temps calorós, augmentant a uns 5 mesos en les condicions de temps d'hivern a Europa. És poc probable que els cists de protozou sobrevisquin més de 10 dies al sòl. La supervivència dels ous d'elmint varia enormement; els ous d'*Ascaris* poden sobreviure durant alguns anys.

En els vegetals la supervivència dels patògens és reduïda si les condicions ambientals prevalents són clima àrid, radiacions ultraviolades, baixa humitat i calor. El tipus de conreu també afecta la supervivència; en herbes denses i frondoses aquesta augmenta perquè els confereix més protecció (Pascual, Salgot i Cardús, 1984).

Compostos químics presents en les aigües residuals recuperades que poden afectar la salut humana

Compostos nitrogenats

L'aplicació de l'aigua residual al sòl és un mètode de tractament recomanable per una sèrie d'avantatges com són la conservació de nutrients per als vegetals i el consegüent increment de producció de biomassa. Però el nitrogen afegit al medi en excés comporta la possibilitat de contaminació per nitrats i nitrats de les aigües superficials i subterrànies.

La ingestió d'aigua amb una concentració de nitrats superior a 10 ppm (com a N) s'associa amb una alteració temporal de la sang en infants de menys de 3 mesos (metahemoglobinèmia infantil).

També s'han descrit avortaments espontanis en bestiar que ha consumit aigua de beguda amb concentracions superiors a 45 ppm de nitrats (Black i cols., 1984).

Microcontaminants orgànics

Alguns compostos orgànics sintètics són sospitosos de causar càncer o són carcinògens, segons proves de laboratori a curt termini. Les concentracions d'aquestes substàncies en les aigües residuals són gairebé sempre (excepte abocaments industrials específics) inferiors als nivells pels quals s'han descrit respostes adverses.

En situacions de reutilització, la via d'exposició als productes orgànics presents a l'aigua no és gairebé mai la ingestió directa. Els productes orgànics dipositats en el sòl mitjançant el reg són subjectes a reduccions per les reaccions químiques que hi tenen lloc i es transloquen als teixits de les plantes abans d'entrar en la cadena tròfica. A través de la matriu sòl, els productes orgànics traça introduïts amb el reg poden esdevenir també contaminants de l'aigua subterrània.

Els processos que es fan servir normalment en el tractament de l'aigua residual municipal són dissenyats per a eliminar sòlids en suspensió, demanda bioquímica d'oxigen i bacteris. Diversos estudis demostren que el tractament convencional elimina també una part important dels microcontaminants orgànics; malgrat això, la cloració de l'efluent tractat torna a fer aparèixer certes quantitats de microcontaminants.

Pel que fa als tractaments terciaris, la filtració per sorra té poc efecte per a eliminar-los, mentre que la coagulació amb calç és efectiva. Malgrat tot, fins i tot emprant adsorció per carbó activat i òsmosi

inversa, un efluent d'aigua residual no queda completament lliure de microcontaminants orgànics (Thornton i Goff, 1981; Chang i Page, 1984).

Elements traça

Els metalls pesants poden assolir concentracions importants en les aigües residuals quan l'aigua prové de la indústria o bé quan en l'aglomeració urbana hi ha aportacions d'aigua residual industrial. Molts d'aquests elements poden ser tòxics si s'ingereix l'aigua de forma continuada. Aquest no és el cas que ens ocupa, ja que la ingestió directa d'aigua residual depurada queda descartada, sinó el perill que prové dels processos de bioacumulació. En efecte, si l'aigua conté quantitats relativament importants d'un metall determinat, aquest pot acumular-se en el sòl, passar a les plantes i d'aquestes als animals i a l'home.

Hi ha elements metal·lics (anomenats essencials) imprescindibles per al creixement de les plantes i els animals en concentracions relativament petites. A nivells més elevats poden ser tòxics per a la vegetació o els consumidors dels vegetals. Entre aquests s'esmenten normalment arseni, cadmi, plom i mercuri.

Page i Chang (1984) indiquen que entre els elements traça trobats normalment a les aigües residuals depurades, bor, cadmi, coure, molibdè, níquel i zinc són els que es consideren com a potencialment perillosos si s'introdueixen en els sòls de conreus de manera indiscriminada. Amb les pràctiques normals de reg amb aigües residuals, els mateixos autors consideren que manganès, ferro, alumini, crom, arsènic, seleni, antimoni, plom i mercuri no donaran fitotoxicitat ni exposaran els consumidors a nivells perillosos. En resum, ens interessen els nivells de bor, cadmi, coure, molibdè, níquel, seleni i zinc.

En general es pot afirmar que quan s'aplica una aigua amb concentracions normals de metalls pesants en una quantitat aproximada de 1.200 mm/any, el temps necessari perquè un metall traça assoleixi el límit d'acumulació en el sòl pot variar des dels 82 anys per al cadmi (en sòls amb capacitat d'intercanvi catiònic inferior a 5 meq/l) a més de 3.000 anys per al plom (en sòls amb capacitat d'intercanvi catiònic de més de 15 meq/l).

El bor

És essencial per als vegetals a petites quantitats i tòxic a concentracions elevades. Percola molt ràpidament, de manera que no es preveuen acumulacions a llarg termini sinó efectes immediats. Les concentracions superiors a 1 mg/l en aigua de reg poden generar problemes.

Els metalls pesants

Cadmi

El cadmi no és un element essencial per al creixement de les plantes. A concentracions relativament baixes, fins i tot abans de detectar-se'n els símptomes, el Cd afegit al sòl pot elevar dràsticament el nivell de Cd en els teixits vegetals. El contingut de Cd podria esdevenir un factor limitant en l'aplicació d'algunes aigües residuals al sòl, especialment en conreus de consum per a l'home i els animals (Olson i Guinn, 1978; Crook, 1984). Westcot i Ayers (1984) fixen la concentració màxima de Cd en 0,01 mg/l considerant un reg de 1.200 mm/any (vegeu també Ayers i Westcot, 1987).

Molibdè

Poden afegir-se grans quantitats de molibdè al sòl amb poc efecte sobre el creixement de les plantes. La disponibilitat de Mo per als conreus augmenta amb el pH del sòl. En ser un micronutrient, el Mo es necessita en petites quantitats en les plantes i és també essencial, en concentracions baixes, en la dieta dels animals; no obstant, pot ser tòxic per a determinats animals (remugants principalment) a dosis de 5 mg/kg de farratge. La toxicitat del Mo i la seva agudesia estan directament relacionades amb la quantitat de Mo ingerida en relació amb les de coure i sulfats. Westcot i Ayers (1984) fixen la concentració màxima de Mo en aigües de reg en 0,01 mg/l considerant un reg de 1.200 mm/any (vegeu també Ayers i Westcot, 1987).

Seleni

És un element essencial per als animals, però en concentracions molt baixes. Atenent a la toxicitat per a animals de pastura que consumeixen farratge conreat en sòls amb nivells alts de seleni afegit, Westcot i Ayers (1984) fixen la concentració màxima de Se en aigües de reg en 0,02 mg/l considerant

un reg de 1.200 mm/any (vegeu també Ayers i Westcot, 1 987).

3.3 Processos de tractament

En moltes legislacions de països estrangers s'associen els permisos per regar al fet que l'aigua residual hagi sofert un determinat tractament; segons quin sigui, es pot aplicar l'aigua a un o altre tipus de conreu.

La qualitat final de l'efluent depèn en gran manera del tractament que es doni a l'aigua. Passem revista, doncs, a aquests tractaments i a la seva influència en els paràmetres que ens interessin.

Tractaments previs

Els tractaments previs de les aigües residuals per reixes o dilaceració no tenen cap efecte en el contingut en patògens de l'aigua residual.

Sedimentació.

En els tancs de sedimentació primària, habituals en moltes plantes de tractament, amb 2-3 hores de temps de retenció, els paràsits poden ser eliminats per sedimentació directa o per adsorció en els sòlids que estan en procés de sedimentació. Es considera que els cists d'*Entamoeba histolytica* són reduïts en un 50% com a molt, mentre que el 50-70% dels ous d'elmint sedimenten (Shuval i cols., 1986).

Shuval i cols. (1986), citant Liebman, indiquen que els processos de sedimentació de les diferents formes de paràsits poden veure's afectats per les variacions en el temps de retenció, presència de detergents i altres circumstàncies que condueixen a condicions no uniformes de sedimentació. Això pot fer que els efluentes que s'utilitzen per al reg puguin disseminar helminths patògens.

Llots activats

Els sòlids dissolts afegits a l'aigua residual durant el seu ús no són eliminats pels mètodes convencionals de tractament. Al contrari, els sòlids en suspensió i les demandes bioquímica i química d'oxigen són reduïdes i en certs casos es transformen els compostos de nitrogen i fòsfor (Asano i Pettygrove, 1987).

En aquest tipus de tractament l'eliminació de patògens és realment poc efectiva. El procés de llots activats per si sol té també poc efecte en l'eliminació de cists de protozou i ous d'elmint, però es considera que una part important dels ous s'elimina en el tanc de sedimentació secundària—la planta de llots activats en conjunt elimina d'un 80% a un 100% d'ous d'elmint—(Shuval, 1987).

Llacunes

Ben al contrari que en el cas anterior, els estanys o llacunes per al tractament d'aigües residuals, sempre que tinguin una dimensionalitat i una gestió adients, són capaços d'aconseguir qualitats microbiològiques prou bones.

Tal com indiquen Shuval i cols. (1986), no hi ha dubte que els estanys disposals en sèrie donen com a resultat un efluent d'una qualitat excepcional. Les sèries d'estanys que consisteixen en estanys anaerobis, facultatius i de maduració poden virtualment eliminar els patògens i reduir substancialment les carregues de DBO_5 i sòlids en suspensió. L'únic inconvenient pot ser en alguns casos la presència d'algues. Els mateixos autors indiquen que si es fan servir dos o més estanys de maduració, amb un temps de retenció de 5 dies cadascun, s'aconseguirà una eliminació total de cists de protozou i d'ous d'elmint.

Els estanys d'oxidació, que normalment donen temps de retenció de 5 a 30 dies, ofereixen bones condicions per a la sedimentació de protozous i helminths.

S'indica que els protozous i els ous d'elmint sedimenten efectivament en 3 a 6 dies en un estany d'oxidació (Rose i Gerba, 1991) però, durant aquest període, a partir dels ous poden desenvolupar-se larves nedadores lliures d'ancilòstoms o esquistosomes, que apareixen en l'efluent.

Sembla que una combinació apropiada d'estanys d'oxidació aerobis i anaerobis pot ser una manera

efectiva d'eliminar els riscos sanitaris associats amb els protozous i els helmints.

Infiltració-percolació

La infiltració-percolació clàssica és un mètode de depuració que es basa en l'aplicació d'aigua a sòls per tal que aquests actuïn com a mètode de tractament, generalment terciari. És un mètode efectiu quan es disposa de sòls adients, com poden ser els sòls de duna o determinats sòls sorrencs (Bouwer, 1981). Les darreres modificacions d'aquest mètode es basen en la instal·lació del sòl en un tanc, de manera que es pugui recuperar l'aigua tractada i reutilitzar-la posteriorment (Brissaud, Lefevre, Joseph, 1989; Brissaud, 1990). Amb aquest mètode s'aconsegueixen efluentes d'una excel·lent qualitat microbiològica que els fa susceptibles de poder ser utilitzats fins i tot per al reg d'hortalisses.

Emmagatzematges estacionals d'aigües

Aquest mètode es fa servir a Israel, mantenint l'aigua residual en estanys o llacs soms durant l'estació de pluges, per tal de conservar l'aigua per a l'època seca, reduir la pol·lució dels rius i protegir la contaminació del aqüífers.

L'estany representa un ecosistema aquàtic marcat especialment per processos biològics intensos, els components dels quals depenen de la qualitat de l'aigua residual, del temps, de les condicions hidrològiques i del règim amb el qual es gestiona l'estany.

S'aconsegueixen eliminacions del 99,8% dels coliformes i del 97,6% de les salmonel·les (Shelef, Juanico, Vinksky, 1987).

Cloració

Els efectes bactericides dels agents desinfectants depenen del pH, del temps de contacte i de la temperatura de l'aigua.

El procés de desinfecció normal és la injecció d'una solució de clor a l'inici d'un laberint de cloració. La dosificació de clor depèn de la qualitat de l'aigua residual i d'altres factors, però les dosis de 5-10 mg/l són corrents. Els laberints estan dissenyats normalment per a donar un temps de contacte de 15 minuts com a mínim. No obstant això, de vegades calen temps de contacte de fins a 120 minuts, quan es fa servir l'aigua per a reg específics.

Un dels problemes que es presenten a l'hora de clorar les aigües residuals ja depurades és la presència de partícules en suspensió. Manglik i cols. (1987), afirmen que per una dosi de clor determinada, la desinfecció està ben correlacionada amb la distribució de la mida de partícules en l'aigua residual. Als EUA, les aigües a recuperar acostumen a ser filtrades abans de la desinfecció.

Pel que fa a la resistència dels organismes a la cloració, els cists de protozou són més resistents que els virus i els bacteris al clor i la major part dels ous d'elmint no són afectats en absolut per la cloració (Northington, 1970).

3.4 El funcionament de la planta

Hi ha la possibilitat que, en determinats moments o períodes, les plantes de tractament presentin deficiències de funcionament. Això pot ser degut a circumstàncies diverses, com ara manca de corrent elèctric, mal funcionament del sistema (per destrucció del cultiu bacterià per abocaments tòxics), etc. En aquests casos, no és possible donar als usuaris aigua en condicions adients, raó per la qual en aquelles zones on calgui assegurar el volum d'aigua subministrat l'usuari hauria de tenir maneres de solucionar aquestes mancances.

Tot l'equip de transport i d'ús de l'aigua recuperada ha de ser inspeccionat rutinàriament. El manteniment preventiu reduirà les pèrdues indegudes d'aigua de les canonades de transport i de l'equip malmès o dolent, fent més petit, al mateix temps, el perill sanitari.

El control i la vigilància de les zones d'ús és un aspecte poc aprofundit en molts projectes de recuperació. Cal que els projectes de recuperació d'aigua es dissenyin i funcionin de manera que es protegeixi perfectament la salut pública.

És perfectament apropiat i recomanable imposar controls en les instal·lacions i les zones d'ús. El sol

fet d'establir criteris de qualitat no garanteix la protecció sanitària.

Segons Ongerth i Jöpling (1977), un dels principals problemes sanitaris de les plantes de tractament és la fiabilitat. S'indica que en un estudi que va fer el Departament de Sanitat de Califòrnia, el 56% de les plantes de l'estat havien sofert fallades serioses de funcionament durant un any. Es va trobar que el sistema de cloració no funcionava en 18 de les plantes, amb fallades des d'una hora fins a tot l'any. El 33% de les plantes van fer avinent que havien hagut de "bypassar" aigua residual sense tractar durant períodes que variaven des de 6 hores fins a 300 dies. El Departament trobà repetidament que del 30% al 60% de les plantes de tractament tenen fallades serioses alguna vegada durant l'any, ja siguin petites plantes de muntanya o grans plantes de ciutat. Aquest mal funcionament és inacceptable quan els sistemes de recuperació de l'aigua poden originar riscos sanitaris per la població.

Un dels problemes és la manca de personal durant les 24 hores a l'estació, per problemes de cost. També es un dels problemes la manca d'anàlisis en intervals regulars i acceptables pel control.

Entre les mancances que s'esmenten pel que fa a les característiques de les plantes de tractament cal assenyalar:

- fiabilitat dels sistemes de cloració (acostumen a ser únics)
- manca de font alternativa d'energia
- manca d'instruccions per situació d'emergència

A conseqüència d'aquest estudi, una de les condicions per la recuperació que va establir l'estat de Califòrnia fou la fiabilitat dels sistemes de tractament. Els sistemes que garanteixen la fiabilitat poden ser mètodes d'alarma, subministraments alternatius d'energia elèctrica, duplicacions de determinats processos de tractament, formes d'emmagatzematge o eliminació de l'aigua mal tractada, aparells de control i controladors automàtics.

Des del punt de vista sanitari, les previsions perquè hi hagi una desinfecció adient i fiable són les característiques essencials dels processos de tractament de les aigües residuals.

3.5 Risc derivat de l'aplicació de les ARD

L'usuari principal de l'aigua recuperada és el treballador agrícola, que ha de fer servir l'aigua per als diferents usos previstos. Cal prendre mesures adients per a garantir la protecció dels treballadors en les zones de reutilització. És molt important que aquests treballadors coneguin en profunditat els perills sanitaris i no oblidin les normes de seguretat.

És recomanable que els treballadors, abans que hom els permeti treballar en la reutilització d'aigua residual, tinguin coneixement dels potencials de transmissió de malalties de l'aigua residual recuperada i de les precaucions que han de prendre. Això implica que els responsables de les zones d'ús també han de conèixer els aspectes sanitaris de la reutilització. Tothom que estigui relacionat amb la reutilització ha de mantenir un nivell elevat de cura i precaució, ja que sempre hi ha un cert grau de possibilitat de fallades de l'equip o d'errors humans.

Hi ha d'haver farmacioles de primers auxilis en les zones d'ús, de manera que qualsevol petita ferida pugui ser tractada ràpidament per tal d'evitar infeccions.

Es recomana que tots els treballadors que entrin en contacte amb l'aigua residual recuperada durant la seva jornada de treball es canviïn la roba i es rentin perfectament un cop acabada la feina aquesta i abans de deixar la zona d'ús.

Cal anar amb compte perquè el menjar que es porti a la zona d'ús no es contami ni i cal no portar menjar a les zones que encara estiguin humides després de l'ús. Cal pensar també que els treballadors han de tenir accés fàcil a aigua segura per a beure. Aquesta aigua ha de ser portada en contenidors segurs i protegits del contacte amb l'aigua recuperada o la pols. Tant els recipients de l'aigua com els de menjar no s'han de deixar directament a terra.

Pel que fa als vianants i els veïns dels habitatges propers a la zona d'aplicació, cal preveure mitjans adients d'informació. Aquesta informació ha d'incloure senyals ben visibles en la zona de reg. els quals han de dir clarament que l'aigua que s'està fent servir a la zona és aigua recuperada a partir d'aigua residual.

Els senyals han de ser situats en llocs on la gent els hagi de veure necessàriament; i la mica i les

lletres han de ser prou grans perquè la gent les vegi a distància. No han de dir coses de l'estil de "no begueu", "no passeu" o "no nedeu", sinó que han de dir **"Aigua residual recuperada: eviteu-ne el contacte"** o bé **"Aigua residual recuperada: no en begueu"** . Pel que respecta als camps de golf, se suggereix que es faci constar en les targetes de joc que es fa servir aigua residual recuperada per al reg.

En cas necessari, cal mantenir la gent apartada dels llocs de reutilització on es faci servir aigua recuperada de baixa qualitat amb senyals d'advertència i, si cal, posant tanques (Moore, 1981; Kramer, 1984).

Totes les vàlvules, sortides i/o caps d'aspersor haurien d'estar convenientment marcats per avisar a la gent que l'aigua no és potable ni segura per a beure a banyar-s'hi; i el material només hauria de poder ser utilitzat per personal autoritzat.

Cal prendre les precaucions necessàries per assegurar que l'aigua recuperada no sigui posada en contacte amb la gent, no assoleixi les vies de pas, camins, fonts d'aigua potable, embassaments o dipòsits o zones que no estiguin sota el control de l'usuari.

Cal assegurar que existeix un nombre adient de fonts d'aigua potable, de forma que la gent no necessiti beure aigua recuperada. Les fonts d'aigua potable han de ser protegides de l'aspersió directa i dels aerosols.

La descàrrega de l'aigua residual depurada s'ha de limitar a la zona preestablerta. Cal controlar el reg, de manera que es faci mínima la formació de tolls i que l'escorriment es confini i s'elimini convenientment.

No hi ha d'haver escorriment des de la zona regada si no va a parar a zones previstes per això. El drenatge superficial dels camps regats amb efluent no desinfectat conté organismes que poden contaminar les aigües receptores.

L'entollament o l'escorriment es poden fer mínims si es rega correctament i els aspersors es col·loquen convenientment, de manera que l'aigua no vagi a parar a superfícies impermeables com camins o carrers.

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

4. ESTUDIS EPIDEMIOLÒGICS

Hi ha un gran nombre d'estudis sobre els efectes sanitaris de la reutilització; malgrat això, i tal com indiquen Shuval i cols. (1986) n'hi ha pocs d'aprofitables, pel fet que els plantejaments i l'obtenció de dades són prou dificultosos.

Efectes sobre les persones

En un estudi fet a **Monterrey (Califòrnia)** anomenat MWRSA (*Monterey Wastewater Reclamation Study for Agriculture*) es van regan camps experimentals amb tres tipus d'aigua. S'observà que no hi hagué diferències significatives en el creixement o en la qualitat dels vegetals conreats amb les diferents aigües (efluent secundari filtrat, efluent secundari coagulat, floculat, sedimentat i filtrat, i aigua de pou). Es conclugué que no hi havia risc sanitari significatiu associat amb el reg de vegetals de consum en cru amb les aigües esmentades (Sheikh i cols., 1981).

Pettygrove i cols. (1986) indiquen que el reg amb aigua residual recuperada no ha donat cap brot epidèmic confirmat a **Califòrnia** , fins i tot considerant que l'aigua residual ha estat aplicada al sòl durant dècades. Els brots en altres parts del món han estat sempre associats amb el reg amb aigua residual sense tractar o amb efluent no desinfectat.

Camann i Guentzel (1984) van fer un estudi a **Lubbock (Texas)** controlant les infeccions víriques i bacterianes en una "comunitat rural americana" que es troba als voltants d'un projecte de demostració de reg per aspersió d'aigua residual depurada. L'objectiu principal de la investigació microbiològica fou l'examen de la relació, si és que n'hi havia, entre l'ocurrència de noves infeccions bacterianes en els participants i la seva exposició a l'aigua residual al seu aerosol quan s'aplicava per aspersió. Com a conclusió, comenten que no apareix un risc augmentat d'adquirir aquestes malalties associat amb l'exposició a l'aigua residual i que no hi ha connexions òbvies entre l'autodescripció de malalties agudes pels afectats i el grau d'exposició als aerosols.

Shuval i cols. (1984) van fer un estudi sobre el risc d'infecció per *Legionella pneumophila* en els treballadors que regaven amb aigua residual per aspersió en diverses comunitats agrícoles d' **Israel** . Se seleccionaren 30 kibbutzim i les conclusions a què es va arribar foren que els percentatges de seropositius anti-*Legionella* van ser significativament més alts en els treballadors que tenien contacte amb sistemes de regatge (sense tenir en compte el tipus d'aigua) que en el grup de control.

Fattal i cols. (1984), en un altre estudi de les mateixes característiques, trobaren un increment significatiu d'anticossos ECHO 4 en la població exposada als aerosols.

Shuval i cols., en un llibre editat pel Banc Mundial el 1986, avaluen els estudis epidemiològics coneguts (fent servir criteris de causalitat entre la malaltia i l'exposició) dels efectes sobre la salut humana associats amb el reg amb aigua residual depurada. Consideren diferents situacions:

- a . L'aigua residual aplicada a conreus comestibles o pastures que causa malalties en les persones que ingereixen els vegetals i/o carn i llet d'animals de pastura.
- b . L'aigua residual utilitzada en agricultura que causa malalties a treballadors agrícoles en contacte amb els sistemes de reg.
- c . L'aigua usada en agricultura que causa malalties a les poblacions properes no agrícoles, incloent-hi contactes familiars dels treballadors i població exposada a aerosols.

Els estudis realitzats sobre els efectes sanitaris associats amb el reg amb aigües residuals demostren clarament que molts tipus d'organismes patògens estan presents en concentracions elevades en l'aigua residual sense tractar o parcialment tractada i poden sobreviure durant dies, setmanes i fins i tot anys en el sòl i en els conreus que han estat en contacte amb l'aigua residual. Alguns d'aquests patògens s'han detectat en l'aigua aerosolitzada a distàncies considerables a sotavent dels llocs on es rega per aspersió. De tota manera, la sola detecció d'organismes patògens en el sòl, conreus comestibles o en l'aire no és prova suficient que els éssers humans són, de fet, infectats com a resultat

de contacte o exposició a aquests patògens.

Altres conclusions de l'esmentat treball foren:

- 1 . En zones on les malalties per Ascaris i Trichuris són endèmiques i s'utilitza aigua residual, no tractada o parcialment tractada, per al reg de conreus que es consumeixen en cru, el consum d'aquests conreus pot ser una ruta de transmissió.
- 2 . El còlera pot ser disseminat per conreus d'hortalisses amb aigua sense tractar.
- 3 . La febre tifoide pot ser transmesa per hortalisses i conreus d'amanida regats amb aigua residual sense tractar.
- 4 . No hi ha estudis epidemiològics que demostrin que els helmints (Taenia saginata) han estat transmesos a la població pel consum de carn de bestiar que pastura en camps regats amb aigua residual depurada. No obstant això, hi ha una forta evidència que el bestiar que pastura en camps regats de fa poc temps amb aigua residual sense depurar o que ha begut en canals o estanys d'aigua residual pot esdevenir seriosament intestat de cisticercosi. Això pot causar, sense cap dubte, problemes veterinaris seriosos i pèrdues econòmiques. És raonable suposar que la carn dels animals infestats pot causar trastorns als consumidors.
- 5 . En els treballadors agrícoles que reguen amb aigua residual sense depurar en zones on les infestacions per Ancylostoma i Ascaris són endèmiques s'observen nivells significativament més elevats d'afectats que en poblacions formades per altre tipus de treballadors. El risc és més alt en zones on treballen amb els peus nus.
- 6 . Els treballadors agrícoles poden ser infectats per còlera si reguen amb aigua residual sense depurar derivada d'una zona on hi ha una epidèmia de còlera.
- 7 . Hi ha una certa indicació que els treballadors de plantes de tractament d'aigües residuals pateixen, durant el seu primer any de feina, més símptomes gastro-intestinals i respiratoris que els treballadors no exposats.
- 8 . Hi ha poca evidència d'infecció per patògens presents en l'aigua residual aerosolitzada pel reg per aspersió, en els residents prop de les plantes de tractament d'aigües residuals o dels llocs on es rega. Sols un estudi fet a Israel va donar evidència circumstancial, a partir de dades seroepidemiològiques, que és possible la transmissió de virus entèrics patògens a grups de població residents prop de zones d'aspersió amb aigua residual parcialment tractada.
- 9 . Els estudis seroepidemiològics no asseguren que hi hagi reduccions dels efectes negatius per a la salut en tractar l'aigua residual. De tota manera, hi ha raons per creure que un tractament adient de l'aigua residual que elimini els patògens pot donar un nivell elevat de protecció sanitària.

Discutint els treballs analitzats, els autors conclouen que es pot establir evidència que la transmissió de certes malalties s'associa a l'ús d'aigua en els casos de:

-Persones que consumeixen conreus regats amb aigua sense tractar (ascariasi, tricuriassi) o carn de bestiar que s'alimenta de pastura regada amb aigua residual (teniasi). Probablement també es pot incloure aquí la possibilitat de transmissió de malalties entèriques bacterianes com ara còlera i febre tifoide sota condicions específiques, com també malalties per protozous.

-Treballadors que reguin amb aigua residual: anquilostomiasi, ascariasi, còlera i possiblement amb menys importància infeccions causades per altres bacteris i virus entèrics.

- Persones que resideixin prop de zones on es rega amb aigua residual, particularment si es fa servir aspersió amb aigua residual sense tractar o mal tractada: alguna transmissió poc important de malalties, particularment a nens, causades per virus entèrics, especialment els que no són endèmics de l'àrea. També es pot esmentar la transmissió limitada de malalties bacterianes per contacte amb els treballadors agrícoles que fan servir aigües residuals.

Perillositat del reg amb aigua residual sense tractar

RISC ALT	RISC BAIX	RISC MÍNIM
Helminths Ancylostoma Ascaris Thichuris Taenia	Bacteris entèrics Vibrio cholerae Salmonella Shigella	Virus entèrics

Efectes sobre els animals

Un aspecte negligit de la reutilització en sòls és l'efecte que l'aigua residual pot tenir sobre els animals que pasturen o mengen farratge que ha estat regat amb aigües residuals i, si es considera que en molts casos es fa servir estanys o llacs per a emmagatzemar l'aigua mentre no es fa servir, es pot considerar la toxicitat per als peixos.

Hart i Van Vuuren (1977) esmenten en un projecte a Johannesburg (República de SudÀfrica) els perills veterinaris de la reutilització. Indiquen que quan les vaques i els vedells es mantenen permanentment en camps regats amb aigua residual augmenta el perill d'infeccions bacterianes i d'infestació per paràsits. Enumeren algunes malalties, especialment les originades per nematodes, cestodes i trematodes. Poden controlar-se amb tractaments regulars antihelmítics.

Shuval (1977) esmenta la tuberculosi com una de les malalties transmissibles per pastura de vaques en camps regats amb aigües residuals que contenen els bacils causants d'aquesta malaltia, difícilment eliminables per cloració.

Jones i Lee (1981) parlen de la possible toxicitat per a peixos en un estany on es pensen introduir aigües residuals. Esmenten com a més perillosos el clor lliure i el nitrogen i el seus compostos (especialment amoni i nitrits). Per a l'amoni es considera concentració màxima permissibile per als peixos 50 µmg/l en exposicions cròniques; pel als nitrits s'aconsellen concentracions no superiors a poques desenes de mg/l. Per al clor es considera que en exposicions cròniques el límit màxim és de 5 µg/l.

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

5. NORMES I RECOMANACIONS ARREU DEL MÓN

Al món, la reutilització s'ha desenvolupat fonamentalment segons les necessitats d'aigua i les tradicions sanitàries i de depuració imperants, a més de les consideracions socioeconòmiques de cada cas. La normativa ha evolucionat sota la influència de les forces històriques i les tendències socials dominants.

A **principis del segle XX** les normes van ser extremament severes (sovint incomplibles) i sense una base epidemiològica ferma que hi donés suport. La norma més coneguda és la de Califòrnia, que indicà una qualitat microbiològica de 2,2 coliformes/100 ml.

El **1952**, Israel va publicar normes sanitàries basades en els estàndards de Califòrnia.

El **1973**, la *US Environmental Protection Agency* va recomanar que l'aigua per a reg no passés els 10^3 coliformes/100 ml. Aquesta norma es menys exigent que la de Califòrnia i Israel, que es considera segura ja que en aquella època la major part dels estats dels EUA permetien el bany en aigües amb aquests continguts de coliforms.

El **1973**, apareix un informe de l'OMS recomanant certs processos de tractament per assolir uns criteris sanitaris de reutilització d'aigua residual: es feia avinent la necessitat d'un tractament primari i secundari i, en ocasions, que l'efluent fos desinfectat. La indicació, pel que fa als coliforms, era que no hi hagués més de 80 coliforms/100 ml, en el 80% de les mostres.

El **1986**, es publiquen els estudis del Banc Mundial i d'Engelberg, recomanant normes menys estrictes (10^3 coliforms/100 ml i menys d'1 ou d'helminx/litre) pel reg sense restriccions dels conreus. Apareixen recomanacions tecnològiques (amb un temps de retenció de 20-25 dies en sistemes de 4-5 estanys, s'aconsegueix una eliminació total d'helminx i protozous i el 99, 99% a més de bacteris coliforms).

El **1989**, apareix un segon document de l'OMS que concorda amb els criteris d'Engelberg.

La tendència en molts llocs continua essent l'aplicació dels antics estàndards de Califòrnia, encara que van guanyant acceptació les noves normes d'Engelberg/Banc Mundial/OMS. Tot seguit, donem les característiques principals dels diferents llocs on es realitza legalment l'aplicació.

Califòrnia (EUA)

TRACTAMENT	CRITERIS	TIPUS DE REG
Primari	-	Fibra Farratge Llavors
Secundari i desinfecció	2,2 coliforms/100 ml	Conreus de consum en cru (reg en superfície).
	23 coliforms/100 ml	Camps de golf, cementiris, parcs (no contacte del públic amb l'aigua residual)
Secundari, coagulat, filtrat i desinfectat	23 coliforms/100 ml	Conreus de consum en cru (reg per aspersió)
	2,2 coliforms/100 ml	Parcs, patis d'escola, zones d'esbarjo, on hi ha contacte del públic amb l'aigua residual

Arizona (EUA)

TRACTAMENT	TIPUS DE VEGETACIÓ I REG
Secundari	Conreus que no són de consum humà, fibra o farratge, horta (per mètodes que no requirir directament els fruits i les fulles), aigua per a bestiar no

	destinat a la producció de llet
Secundari més desinfecció	Tots els conreus, horta (reg per qualsevol mètode, camps de golf, cementiris, aigua per a bestiar de producció de llet, aigua per a esports amb contacte parcial.
Terciari més desinfecció	Aigua emmagatzemada utilitzada per a esports de contacte total, patis d'escola, jocs, camps d'herba, conreus en cru.

Colorado (EUA)

CRITERIS	TIPUS DE REG
2,2 coliformes totals/100 ml	Si hi ha control d'accés a la zona.
23 coliformes totals/100 ml	Quan l'exposició del públic és limitada per tant el millor és el reg durant la nit

Florida (EUA)

CONDICIONANTS	CRITERIS
Pendent <5% Control de l'escorriment. Zona de reg a 45 m de la zona residencial i a 60 m d'aigua potable Reduir la formació d'aerosols en el reg per aspersió. Realitzar controls de l'aigua residual depurada. No hi ha d'haver connexions amb canonades d'aigua potable. Tancar la zona de reg per a evitar l'accés. En la zona hi ha d'haver senyals d'advertència en zones d'accés públic.	DBO ₅ <20 mg/l SST <5 mg/l CF <0/100 ml Clor residual 1 mg/l Aplicació 5 mm/setmana. Pous de control. Zones amortidores a 500 m de pous d'aigua potable. Presència de zones amortidores en la zona de reg amb accés públic. Sistemes alternatius d'eliminació.

Minnesota (EUA)

CONDICIONANTS	CRITERIS
Control de l'escorriment. Parada automàtica del reg en cas de pluja. Control de les aigües subterrànies.	200 coliformes fecals/100 m. Aplicació 50 mm/setmana.

Pennsylvania (EUA)

TRACTAMENT	CRITERIS	TIPUS DE REG
Secundari	Maxim 50 mm/setmana. Control de l'escorriment. Trajectòria de l'aspersió baixa. Zona amortidora 60 m. Control de l'aigua subterrània. Pendent 0 -14%.	Boscos Prades Conreus

Texas (EUA)

TRACTAMENT	TIPUS DE REG	CONDICIONANTS
Secundari	Pasturatges aïllats	Identificar les canalitzacions.
Secundari més cloració	Excepte conreus de consum humà. Camps de golf, zones públiques (en hores tancades al públic).	La canalització d'aigua potable no ha de tenir contacte amb la d'aigües residuals.

França (provisional)

TRACTAMENT	CRITERIS	TIPUS DE REG	TIPUS DE VEGETACIÓ
-	-	Localitzat	Cereals industrials Farratge Fruiters Bosc i zones verdes
Irrigació	< 1 ou de	Aspersió (limitant la	Fruiters

Tretenció 8 -10 d.	nematode/l.	propagació d'aerosols).	Cereals Farratge Vivers Zones verdes no accessibles
Llacunatge Tretenció 20-30 d.	<=1 ou de nematode/l. <=10 ³ CF/ 100 ml.	Aspersió a baixa pressió. Solcs	Fruiters Pastura Hortalisses Llegums
Terciari més desinfecció. Llacunatge Tretenció 20-30 d.	<=1 ou de nematode/l <=200 CF/ 100 ml	Aspersió a baixa pressió.	Zones verdes d'accés al públic.

Antiga URSS

TIPUS DE REG	T. VEGETACIÓ	CRITERIS	CONDICIONANTS
Subterrani Aspersió (raig curt, orientació baixa i a > 100 m d'una carretera)	Herbes Cereals Pastura Arbusts Boscós Farratge Prohibit a fruiters, llegums, patates baies, cucurbitàcies.	Superfície mínima 10 ha. Pendent 0, 03% amb sòls de bona qualitat filtrant. Camins de bestiar fora del camp o protegits.	Prohibides aigües provinents d'indústria, hospital, sanatori, escorxador centres veterinaris, fàbriques bioquímiques. Personal qualificat, responsable durant el reg. Examen mèdic. Vacunacions. Proves coneixement.

Israel

TRACTAMENT	CRITERIS	CONDICIONANTS	TIPUS DE VEGETACIÓ
-	DBO ₅ 60 mg/l ss 50 mg/l	300 m zona residencial. 30 m carretera	Cotó Cereals Sucre Farratge
-	DBO ₅ 35 mg/l SS 20 mg/l OD 0,5 mg/l	250 m zona residencial. 25 m carretera	Oliveres Cítrics Plataners Nogueres Ametllers Cacauets
Clor: 60' contacte	DBO ₅ 35 mg/l SS 20 mg/l OD 0,5 mg/l 250 CF/100ml	-	Vegetals pelats i cuinats. Camps futbol Camps golf
Filtració Clor: 120' contacte	DBO ₅ 15 mg/l SS 15 mg/l OD 0,5 mg/l 12 CT/100 ml	-	Tot tipus de conreu Vegetals de consum en cru Parcs

Egipte

ÚS DE L'AIGUA	PROHIBICIÓ
Agricultura	Reg de conreus d'hortalisses. Reg de fruits (excepte cítrics). Alimentar bestiar de producció de llet.

Emirats Àrabs

ÚS DE L'AIGUA	PROHIBICIÓ
Agricultura	Reg de conreus de consum cru

Mèxic

TRACTAMENT	TIPUS DE VEGETACIÓ
------------	--------------------

Emmagatzematge amb retenció d'uns quants mesos	No reg de conreus de consum cru.
Secundari.	Reg de parcs públics. Zones verdes de les carreteres.

Tunísia

OBLIGACIONS	PROHIBICIONS
Presència de zona amortidora a carreteres i aigua potable.	Pasturatge en les zones regades.
Presència d'avisos a la zona de reg.	Contaminació de cursos d'aigua potable o aqüífers.

Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

6. CRITERIS SANITARIS A CATALUNYA

La reutilització d'aigües residuals depurades per al reg s'ha de fer amb criteris que permetin que la reutilització es porti a terme atenent a les condicions existents: les qualitats dels efluent, les plantes depuradores ja construïdes o en projecte, les característiques del sòl del nostre territori i les condicions climàtiques de cada zona.

És evident que, per estar d'acord amb el que indica la legislació i establir unes bases a què es puguin acollir els potencials usuaris de l'aigua, fóra convenient establir uns criteris sanitaris per a la recuperació i la reutilització d'aquestes aigües residuals depurades. A l'espera de l'aparició de la normativa de l'Estat en relació amb aquest tema, els criteris que es presenten a continuació cal entendre'ls com a orientatius per a totes aquelles reutilitzacions presents o futures dintre de l'àmbit territorial de Catalunya.

Els criteris sanitaris (que tenen una importància rellevant pel risc que pot representar per a la salut pública) han de tenir en compte paràmetres de puresa biològica (bacteris i altres paràsits) i altres característiques referides a:

- El tipus de reutilització.
- El tipus d'accés a la zona regada.
- El tipus de tractament de l'aigua residual.
- Els paràmetres de control de l'aplicació.

Tots ells previstos des del punt de vista sanitari.

Per això és convenient establir el que podríem dir **criteris generals** (que tenen en compte una sèrie de característiques comunes, qualsevol que sigui el tipus d'aigua que es fa servir) i uns **criteris específics** (bàsicament de tipus biològic, limitació de conreus regats i tractament), juntament amb unes recomanacions relatives al seguiment de la qualitat microbiològica de les aigües de reg.

6.1. Criteris generals

1. Contingut d'elements traça en l'aigua recuperada

A causa de la seva possible acumulació en els sòls, s'ha de limitar la quantitat de bor, cadmi, molibdè i seleni, ja que poden arribar a ser tòxics per als consumidors (home o animals) dels vegetals regats amb aigua residual depurada.

Aquests límits són,

per al bor: menys d'1 mg/l, màxim 2 mg/l en conreus no sensibles;
per al cadmi: menys de 0,01 mg/l
per al molibdè: menys de 0,01 mg/l;
per al seleni: menys de 0,02 mg/l.

2. La situació relativa dels aqüífers i masses d'aigua, si n'hi ha

En principi, no es pot aplicar aigua residual recuperada en zones de circulació preferencial d'aigües (presència de diaclases, falles, zones de Karst...). També cal limitar l'aplicació d'aigua residual en aquelles zones que estiguin definides com de protecció per a captacions d'aigua o en zones de recàrrega de fonts, excepte en el cas que la finalitat pretesa sigui la recàrrega.

La profunditat mínima de l'aqüífer recomanada, en època d'estiatge, és d'1 m en els llocs on es vulgui fer l'aplicació. Aquesta profunditat s'establirà en llocs on l'aplicació és faci sobre sòls ben estructurats, amb textura equilibrada i un cert contingut en matèria orgànica que asseguri la formació d'agregats.

En cap cas s'aplicarà aigua residual a menys de 50 m d'un riu, llac o estany.

3. El pendent del terreny d'aplicació

L'aigua recuperada es pot aplicar al sòl en pendents de menys del 15% sempre que es controli l'escorriment. En pendents de més del 15% tan sols es podrà aplicar si hi ha protecció del sòl per coberta vegetal contínua.

4. L'escorriment

S'haurà d'exigir que l'escorriment quedi confinat dins del perímetre del camp o zona on s'ha autoritzat la reutilització. Aquesta limitació també es considera quan plou.

5. El tipus de reg

S'ha de regar de manera que no es formin aerosols i es recomana l'ús de sistemes localitzats. Els capçals de reg per aspersió seran dels anomenats de baixa pressió i se situaran el més a prop possible del sòl, per tal de fer mínima la formació d'aerosols.

6. Els treballadors

Tothom que per raons de feina tingui contacte amb les aigües residuals recuperades, haurà de:

- Haver seguit un curs de capacitació en el qual s'expliquin com a mínim els riscos sanitaris de la reutilització.
- Disposar de material de protecció adient, com ara guants, roba i calçat específics pel reg.
- Ser sotmès a revisió mèdica com a mínim anualment.
- Ser sotmès a les vacunacions adients.

No es permetrà en cap cas que els treballadors portin els peus nus durant el reg.

7. L'accés a les zones de reg

Si el reg es fa per aspersió, serà necessari:

- el tancament de la zona de reg
- la presència d'un responsable
- l'existència de zones amortidores (mínim de 100 m al primer habitatge) i tallavents

No es permetrà que els aerosols que es puguin formar accedeixin a carreteres o altres vies de comunicació.

El reg de parcs o altres zones on tingui accés el públic es farà sempre en hores en què la instal·lació sigui tancada.

No hi haurà hospitals, escoles... a distàncies inferiors als 500 m de la instal·lació.

S'ha d'evitar el reg per aspersió sempre que hi hagi vents amb una velocitat superior a 0,5 m/s.

En cap cas es regaran els prats annexos a les piscines amb aquestes aigües.

8. El material i les instal·lacions

En totes les zones on hi hagi reutilització d'aigües residuals s'afixaran cartells que ho indiquin amb tota claredat, situats com a màxim a 1 m dels camins normals d'accés a la zona.

En el cas de camps d'esport, en que es doni documentació als jugadors, hi figurarà clarament el tipus d'aigua de reg que es fa servir, amb les indicacions sanitàries adients.

En les zones de reutilització on hi hagi treballadors, aquests disposaran de farmacioles amb accés fàcil i ràpid.

El material que estigui en contacte amb aigua residual depurada estarà assenyalat de forma adient (canonades, aspersors...). Si és possible tot el sistema de canonades d'aigües residuals tindrà color diferent del sistema de canonades d'aigües de consum públic. Si hi ha dos sistemes d'aigua hauran d'estar instal·lats de manera que sigui impossible un retorn d'aigua residual depurada al sistema d'aigua de consum públic.

Totes les vàlvules, els aspersors, les boques de reg, etc., tan sols podran ser accionats pel personal a càrrec de la instal·lació.

Periòdicament, i com a mínim un cop cada mig any, es revisarà la instal·lació.

Sempre que sigui possible s'evitaran les canals i les conduccions a l'aire lliure.

En cap cas es reutilitzarà l'aigua residual fora de les zones on s'ha autoritzat.

9. La planta de recuperació d'aigües residuals

La planta de tractament haurà de dur un registre on es facin constar totes les anomalies de funcionament i les mesures que s'han pres en cada cas.

La planta de tractament o la instal·lació de reutilització disposarà d'un mètode d'emmagatzematge amb una capacitat mínima de tres dies de producció d'aigua recuperada. No es podrà subministrar aigua recuperada directament sense passar per aquesta instal·lació d'emmagatzematge.

10. Origen de les aigües

En principi, es faran servir aigües residuals amb un component domèstic dominant. Per fer servir aigües amb un component industrial important, caldrà fer un estudi de microcontaminats orgànics i de metalls pesants.

En cap cas s'admetran aigües residuals provinents d'hospitals, sanatoris, escorxadors..., si no hi ha una dilució adient.

11. Qualitat dels fangs

Es recomana fer anàlisis periòdiques dels fangs de la depuradora i, en el cas que les concentracions de metalls pesants ultrapassin les indicades en el RD 1 310/1990 de 29 d'octubre, caldrà fer un estudi detallat del contingut en metalls totals, i en el cas que calgui, limitar més l'ús de les aigües residuals.

12. Animals de pastura

Excepte en els casos indicats s'impedirà l'entrada del bestiar de carn i llet en les zones de reutilització.

13. L'usuari

Comunicar a les autoritats sanitàries les malalties pròpies, dels seus treballadors i de les famílies respectives.

6.2 Criteris específics

Es classifiquen les aigües en quatre tipus (C, B, A2, A1) de més a menys restrictives. Les característiques són les següents:

Aigües de tipus C

No hi ha condicionants de qualitat, excepte els inclosos en els criteris generals. Es tracta d'aigua que s'ha de fer servir exclusivament en el reg localitzat. Es poden regar conreus de tipus industrial (fibres, etc.), farratge, prades i arbres, sempre que des del darrer reg fins a la collita hagi passat un mínim de dues setmanes. No es permet que el bestiar hi pasturi.

El tractament que s'exigeix és una decantació primària o similar. S'inclouen aquí els tractaments físico-químics.

Es considera que no hi ha grups de població exposats.

Se suposa que, en aquest cas, el mètode d'aplicació i el tipus de conreu garanteixen que es trenqui la cadena de transmissió de les malalties hídriques .

Aigües de tipus B

A més dels criteris generals, com a condicionant de qualitat es defineix el del nombre d'ous de nematode ⁽¹⁾ per litre de mostra, igual o inferior a 1.

Es tracta d'aigua que s'ha de fer servir en conreus com els esmentats per al reg amb aigua del tipus C. En aquest cas, però, es permet el reg superficial (no l'aspersió) a més del reg localitzat.

El tractament que s'exigeix és una retenció en estanys o llacunes d'estabilització durant un mínim de 8-10 dies o tractament que elimini similarment els helmints i els coliformes fecals. Aquesta darrera exigència haurà de ser demostrada amb els estudis convenients. Si l'aigua es fa servir per a la recàrrega de marenys o aiguamolls, s'accepta un tractament secundari (llots activats) amb desinfecció.

El grup de població exposat són els treballadors.

Aigües de tipus A2

Com a condicionants de qualitat es defineixen:

- a** . Nombre d'ous de nematode ⁽¹⁾ per litre de mostra ⁽²⁾ igual o inferior a 1.
- b** . Nombre de coliformes fecals per 100 ml de mostra ⁽²⁾ : igual o inferior a 1.000.

Havent-se de tenir en consideració els criteris generals.

Es tracta d'aigua que es pot fer servir per a regar conreus que no es consumeixen crus i per al reg de camps de golf i parcs públics on no hi hagi contacte directe amb la gent o possibilitat de ferides.

Els mètodes de reg permesos són els localitzats i els superficials (no aspersió).

El tractament que s'exigeix és una retenció en estanys o llacunes d'estabilització durant un mínim de 20-30 dies o tractament que elimini similarment els helmints i els coliformes fecals. Aquesta darrera exigència haurà de ser demostrada amb els estudis convenients.

Els grups de població exposats són els treballadors, els consumidors i el públic que passeja.

Aigües de tipus A1

Com a condicionants de qualitat es defineixen:

- a** . Nombre d'ous de nematode ⁽¹⁾ per litre de mostra ⁽²⁾ : igual o inferior a 1.
- b** . Nombre de coliformes fecals per 100 ml de mostra ⁽²⁾ : igual o inferior a 200.

S'ha de tenir en consideració els criteris generals.

És aigua utilitzable en conreus que es poden consumir crus, o en camps d'esport i parcs públics on pugui haver-hi contacte directe amb la gent o possibilitat de ferides (inclou patis d'escola i prats emprats per al lleure). També en aquells llocs on hi hagi possibilitat que la gent pugui respirar els aerosols formats o els aerosols contaminats amb aquestes aigües.

Nota:

⁽¹⁾ Les espècies de nematodes que s'inclouen en aquestes normes són Ascaris, Trichuris i Ancylostoma.

⁽²⁾ Els criteris de nematodes i de coliformes fecals es refereixen a mitjanes aritmètiques i geomètriques respectivament.

Els mètodes de reg permesos són els localitzats i els superficials (inclosa l'aspersió).

El tractament que s'exigeix és una retenció en estanys o llacunes d'estabilització durant un mínim de 20-30 dies o tractament que elimini similarment els helmints i els coliformes fecals, seguit d'una desinfecció eficient.

Críteris sanitaris per a l'aplicació d'aigua residual depurada al sòl

TIPUS D'AIGUA	A1	A2	B	C
Tractament	Llacunes d'estabilització Tretenció: > =20-30 d més desinfecció o tractament equivalent	Estanys d'estabilització Tretenció > =20-30 d o tractament equivalent.	Estanys d'estabilització Tretenció > =8-10 d o tractament equivalent.	Decantació primària (inclou físico-químics).
Qualitat de l'aigua	<=1 ou nematode/l <=200 CF/100 ml	<=1 ou nematode/l <=1.000 CF/100ml	<=1 ou nematode/l	-
Tipus de reg	Localitzat Superficial (inclòs reg per aspersió)	Localitzat Superficial (excepte reg per aspersió).	Localitzat Superficial (excepte reg per aspersió).	Localitzat
Tipus de vegetació regada	Consum en cru. Camps d'esports. Parcs públics (contacte directe o possibilitat de ferides).	Consum no cru. Camps de golf. Parcs públics (sense contacte directe ni ferides).	Fibra Farratge Arbres Prades	Fibra Farratge Arbres Prades
Pastura bestiar	Admesa	Admesa	Admesa	Prohibida
Poblacions exposades	Treballadors. Consumidors Públic en contacte amb la gespa.	Treballadors. Consumidors Públic en contacte amb la gespa.	Treballadors	-

6.3 Planificació del seguiment de la qualitat microbiològica de l'aigua

A Catalunya, una de les característiques principals de la major part de les plantes depuradores existents és la variabilitat estacional, setmanal i diària de cabals; especialment en les plantes situades a la costa. Això fa que l'establiment de plans de mostreig sigui especialment difícil. Els autors recomanen el model que segueix, el qual pot servir al mateix temps per a comprovar inicialment la fiabilitat de la planta de tractament.

Cal que totes les preses de mostra de les anàlisis setmanals i mensuals es facin en dia i hora fixats. Les mostres de les anàlisis mensuals i setmanals no poden coincidir el punt de mostreig serà el mateix en tots els casos i s'establirà després de la sortida de planta de recuperació i abans de l'entrada al sistema de reutilització. En cas que hi hagi un emmagatzematge intermedi, la mostra es prendrà abans de fer-la servir per al reg.

Si hi ha un llac o estany que rebí aigua recuperada, es dissenyarà un programa de control de l'eutrofització i es prendran mostres cada mes, controlant a més dels coliformes fecals i metalls pesants, els continguts de nitrogen i fòsfor de l'aigua. S'observarà si en temps calorós es generen males olors.

Seguiment de la qualitat microbiològica de l'aigua

	PLANTES AMB TEMPS DE RETENCIÓ INFERIOR A 24 HORES	PLANTES AMB TEMPS DE RETENCIÓ SUPERIOR A 24 HORES
Primer any de reutilització	Un mostreig de 24 hores ^(a) Un mostreig setmanal (2 m) ^(b) Mostreig mensual	Un mostreig setmanal (2 m) ^(b) Mostreig mensual
Anys següents		Mostreig mensual ^(e)

	Mostreig mensual ^(c) ^(d)	
--	--	--

^(a) Mostres cada 30 minuts, anàlisi de CF i ous de nematode.

^(b) En plantes amb variacions estacionals el període de mostreig setmanal ha de coincidir amb l'època de ple rendiment.

^(c) Si durant el primer any s'han passat els límits en menys d'un 10% de les mostres, repetir el mostreig setmanal durant els dos primers mesos.

^(d) Si durant el primer any s'han passat els límits en més d'un 10% de les mostres, repetir la mateixa pauta del primer any.

^(e) Si s'han passat els límits en alguna mostra del primer any, repetir la mateixa pauta del primer any.

Prevenció del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg

7. BIBLIOGRAFIA

Bibliografia citada

R.S. AYERS, D.W. WESTCOTT (1987). *La calidad del agua en agricultura* . Estudios FAO riego y drenaje, 29, revisión 1. FAO, Roma.

T. ASANO, G.S. PETTYGROVE (1987). *Using reclaimed municipal wastewater for irrigation* . California Agriculture, 31, 15- 18.

S.A. BLACK (1984). *Manual for land application of treated municipal wastewater and sludge* . Environmental Protection Service, Ottawa, Canadà.

H. BOUWER (1981). *Treatment of sewage effluent by groundwater recharge* . A: Symp. Irrigation with sewage effluent. U.S. Water Conservation Laboratory, USDA. Phoenix, Arizona, EUA, gener 1981.

F. BBRISAUD, F. LEFEVRE, C. JOSEPH (1989). *L'épuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation* Simp. SISIPPA '89. Lisboa, juny 1989, p. 137- 146.

F. BRISSAUD (1990). *Le stockage des eaux usées urbaines dans les aquifères* . Symp. L'eau souterraine - Un patrimoine à gérer en commun. París, novembre 1990. Ed. BRGM, p. 137-145.

R.G. BURAU; SHEIKH, B; CORT, R.P.; COOPER, R.C.; RIRIE, D. (1987). *Reclaimed water for irrigation of vegetables eaten raw* . California Agriculture, 41, 4-7.

D.E. CAMANN, M.N. GUENTZEL (1984). *The distribution of bacterial infections in the Lubbock infection surveillance study of wastewater spray irrigation* . Water Reuse Symposium III "Future of Water Reuse". AWWA, San Diego, California, agost 1984.

A.C. CHANG, A.L. PAGE (1984). *Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace organics* . A: G.S. PETTYGROVE, T. ASANO (eds.). Irrigation with reclaimed municipal wastewater. California State Water Resources Control Board. Sacramento, California.

R. CRITES (1977). *Process design manual for land treatment of municipal wastewater* . Appendix D: Pathogens. USEPA, Washington, D.C.

R.M. CROMER, D. TOMPKINS, N.J. BARR, P. HOPMANS (1984). *Irrigation of Monterey pine with wastewater: effect on soil chemistry and groundwater composition* . Municipal wastewater reuse news. 2 (6).

J. CROOK (1984) *Health and regulatory considerations* . A: G.S. PETTYGROVE, T. ASANO (ads.). *Irrigation with reclaimed municipal wastewater* . California State Water Resources Control Board. Sacramento, Califòrnia.

B. FATTAL, M. MARGALITH, H.I. SHUVAL, A. MORAG (1984). *Community exposure to wastewater and antibody prevalence to several enteroviruses* . AWWA, Water Reuse Symposium III "Future of Water Reuse", San Diego, Califòrnia, agost 1984.

O.O. HART, L.R.J. VAN VUUREN (1977). *Water reuse in South Africa* . A: H.I. Shuval (ed.) Water renovation and reuse. Academic Press, Nova York.

R.S. JAKUES (1984). *Monterey wastewater reclamation study* . Fourth year report. Municipal Wastewater Reuse News, núm. 24.

R.A. JONES, F. LEE (1981). *Development of water quality management program for the Rawhide electric generating station cooling impoundment: a domestic wastewater reuse project* . Water Reuse Symposium II "Water Reuse in the Future". AWWA, Washington, D.C., agost 1981.

R.E. KRAMER (1984). *Regulations for the reuse of wastewater in Arizona* . AWWA, Water Reuse Symposium III "Future of Water Reuse", San Diego, Califòrnia, agost 1984.

E.P. LARKIN, J.T. TIERNEY, J. LOVETT, D.V. DONSEL, D.W. FRANCIS (1978). *Land application of sewage wastes. Potential for contamination of foodstuffs and agricultural soils by viruses, bacterial pathogens and parasites* . A: H.L. McKIM (ed.) State of knowledge in land treatment of wastewater. Symp. Hanover, New Hampshire, agost 1978.

M. LIBHABER, M. MICHAIL (1987). *Innovative methods in wastewater treatment for agricultural reuse in Israel. Water Reuse Symposium IV "Implementing Water Reuse"*. AWWA, Denver, Colorado, agost 1987.

P.K. MANGLIK, J.R. JOHNSTON, T. ASANO, G. TCHOBANOGLIOUS (1987). *Effect of particles on chlorine disinfection of wastewater. Water Reuse Symposium IV "Implementing Water Reuse"*. AWWA, Denver, Colorado, agost 1987.

T.L. MOORE (1981). *Golf course irrigation with sewage effluent* . A: Symp. Irrigation with sewage effluent. U.S. Water Conservation Laboratory, USDA. Phoenix, Arizona, gener 1981.

Ch.W. NORTHINGTON, S.L. CHANG, L.J. McCABE (1970). *Health aspects of wastewater reuse* . A: Water quality improvement by physical and chemical processes III. Symp. JAWWA, Washington, D.C., setembre 1970.

B.H. OLSON, V.P. GUINN (1978). *Accumulation of trace elements in soil and plants from land disposal of secondary domestic wastewater* . A: H.L. McKIM (ed.) State of knowledge in land treatment of wastewater. Symp. Hanover, New Hampshire, agost 1978.

H.J. ONGERTH, W.F. JÖPLING (1977) *Water reuse in California* . A H.I. SHUVAL (ed.) Water renovation and reuse. Academic Press, Nova York.

A.L. PAGE, A.C. CHANG (1984). *Fate of wastewater constituents in soil and groundwater : trace elements*. A: G.S. PETTYGROVE, T. ASANO (eds.). Irrigation with reclaimed municipal wastewater. California State Water Resources Control Board. Sacramento, Califòrnia.

M.A. PASCUAL, M. SALGOT, J. CARDUS (1984). *Contribució a l'estudi de la reutilització en sòls d'aigües residuals depurades: Incidència biològica*. Estudi bibliogràfic. Circular Farmacèutica 283: 67-110.

G.S. PETTYGROVE, D.C. DAVENPORT, T. ASANO (1984). *California's reclaimed municipal wastewater resources* . A: G.S. Petygrove, T. Asano (eds.). Irrigation with reclaimed municipal wastewater. California State Water Resources Control Board. Sacramento, Califòrnia.

J.B. ROSE, C.P. GERBA (1991). *Assessing potential health risks from viruses and parasites in reclaimed water in Arizona and Florida, USA* . Water Science and Technology 23 (10-12), 2091-2098.

B. SHEIKH (1979). *Reclaimed wastewater for food crop irrigation* . Municipal wastewater reuse news, núm. 24.

B. SHEIKH, R.C. COOPER, R.S. JAQUES (1981). *Health and safety aspects of irrigation of raw-eaten food crops with reused water* . A: Water Reuse Symposium II "Water Reuse in the Futures. Washington, D.C., agost 1981.

G. SHELEF, M. JUANICO, M. VIKINSKY (1987). *Reuse of stabilization pond effluent for agricultural irrigation in Israel* . Water Science & Technology 19 (12), 299-305.

H.I. SHUVAL (1977). *Health considerations in water renovation and reuse* . A: H.I. Shuval (ed.). Water renovation and reuse. Academic Press, Nova York.

H.I. SHUVAL, H. BERCOVIER, B. FATTAL (1984). *Risk of Legionella infection among irrigation workers exposed to aerosols from water and wastewater* . Water Reuse Symposium III "Future of Water Reuse". AWWA, San Diego, Califòrnia, agost 1984.

H.I. SHUVAL, A. ADIN, B. FATTAL, E. RAWITZ, P. YEKUTIEL (1986). *Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions* . World Bank Technical Paper Number 51, The World Bank, Washington, D.C.

H.I. SHUVAL (1987). *Water reuse in agriculture in developing countries* . A: Water Reuse Symposium IV "Implementing Water Reuse". Denver, Colorado, agost 1987.

J.R. STEADMAN, R.W. BAY, M.J. HAMMER. *Plant pathogens contamination in reused irrigation wastewater* . AWWA. Water Reuse Symposium "Water Reuse from Research to Application". Washington, D.C. març 1979.

J.R. THORNTON, J.D. GOFF (1 981). *Evaluation of land treatment of wastewater in California* . Municipal wastewater reuse news, núm. 41.

D.W. WESTCOT, R.S. AYERS (1984). *Irrigation water quality criteria* . A: G.S. Pettygrove, T. Asano (eds.). Irrigation with reclaimed municipal wastewater. California State Water Resources Control Board. Sacramento, Califòrnia.

Bibliografia de consulta

F. BRISSAUD i cols. (1994,en premsa). *La réutilisation des eaux usées. Synthèse et Expériences Méditerranéennes* . Approche méthodologique et Études des cas. Office International de l'Eau, Sophia Antipolis, França. (Es publicarà una traducció al castellà).

A. FEIGIN, I. RAVINA, J. SHALHEVET (1991). *Irrigation with treated sewage effluent. Management fo environmental protection* . Springer-Verlag. Berlín.

G.S. PETTYGROVE, T. ASANO, Eds. (1985). *Irrigation with reclaimed municipal wastewater* . A guidance manual. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan. Hi ha una edició posterior traduïda al castellà. R. Muñerigo (Ed.).

J. SIERRA, L. PEÑALVER (1989) *La reutilización de las aguas residuales. Acondicionamiento y uso* . Monografías CEDEX M15. MOPU. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Madrid.

TASK FORCE ON WATER REUSE (D.R. EVANS, chairman) (1989). *Water reuse* . 2nd. ed. Manual of Practice SM-3. Water Pollution Control Federation, Alexandria, VA.

USEPA/USAID. September 1992. Manual. *Guidelines for water reuse* . US EPA/625/R-92/004. Technology Transfer. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Consulting panel on health aspects of wastewater reclamation for groundwater recharge . Health aspects of wastewater recharge. A state-of-the-art review, 2nd. ed. Water Information Center, Inc. Huntington. NY.

Grup científic de l'OMS sobre aspectes sanitaris de l'ús d'aigües residuals depurades en agricultura i aquicultura (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Serie Informes Técnicos 778. Trad. OPS, OMS, Ginebra.