

REIAL ACADEMIA DE FARMACIA DE BARCELONA



DISCURS

llegit per l'Acadèmic corresponent
Molt Il·ltre. Dr. Miquel Salgot i de Marçay
en l'acte de la seva recepció
Barcelona, 30 de gener de 1991

Alguns aspectes sanitaris de la depuració d'aigües residuals
i de la reutilització dels subproductes de la depuració

Discurs d'ingrés
pel
Molt Illtre. Dr. **Miquel Salgot i de Marçay**
Acadèmic corresponent electe



UNIVERSITAT DE BARCELONA

PUBLICACIONS

Excel.lentíssim Senyor President
Molt Il.lustres senyors acadèmics
Senyores, Senyors

Abans d'iniciar aquest discurs de recepció com a acadèmic corresponent, els voldria fer avinent, senyors acadèmics, el meu reconeixement més sincer per haver-me acceptat en el si d'aquesta docta institució.

Després de reflexionar sobre diverses possibilitats pel que fa al tema d'aquest discurs i havent consultat als Drs. Pumarola i Cardús, il.lustres acadèmics, vaig decidir tractar d'una matèria que, inicialment, sembla que no sigui massa relacionada amb els quefers dels farmacèutics: les aigües residuals.

No obstant, al llarg de la meua, encara curta, vida professional, he pogut constatar com l'ensenyament de la Hidrologia a la Facultat i la pràctica professional de molts companys farmacèutics es va decantant cap a un cert coneixement de la depuració d'aigües residuals, i és així per necessitat.

En efecte, en una de les tasques que més ennobleixen la professió farmacèutica, ço és la defensa de la qualitat del medi natural, i especialment de les aigües que s'han de destinar al consum, el farmacèutic se sent cada vegada més preocupat per unes pràctiques que tenen molt a veure amb la netedat dels nostres rius i amb la transmissió de les malalties hídriques.

Es per això que el tema que us proposo és relacionat amb la tasca que el farmacèutic pot fer en el camp de les aigües residuals: l'estudi de les perspectives sanitàries de la depuració i de la reutilització dels subproductes d'aquesta tasca de retorn de l'aigua a la seva qualitat inicial.

ALGUNS ASPECTES SANITARIS DE LA DEPURACIÓ D'AIGÜES RESIDUALS I DE LA REUTILITZACIÓ DELS SUBPRODUCTES DE LA DEPURACIÓ

En aquest treball he volgut fer una tasca d'actualització de l'estat de la depuració i de la reutilització d'aigües residuals a Catalunya, des d'un punt de vista prioritàriament sanitari.

Es evident que per a poder parlar de la reutilització d'aigües i llots i dels seus perills sanitaris cal conèixer amb certesa els mètodes de depuració que es fan servir, les previsions de futur i, obviament, els mètodes de reutilització.

Tractarem d'una forma resumida els dos primers punts, i amb més detall el tercer, que és realment l'objecte d'aquest estudi.

En el nostre país, aviat farà deu anys, es va endegar un Pla de Sanejament, amb la voluntat ferma d'aconseguir una millora en la qualitat de les aigües catalanes, i, en conseqüència en la qualitat de vida dels habitants del país.

En l'esmentat Pla es preveia la construcció, en un període més o menys llarg de temps, de moltes plantes de depuració d'aigües residuals, havent de fer, prèviament, els necessaris sistemes de clavegueram. Una petita part de les depuradores necessàries ja havia estat construïda, a causa de diverses necessitats puntuals de grans ciutats i de zones turístiques.

Cal plantejar-se, tot seguit i un cop pensada la infraestructura, la manera d'eliminar les aigües residuals un cop ja depurades i un altre subproducte que resulta de la depuració, els llots de depuradora. La preocupació d'alguns professionals de la sanitat ambiental al nostre país ha estat com fer aquestes activitats - depuració i eliminació- d'una forma que no afecti la salut de la gent que entra en contacte, directe o indirecte, amb aquestes activitats.

Per a fer això, cal abans remarcar determinades característiques del nostre món llatí, com és

EL CICLE DE L'AIGUA EN LA SOCIETAT MEDITERRANIA

A la Mediterrània l'aigua és un bé força escàs, llevat de punts molt específics. Aquest fet ha condicionat tradicionalment una cultura basada en unes característiques d'agricultura i ramaderia pensades per una economia hídrica escassa.

La Mediterrània té també unes característiques climàtiques pròpies que han donat origen a un tipus de clima (clima Mediterrani) molt caracteritzat pels estius assolellats i secs i pel repartiment desigual de les pluges al llarg de l'any i entre diferents anys. A l'Europa mediterrània aquesta circumstància ha motivat un desenvolupament econòmic basat en una agricultura de secà, en el sector terciari (turisme) i en la ramaderia extensiva.

Quan s'ha volgut diversificar aquest desenvolupament seguint altres models i s'han hagut d'atendre les demandes de les grans aglomeracions urbanes i industrials, estables o temporals, situades en les ribes del mar, ha estat necessari crear unes infraestructures de transport d'aigües per traslladar aquest recurs des de les zones riques en aigua a les zones de gran ús, que molt sovint no coincideixen.

Els llocs on hi ha més aigua en la Mediterrània són els grans rius de la Mediterrània europea. Aquests drenen conques que arriben fins les muntanyes que envolten la Mediterrània Nord, i al sud apareix la conca del Nil. Entre aquests grans rius s'en troben de més petits amb cabals no massa regulars.

Combinant uns i altres i els recursos subterranis, s'han generat les xarxes de repartiment d'aigües. El cost de fer el trasllat d'aquestes masses d'aigua a distàncies prou considerables ha condicionat sovint el desenvolupament de moltes zones en les contrades del Mare Nostrum.

En alguns dels països costaners, aquestes infraestructures han estat desenvolupades ja fa molt temps. En d'altres, i per raons socioeconòmiques diverses, part d'aquesta xarxa s'està fent encara, resta pendent de fer o és objecte de fortes discussions pel que fa a la disponibilitat dels recursos.

Garantir que tota l'aigua que es pugui necessitar en un punt i moment donats estigui a l'abast, ha costat, està costant i costarà un esforç i una quantitat de diners i recursos molt considerable.

S'ha de distingir entre les demandes constants i les demandes puntuals de recursos hídrics, pròpies aquestes darreres d'uns dies o estacions determinats. Això implica que una part no negligible del que es construeix serveix a ple rendiment tan sols durant una part de l'any, la qual cosa és certa tant pel cas de l'ús turístic com de l'ús agrícola de les aigües.

S'ha generat amb això un trasllat de recursos des de les conques amb superàvit teòric fins a llocs on naturalment no hi havia tanta aigua.

Un cop entrem amb aquests moviments en la part no natural del cicle de l'aigua, cal pensar també que s'han hagut de preveure unes modificacions de la qualitat de l'aigua existent per tal d'assegurar-ne la utilitzabilitat (sinònim en molts casos de potabilitat).

Inicialment, i això ja passava en les èpoques romanes, el fet de l'ús acumulat en zones molt reduïdes, i l'eliminació indiscriminada en el medi un cop usat el recurs, han generat massa vegades una contaminació seriosa de les masses naturals d'aigua.

Les xarxes de clavegueram van aconseguir traslladar aquesta contaminació fora del lloc d'ús de l'aigua, amb la contrapartida que aquest trasllat implicava que tot el vessat, dispers per una vila o ciutat, passava a concentrar-se en un sol punt.

Les depuradores d'aigua residual han estat la resposta tècnica relativament recent a aquest vessat puntual, per tal de reduir-ne el màxim possible l'impacte sobre el medi.

Aquest darrer pas i els anteriors tenen una incidència sanitària no negligible, de la qual tractarem en profunditat.

Cal pensar que el cicle de l'aigua ha estat desviat en una part relativament reduïda per a l'ús de l'home. Malgrat això, el fet que tan sols una petita part de l'aigua del globus terraquí sigui

aigua dolça, fa que la contaminació d'aquesta aigua signifiqui moltes vegades una amenaça sanitària.

De fa molt temps s'ha sabut que una gran part de les malalties degudes a microorganismes es transmeten per via hídrica. Més recentment s'ha conegut la possibilitat que les aigües puguin portar no tan sols microorganismes, sinó també compostos tòxics com metalls pesants o microcontaminants orgànics.

L'AIGUA RESIDUAL, UN RECURS?

A l'aigua residual s'hi troben tota mena de compostos i organismes generats per l'ús de l'aigua en la societat. L'origen de l'aigua residual -industrial, agrícola, ramader, domèstic- condiciona la composició inicial i la depurabilitat de l'aigua residual.

Determinats components d'aquesta aigua presenten un risc sanitari cert, i conegut de fa temps. Especialment, entren en aquest punt els microorganismes procedents de les excretes humanes i animals i dels escorxadors, i determinats residus de la producció industrial. Aquestes característiques de l'aigua residual ja han estat tractades a bastament per autors prou qualificats, per això voldriem tractar altres punts problemàtics que presenta l'aigua residual des del punt de vista sanitari.

Un cop en aquí, val a dir que ens trobem situats en una cultura on el respecte per determinades característiques del medi ha estat normalment escassa. La degradació respecte al clímax en els ecosistemes i una certa despreocupació ambiental han estat molts anys trets definitoris del que és un sistema mediterrani. Els boscos cremats o la deforestació, l'erosió accelerada i la pèrdua de sòls fèrtils per processos de salinització no són pas notícies noves ni sorprenents en el nostre ambient. Les consideracions per les quals s'ha arribat en aquest punt escapen de l'objectiu del nostre treball, però aquesta reflexió ens permet potser deduir perquè a casa nostra han tardat tant a aparèixer les plantes depuradores d'aigües residuals, si establim comparacions amb països no massa més al nord.

En efecte, les primeres depuradores d'aigua residual a Catalunya daten del decenni dels 60 i poques més dels 70. Això implica una manca del que denominarem, i perdoneu-me per fer servir aquesta expressió, cultura de l'aigua residual. Ens els països anglosaxons la depuració d'aigües residuals té una tradició de gairebé tres quarts de segle, la qual cosa fa que la construcció, millora o substitució de plantes depuradores hagi deixat de ser notícia fa temps. S'en suposa l'existència.

El fet que fem referència a una certa cultura ambiental existent de fa anys en altres llocs, pressuposa que aquest ciutadà d'altres contrades no llençarà segons quines coses a la claveguera, que no hi haurà vessats d'hospital, que les indústries ja fan una depuració prèvia, i que tothom fa les seves previsions pel que fa a les despeses de depuració.

A Catalunya hem hagut d'establir impostos específics per finançar les infraestructures de sanejament, i cobrar aquests impostos amb la factura de l'aigua potable, precisament per garantir-ne el cobrament. No discutirem aquí si aquests impostos són adients o bé el finançament de les depuradores hauria d'anar a càrrec d'uns pressupostos generals, i no caldria anar creant impostos específics per a cada cosa. Pensem que en aquesta data ja ha aparegut, vist l'èxit del Canon de Sanejament, un Canon per infraestructures hidràuliques. No ens plantejem quants impostos específics poden aparèixer si seguim aquesta via.

Tot això s'exposa aquí per indicar que la "cultura de l'aigua residual", que us acabo de citar fa un moment, no és tan sols important com a coneixement d'un problema ambiental, sinó que fins i tot ajuda quan, un cop establerta la xarxa de depuració, es planteja que l'aigua residual depurada pot tenir una utilitat posterior.

No és gens extrany veure en molts llocs de Catalunya i de l'estat espanyol, com es fa servir l'aigua residual sense depurar per a regar conreus de consum immediat i en cru, com són els enciams i similars. A no molts quilòmetres de Barcelona podem veure força exemples d'aquesta pràctica. Això és la "incultura" de l'aigua residual. Es poden mencionar casos en que determinats conreaders -no voldria dir-ne pagesos- han arribat a trencar clavegueres per tenir aigua per regar.

Aquestes pràctiques, que sens dubte poden en determinats casos afavorir el creixement dels conreus, no són pas gens adients sanitàriament i han creat puntualment el concepte de que les plantes depuradores d'aigua residual no són gaire necessàries.

El cert és que hom té situats prop dels punts de gran consum d'aigua uns cabals que ja han estat localitzats i transportats, i, suposem, depurats. Si revisem la localització de les depuradores d'aigües residuals en la nostra geografia, veurem que són situades bàsicament en la línia de costa -on es concentra el màxim de població tant estable com temporal- i prop d'algunes aglomeracions de l'interior -Martorell, Igualada, Manresa, Vilafranca, entre d'altres- i algunes més en viles d'interior no massa grans -Cervera, Solsona, Guissona. En alguns d'aquestes indrets no hi ha massa conreus o bé la topografia no és adient per a transportar grans volums d'aigua. En d'altres hi ha prop de la depuradora prou zones de conreu que podrien aprofitar l'aigua.

Però també hi ha zones d'aquestes on els aqüífers són salinitzats o bé on es podrien recuperar zones d'aiguamoll si hi hagués prou recursos d'aigua disponibles.

Els recursos hi són, però cal preveure que s'ha de recórrer a mètodes de tractament que generin una aigua amb la qualitat adient per la reutilització. Aquest no és el cas actualment, però cal pensar que un cop aconseguits els objectius establerts en el Pla de Sanejament vigent es podran destinar diners a millorar la qualitat d'aquestes aigües. Es tracta moltes vegades de fer

càlculs del cost que pot tenir -en termes econòmics i socials- la portada d'aigües de grans distàncies en comparació amb donar la qualitat adient als recursos.

Pensant en criteris purament econòmics, en llençar al mar o als rius aquestes aigües s'estan perdent diners. A l'hora de fer càlculs hi ha diverses formes d'estimar els cabals d'aigua residual depurada disponible, però no acostuma a ser menys del 50% de l'aigua servida.

En el que també es pot pensar és en fer canvis de cabals d'aigua. En efecte, es pot pensar en que l'aigua de primer ús s'hauria de reservar per a usos de boca o similars, mentre l'aigua recuperada es podria fer servir sense gaire problemes ni noves inversions per a altres usos, com els agrícoles o els industrials. Potser també es podria parlar de l'augment de valor dels conreus de regadiu en comparació amb els de secà.

LA DEPURACIÓ D'AIGÜES RESIDUALS

Com ja hem mencionat, les depuradores del nostre país no són massa antigues, i, curiosament, han estat fins fa poc, pràcticament totes del mateix tipus (llots activats), més o menys gran segons fos el nombre d'habitants que calia servir.

No vull estendre'm en consideracions d'enginyeria sobre els diferents models de planta depuradora i el seu marge d'utilitat. Per dir-ho més entenedor, segons el nombre d'habitants hi ha models de depuradora més adients que els altres. Aquesta política, prou enraonada, tan sols s'ha començat a aplicar fa pocs anys a Catalunya.

Els mètodes d'elecció per la depuració de l'aigua són els biològics si s'acompleixen determinades condicions, com l'absència de productes tòxics i que hi hagi unes mínimes quantitats de nutrients. En el cas que no es coneguin els vessats o que les aigües residuals no siguin adients per la depuració biològica es pot recórrer a construir plantes de tipus físico-químic com a solució final o temporal. Aquest és el cas de les depuradores d'Igualada o de Sant Feliu de Llobregat.

Com ja queda dit, la immensa majoria de plantes de depuració d'aigua residual al nostre país són principalment biològiques, del tipus de llots activats, i en menys casos estanys de tractament amb airejació o sense.

Les plantes de depuració actuen reduint la matèria en suspensió o en forma col·loidal en les aigües. La matèria en solució, per bé que se'n elimina una petita quantitat de forma accidental, no s'elimina mitjançant la depuració d'aigües residuals.

L'eliminació de matèria present en l'aigua s'aconsegueix fent que precipiti o bé que es descomposi. En les depuradores biològiques es poden fer servir aquests dos mètodes.

El primer mètode fa que la matèria col·loidal o en suspensió assoleixi la capacitat de precipitar augmentant-ne la mida i/o reduint la velocitat de l'aigua. En aquest mètode es produeixen flocs o grumolls de matèria orgànica, colònies de microorganismes i una mica de matèria en solució que s'engloba en el floc. Un cop aquests flocs van cap avall es recullen, formant el llot residual.

El segon descomposa la matèria orgànica tot fent-la passar per damunt de biofilms o pel·lícules de microorganismes fixats sobre suports.

En ambdós casos es tracta de mantenir en el màxim d'activitat un cultiu de microorganismes. L'acció acostuma a ser bacteriana, amb quantitats més petites de protozous, crustacis i altres microorganismes. En les plantes que eliminen flocs es parla de que el cultiu que es fa servir està en suspensió i en el segon fixat.

En els mètodes de depuració d'estanys intervenen també les algues, aportant oxigen al medi.

El mètode de llots activats té, entre d'altres, la característica de fer servir, la major part de vegades, un mètode d'airejació amb turbines, la qual cosa pot generar aerosols en certes quantitats. Aquest mètode implica una separació per procediments físics de la matèria en suspensió i de la col·loidal, que ha estat sotmesa a l'acció d'un cultiu bacterià en continu. Aquest cultiu aconsegueix que la matèria orgànica, els nutrients i part de la matèria inorgànica continguts en les aigües residuals sedimentin en forma de flocs, el que fa que aquests es puguin retirar de les aigües i treure's del procés en forma de llots amb un contingut encara relativament petit de matèria seca.

A partir d'aquí, i en línies generals, es pot dir que aigües i llots segueixen camins separats i que la tecnologia que cal emprar en ambdós casos es força diferent.

Una de les preocupacions sanitàries que no s'han estudiat massa és la possibilitat que les plantes no funcionin bé en determinats moments, és a dir, la fiabilitat de les plantes de tractament i que l'aigua mal tractada s'alliberi al medi o es pugui destinar a la reutilització. La tasca d'estudi d'aquestes variacions de qualitat resta pendent de fer, potser perquè tan sols es controlen actualment resultats puntuals, i no una gestió continuada.

L'AIGUA RESIDUAL DEPURADA

La depuració d'aigües residuals es planteja al nostre país com a una reducció dels continguts en sòlids col·loïdals i suspesos, de la matèria orgànica (mesurada com a DBO) i dels nutrients.

Cal pensar que la depuració no s'ha plantejat per a obtenir aigües que es puguin reutilitzar, sinó com a un mètode de

reducció de la contaminació per matèria orgànica, el que sens dubte s'aconsegueix. No obstant, el que no s'aconsegueix amb aquest mètode és una reducció elevada del nombre de microorganismes d'origen fecal presents.

Aquesta reducció es pot aconseguir bé amb tractaments terciaris o específics de desinfecció, o bé amb mètodes del tipus del llacunatge.

Els mètodes de desinfecció actuen per la seva acció bactericida, reduint el nombre de microorganismes si les condicions són favorables. El que succeeix moltes vegades és que els mètodes convencionals de tractament (els llots activats a casa nostra) no són capaços d'eliminar totalment els sòlids en suspensió i la matèria orgànica que redueixen considerablement l'acció dels bactericides més usuals, com és el clor. La matèria orgànica i els sòlids en suspensió actuen com a reservoris dels microorganismes o consumint el clor que hauria d'exercir un efecte de desinfecció.

Determinats mètodes de tractament, no exclusivament terciaris, tenen capacitat d'eliminació de microorganismes més elevada, principalment per l'acció exercida pels agents bactericides naturals, facilitada pels grans temps d'estada en la planta depuradora. Altres mètodes de desenvolupament recent com la infiltració-percolació poden tenir la mateixa acció a causa de l'acció antagònica dels microorganismes que es desenvolupen en la planta de tractament si les condicions de funcionament són les adients.

Es força important per a certs tipus de reutilització, especialment els relacionats amb l'agricultura, que les aigües tinguin una qualitat microbiològica adient.

No tan sols és important des del punt de vista sanitari el contingut de microorganismes, sinó que cal també fer esment d'altres característiques importants com són el contingut en paràsits i en metalls pesants. L'impacte sanitari dels paràsits és ben evident, però l'acció dels metalls pesants es produeix d'una altra manera, per bioacumulació en els vegetals de consum.

ELS LLOTS DE DEPURADORA

En alguns dels mètodes de depuració que es fan servir actualment, tal com ja hem indicat, es produeixen quantitats relativament importants de llots residuals, separats de l'aigua en concentrar els materials contaminants. En aquest procés de concentració s'acumulen i es concentren en els floccs, origen dels llots, matèria orgànica i microorganismes així com metalls pesants i altres productes que es trobaven en solució, suspensió o com a matèria col·loidal en l'aigua. Hi ha també altres productes que no tenen interès sanitari.

Si el llot es deixa tal com s'ha separat de l'aigua, es tracta d'un producte poc estabilitzat, i amb possibilitats de que es puguin produir fermentacions. A més, els microorganismes presents en el llot resten molt poc afectats pel procés. Per tal d'evitar això i reduir el nombre d'organismes, el llot s'estabilitza aeròbicament o anaeròbicament; dit d'altra manera es digereix.

Quan el llot es produeix en la depuradora, és un producte amb una concentració de matèria seca del 4 per cent, com a molt. Si aquest producte s'ha de treure de la depuradora, és molt poc rendible fer-ho amb tanta humitat, ja que s'està pagant el transport de l'aigua. Hi ha doncs, determinats processos per eliminar aquesta aigua. Això s'aconsegueix de diferents maneres, amb filtres de buid, filtres premsa o filtres banda o bé assecant els llots en eres.

D'aquesta manera s'obté un llot amb un mínim d'un 20% de matèria seca, ja manipulable amb moltes menys despeses.

En el procés de digestió dels llots ja s'obté un llot amb una reducció molt considerable del nombre de microorganismes presents.

Una de les possibilitats addicionals de tractament del llot és el compostatge. El compostatge es pot fer amb llot digerit o sense digerir. En aquest procés es produeix una co-fermentació amb altres residus o substàncies adients, de manera que es doni al llot un cert esponjament amb el producte afegit. Aquest procés fa que s'aconsegueixi un producte totalment segur, sense cap mena de risc produït per microorganismes. No cal dir però que el producte resultant és més car.

LA REUTILITZACIO

Un país mediterrani com el nostre, que no ha estat pas beneficiat per un excés d'aigua, ha de cuidar els seus recursos hídrics i preveure que els cicles de disponibilitat d'aigua s'han de calcular amb periodicitats superiors a l'any. Altrament, les seques imprevisibles, però prou sovintejades, causen greus mancances, com les viscudes durant els anys 1989 i 1990.

Aquestes característiques fan que amb molt bon criteri es vulguin regular els nostres recursos hidràulics fent nous embassaments i portant aigües de l'Ebre cap les regions més al nord. Aquesta política és evident que ha de fer millorar la seguretat i tranquil·litat respecte a l'aigua a Catalunya.

No obstant, sovint s'oblida que els cabals prou grans que s'empren actualment en el país es fan servir una sola vegada, i ha costat molts diners fer-los disponibles. Es, doncs, un contrasentit des de molts punts de vista, inclòs l'econòmic, llençar-los immediatament al medi després d'un sol ús sense intentar reutilitzar-los.

En altres llocs del món, potser amb més escassetat d'aigua o amb

més inventiva, ja fa molts anys que es va plantejar la possibilitat de tornar a fer servir aquestes aigües, i es va fer un seguit d'estudis i proves per garantir que era una pràctica que podia portar-se a terme sense problemes massa greus. Val a dir que abans de poder reutilitzar-la, aquesta aigua s'ha de depurar, i, si no hi ha depuradores, el risc de reutilitzar aigua residual és massa gran des del punt de vista sanitari.

La recuperació i reutilització de les aigües residuals un cop hi ha les depuradores construïdes apareix ràpidament a la ment dels planificadors i dels possibles usuaris, que veuen la gran possibilitat d'augmentar els cabals utilitzables amb unes despeses addicionals prou reduïdes si les comparem amb les de portar aigua de nou ús.

De fet, un cop s'ha captat l'aigua, s'ha transportat, s'ha potabilitzat, distribuït, recollit en el clavegueram i depurat, és un contrasentit llençar-la a mar o als rius un cop s'hi han esmerçat tants diners.

Aquesta filosofia ha empès els estudis de recuperació i reutilització d'aigües i secundàriament de llots, per tal d'aprofitar la inversió feta en aquest recurs i rentabilitzar-la al màxim.

En principi, la reutilització tant d'aigües com de llots és una manera de tornar recursos als sistemes de producció. La reutilització d'aigües permet reduir l'ús d'aigua i la de llots permet la recuperació de matèria orgànica i nutrients trets dels cicles biogeoquímics d'aquests elements.

A. La reutilització d'aigües

Es pot parlar de reutilització d'aigües residuals sempre que les aigües es tornin a fer servir un cop ja utilitzades. Aquesta consideració fóra aplicable a totes les aigües del globus, ja que el cicle biogeoquímic de l'aigua implica que aquesta es fagi servir moltes vegades encara que sigui en períodes força dilatats de temps. El cert és que el mot reutilització s'aplica especialment al retorn a l'ús de les aigües dolces epicontinentals i subterrànies.

Si el fet que les aigües es vessin al medi després d'haver-les fet servir sense depurar-les prèviament constitueix un perill sanitari cert, no és menys cert que la reutilització incontrolada d'aigües també té el seu risc sanitari no menyspreable.

Ocasionalment, es combina reutilització amb depuració, per exemple quan es fa servir el sòl com a mètode de depuració, i, al mateix temps, l'aigua que s'aplica serveix com a aigua de reg.

Les implicacions sanitàries de la reutilització són diverses, i han estat estudiades en profunditat en els països on l'escassetat dels recursos hídrics ha amenaçat el desenvolupament econòmic. Per això, en els llocs on el clima és àrid o semiàrid i hi ha

manca de recursos, la reutilització és una tècnica d'elecció per a augmentar els recursos d'aigua.

En el nostre país, on els recursos hidràulics són força mal repartits, la reutilització és una tècnica amb força futur. Cal pensar que la reutilització pot permetre un augment superior al 50% dels recursos existents, encara que no s'aprofitin al màxim les possibilitats de reutilització.

En general, es pot afirmar que la reutilització d'aigües residuals té una motivació econòmica bàsica. Quan la reutilització és més barata que portar aigua de lluny, és segur que es portarà a terme.

Es consideren diverses possibilitats de reutilització, en indústria, municipi, ramaderia o agricultura. Cadascuna d'elles té les seves característiques diferencials, que fan que els riscos que presenten difereixin substancialment.

A Catalunya, hi ha pocs llocs on la reutilització d'aigües es fagi d'una manera adient, havent sol·licitat tots els permisos i prenent totes les precaucions sanitàries que fan al cas. Podríem mencionar-ne tan sols dos: un camp de golf a Girona i els conreus de regadiu de Reus.

No cal dir que la major part de l'aigua residual depurada també es fa servir per a regar, però aquest aprofitament es fa d'una manera que podríem dir "alegal". Aigües avall de qualsevol depuradora d'aigües residuals es pot veure un gran nombre d'horts, on es reguen les hortalisses de consum en cru amb aquestes aigües, moltes vegades ni tan sols desinfectades. Creiem que potser un estudi epidemiològic dels consumidors donaria força sorpreses.

La possibilitat que l'ús indiscriminat d'aquestes aigües crei problemes sanitaris greus ha fet que les autoritats sanitàries del nostre país hagin endegat estudis per conèixer la problemàtica inherent a aquests usos i poder, amb la base suficient, autoritzar o denegar les demandes de reutilització, ja que la legislació actual demana que fagin un informe preceptiu.

B. La reutilització de llots

Es pot indicar que la motivació de la reutilització de llots és lleugerament diferent de la de les aigües, ja que el que es pretén en aquest cas és una recuperació de matèria orgànica i de nutrients, que seran aprofitats pel sòl i per les plantes.

En la gestió de les plantes depuradores d'aigües residuals, el problema que es presenta és el cost de l'eliminació dels llots. Aquest preu és normalment el del transport fora de la planta depuradora i el preu de l'eliminació en sí. Aquest preu pot arribar a ser elevat, especialment si els abocadors adients són situats a una certa distància; a més, el preu que es cobra per

permetre l'abocament no és negligible.

Altrament, cal pensar que encara que els llots s'assequin dins la planta, la sequedat que s'aconsegueix no és elevada i s'està pagant transport i eliminació d'una certa quantitat d'aigua. Fins i tot, molts dels abocadors no accepten els llots ja que el contingut d'aigua que encara tenen fa que no siguin manipulables amb els mètodes emprats en els abocadors.

Recordem que dues de les alternatives a l'ús dels abocadors són la incineració i el vessat al mar. Aquest darrer ha estat prohibit darrerament per la CEE; pel que fa a la incineració pot ser un mètode adient si hi ha quantitats elevades de llot en un punt determinat i no es disposa d'altra possibilitat més barata. També existeix la possibilitat d'usar els sòls com a medi d'eliminació, ja sigui en rases o en superfície.

No obstant, el mètode d'elecció si les circumstàncies són favorables és l'aplicació en sòls, diferent de l'eliminació. Com a aplicació hi ha tres possibilitats: l'ús en terrenys agrícoles, l'ús en zones forestals i l'ús en la recuperació de sòls.

Aquest tipus d'ús presenta força avantatges, entre els que es pot mencionar un preu normalment més reduït d'eliminació, la recuperació de matèria orgànica i de macro i micronutrients, i el que no es faci servir espai d'abocadors ni es contamini el medi. No obstant, no és una forma d'eliminació exenta de riscos, com a mínim sanitaris.

Considerant el llot com a recurs desviat dels cicles normals d'ús de la matèria, mencionem que les grans acumulacions de persones en llocs molt reduïts van fer desviar, des dels temps de la revolució industrial, els cicles dels nutrients i la matèria orgànica en l'agricultura, que s'havien mantingut estables de feia milers d'anys.

En efecte, els pagesos destinaven una part relativament petita de la seva producció d'aliments per a l'abastament de les ciutats. La part més important de la collita restava al camp, emprada per l'home o pels seus animals de força. Les excretes de tot el bastiar i fins i tot de l'home eren reciclades en els camps en forma de fems.

Amb l'aparició dels medis mecànics, de les indústries necessitades de mà d'obra i per tant de la concentració de població en les ciutats i amb les millores sanitàries; aquest cicle es va trencar, ja que l'ús dels combustibles fòsils va permetre un desplaçament dels animals de força.

En l'altre extrem, apareix la concentració de grans volums de deixalles en les ciutats. Aquestes deixalles, en forma de residus sòlids urbans o d'aigües residuals depurades han de ser eliminats de les proximitats de les ciutats, no tan sols per criteris estètics, sinó també sanitaris.

Aquestes eliminacions, com ja hem dit, poden ser fetes de la forma

que s'ha fet habitual en els darrers decennis - el vessat al mar en zones costaneres o l'ús d'abocadors. Darrerament, ha guanyat també terreny la incineració, malgrat el seu cost molt gran d'establiment. Tots tres casos tenen el tret comú d'eliminar matèria orgànica sense treure'n cap profit.

L'altra forma d'eliminació de llots, també com ja hem dit, més adient des del punt de vista del reciclatge de recursos, és l'aplicació de llots als sòls, estudiada en profunditat en altres llocs d'aquest treball.

Amb els llots passa com amb les aigües, en moltes depuradores els pagesos van amb tractors i remolcs a buscar els llots i els apliquen sense massa precaucions sanitàries als camps de conreu. També hi ha però, l'exemple contrari. A la depuradora de Reus, ja fa anys que es composten els llots produïts, la qual cosa dona un producte amb totes les garanties sanitàries.

L'aparició en dades força recents, novembre del 1990, de la legislació espanyola d'aplicació de llots a l'agricultura, i un estudi que va pagar la Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya, per a fer un model de gestió dels llots al nostre país, a més de les preocupacions de les autoritats sanitàries i de medi ambient per aquesta problemàtica, ens fan pensar que aquestes pràctiques han de canviar ràpidament.

EL RISC SANITARI

Un cop decidida la reutilització tant d'aigües com de llots, cal pensar que no tot són avantatges, sinó que els inconvenients poden ser força importants i arribar a fer fracassar els processos de reutilització. Certament, els inconvenients que nem mencionar són prou grans, però volem tan sols limitar-nos al risc sanitari que presenten aquestes reutilitzacions.

El risc sanitari pot ser de tipus directe o de tipus indirecte.

El risc directe és aquell causat per la ingestió directa d'aigües o de llots; el risc indirecte és originat per la ingestió d'objectes contaminats per aigües o llots.

Evidentment, el risc és diferent segons es treballi amb aigües o llots, més que altra cosa per les diferents possibilitats de dispersió i de permanència en el medi.

A. Risc sanitari de la depuració

El procés de depuració, especialment en les plantes on hi ha airejació per turbines, és la formació d'aerosols.

En totes les plantes el risc és, per una part el que tenen els treballadors de la planta, i, indirectament, els seus familiars; i, per l'altre, el generat per l'alliberament al medi d'aigües

sense depurar en el cas que la planta funcioni malament en determinats moments o en el cas que plogui i el clavegueram sigui unitari. Realment, aquest darrer cas no pot atribuir-se directament a la depuració.

En el cas que hi hagi manipulacions posteriors, tant d'aigües com de llots, el risc s'estén als manipuladors, ja siguin d'abocadors, transportistes o reutilitzadors. No obstant aquest darrer risc -el de la reutilització- ja es tracta tot seguit.

S'han descrit possibilitats de risc en el cas que hi hagi residents temporals o permanents prop de determinades instal·lacions de depuració.

Com ja s'ha indicat en tractar de la depuració, el risc es fa més gran si hi ha fallades en els sistemes de tractament.

B. Risc sanitari de la reutilització d'aigües residuals depurades

Com ja s'ha indicat, la depuració de les aigües residuals no és pas un garantia d'eliminació total dels contaminants, ni microbiològics ni químics ni físics. Per consideracions econòmiques i fins i tot ambientals, aquesta eliminació total no és aconsellable.

Aquesta circumstància, i el fet de la reutilització causen que es presentin els perills sanitaris, que difereixen segons sigui el projecte de reutilització.

Com ja hem dit, la reutilització d'aigües pot ser en indústria, municipi, ramaderia o agricultura.

a) En indústria el perill sanitari es molt reduït, excepte en els casos en que l'aigua residual es posa en contacte amb productes acabats, especialment si la indústria és alimentària.

b) En els municipis l'aigua residual depurada es pot fer servir com a aigua de reg o per a instal·lar una xarxa doble per determinats usos que no demanen aigua de massa bona qualitat. Ocasionalment pot fer-se servir després d'una depuració com a aigua de consum si no hi ha altres recursos. A Espanya aquesta possibilitat resta prohibida per la Llei d'Aigües. El perill sanitari és originat si els ciutadans entren en contacte amb l'aigua residual depurada.

c) En ramaderia els usos possibles són com a aigua de neteja o per abeurar el bestiar. Aquest darrer ús pot crear problemes de salut al bestiar si l'aigua no ha sofert un procés adient de depuració avançada.

d) L'ús més sovintejat de les aigües residuals un cop depurades és la reutilització en agricultura, com a aigua de reg.

e) Altres possibilitats són la recàrrega d'aqüífers per a emmagatzemar aigua o per lluitar contra la intrusió o bé la

recuperació de marenys o zones humides. El risc en aquest cas fora per la fauna salvatge que pot trobar-se en el punt d'aplicació o bé la contaminació de les aigües subterrànies a causa dels organismes o substàncies que porta encara l'aigua residual depurada.

Veiem que el més comú és el que podriem denominar l'aplicació de les aigües al sòl. Hi ha tres aproximacions a aquests mètodes.

La primera aproximació és la que considera el sòl com a un sistema de depuració terciari. En aquest cas, la fi principal del mètode és la depuració, independentment que hi hagi o no conreus en el lloc d'aplicació. Si hi ha vegetació en el sistema pot millorar el rendiment de l'operació, però el creixement d'aquesta no és un objectiu del sistema.

La segona aproximació és la que considera prioritàriament que l'aigua s'aplica en un sistema sòl/vegetació destinat a tenir una productivitat agrària, és a dir, es tracta de fer servir aigua per l'agricultura.

En el primer cas, es pretén aplicar el màxim d'aigua al sistema. En el segon, l'ús de l'aigua es basa en criteris agrícoles, i només s'aplica quan el sistema la necessita.

La tercera aproximació és la utilització de l'aigua en el medi per a millorar sistemes hídrics. Aquesta possibilitat es basa en la recàrrega d'aquífers o en l'ús per crear masses d'aigua.

El risc sanitari més comú, ja que és la reutilització més habitual, és originat per la reutilització com a aigua de reg, ja sigui dins del municipi o en la agricultura. En aquest cas el risc sanitari és causat pel contacte de l'aigua amb els vegetals regats (risc sanitari indirecte), per la ingestió de les aigües (risc directe) o per la ingestió d'aerosols en regar per aspersió. Altres possibilitats són la contaminació de les aigües subterrànies per infiltració o l'alliberament de les aigües a l'ambient no controlat per escurament.

En el cas de regar vegetals que s'hagin de consumir en cru es planteja la necessitat que l'aigua tingui un tractament terciari avançat i que assegurí que l'aigua depurada tingui un contingut en microorganismes prou baix com perquè no es presenti un risc per la salut dels consumidors. En un dels darrers estudis que s'han fet d'aquest tema (OMS, 1989) es donen uns criteris de consens pel que fa al contingut de microorganismes i paràsits en les aigües residuals que es pensen fer servir per reg. Aquest contingut ha estat objecte de fortes discussions entre diverses escoles de reutilització, ja que els científics de Califòrnia proposaven unes normes força restrictives, amb qualitats d'aigua força difícils d'aconseguir amb mètodes normals de depuració; mentre els científics israelians suggerien normes més laxes, aconseguibles sense unes despeses tan elevades de depuració.

La polèmica s'ha suscitat sovint en el moment de discutir

l'aplicació d'aquests criteris en països on l'economia no permet l'ús de tractaments capaços de donar qualitats com les exigides per les normes de Califòrnia.

Segons un treball de Shuval i col.laboradors pel Banc Mundial, fet el 1986, no hi ha evidències epidemiològiques que demostrin la necessitat d'establir normes tan estrictes com les de Califòrnia en el reg de molts conreus. Cal parlar aquí del contrasentit que representa el que s'estigui demanant a aquestes aigües una qualitat microbiològica que no tenen la major part dels rius europeus i nordamericans, quines aigües s'estan fent servir sense restriccions com a aigües de reg.

Tampoc s'ha pogut demostrar fefaentment que els aerosols generats en les plantes de tractament i en el reg per aspersió siguin responsables de malalties entre els treballadors i els residents prop de les zones de pressumpte risc. No obstant, això pot atribuir-se a problemes de disseny dels estudis epidemiològics i a que el nombre de residents i treballadors és bastant reduït, la qual cosa fa que l'estadística sigui inaplicable o poc conclouent.

Malgrat el que acabem de dir, i considerant la qualitat d'aigua que s'obté de les depuradores existents actualment a Catalunya, és prou assenyat establir uns límits d'ús de les aigües residuals depurades, pel que fa a la proximitat a zones habitades o a l'hora en que es rega i pel que fa al tipus de vegetal regat. Es pot adduir la possibilitat d'obtenir la qualitat demanada mitjançant una cloració o procés de desinfecció similar. No obstant, el clor lliure té poca efectivitat en la desinfecció d'aigües residuals que conserven encara una certa quantitat de sòlids en suspensió o de matèria orgànica.

Una de les solucions a aquest cas és l'ús de tècniques de depuració més adients, com poden ser els llacunatges o tractaments terciaris dissenyats per a reduir el nombre de microorganismes.

En general, podríem dir que els criteris s'haurien d'establir, si no es pot aconseguir una eliminació adient de microorganismes, en funció de les possibilitats de contacte de l'home, animals i plantes amb l'aigua. Es per això que si es rega per mètodes que no impliquin contacte, com el reg localitzat o subterrani, es pot permetre l'ús d'aigües més contaminades. En canvi, si el reg es fa per un mètode que impliqui dispersió, com l'aspersió, cal ser més estricte pel que fa a la qualitat.

El risc sanitari més poc sovintejat en el cas de les aigües recuperades és el contingut en metalls pesants i en microcontaminants orgànics. En ambdós casos hi ha la possibilitat que aquestes substàncies puguin entrar, per bioacumulació, en la cadena tròfica.

Els metalls pesants es presenten poques vegades, ja que, donades les característiques de les aigües al nostre país, aquests elements s'acostumen a concentrar en els llots i a quedar-ne poca

quantitat en les aigües. Per altra part, si l'aigua residual és principalment d'origen domèstic, el perill de presència de metalls és molt reduït.

Pel que fa als microcontaminants orgànics, són presents en aigües que han estat desinfectades en algun moment del seu cicle, especialment si l'aigua a tractar contenia quantitats apreciables de matèria orgànica. Els desinfectants més habituals (clor, ozó) en actuar sobre la matèria orgànica generen aquests compostos, presents inicialment en concentracions molt petites, però amb una certa facilitat de bioacumulació.

Una de les preocupacions principals en l'aplicació de les aigües és la possibilitat que puguin anar a parar fora del lloc d'aplicació previst, ja sigui per escorriment o perquè s'apliquin en llocs poc adients.

També existeix la possibilitat que les aigües aplicades puguin assolir les aigües subterrànies tot contaminant-les, com ja hem dit fa poc.

Les possibilitats diferents de l'ús en agricultura -recàrrega d'aqüífers i creació de zones humides- tenen apart dels riscos en comú uns riscos diferenciats.

Si s'intenta la recàrrega d'aqüífers amb aigua recuperada existeix el risc d'aportar a l'aqüífer la contaminació que encara tenen les aigües residuals. La major part de vegades la recàrrega es fa per tal d'evitar la intrusió marina. No obstant, n'hi ha d'altres que pretenen que l'aqüífer serveixi d'emmagatzematge i de sistema de depuració per tornar a utilitzar les aigües. No cal dir que aquesta darrera opció és la que presenta un risc sanitari més gran, especialment quan es treballa en aquífers sobreexplotats.

Si es volen recuperar zones humides, s'aplica un determinat volum d'aigua a zones on se suposa que el pla d'aigua es pot mantenir. El risc es basa en l'ús d'aigües que encara no estan prou ben tractades. De tota manera, amb aquesta aplicació s'aconsegueix una depuració addicional.

C. Risc sanitari de l'ús de llots

Els llots poden eliminar-se o bé reutilitzar-se. En els processos d'eliminació s'intenta, teòricament, eliminar els llots amb un mínim d'impacte sobre l'ambient. No obstant, hi ha hagut, i encara s'apliquen, mètodes d'eliminació amb prou problemes sanitaris i ambientals, com són el vessat al mar o els abocaments incontrolats.

Pel que fa a les reutilitzacions, el risc sanitari és donat principalment per la possibilitat de contaminació dels aliments i per la dispersió dels llots un cop situats a l'ambient.

També pot parlar-se del risc dels usuaris "a posteriori" dels

llots, així com dels manipuladors i transportistes. Es evident la necessitat de controlar el transport per tal que no es perdin llots durant aquesta fase de l'eliminació o reutilització.

La legislació europea sobre la reutilització marca ja les diferents possibilitats existents i les limitacions. Fa poc temps, el novembre del 1991, va aparèixer la corresponent legislació espanyola, molt semblant a la corresponent europea. Les preocupacions sanitàries de la reutilització es basen especialment en que els llots hagin estat sotmesos a un tractament que permeti que no quedin microorganismes patògens en aquest material, i en la presència de productes o elements potencialment tòxics.

Aquesta darrera denominació inclou els continguts de metalls pesants i de determinats productes difícilment degradables, com els microcontaminants orgànics, tipus PCBs i similars.

Tant els metalls pesants com els microcontaminants orgànics poden assolir la cadena tròfica des del sòl, on es degraden difícilment (compostos orgànics) o no es degraden en absolut (metalls pesants), encara que segons siguin les característiques del sòl puguin quedar complexats, perdent la seva capacitat de crear risc, si més no a curt termini. Malgrat tot, la capacitat d'assimilació del sòl té un límit que cal establir en detall.

La diferència que ens interessa entre les aigües i els llots es basa en dues característiques prou evidents:

a) Els llots tenen els mateixos contaminants que les aigües, però molt més concentrats.

b) Les aigües tenen els contaminants molt més diluïts, però tenen molta més facilitat de moviment.

La dispersió dels llots en el medi pot succeir si l'aplicació està mal feta o no es fa amb prou precaucions. En principi, si es tenen en compte determinats condicionants del medi físic, com són l'existència de pendents, el pH del sòl, la proximitat a cursos d'aigua, l'absència de zones sensibles com aiguamolls i similars, la profunditat dels aqüífers, etc.; i es calculen les quantitats que es poden aplicar per unitat de superfície en funció de la quantitat de nutrients del llot -especialment de nitrògen- es pot suposar que els problemes de l'aplicació seran mínims.

Hi ha altres punts importants, com són les pràctiques agrícoles adients, els conreus que no es poden utilitzar, i els controls marcats per la legislació que inclouen l'analítica periòdica de llots i sòls.

Les altres dues possibilitats no agrícoles de l'aplicació dels llots als sòls, són la reutilització en boscos i la recuperació de zones degradades. En uns i altres casos, no és tan estricta la limitació deguda a la presència de substàncies bioacumulables,

ja que no hi ha conreus susceptibles de ser consumits en cru. No obstant això, la dispersió segueix sent possible, especialment pensant que la incorporació pot ser més difícil o impossible i que en aquests casos s'acostuma a afegir al sòl més quantitat de llots que en l'aplicació a l'agricultura.

Si l'aplicació es fa directament al sòl -ja sigui el llot sòlid o líquid- i s'incorpora ràpidament, en un lloc on s'hagin tingut en compte les condicions descrites, els problemes sanitaris poden ser mínims, excepte en el cas de pluges fortes immediates. No obstant, si l'aplicació es fa per aspersió -potser un mètode més adient per boscos- existeix també el risc de formació d'aerosols.

També existeix una certa preocupació en el cas de l'aplicació a boscos, per la possibilitat que es fagin servir per a zones d'esbarjo o que la gent hi pugui recollir subproductes, com són els bolets, mores o cireretes d'arboç.

Una darrera preocupació és la possibilitat que els animals que viuen al bosc quedin intoxicats per l'entrada a la cadena tròfica de metalls pesants o altres compostos o per contaminació directa o indirecta per microorganismes.

Finalment, es pot mencionar que si el llot es composta, i el compostatge està ben fet, no hi ha cap risc sanitari en l'aplicació al medi d'aquest producte.

En principi es pot emprar el mateix raonament que el que s'ha ret servir per les aigües. L'aplicació es pot fer com a mètode d'eliminació o com a mètode de recuperar un recurs.

Els sòls que es fan servir com a lloc d'eliminació han de tenir unes característiques determinades, com ha de ser l'existència d'un substrat impermeable, la manca d'escorriment, etc.

De les característiques necessàries pels sòls on s'aplica el llot per a millorar les característiques agrícoles ja s'en ha parlat.

CONCLUSIONS

El risc sanitari de la depuració i la reutilització d'aigües i llots no és despreciable; no obstant, aquest risc pot reduir-se considerablement si l'aplicació o l'eliminació al medi d'aquests subproductes de la depuració es fa de forma assenyada i tècnicament correcta.

Es necessària una planificació correcta d'aquestes pràctiques, on es tingui en compte la implicació socioeconòmica del tema i l'educació sanitària dels futurs usuaris dels subproductes.

En aquests casos, el parer de les autoritats sanitàries, per altra part demanat per la legislació, és imprescindible.

Per últim, voldria fer esment especial del que segueix:

La llarga tradició que el farmacèutic, especialment el del món rural, té en el coneixement del medi natural fa que sigui la persona adient per conèixer el risc que presenta l'aplicació dels subproductes de la depuració als sòls.

Creiem també que el farmacèutic pot ser una garantia fefaent per la reducció d'aquest risc, donada la seva independència dels organismes d'aplicació i dels pagesos i la seva capacitat de poder fer controls del medi.

Per altra part, l'assessorament que pot donar a les autoritats locals, tant en el tema de la reutilització com en el de la depuració d'aigües residuals referma el seu paper com a tècnic a qui es pot consultar en el cas que es presentin problemes relacionats amb aquestes activitats.

No cal oblidar tampoc la tasca que pot fer en l'assessorament al pagès, per tal que la seva activitat -en aquest cas la reutilització en sòls- es fagi amb les màximes garanties sanitàries.

En una època on es qüestiona la preparació del farmacèutic per desenvolupar tasques relacionades amb la Sanitat Ambiental, he volgut fer avinent que alguns de nosaltres, que treballem amb força dificultats fins i tot dins de casa nostra, a la Facultat, volem defensar que el farmacèutic ha estat i creiem que ha de continuar fent-ho, un dels pilars fonamentals en el camp de la salut, en tant que especialista en Sanitat Ambiental, capaç de poder detectar les accions que, en relació amb el medi, poden afectar la qualitat de vida de la gent que resideix en les zones rurals del nostre país.

BIBLIOGRAFIA

- Ammerman, D.K.; Matthews, R.L.
Water reuse systems in Southwest Florida. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 333-351. Denver, Colorado (1987).
- Arar, A.
Wastewater reuse for irrigation in the Near East region. Water Science & Technology, 23, 2127-2134 (1991)
- Arceivala, S.J.
Water reuse in India. Cap. 10 a "Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).
- Asano, T.; Pettygrove G.S.
Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. California Agriculture, 41, 15-18 (1987)
- Asano, T.; Smith, R.G.; Tchobanoglous, G.
Municipal Wastewater: treatment and reclaimed water characteristics. Capitol 2 a: Irrigation with reclaimed municipal wastewater. A guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.). California State Water Resources Control Board. Report Number 84-1 wr. Sacramento, California (1984).
- Asano, T.; Tchobanoglous, G.; Cooper, R.C.
Significance of coagulation-flocculation and filtration operations in wastewater reclamation and reuse. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1185-1203. San Diego, California, (1984).
- Asano, T. Resposta a una pregunta en la reunió de la IAWPRC d'agost del 1990 a Kyoto. No publicat. Opinió recollida per M. Salgot (1990).
- Asano, T.; Tchobanoglous, G.
The role of wastewater reclamation and reuse in the USA. Water Science & Technology, 23, 2049-2059 (1991).
- Azov, I.; Shelef, G.
Effluents quality along a multiple-stage wastewater reclamation system for agricultural reuse. Water Science & Technology, 23, 2119-2126 (1991).
- Bales, R.C.; Biederman, E.M.; Arant, G.
Reclaimed water distribution system planning - Walnut valley, California. Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From research to application". Vol. 3. 1663-1679. Washington, D.C., USA. (1979).
- Banks, P.A.
Wastewater reuse case studies in the Middle East. Water Science & Technology, 23, 2141-2148 (1991).

Baran, M. S.

Legal, economic and institutional barriers to water reuse in Northern New England. U.S. Department of The Interior Office of water research and technology. 1-150. Boston, Massachusetts, (1980).

Bartone, C.

Reuse of wastewater at the San Juan stabilization ponds - public health, environmental and socioeconomic implications. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1552-1576. San Diego, California, (1984).

Bartone, C.; Arlosoroff, S.; Shuval, H.I.

Development of health guidelines for water reuse in agriculture: management and institutional aspects. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 489-504. Denver, Colorado (1987).

Bartone, C.

International perspective on water resources management and wastewater reuse. Water Science & Technology, 23, 2039-2047 (1991).

Berron, Ph.

Valorisation agricole des boues de stations d'épuration. Aspects microbiologiques. T.S.M.-L'Eau, 11, 549-556 (1984)

Bitton, G.; Pancorbo, O.C.; Overman, A.R.; Gifford, G.E.

Retention of viruses during sludge application to soils Prog. Wat. Tech., Vol. 10, Nos. 5/6, pp. 597-606 (1978)

Boswell, F.C.

Evaluation of municipal sewage sludge for land treatment in crop production. The University of Georgia College of Agriculture Experiment Station. Research Bulletin 267, (1981)

Bourne, D.E.; Watermeyer, G.S.

Proposed potable reuse - an epidemiological study in Cape Town. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2195-2215. Washington, D.C. (1981).

Bourne, D.E.; Sayed, A.R.; Watermeyer, G.S.

Epidemiological planning for water reuse. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1634-1638. San Diego, California, (1984).

Bourne, D.E.; Sayed, A.R.; Klopfer, J.M.L.

The Cape Town epidemiological baseline and its sensitivity to detect changes in health patterns following the implementation of potable reuse. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 803-820. Denver, Colorado (1987).

Bradford-Hill, A. Proceedings Royal Society of Medicine 8:295 (1986). Citat a Shuval i col (1986).

- Brissaud, F.
Descripció del mètode d'infiltració-percolació.
Diverses comunicacions personals. (1990)
- Brown, E.C.; Weinstock, N.
Legal issues in implementing water reuse in California. Ecology Law Quarterly, 9, 243-294. University of California, Berkeley (1981).
- Brown, R.G.; Stark, J.R.
Hydrologic and water quality characteristics of wetland receiving wastewater effluent in St. Joseph, Minnesota. Selected papers on Hydrogeology from the 28th International Geological Congress. Washington, D.C., July 1989. Published by the IAH, Verlag H. Heise, Hannover, West Germany, (1990).
- Bureau, R.G.; Sheikh, B.; Cort, R.P.; Cooper, R.C.; Ririe, D.
Reclaimed water for irrigation of vegetables eaten raw. California Agriculture. 41 (7/8), 4-7 (1987).
- Camann, D.E.; Guentzel, M.N.
The distribution of bacterial infections in the Lubbock infection surveillance study of wastewater spray irrigation. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1470-1496. San Diego, California, (1984).
- Camann, D.E.; Moore, B.E.
Viral infections based on clinical sampling at a spray irrigation site. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 847-863. Denver, Colorado (1987).
- Capdevila, M.; Cardús, J.; Salgot, M.
Problemática y posibilidades de reutilización de las aguas residuales depuradas. Circular Farmacéutica, XL. 274. 55-66 (1982).
- Chang, A.C.; Page A.L.
Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace elements. Cap. 13; i
Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace organics. Cap. 15 a: Irrigation with reclaimed municipal wastewater. A guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.). California State Water Resources Control Board. Report Number 84-1 wr. Sacramento, California (1984).
- Cort, R.; Sheikh, B.; Jaques, R.; Cooper, R.
Safety, feasibility, and cost of reuse of wastewater for irrigation of raw-eaten vegetables. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 445-474. Denver, Colorado (1987).
- Cotruvo, J.A.; Bell, F.A.; Ruggiero, G.; Tobin, P.
Protocol development for potable reuse. Criteria and standards: summary of EPA workshop. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2115-2122. Washington, D.C. (1981).

Cristóbal, F.

Visión general sobre la gestión del fango en España. Jornades tècniques sobre gestió de fangs d'aigües residuals de depuradores urbanes. DOGH/Junta de Sanejament. Barcelona (1989).

Croce, F.; Dardanoni, L.; Lombardo, V.

Water reuse planned for Palermo metropolitan area. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 571-582. Denver, Colorado (1987).

Crook, J.

Health and regulatory considerations. Capitol 10 a: Irrigation with reclaimed municipal wastewater. A guidance manual. G. S. Pettygrove & T. Asano (eds.). California State Water Resources Control Board. Report number 84-1wr. Sacramento, California (1984).

D'Angelo, S.; Rommelmann, D.W.; Curran, C.M.

Pilot testing to evaluate virus removal & deactivation. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1546-1551. San Diego, California, (1984).

Davis, R.D.; Howell, K.; Oake, R.J.; Wilcox, P.

Significance of organic contaminants in sewage sludges used on agricultural land. Paper presented to an International Conference on Environmental Contamination, Imperial College, London July 10-13 (1984), p. 73-79.

De León, R.; Naranjo, J.E.; Rose, J.B.; Gerba, C.R.

Enterovirus, *Cryptosporidium*, and *Giardia* monitoring of wastewater reuse effluent in Arizona. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 833-846. Denver, Colorado (1987).

Duncomb, D.R.; Larson, W.E.; Clapp, C.E.; Dowdy, R.H.; Linden, D.R.; Johnson, W.K.

Effect of liquid wastewater sludge application on crop yield and water quality. Journal WPCF, Vol 54 (8), (1982).

Durand, R.; Schwebach, G.; Grimes, M.; Michael, G.Y.

Health effects of reused water for public park irrigation. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 271-288. Denver, Colorado (1987).

Duynslager, W.A.

St. Pete, Florida implements reuse. Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From research to application". Vol. 3. 1680-1687. Washington, D.C., USA. (1979).

Eden, G.E.; Bailey, D.A.; Jones, K.

Water Reuse in the United Kingdom. Cap. 14 a "Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shival. Academic Press, New York (1977).

Erruz, J

Conferència dictada en el IV Curs de Tècnics de l'Aigua. UPC/UB. Barcelona (1991).

Espino, E.; Vázquez M.; Flores, F.
Pilot studies of wastewater potabilization in Mexico city.
Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water
reuse". 693-716. Denver, Colorado (1987).

Fattal, B.; Margalith, M.; Shuval, H.I.; Morag, A.
Community exposure to wastewater and antibody prevalence to
several enteroviruses. Proceedings of the water reuse symposium
III "Future of water reuse". Vol. 3. 1505-1518. San Diego,
California, (1984).

Fox, D.R.; Nuss, G.S.; Smith, D.L.; Nosecchi, J.
Critical period operation of the Santa Rosa municipal reuse
system. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing
water reuse". 353-357. Denver, Colorado (1987).

Frankenberger, Jr. W.T.
Fate of wastewater constituents in soil and groundwater:
pathogens. Cap. 14 a: Irrigation with reclaimed municipal
wastewater. A Guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.).
California State Water Resources Control Board. Report Number 84-
1 wr. Sacramento, California (1984).

Fuhs, G.W.; Sturman, L.S.; Taylor, D.H.; Moore, R.S.
Evaluation of soils for suitability for virus adsorption.
Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the
future". Vol. 3. 2241-2248. Washington, D.C. (1981).

Gaston, J.M.
Public health risks analysis for wastewater reclamation.
Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water
reuse". Vol. 3. 1460-1469. San Diego, California, (1984).

Gee, H.K.; Murabayashi, E.T.; Young, R.H.F.
Wastewater irrigation for alfalfa, guinea grass, and papaya in
Hawaii. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing
water reuse". 583-592. Denver, Colorado (1987).

Gerba, C.P.; Marzouk, Y.; Manor, Y.; Idelovitch, E.; Vaughn, J.M.
Virus removal during land application of wastewater. Comparison
of three projects. Proceedings of the water reuse symposium III
"Future of water reuse". Vol. 3. 1518-1529. San Diego,
California, (1984).

Gersberg, R.M.; Brenner, R.
Virus removal by a clay-alum coagulation (CCBA) process for
wastewater reclamation. Proceedings of the water reuse symposium
IV "Implementing water reuse". 1173-1182. Denver, Colorado
(1987).

Gillies, J.A.; Kushwaha, R.L.; Hwang, C.P.; Ford, R.J.
Heavy metal residues in soil and crops from applications from
anaerobically digested sludge. Research Journal WPCF, vol 61
(11/12), p. 1673-1677 (1989).

Goldstein, N.;

Recommendations for use of sludge composts. BioCycle, p. 28-30, April (1988).

Goyal, S.M.; Keswick, B.H.; Gerba, C.P.
Occurrence of viruses in groundwater and soil beneath three land application sites. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2251-2260. Washington, D.C. (1981).

Gunnerson, C.G.; Shuval, H.I.; Arlosoroff, S.
Health effects of wastewater irrigation and their control in developing countries. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1576-1602. San Diego, California, (1984).

Hart, O.O.; Van Vuuren, L.R.J.
Water reuse in South Africa. Cap. 13 a "Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).

Hartling, E.C.
Expanding the use of reclaimed water in Los Angeles county. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 385-399. Denver, Colorado (1987).

Hendricks, C.W.; Englebrecht, R.S.
Microbial criteria and standards for potable reuse. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2123-2137. Washington, D.C. (1981).

Hsiao, J.S.; Sheikh, B.
Aerosol generation from sprinkler irrigation with reclaimed wastewater. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2234-2240. Washington, D.C. (1981).

Hue, N.V.; Silva, J.A.; Arifin, R.
Sewage sludge-Soil interactions as measured by plant and soil chemical composition. J. Environ. Qual., Vol. 17 (3), (1988).

Humet, R.M.
Bioacumulación de metales pesados en vegetales cultivados en zona agro-industrial mediante el estudio de las matrices ambientales. Tesis doctoral en Farmàcia. Universitat de Barcelona (1986).

Hurst, W.F.; Lee, G.E.; Scherfig, J.
Irvine Ranch water district turns research to application. Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From research to application". Vol. 3. 1657-1662. Washington, D.C., USA. (1979).

Hyde, H.C. (1976)
Utilization of wastewater sludge for agricultural soil enrichment.
Journal Water Pollution Control Federation. Vol. 48 (1). p. 77-90.

Isaacson, M.; Sayed, A.R.

Human consumption of reclaimed water - the Namibian experience. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 1047-1059. Denver, Colorado (1987).

Johns III, F.J.; Rogers, S.E.; Raby, D.L.
Design and operation for nitrogen removal for potable water reuse - The Denver water department experience. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1173-1184. San Diego, California, (1984).

Johns, F.J.; Neal, R.J.
Maximizing water resources in Aurora, Colorado through reuse. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 127-141. Denver, Colorado (1987).

Jones, R.A.; Lee, G.F.
Development of water quality management program for the Rawhide electric generating station cooling impoundment: a domestic wastewater reuse project. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 1945-1978. Washington, D.C. (1981).

Kalthem, M.; Harthi, H.; Gur, A.
Reclaimed water reuse scheme for Madinah, Saudi Arabia. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 83-89. Denver, Colorado (1987).

Kempa, E.S.; Cebula, J.S.
Sanitary aspects of long-term utilization of wastewater for irrigation. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1606-1616. San Diego, California, (1984).

Keswick, B.H.; Gerba, C.P.
Fate and transport of viruses during land treatment of sewage. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2261-2281. Washington, D.C. (1981).

Kiya, F.; Aya, H.
Trends and problems of wastewater reuse systems in buildings. Water Science & Technology, 23, 2189-2197 (1991).

Kladivko, E.J.; Nelson, D.W.
Changes in soil properties from application of anaerobic sludge. Journal WPCF, vol 51 (2), p. 325-332 (1979)

Kohlhoff, K.F.
Water reclamation and reuse Northwest water reclamation plant. Mesa, Arizona. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 145-163. Denver, Colorado (1987).

Kopfler, F.C.; Ringhand, H.P.; Bull, R.J.
Evaluation of methods for concentrating organics from water for biological testing. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2282-2298. Washington, D.C. (1981).

- Kubo, T.; Sugiki, A.
Wastewater reuse in Japan. Cap. 8 a "Water Renovation and Reuse."
Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).
- Kramer, R.E.
Regulations for the reuse of wastewater in Arizona. Proceedings
of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol.
3. 1666-1672. San Diego, California, (1984).
- Large, D.W.
Land application of wastewater and state water law. Vol. II.
EPA-600/2-78-175. 189 p. (1978)
- Larkin, D.G.
Reuse planning at East Bay Municipal Utility District.
Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From
research to application". Vol. 3. 1688-1692. Washington, D.C.,
USA. (1979).
- Lau, S.L.
Water reuse from sewage effluent by irrigation: A perspective for
Hawaii. Water Resources Bulletin, 15, No 3, 740-752. American
Water Resources Association (1979).
- Lauer, W.C.
Water quality for potable reuse. Water Science & Technology, 23,
2171-2180 (1991).
- Liberti, L.; Limoni, N.; López, A.; Passino, R.; Boari, G.
Water reuse from the RIM-NUT process. Proceedings of the water
reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1412-1427.
San Diego, California, (1984).
- Libhaber, M.; Michail, M.
Innovative methods in wastewater treatment for agricultural reuse
in Israel. Proceedings of the water reuse symposium IV
"Implementing water reuse". 531-569. Denver, Colorado (1987).
- Lynn, P. Reclaimed water fits some golf courses to a tee. Water
Environment & Technology, 2 (8), 27-28 (1990).
- Manglik, P.K.; Johnston, J.R.; Asano, T.; Tchobanoglous, G.
Effect of particles on chlorine disinfection of wastewater.
Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water
reuse". 1081-1096. Denver, Colorado (1987).
- Marecos do Monte, M.H.; Silva, M.E.
Current research on the use of sewage effluent for agricultural
irrigation in Portugal. Proceedings of the water reuse symposium
IV "Implementing water reuse". 505-516. Denver, Colorado (1987).
- Marecos do Monte, M.H.F.
A reutilização de águas residuais tratadas para irrigação como
exemplo de uma solução integrada para problemas de poluição da
água. International symposium on integrated approaches to water
pollution problems (SISIPPA). III-175 a III-186. Lisboa, Portugal

(1989).

Marecos do Monte, M.H.F.
Efeitos nas culturas da reutilização de efluentes primário e secundário para rega. International symposium on integrated approaches to water pollution problems (SISIPPA). III-467 a III-470. Lisboa, Portugal (1989).

Margolin, A.B.; Gerba, C.P.; Janauer, G.E.; Costello, M.J.
Viral disinfection of water by quaternary ammonium resin. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1530-1546. San Diego, California, (1984).

Marrack, D. Water and Health. Cap. 7 a Environment and Health. N.M. Trieff, ed. Ann Arbor Science. Ann Arbor, Michigan, USA. (1980).

Matters, M. F.
Arizona regulations for irrigating with sewage effluent. Irrigation With Sewage Effluent. 6-12. Proceedings of the Sewage Irrigation Symposium. Phoenix, Arizona (1981).

McCarty, P.L.; Argo, D.; Reinhard, M.; Graydon, J.; Goodman, N.; Aieta, M.
Performance of water factory 21 in removing priority pollutants. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2325-2349. Washington, D.C. (1981).

Mikesell, M.D.; Boyd, S.
Enhancement of pentachlorophenol degradation in soil through induced anaerobiosis and bioaugmentation with anaerobic sewage sludge. Environ. Sci. Technol., vol 22 (12) (1988).

Miller, R.C.; Hoover, M.G.
South coast water district's reclamation program. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 121-125 Denver, Colorado (1987).

Mininni, G.; Santori, M.
Problems and perspectives of sludge utilization in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol 18, p. 291-311 (1987).

Montgomery, J.M.
Sludge management systems. Water Environment & Technology, vol 2 (7), p. 62-67, (1990).

Moore, T. L.
Golf course irrigation with sewage effluent. Irrigation With Sewage Effluent. 90-106. Proceedings of the Sewage Irrigation Symposium. Phoenix, Arizona. (1981).

Moran, J.M.; Morgan, M.D.; Wiersma, J.H.
Introduction to environmental science. W.H. Freeman & Co. New York, (1986).

Mulchi. C.L.; Bell. P.F.; Adamu. C.; Chaney.R.
Long term availability of metal in sludge amended acid soils.
Journal of plant nutrition, vol 10 (9-16), p. 1149-1161, (1987).

Müller, W.J.
Water reuse in the Federal Republic of Germany. Cap. 9 a "Water
Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York
(1977).

Noy, J.; Feinmesser, A.
The use of wastewater for agricultural irrigation. Cap. 3 a
"Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press,
New York (1977).

O'Connor. T.P.; Okubo. A.; Champ. M. A.; Park. P.K.
Projected consequences of dumping sewage sludge at a deep ocean
site near New York Bight. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 40
(suppl. 2) p. 228-241. (1983).

Odendaal, P.E
Recent advances in water reuse research in South Africa. Water
Science & Technology, 23, 2061-2071 (1991).

Ongerth, H.J.; Jopling, W.F.
Water reuse in California. Cap. 8 a "Water Renovation and Reuse."
Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).

O'Neill, P.
Environmental chemistry. George Allen & Unwin, London, G.B.,
(1985).

Oron, G.; DeMalach, Y.; Hoffman, Z.; Keren, Y.; Hartman, H.;
Plazner, N.
Wastewater disposal by subsurface trickle irrigation. Water
Science & Technology, 23, 2149-2158 (1991).

Page, A.L.; Chang, A.C.
Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace
elements. Cap. 13 a Irrigation with reclaimed municipal
wastewater. A guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.).
California State Water Resources Control Board. Report Number 84-
1 wr. Sacramento, California (1984).

Pahren. H.R.; Lucas. B.L.; Ryan. J.A.
Health risks associated with land application of municipal
sludge. Journal WPCF, vol 51 (11), p. 2588-2601, (1979).

Pascual, A.; Salgot, M.; Cardús, J.
Contribució a l'estudi de la reutilització en sòls d'aigües
residuals depurades: Incidència biològica. Estudi bibliogràfic.
Cir. Far. 283, 67-100 (1984).

Pescod, M.B.
Integration of wastewater treatment and agricultural-decision
making for effluent reuse in developing country irrigation.
Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water

reuse". 475-488. Denver, Colorado (1987).

Pettygrove, G.S.; Davenport, D.C.; Asano, T.
Introduction: California's reclaimed municipal wastewater resource. Capitol 1 a: Irrigation with reclaimed municipal wastewater. A guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.). California State Water Resources Control Board. Report Number 84-1 wr. Sacramento, California (1984).

Pickard, D.W.; Fries, G.D.; Emery, S.
Tampa water resource recovery pilot project. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 671-692. Denver, Colorado (1987).

Randall, R.A.; Johnson, R.B.
Tucson demonstration project to recharge and recover reclaimed water. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 187-199. Denver, Colorado (1987).

Rappaport, B.D.; Martens, D.C.; Reneau, R.B., jr; Simpson, T.W.
Metal availability in sludge-amended soils with elevated metal levels. J. Environ. Qual., vol 17 (1), p. 42-47, (1988).

Ridgway, H.F.; Rigby, M.G.; Argo, D.G.
Biological fouling of reverse osmosis membranes: the mechanism of bacterial adhesion. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1204-1225. San Diego, California, (1984).

Rigby, M.G.; Ridgway, H.F.; Argo, D.G.
Evaluation of pulsed bed and dual media filters for treatment of secondary effluent. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". vol. 3. 1204-1225. San Diego, California, (1984).

Rose, J.B.; Gerba, C.P.
Assessing potential health risks from viruses and parasites in reclaimed water in Arizona and Florida. Water Science & Technology, 23, 2091-2098 (1991).

Sadovsky, A.Y.; Fattal, B.; Goldberg, D.; Katzenelson, E.; Shuval, H.I.
Appl. Environ. Microbiol. 36 (6), 824-830 (1978).

Salgot, M.
Contribución al estudio de la reutilización de las aguas residuales depuradas. Tesis doctoral en Farmàcia. Universitat de Barcelona (1981).

Salgot, M.
Informe sobre un viatge científic a la regió de les Landes per visitar estanys d'infiltració-percolació. No publicat (1990).

Salgot, M.; Brissaud, F.
La reutilización de aguas residuales como alternativa a las fuentes convencionales de agua. Jornadas: Las sequías en España.

Real Academia de ciencias exactas físicas i matemáticas. Madrid (1990).

Salgot, M.
Wastewater reuse in Spain. En prensa (1991).

Schwebach, G.H.; Durand, R.
Water reuse risk management responsibilities at local, state and federal levels. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 821-831. Denver, Colorado (1987).

Sekoulov, I.; Figueroa, A.; Oles, J.
Investigation on wastewater reuse on passenger aircraft. Water Science & Technology, 23, 2199-2208 (1991).

Sheikh, B.; Cooper, R.C.; Jaques, R.S.
Health and safety aspects of irrigation of raw-eaten food crops with reused water. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 2216-2233. Washington, D.C. (1981).

Sheikh, B.; Cort, R.P.; Kirkpatrick, W.R.; Jaques, R.S.; Asano, T.
Monterey wastewater reclamation study for agriculture. Research Journal WPCF, 62 (3), 216-226 (1990).

Shelef, G.
Water reuse in Israel. Cap. 11 a "Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).

Shelef, G.
The role of wastewater reuse in water resources management in Israel. Water Science & Technology, 23, 2081-2089 (1991).

Shuval, H.I.
Health consideration in water renovation and reuse. Cap. 2 a "Water Renovation and Reuse." Ed. H.I. Shuval. Academic Press, New York (1977).

Shuval, H.; Bercovier, H.; Fattal, B.
Risk of legionella infection among irrigation workers exposed to aerosols from water and wastewater. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1496-1504. San Diego, California, (1984).

Shuval, H.I.; Adin, A.; Fattal, B.; Rawitz, E.; Yekutieli, P.
Wastewater irrigation in developing countries. Health effects and technical solutions. World Bank Technical Paper Number 51. The World Bank, Washington, D.C., USA. (1986).

Shuval, H.I.
Water reuse in agriculture in developing countries. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 35-39. Denver, Colorado (1987).

Shuval, H.I.; Wax, I.; Yekutieli, P.; Fattal, B.
Prospective epidemiological study of enteric disease transmission

associated with sprinkler irrigation with wastewater: an overview. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 765-791. Denver, Colorado (1987).

Shuval, H.I.
Health guidelines and standards for wastewater reuse in agriculture: historical perspectives. Water Science & Technology, 23, 2073-2080 (1991).

Sorteberg, A.
Effects of sewage sludge application on the yield of different crops and the uptake of some heavy metals. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, vol 53, p. 1-15, (1981).

Stenquist, R.J.; Hunter, R.M.; Mills, R.L.; Steele, M.E.
Three California water reclamation case histories. Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From research to application". Vol. 3. 1693-1736. Washington, D.C., USA. (1979).

Stokes, H.W.; Ford Jr., M.E.
The application of non-potable water systems to residential service. Proceedings of the water reuse symposium "Water reuse-From research to application". Vol. 3. 1629-1647. Washington, D.C., USA. (1979).

Stokes, H.W.; McPherson, G.A.; Graham, J.E.
What must be considered when retrofitting a developed community with reclaimed water. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 617-669. Denver, Colorado (1987).

St-Yves, A.
La valorisation agricole des boues de stations d'épuration: La question économique. Sciences et techniques de l'eau, vol 22 (3), p. 241-245, (1989).

Van de Maele, F.; Verloo, M.; Kiekens, L.
L'utilisation des boues d'épuration en agriculture: Avantages, inconvénients et directives. Revue de l'agriculture, vol 34 (2), p. 301-309, (1981).

Vaz da Costa, S.M.; Mara, D.D.
The bacterial quality of lettuce and alfalfa spray-irrigated with trickling filter effluent. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 793-801. Denver, Colorado (1987).

Véran, M.L.
Législation et politiques de l'épandage des eaux usées. USA-RFA-URSS-Israel. Ministère de l'agriculture, Direction de l'aménagement. Service de l'hydraulique/Société du Canal de Provence. (Janvier 1981).

Voss, C.J.; Schanze, T.
Wetlands enhancement and power plant cooling -water reuse program in Orange county, Florida. Proceedings of the water reuse

symposium IV "Implementing water reuse". 943-965. Denver, Colorado (1987).

Wachinski, A.M.
Waste management in the U.S. Space program. Journal WPCF, 1790-1797 (1988).

Wachinski, A.M.; Porter, K.T.
Fluid behavior/waste management in low-gravity environments. Water Environment & Technology, 56-58 (1990).

Webber, M. D.; Shames, A.
Heavy metal concentrations in Halton Region soils: An assessment for future municipal sludge utilization. Canadian Journal of Soil Science, vol 67, p. 893-903, (1987).

Westcott, D.W.; Ayers, R.S.
Irrigation water quality criteria. Capitol 3 a: Irrigation with reclaimed municipal wastewater. A guidance manual. G.S. Pettygrove & T. Asano (eds.). California State Water Resources Control Board. Report Number 84-1 wr. Sacramento, California (1984).

Wehbring, K.
Institutional obstacles to water reuse. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 1788-1799. Washington, D.C. (1981).

White, G.C.
Disinfection of wastewater and water for reuse. Van Nostrand Reinhold Co. New York. (1978).

Wilson, L.
Potable reuse criteria established for El Paso, Texas. Proceedings of the water reuse symposium III "Future of water reuse". Vol. 3. 1639-1665. San Diego, California, (1984).

Woehlcke, L.C.; Adams, B.
Factors affecting the implementation of reuse systems in South Florida. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 101-120. Denver, Colorado (1987).

Wolverton, B.C.
Natural systems for wastewater treatment and water reuse for space and earthly applications. Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 729-741. Denver, Colorado (1987).

Zeitew, H.
Legal liability of proprietors of reclaimed water systems under existing civil law. Proceedings of the water reuse symposium II "Water reuse in the future". Vol. 3. 1714-1744. Washington, D.C. (1981).

Zhongjie, Z; Baozhen, W.
The water resource and its pollution control in China.

Proceedings of the water reuse symposium IV "Implementing water reuse". 65-76. Denver, Colorado (1987).

Zhongxiang, Z.; Yi, Q.
Water saving and wastewater reuse and recycle in China. Water Science & Technology, 23, 2135-2140 (1991).

Grupo Científico de la OMS, Informe de un.
Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura i acuicultura.
O.M.S. Serie de Informes Técnicos 778. 85 p. Ginebra (1989).

State of California. Health aspects of wastewater recharge. A State-of-the-art review. Water Information Center, Inc. New York, USA. 240 p. (1975 1a. ed.). 1978 reedició.

The American Water Works Association Research Foundation.
Water Reuse Highlights. A summary volume of wastewater reclamation and reuse information. Denver, Colorado, USA. 119 p. (January 1978).

U.S. Army Corps of Engineers - U.S. Dept. of Agriculture - U.S. Environmental Protection Agency
Process design manual for land treatment of municipal wastes. Appendix D: Pathogens. D1-D29 (1977).

U.S. E.P.A. (United States Environmental Protection Agency)
U.S. Army Corps of Engineers - U.S. Department of Agriculture.
Process design manual for land treatment of municipal wastewater. EPA 625/1-77-008 (1977).

WHO Scientific Group,
Health aspects of treated sewage re-use. Report on a WHO Seminar. Algiers (1980). WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen (1981).

AGRAIMENTS

El Dr. Josep Cardús i Aguilar fou qui em va donar, ja fa uns quants anys, la oportunitat de treballar en el món de l'aigua, potser influit pel fet que el seu mestre, el Dr. Lluís Miravittles i Millé, havia estat un dels grans estudiosos a la Catalunya de després de la guerra d'aquest tema. A ell, al Dr. Cardús, li haig d'agrair, apart d'altres moltes coses, que m'hagi permés aprendre unes quantes coses sobre les aigües i que m'en hagi volgut ensenyar moltes d'altres.

El fet que comencés a treballar en el món de l'aigua residual fou també motivat per l'ajut que em van oferir gentilment dos companys que després han esdevingut grans amics: en Joan Gozalbo i en Jordi Llopart, que treballaven per SEARSA en els meus inicis com a investigador en aquests temes.

INDEX

El cicle de l'aigua en la societat mediterrània
L'aigua residual, un recurs?
La depuració d'aigües residuals
L'aigua residual depurada
Els llots de depuradora
La reutilització
 La reutilització d'aigües
 La reutilització de llots
El risc sanitari
 de la depuració
 de la reutilització d'aigües
 de la reutilització de llots
Conclusions

Bibliografia
Index

Agraïments