

# Aigües residuals urbanes depurades: un recurs hídric per a l'agricultura

LEONOR LAPEÑA / PILAR GARCÍA AGUSTÍN  
Universitat Jaume I

Es considera a l'agricultura com un aconseguiment de l'ésser humà que va tindre el seu primer impuls a partir del Neolític. En aquell període de la humanitat es va iniciar el que molts estudiosos han denominat «primera revolució verda». La progressiva disminució dels costums nòmades, la creixent habilitat per a l'elaboració d'instruments de cultiu, la percepció dels cicles de la naturalesa i l'aplicació de l'experiència a la millora de les collites, van influir de forma decisiva en la qualitat de vida i el creixement de la població.

Les comunitats, unides a la terra de forma indissoluble durant segles, es van fer sàvies en l'elecció d'espècies vegetals de cultiu, en la forma en què podien millorar el seu rendiment i com havien de protegir-les i impulsar el seu creixement.

Segle rere segle es va anar produint un increment, en principi lent però gradual, de les produccions agrícoles, que eren directament dependents de la climatologia i la disponibilitat de l'aigua.

Les zones del planeta, considerades pel seu clima, àrides o semiàrides van estar lligades al desenvolupament de sistemes de regadiu que asseguraren l'aportació d'aigua constant i eficaç. Així mateix, l'increment de necessitats hídriques va propiciar el desenvolupament de tècniques que van permetre l'aprofitament d'aigües subterrànies juntament amb les superficials.

En els últims dos segles, i en particular en la segona meitat del segle xx s'ha produït el que es coneix com «segona revolució verda». És a dir, l'aplicació dels coneixements científics i els productes industrials a una agricultura, que tenia com a objectiu principal l'alimentació de la humanitat però que s'ha mogut per paràmetres de mercat. Aquesta nova concepció de l'agricultura ha buscat la màxima productivitat amb el mínim cost o siga, amb els màxims beneficis comercials, i l'ha portat a exercir efectes nefastos sobre l'esgotament de recursos naturals.

D'altra banda, l'espectacular increment de la població en determinades àrees del planeta ha propiciat la disminució dels recursos hídrics i sobretot la reducció de la disponibilitat d'aigua per a reg amb nivells de qualitat acceptables. L'aigua és, per tant, un bé cada vegada més escàs i de pitjor qualitat.

Unit a açò s'ha plantejat, en els últims anys del segle xx, la problemàtica de l'eliminació de l'elevat nombre d'aigües residuals que es produeixen en una gran part del món, la qual cosa ens porta a haver d'abordar dos escenaris simultanis: d'una banda, la recerca i conservació d'afluents hídrics i, d'altra l'eliminació o reutilització de les aigües residuals de manera que no provoquen problemes mediambientals afegits.

### **Aigües residuals, aigües reutilitzables**

Una solució conjunta pot trobar-se en l'aprofitament de l'aigua, fins i tot després d'haver sigut utilitzada, per a diferents usos entre els quals hi ha el reg.

Aquesta font disponible i abundant com és l'aigua residual urbana depurada (ARUD) ha sigut emprada durant anys, sobretot en períodes d'escassetat d'aigua de qualitat, però sense efectuar controls que ens informaren dels riscos fitotòxics, contaminants i fins i tot sanitaris que aquest tipus d'aigua podien produir.

Els moderns processos de depuració, amb tractaments que aconseguixen la desinfecció i fins i tot si és necessari la desionització, han portat a la reducció de forma clara dels riscos microbiològics de contaminació i a la consideració del seu contingut en macro i microelements com adequats per a la nutrició vegetal.

Els estudis de reutilització directa d'aigües residuals depurades s'han desenvolupat, fonamentalment, en aquells països amb elevada capacitat tecnològica, i un cert nivell econòmic, i s'ha iniciat en dos llocs: EUA (Califòrnia, Florida, Arizona) i Israel. A aquests es van unir posteriorment Japó i els països àrabs amb potencial econòmic i més recentment alguns de l'entorn del Mediterrani.

Les característiques dels distints efluents així com les respostes que s'obtenen en cada espècie vegetal, tipus de sòl o condicions climatològiques, han fet necessàries investigacions específiques en cada cas.

Durant la dècada dels anys 70 es van iniciar estudis en què l'aigua residual depurada era utilitzada com a recurs hídric en zones forestals, camps de golf o en cultius de farratge (Sopper, 1973; Bole, 1978; Burton, 1979) amb l'objectiu d'incrementar la seua biomassa. Ja en aquells primers resultats s'indicava l'efectivitat de la utilització d'aqueix tipus d'aigua no sols per a la nutrició d'espècies vegetals sinó també per a la millora de les característiques del sòl.

En els anys 80 es va manejar, amb èxit, l'aigua residual depurada per a reg d'arbres fruiters com pomeres (Neilsen, 1989a) o bresquilleres (Basiouny, 1984), i en algun altre tipus de cultius com la vinya (Neilsen, 1989b), el cotó (Feigin, 1984) i alguns cereals, dacsa i alfals (Campbell, 1983). També es va estendre la seua utilització en espècies ornamentals amb menors limitacions d'ús (Hasek, 1986).

En cultius de cítrics no es van realitzar investigacions de reg amb aigües residuals fins a finals dels anys 80 principis dels 90. Els primers exemples els trobem en els cultius de Florida, però s'han de tindre en compte les condicions en què es realitza el cultiu de cítrics en aqueixa zona: el tipus de sòl, altament arenós; les condicions climatològiques, amb una elevada pluviometria, i fins i tot el tipus de varietats cultivades (Zekri, 1990; 1994).

Molts dels estudis esmentats anteriorment han demostrat que les aigües residuals urbanes depurades no només poden considerar-se un recurs hídric alternatiu, sinó que a més proporcionen al sòl un gran nombre de nutrients, especialment nitrats, fosfats, potassi i oligoelements com Mg, Zn, Cu o Mn, que poden exercir un efecte directe sobre l'estat nutricional de les plantes regades amb aquest tipus d'aigua.

## Controls necessaris

Fins i tot millorant de forma important els sistemes de depuració d'aigües, hi ha alguns problemes derivats del reg amb aigües residuals que s'han de tindre en compte.

En principi, el contingut en sals de sodi i clorur pot provocar tant efectes fitotòxics, depenent de l'espècie vegetal que estiguem considerant, com un efecte directe de salinització de la zona no saturada i fins i tot de l'aquífer, que es podria catalogar de greu depenent de les característiques edàfiques i de la climatologia de la zona.

L'absorció de  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$  provoca, en molts casos, una reducció en el creixement vegetatiu i esgrogueïment de les fulles, que apareixen cremades en l'àpex i les vores. Açò porta, en situacions greus, a una intensa defoliació amb importants alteracions fisiològiques i en última instància a la mort del vegetal.

La contribució relativa dels efectes osmòtics i d'ions específics és difícil de quantificar i ha sigut, durant molts anys, un punt de controvèrsia. És possible trobar pèrdues importants de les collites sense una excessiva acumulació de  $\text{Cl}^-$  o  $\text{Na}^+$  i sense símptomes aparents de toxicitat (Dasberg, 1991).

Se sap també, que elevats continguts de sodi en l'aigua de reg poden produir problemes de permeabilitat en el sòl. En algunes zones, aquest efecte pot veure's compensat per l'alt contingut de calci en els sòls que actua contrarestant l'efecte perjudicial del sodi.

No obstant, l'acumulació d'aquests elements pot veure's reduïda mantenint una fracció de rentat del sòl adequada.

Encara que estiguem considerant aigües residuals urbanes, que pel seu origen, no haurien de contindre concentracions apreciables de metalls pesants, és necessari comprovar que els nivells d'aquests elements es troben sempre dins dels legislats per a ús agrícola.

D'altra banda, elements com el B, que poden incrementar els seus nivells depenent de l'entorn que estiguem considerant, poden ser un perill potencial. Concentracions superiors a 1 ppm en l'aigua de reg provoquen efectes perjudicials per a cultius com les bresquilleres, pruneres, la vinya, cebes, maduixes i cítrics. El contingut de bor en els sòls és considerat com el més comú dels indicadors de toxicitat encara que no estan clars fins i tot els límits per a cada espècie vegetal (Kirkham, 1986).

En determinat tipus d'aigües residuals podem trobar distints compostos orgànics. Aquests es degraden normalment en el sòl bé per oxidació o per degradació al medi anaerobi. No obstant, les aigües poden presentar hidrocarburs halogenats d'origen industrial la degradació de les quals és més difícil. Si els sòls són arenosos, es podrien produir problemes de contaminació de les aigües subterrànies perquè el seu poder de retenció és molt baix.

És necessari tindre en compte que la presència de bacteris, virus i altres organismes patògens en les aigües residuals suposa un problema per a l'ús agrícola. La qualitat bacteriològica d'aquestes aigües s'estableix a partir del nombre de coliformes totals i la presència de bacteris patògens com la *Salmonella* i *Shigella*. Avui en dia no hi ha consens sobre el nombre màxim de coliformes permissibles en l'aigua de reg. Per citar un exemple, l'OMS estableix que per a reg sense restricció, és a dir, per a qualsevol tipus de cultiu, l'aigua no ha de tindre més de 100 coliformes fecals/100 ml, no obstant, hi ha legislacions més restrictives depenent dels països.

És evident que les aigües residuals depurades contenen quantitats apreciables de nitrogen que poden suposar un benefici per al cultiu, ja que produeix un augment de la collita i de la seua qualitat. No obstant, cal tindre en compte que l'aportació d'aquest element pot acumular-se en el sòl i afectar la producció d'alguns cultius com el cotó, tomata, poma o vinya (Bouwer, 1988).

En alguns casos, a més, la demanda de nitrogen i d'aigua pot no coincidir en el temps; en la majoria dels cultius la demanda de nitrogen és baixa en la fase inicial del cultiu, augmenta durant la fase de creixement per a tornar a disminuir en la fase final de cultiu. No obstant, les necessitats d'aigua poden ser elevades fins i tot quan la planta ha completat el seu desenvolupament. Una aportació de nitrogen elevat juntament amb l'aigua residual en un període tardà de creixement, pot ser mal tolerada per alguns cultius i conduiria a un augment de la lixiviació.

### **Aplicació d'ARUD per a reg a la Plana de Castelló**

Una zona agrícola com la de Castelló de la Plana en què es conjuga l'agricultura extensiva amb la seua situació litoral, ha sumat al problema de la demanda elevada d'aigua la de la sobreexplotació dels aqüífers, la qual cosa n'ha provocat en la major part dels casos la salinització. Açò, unit a una utilització excessiva de fertilitzants, herbicides i pesticides i a l'abocament incontrolat de residus sòlids i líquids a l'aigua, ha conduït a una clara pèrdua de la qualitat.

Ha sigut una pràctica habitual, per part de les comunitats de regants, la reutilització de l'aigua provinent de l'estació depuradora. En un cas, s'acumulaven les aigües depurades en una bassa de reg des de la qual es bombava a la sèquia Major per a ser distribuïda als camps de cultiu, tots de cítrics. En altres casos, i per la ubicació de les zones que s'havien de regar, es deixava circular l'aigua per la sèquia Rafalafena, prenent l'aigua directament.

La quantitat d'aigua depurada consumida per aquestes societats ha sigut molt variable i dependent de les reserves d'aigua superficial o la sequera de l'aigua subterrània. En algun moment, com en 1995, es van arribar a consumir més de 3 milions i mig de metres cúbics en període estival.

Fins que en 1992 es van iniciar les investigacions per part de distints grups de la Universitat Jaume I, es desconeixia el possible impacte que el reg amb ARUD podia tindre per als cítrics, el sòl o l'aqüífer (Lapeña, 1994; 1995). Encara que la legislació s'ha complert escrupolosament en els aspectes relacionats amb metalls pesants o factors sanitaris, no s'ha valorat fins aquests últims anys l'efecte acumulatiu o de degradació que podia tindre el reg reiterat amb aigües de baixa qualitat.

La utilització, de forma controlada, de les aigües residuals urbanes depurades per al reg de cítrics en l'àrea de Castelló pot generar una sèrie d'avantatges entre els quals cal esmentar:

- Les aigües tractades poden suposar una font constant i segura d'aigua que ajude a pal·liar en part el dèficit de recursos hídrics de la zona.
- Hi hauria una disminució del cost de l'aigua destinada al reg.
- L'aportació de nutrients per a les plantes que subministra aquest tipus d'aigua permetria reduir el consum de fertilitzants.

### La parcel·la experimental de la depuradora de Castelló

La possibilitat de realitzar estudis de reg i fertilització amb aigua residual urbana depurada a la ciutat de Castelló havia d'estar lligada a un subministrament eficient i constant d'aquest efluent, que permetera els regs habituals de la zona i una àrea de cultiu de característiques semblants a les de l'entorn.

La parcel·la experimental es va situar en l'estació depuradora (EDAR) de Castelló (explotada per l'empresa FACSA), dividint-la en subparcel·les que ens permetien realitzar el reg dels arbres amb aigua residual urbana depurada i controls amb aigua subterrània.

La varietat triada va ser navelina (*Citrus sinensis* L. Osbeck), en plançons de dos anys, la qual cosa ens proporcionava la possibilitat de fer un seguiment de la resposta d'aquests arbres des d'un estadi juvenil a l'adult.



Figura 1. Vista d'una de les parcel·les situades en l'EDAR de Castelló.

Atès que es tractava de comparar una font hídrica diferent però seguint les pràctiques culturals habituals, es va utilitzar el sistema de reg i abonat propi d'aquesta zona, és a dir, un volum d'aigua entre 5000 i 6000 m<sup>3</sup>/ha/any i una freqüència de reg cada 21 dies entre març i setembre, mentre que la resta dels mesos va dependre del règim de pluges caigudes i la seua intensitat. La fertilització proporciona uns nivells de nitrogen, fòsfor, potassi i ferro que van variar dependent de l'edat de l'arbre, aplicats entre els mesos de març a agost.

Els distints experiments s'han realitzat, en successives fases, des de l'any 1992 fins a l'actualitat. En aquests s'han combinat estudis de viabilitat de l'ús d'aigua residual urbana

depurada per al reg, amb la possibilitat de reducció dels nivells de fertilitzants químics utilitzats en ser l'aigua residual una font potencial de nutrients.

Els paràmetres analitzats han cobert sempre diversos aspectes. D'una banda, calia determinar la idoneïtat de l'aigua utilitzada per a ús agrícola, comprovant quines eren les concentracions d'aquells elements i compostos que podien causar danys tant als cultius com al sòl o també a l'aquífer ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , B). Però a més, era necessari conèixer el contingut en nutrients que posseïa l'aigua residual depurada, per a la qual cosa es comprovava la seua concentració en N, P i  $\text{K}^+$  així com en matèria orgànica.

La influència que l'aportació d'aqueixos elements podria tindre sobre el creixement dels arbres i la seua producció es va determinar posteriorment en analitzar tant el seu contingut foliar com avaluant la quantitat i qualitat del fruit obtingut.

S'han mantingut durant els últims anys dos experiments paral·lels.

D'una banda, la parcel·la d'arbres adults (figura 1), a fi de determinar l'efecte del reg amb ARUD a llarg termini, i més concretament la possible acumulació d'alguns elements (com el B). D'altra banda, es va realitzar la instal·lació d'una estació lisimètrica (figura 2), en la qual, treballant amb arbres joves, es pretén determinar no sols l'efecte sobre la planta sinó també les característiques dels lixiviatos que podien estar afectant la zona no saturada.



*Figura 2. Estació lisimètrica situada en l'EDAR de Castelló.*

Per a poder avaluar la influència del reg amb ARUD han de considerar-se, en principi, tant els efectes sobre la planta com sobre el sòl.

Si analitzem les dades obtingudes en les últimes campanyes, les diferències trobades en els continguts de distints elements, en els dos tipus d'aigua de reg utilitzats (ARUD i aigua de pou), s'han mantingut, conservant els límits admesos per al us agrícola (Taula 1).

Com a mostra significativa es presenten dades de quatre campanyes que són representatives de la resta.

*Taula 1. Anàlisi química de l'ARUD (aigua residual urbana depurada) i AP (aigua de pou) utilitzades per al reg. Valors mitjans de les campanyes 1998-2002 (ppm).*

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P	B	MO*
ARUD	17,4±2.3	298,4±20.8	204,8±26.3	16,0±1.9	9,9±0.9	1,02±0.06	47,8±2.4
AP	46,6±15.1	58,8±10.5	34,9±4.2	2,3±0.5	4,6±0.8	0,08±0.03	10,9±2.2

\* MO: matèria orgànica

Pel que fa als nivells de sodi i clorur, que poden portar a clars efectes fitotòxics en els cítrics i a un increment en la salinitat del sòl, es troben en concentracions majors en l'aigua residual. El clor utilitzat per a la desinfecció de l'aigua pot ser un problema si es presenta en elevades concentracions, per a un gran nombre de cultius. Per aquesta raó és important comprovar que es trobe per davall dels nivells crítics descrits en cada cas.

També es presenten valors superiors de K<sup>+</sup>, P i B en l'ARUD en totes les campanyes estudiades. No obstant, els nivells de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trobats en l'aigua de pou han sigut, durant diversos anys, superiors als de l'aigua residual. Aquest és una dada que s'ha de tindre en compte ja que mostra els nivells de contaminació dels aqüífers d'aquesta zona, com a conseqüència, en gran manera, de l'ús excessiu de fertilitzants nitrogenats.

Els arbres que han sigut regats amb aigua residual urbana depurada, mostren concentracions de N foliar òptimes per al seu desenvolupament (Taula 2). S'ha comprovat que l'elevada matèria orgànica que es troba en l'ARUD pateix un procés de mineralització que podria incrementar els nivells de nitrat en la zona radicular, afavorint l'absorció d'aquest ió per la planta. Així mateix, no s'aprecien diferències significatives amb els arbres regats amb aigua de pou.

*Taula 2. Anàlisi foliar dels cítrics regats amb ARUD (aigua residual urbana depurada) i AP (aigua de pou). Valors mitjans de les campanyes 1998-2002.*

	N (%)	Cl <sup>-</sup> (%)	Na <sup>+</sup> (%)	K <sup>+</sup> (%)	P (%)	B (ppm)
ARUD	2,70±0,49	0,46±0,07	0,05±0,01	0,96±0,20	0,16±0,02	207,7±20,9
AP	2,81±0,36	0,33±0,06	0,04±0,01	0,91±0,35	0,12±0,05	80,5±15,6

En ser els cítrics un cultiu, en general, sensible a la salinitat que pot produir una disminució del seu desenvolupament vegetatiu, és necessari comprovar que els nivells d'elements com el sodi o el clorur, no sobrepassen els valors considerats com fitotòxics per

a aquest cultiu. En la nostra investigació, no es troben acumulacions en excés de ions tòxics en els teixits vegetals que puguin causar incidència en el creixement o la producció.

Les concentracions foliars de K i P trobades en els arbres regats tant amb ARUD com amb aigua de pou arriben, en totes les campanyes, a valors semblants i són òptims per a la nutrició de les plantes.

El B present en l'aigua residual ha portat uns nivells majors d'aquest element en els teixits dels arbres regats amb aquest tipus d'aigua. No obstant, no s'han sobrepassat valors crítics a partir dels quals podrien aparèixer efectes adversos. A aquest fet poden haver contribuït les característiques de basicitat tant de l'aigua de reg com del sòl que tenen efecte sobre l'absorció del bor per les arrels.

*Taula 3. Qualitat dels fruits dels cítrics regats amb ARUD (aigua residual urbana depurada i AP (aigua de pou). Valors mitjans de les campanyes 1998-2002.*

	Índex de color	Diàmetre (mm)	Pes mitjà (gr)	Sòlids solubles (%)
ARUD	15,5±1.0	78,0±4.4	239,0±4.8	13,4±0.7
AP	16,3±1.7	79,8±0.8	253,3±9.6	13,1±0.9

Quan s'analitzen els paràmetres que defineixen la qualitat del fruit hem pogut determinar que el tipus d'aigua de reg no ha produït cap efecte advers (Taula 3). Fins i tot després de diversos anys de reg amb aigua residual urbana depurada, tant la producció com les característiques dels fruits no difereixen, en termes generals, de les obtingudes en les collites habituals de la zona.

*Taula 4. Anàlisi de sòl. Valors mitjans de les campanyes 1998-2002.*

	N (%)	Na <sup>+</sup> (%)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	B (ppm)
ARUD	0,11±0.03	4,8±0.5	15,9±0.9	0,36±0.07
AP	0,12±0.02	3,3±0.2	14,5±1.4	0,25±0.05

D'altra banda, les nostres dades han mostrat que, en aquest tipus de sòl, el reg amb aigua residual urbana depurada no ha produït una acumulació dels elements potencialment tòxics per damunt de nivells nocius (Taula 4).

### **Expectatives futures**

Les aigües residuals depurades mostren una gran potencialitat com a recurs hídric utilitzable. Realitzant controls habituals i en definitiva rigorosos, es pot arribar a obtenir una aigua de qualitat, molt acceptable per a un gran nombre d'usos.

L'antic concepte d'aigua residual, és a dir, inservible i no desitjada, ha de ser substituït per la consideració d'un tipus més d'aigua incorporada al cicle hidrogeològic normal.



Els diversos factors que poden influir sobre la seua incidència en el medi, tipus de sòl, climatologia, ús potencial, fan necessari un estudi concret en cada cas. Les generalitzacions són per tant poc recomanables i gens acceptables, des d'un punt de vista científic.

Una de les aplicacions més esteses en els últims anys, la utilització com a aigua de reg, pareix altament viable a la província de Castelló en el cas del cultiu de cítrics. Els inconvenients que poden sorgir per l'especial composició de l'aigua residual urbana depurada, poden ser esmenables amb controls adequats i per tant ha de considerar-se aquest efluent com un recurs hídric habitual.

## BIBLIOGRAFIA

- BASIOUNY, F.M. (1984): «The use of municipal treated effluent for peach tree irrigation», *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 97, 345-347.
- BOLE, J.B. i R.G. BELL (1978) «Land application of municipal sewage wastewater: Yield and chemical composition of forage crops», *Journal of Environmental Quality*, 7, 222-226.
- BOUWER, H. (1988): «Groundwater recharge as a treatment of sewage effluent for unrestricted irrigation», dins PESCOD ARAR (eds): *Treatment and use of sewage effluent for irrigation*, Londres, Butter Worths.
- BURTON, T.M. i J.E. HOOK (1979): «A mass balance study of application of municipal wastewater to forest in Michigan», *Journal of Environmental Quality*, 8, 589-596.
- CAMPBELL, W.F. i altres (1983): «Alfalfa, sweet corn, and wheat responses to long-term application of municipal wastewater to cropland», *Journal of Environmental Quality*, 12, 234-249.
- DASBERG, S. i altres (1992): «The effect of saline irrigation water on Shamouti orange trees», *Irrigation Science*, 12, 205-211.
- FEIGIN, A.I. i altres (1984): «Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: II Nutrient availability in soil», *Journal of Environmental Quality*, 13, 234-238.
- HASEK, R.F. i altres (1986): «Water conservation and recycling in ornamentals production», *Hortscience*, 21 (1), 35-38.
- KIRKHAM, M.B. (1986): «Problems of using wastewater on vegetable crops», *Hortscience*, 21 (1), 24-27.
- LAPENA, L. i altres (1994): «Aplicación de aguas residuales urbanas al riego de cítricos en la plana de Castellón», dins MORELL, I. (ed): *Investigación en zona no saturada*, Castelló, Universitat Jaume I.
- (1995): «Possible reuse of treated municipal wastewater for citrus spp. plant irrigation», *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 55, 697-703.
- NEILSEN, G.M. i altres (1989a): «The effect of municipal wastewater irrigation and rate on N fertilization on petiole composition, yield and quality of Okanagan Riesling grapes», *Canadian Journal of Plant Science*, 69, 1285-1294.
- (1989b): «Yield and plant nutrient content of vegetables trickle-irrigated with municipal wastewater», *Hortscience*, 24, 249-252.
- SOPPER, W.E. i L.T. KARDOS (1973): *Recycling treated municipal wastewater and sludge through forest and cropland*, Pennsylvania, The Pennsylvania State University Press.
- ZEKRI, M. i R.C.J. KOO (1990): «Effects of reclaimed wastewater on leaf and soil mineral composition and fruit quality of citrus», *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 103, 38-41.
- (1994): «Treated municipal wastewater for citrus irrigation», *Journal of Plant Nutrition*, 17(5), 693-708.