

COMPORTAMENT DE DIFERENTS FILTRES I DEGOTADORS AMB EFLUENTS SECUNDARIS I TERCIARIS

MIQUEL DURAN I ROS;¹ **JAUME PUIG-BARGUÉS;**¹
JAVIER BARRAGÁN FERNÁNDEZ;² **GERARD ARBAT PUJOLRÀS;**¹
FRANCESC RAMÍREZ DE CARTAGENA¹

¹ DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA, AGRÀRIA I TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIA, ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR, UNIVERSITAT
DE GIRONA

² DEPARTAMENT D'ENGINYERIA AGROFORESTAL, ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA, UNIVERSITAT DE LLEIDA
francisco.ramirez@udg.es

Resum

Es va estudiar el comportament de quatre sistemes de filtració (sorra, anelles, malla i combinat de malla i anelles) i de sis tipus de degotadors (quatre autocompensants i dos de no autocompensants) durant la realització d'un assaig de 1.000 hores amb efluent secundari i un de 1.000 hores amb efluent terciari d'una estació depuradora d'aigües residuals. Cada sistema de filtració subministrava aigua a 24 laterals de reg de 90 m de longitud. Es van fer servir sis tipus de laterals, cadascun amb un degotador diferent, i quatre repeticions de cada lateral. El filtre de sorra va ser l'únic que va reduir significativament els sòlids en suspensió i la turbidesca dels dos efluents utilitzats. La millor uniformitat d'emissió de cabals (UE) dels degotadors s'obtingué amb el filtre de sorra (76 %), amb l'efluent secundari, i amb el filtre de malla (83 %), amb l'efluent terciari. Els pitjors degotadors van presentar UE mitjanes per sota del 50 %, amb ambdós tipus d'efluents.

1. Introducció

La utilització de les aigües residuals en l'agricultura és una alternativa viable en aquelles àrees amb escassos recursos hídrics o amb una forta competència per la utilització de l'aigua. La millor manera d'aplicar aigües de baixa qualitat, des del punt de vista mediambiental i de salut pública, és el reg localitzat utilitzant degotadors (Bucks *et al.*, 1979). El problema principal quan s'utilitzen aigües residuals en reg per degoteig és l'obtenció dels degotadors (Ravina *et al.*, 1997), ja que la reducció del cabal emès pot afectar la distribució de l'aigua i, en conseqüència, el rendiment (Tajrishy *et al.*, 1994). A més, l'obtenció dels emissors i dels sistemes de filtració dificulta el maneig del sistema de reg. Per aquest motiu, diversos investigadors han estudiat el comportament dels sistemes de reg amb diferents efluents (Ravina *et al.*, 1997; Capra i Scicolone, 2004; Puig-Bargués *et al.*, 2005a). Tot i això, la gran variabilitat obtinguda en els resultats fa convenient ampliar el nombre d'experiències amb efluents i materials de reg de característiques diferents.

Els objectius del treball van ser analitzar el comportament de quatre sistemes de filtració i de cinc tipus de degotadors utilitzant diferents qualitats d'aigua procedent d'una estació depuradora d'aigües residuals (EDAR).

2. Materials i mètodes

Es van utilitzar els efluents secundari i terciari de l'EDAR de Celrà (Girona), que tractava l'aigua residual procedent de la zona urbana i industrial del municipi pel sistema de fangs actius. L'efluent secundari era l'aigua decantada després de passar pels reactors biològics i, l'efluent terciari, era l'efluent secundari un cop s'havia fet passar per un filtre d'anelles de 130 μm de diàmetre de pas i per una irradiació amb raigs UV. Es va estudiar el comportament de quatre sistemes de filtració. El primer consistia en un capçal format per dos filtres omplerts amb 175 kg de sorra silícia cadascun. El segon era un capçal format per dos filtres d'anelles de 130 μm de diàmetre de pas. El tercer estava format per un filtre de malla de 120 μm de diàmetre de pas i el quart i últim, estava format per la combinació en sèrie d'un filtre de malla i un capçal d'anelles, com els ja descrits. També es va estudiar el comportament de sis tipus de degotadors quatre dels quals eren autocompensants (UN, RM, P2 i P8) i dos no autocompensants (TI i TO). Els degotadors UN, RM, P2, TI i TO tenien un cabal nominal de 2 l/h i el degotador P8, de 8 l/h. Cada sistema de filtració subministrava aigua a 24 laterals de 90 metres de longitud. Es van utilitzar sis tipus de laterals cadascun amb un degotador diferent i quatre repeticions de cada lateral. Es van realitzar dos assajos de 1.000 hores de durada cadascun, el primer amb efluent secundari i l'altre amb efluent terciari durant els estius dels anys 2005 i 2006, respectivament.

Es van prendre mostres a l'entrada i la sortida dels sistemes de filtració per caracteritzar els efluents i conèixer l'efecte de la filtració en el pH, la conductivitat elèctrica (CE), l'oxigen dissolt (OD), la terbolesa, els sòlids en suspensió (SS) i el nombre de partícules. La

uniformitat d'emissió de cabals (UE) es va determinar de manera periòdica amb el mètode de Merriam i Keller (1978), modificat per Vermeiren i Jobling (1986).

3. Resultats i discussió

Els valors dels paràmetres fisicoquímics d'entrada als sistemes de filtració obtinguts durant els assajos s'observen a la taula 1. Els dos efluentes utilitzats, segons la classificació de Bucks *et al.* (1979), es van classificar com a aigua amb un risc dèbil d'obturació pel que fa als sòlids en suspensió i un risc moderat pel que fa al pH. Només el pH i l'oxigen dissolt van ser significativament superiors ($P < 0,05$) amb l'efluent secundari que amb el terciari. El fet que l'oxigen dissolt fos superior en l'efluent secundari (1 mg/l), indica que hi va haver més contaminació orgànica amb l'efluent terciari que amb el secundari. Aquest fet es podria explicar per la variabilitat dels efluentes, ja que els assajos no van ser realitzats de manera simultània. La CE, terbolesa i els SS també van ser més elevats amb el secundari, però sense diferenciar-se estadísticament. Pel que fa al nombre de partícules, se'n van comptar 10.000 més amb el terciari que amb el secundari.

A la taula 2 es presenten els percentatges de reducció dels paràmetres fisicoquímics de l'efluent secundari i terciari que van realitzar els sistemes de filtració utilitzats.

El filtre de sorra va reduir un 57 % i un 66 % el valor d'entrada de la terbolesa de l'efluent secundari i terciari, respectivament. Aquest mateix sistema va reduir el 47 i el 66 % el valor d'entrada dels sòlids en suspensió de l'efluent secundari i terciari, respectivament. Aquest comportament del filtre de sorra, pel que fa a la reducció de la terbolesa i els sòlids en suspensió, va ser significativament diferent ($P < 0,05$) al comportament dels altres sistemes de filtració, els quals van produir reduccions baixes o fins i tot negatives. Aquestes baixes reduccions de sòlids en suspensió, pel que fa als filtres de malla i anelles, coincideixen amb el que varen trobar Taylor *et al.* (1995) i Ravina *et al.* (1997) i, quan utilitzaven efluent d'una indústria càrnia, Puig-Bargués *et al.* (2005b).

Taula 1. Mitjana dels paràmetres fisicoquímics mesurats a l'efluent secundari i terciari

Efluent	Paràmetre					
	pH	CE	OD (mg/l)	Terbolesa (FTU)	SS (mg/l)	Partícules/ml
Secundari	7,50 ± 0,08 a	5,43 ± 0,80	2,79 ± 0,57 a	6,23 ± 2,25	10,19 ± 3,07	27.559 ± 12.533
Terciari	7,34 ± 0,08 b	5,11 ± 1,10	1,78 ± 0,17 b	4,12 ± 2,79	6,53 ± 2,87	37.111 ± 21.385

Nota: Per a cada paràmetre, lletres diferents indiquen diferències significatives ($P < 0,05$).

Taula 2. Reducció dels paràmetres fisicoquímics de l'efluent secundari i terciari deguda a l'efecte dels diferents sistemes de filtració

Efluent	Sistema de filtració	Paràmetre					
		pH	CE	OD	Terbolesa	SS	Partícules
Secundari	Sorra	0,25 ± 0,57	-0,29 ± 0,30	0,49 ± 4,59	57,57 ± 21,97 a	47,30 ± 39,59 a	17,13 ± 52,58
	Combinat	0,32 ± 0,53	-0,28 ± 0,23	-0,12 ± 4,45	1,69 ± 11,16 b	-0,46 ± 27,89 b	-68,98 ± 158,45
	Anelles	0,18 ± 0,31	-0,37 ± 0,47	-1,17 ± 7,24	-10,46 ± 13,95 b	-0,40 ± 17,38 b	-81,68 ± 204,35
	Malla	0,57 ± 1,95	-0,16 ± 1,03	-2,69 ± 8,61	-1,64 ± 15,72 b	-0,19 ± 22,51 b	-39,17 ± 65,76
Terciari	Sorra	-0,08 ± 0,94	0,17 ± 1,13	-2,24 ± 13,59 b	66,38 ± 20,23 a	66,63 ± 14,22 a	6,12 ± 51,63
	Combinat	0,43 ± 0,78	-0,06 ± 0,96	5,07 ± 10,00 a	12,42 ± 23,53 b	8,47 ± 18,36 b	-23,98 ± 100,91
	Anelles	-0,26 ± 0,59	-0,32 ± 0,52	-2,32 ± 8,65 b	3,86 ± 24,58 b	3,32 ± 31,29 b	-38,81 ± 72,59
	Malla	-0,22 ± 0,72	-0,41 ± 0,74	0,23 ± 7,83 a b	7,14 ± 26,01 b	-2,73 ± 23,43 b	-17,79 ± 95,37

Nota: Resultats mitjans i desviacions típiques, expressats en percentatge de reducció del valor de l'entrada al sistema de filtració. Valors negatius indiquen augments del paràmetre. Dins de cada paràmetre i per cada efluent, lletres diferents indiquen diferències significatives ($P < 0,05$).

La reducció de l'oxigen dissolt (5 %) amb el sistema combinat i efluent terciari va ser significativament diferent a la dels altres sistemes de filtració. El nombre de partícules només va ser reduït amb el filtre de sorra amb els dos efluents, encara que no es va diferenciar significativament ($P < 0,05$) dels augments produïts pels altres sistemes de filtració. Sembla que el fet que el sistema de filtració reduís els sòlids en suspensió, va fer baixar el nombre de partícules a l'aigua. Els augments del nombre de partícules que es van trobar utilitzant el filtre de malla pels dos efluents, també van ser publicats per Adin i Alon (1986).

A la figura 1 es presenten les UE de cabals segons l'efluent, el sistema de filtració i el degotador utilitzat. La variació de la UE de cabals deguda al tipus d'emissor va ser més elevada que la deguda al sistema de filtració amb els dos efluents.

La millor UE de cabals mitjana es va obtenir amb el filtre de sorra (75,6 % ± 19,6) amb l'efluent secundari i amb el filtre de malla (82,9 % ± 10,5) amb l'efluent terciari, i la pitjor UE de cabals mitjana per sistema de filtració es va obtenir amb el filtre d'anelles, tant amb l'efluent secundari (57,2 % ± 41,0) com amb l'efluent terciari (59,4 % ± 21,9).

A la taula 3 es presenten els valors de la UE mitjana de cabals obtinguda per cada degotador a les 1.000 hores d'assaig amb efluent secundari i terciari.

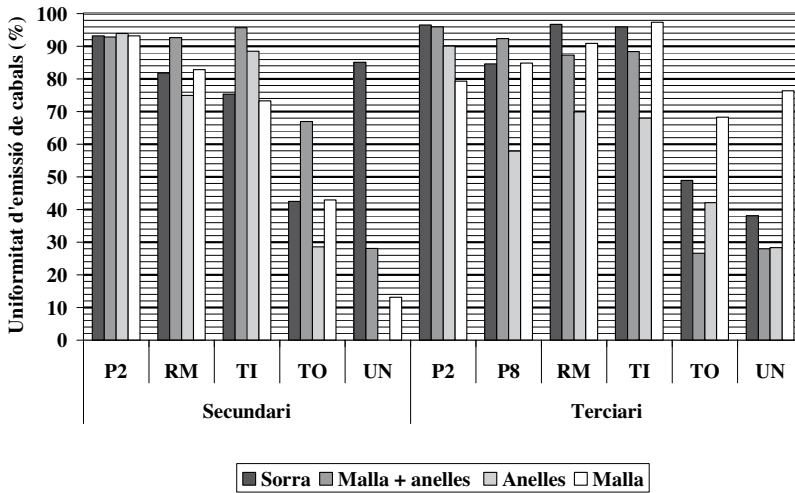


Figura 1. Uniformitat d'emissió de cabals segons l'aigua utilitzada, el degotador i el sistema de filtració a les 1.000 hores de funcionament.

Els degotadors P2, RM i TI van ser els que van obtenir les millors UE de cabals amb els dos efluents, mentre que els TO i UN van ser els que van obtenir, de mitjana amb els quatre sistemes de filtració, les pitjors UE de cabals. El degotador P2 va ser el que va obtenir una major UE de cabals, superior al 90 % amb els dos efluents i amb les desviacions típiques més petites. El degotador UN va ser el que va obtenir unes menors UE de cabals amb els dos efluents, inferiors al 45 % de mitjana amb els quatre sistemes de filtració, i amb les majors desviacions típiques. L'explicació a aquestes baixes UE de cabals mesurades amb el degotador UN, és que podrien ser degudes al fet que va ser el tipus de degotador amb més quantitat de degotadors al llarg del lateral. Mentre que el degotador P2 i el P8 estaven separats 1 m, el RM i el TI estaven separats 0,75 m, el TO, 1,75 m, i l'UN, 0,40 m. Aquest fet va comportar que al lateral hi circulés més quantitat d'aigua, fet que implicava l'entrada de

Taula 3. Mitjanes i desviacions típiques de la uniformitat d'emissió de cabals de cada degotador obtingudes de mitjana pels diferents sistemes de filtració a les 1.000 hores d'assaig amb efluente secundari i terciari

Efluente	Degotador					
	P2	P8	RM	TI	TO	UN
Secundari	93,3 ± 0,4	—	83,1 ± 7,3	83,2 ± 10,7	45,2 ± 15,9	31,6 ± 37,5
Terciari	90,5 ± 8,0	80,0 ± 15,1	86,2 ± 11,5	87,4 ± 13,5	46,5 ± 17,3	42,7 ± 22,9

més quantitat de partícules i amb un augment de la possibilitat d'obtenció. A més a més, la formació d'un dipòsit espès acumulat que es va observar al final de tots els laterals, va penalitzar fortament aquest degotador (UN), ja que el mètode d'elecció dels degotadors (Merriam i Keller [1978] modificat per Vermeiren i Jobling [1986]), indica que s'ha d'estudiar el cabal emès de dos degotadors ubicats al final del lateral, i la disposició de cada 0,4 m d'aquest degotadors impedia allunyar-se de les posicions on s'havia format aquesta acumulació de sediments.

4. Conclusions

El filtre de sorra va ser l'únic que va reduir els sòlids en suspensió i la terbolesa tant de l'efluent secundari com del terciari. El degotador P2 va ser el que va obtenir un UE més elevat de cabals al final dels assajos, ja que en totes les combinacions d'efluent i sistema de filtració va ser superior al 80 %. La millor uniformitat d'emissió dels degotadors s'obtingué amb el filtre de sorra (76 %) amb l'efluent secundari i amb el filtre de malla (83 %) amb l'efluent terciari.

5. Agraïments

Els autors agraeixen a l'antic Ministeri de Ciència i Tecnologia i a l'empresa Riegos Iberia Regaber, SA el suport econòmic prestat per a la realització del projecte d'investigació REN2002-00690/HID. També s'agraeix a l'Ajuntament de Celrà i l'EDAR de Celrà les facilitats atorgades per a la realització dels assajos a les seves instal·lacions.

Bibliografia

- ADIN, A.; ALON, G. (1986), «Mechanisms and process parameters of filter screens», *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, núm. 112 (4), p. 293-304.
- BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. (1979), «Trickle irrigation water quality and preventive maintenance», *Agricultural Water Management*, núm. 2, p. 149-162.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. (2004), «Emitter and filter test for wastewater reuse by drip irrigation», *Agricultural Water Management*, núm. 68 (2), p. 135-149.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. (1978), *Farm irrigation evaluation: A guide for management*. Logan; Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University.
- PUIG-BARGUÉS, J.; ARBAT, G.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. (2005a), «Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents», *Agricultural Water Management*, núm. 77 (1-3), p. 249-262.
- PUIG-BARGUÉS, J.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. (2005b), «Filtration of effluents for microirrigation systems», *Transactions of the ASAE*, núm. 48 (3), p. 969-978.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G.; YECHIALY, Z.; LEV, Y. (1997), «Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent», *Agricultural Water Management*, núm. 33 (2-3), p. 127-137.
- TAJRISHY, M. A.; HILLS, D. J.; TCHOBANOGLOUS, G. (1994), «Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation», *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, núm. 120 (4), p. 716-731.
- TAYLOR, H. D.; BASTOS, R. K. X.; PEARSON, H. W.; MARA, D. D. (1995), «Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: solving the problem of emitter fouling», *Water Science Technology*, núm. 31 (12), p. 417-424.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. (1986), *Riego localizado*, Roma, FAO. (Estudios FAO. Riego y Drenaje; 36).