

## REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS PROCEDENTES DE LA E.D.A.R. DE ALBACETE (S.E. ESPAÑA) EN CULTIVOS HORTICOLAS

Elena Castro, Pilar Mañas, Juan Carlos Sánchez y Jorge de las Heras  
Universidad de Castilla-La Mancha. E.T.S.I.A. Campus univ. s/n 02071 Albacete.  
España. Tf.: 967-599200. Fax.: 967-599238. e-mail.: [ecastro@prov-ab.uclm.es](mailto:ecastro@prov-ab.uclm.es)

### RESUMEN

En la EDAR de Albacete se registra una entrada de 48.000 m<sup>3</sup> de agua de los cuales 42.000 m<sup>3</sup> proceden del uso urbano de la ciudad y los 6.000 restantes de uso industrial. Con el fin de no dañar los lechos bacterianos del tratamiento secundario, ambos tipos de agua sufren por separado un pretratamiento. Finalizado este, se pasa a un tratamiento primario de decantación y posteriormente a uno secundario de lechos bacterianos, siendo este tratamiento biológico poco frecuente en la EDAR de grandes núcleos urbanos. El agua residual filtrada en el tratamiento terciario es vertida a un canal donde es aprovechada desde hace años por los agricultores de la zona para el riego de sus cultivos, maíz y cereal de invierno fundamentalmente, a través de riego por inundación. El objetivo del presente estudio es evaluar la posibilidad del uso del agua residual depurada de la EDAR de Albacete en cultivos hortícolas. Para ello, tras realizar las labores de campo pertinentes como el marcaje de dos parcelas de ensayo con riego por goteo, una con agua potable y otra con agua residual, estercoladura de las mismas, etc; se procedió al cultivo de *Lactuca sativa* utilizando tres tratamientos de riego diferentes en los que se aportan diferentes porcentajes de agua al total de las necesidades del cultivo. Las plantas fueron muestreadas periódicamente tomando datos de altura, calibre peso fresco y peso seco, así como la realización del análisis de los parámetros químicos nitrógeno, fósforo, potasio, silicio, calcio, magnesio, cobre zinc y hierro. Se presentan los resultados tras la realización de los correspondientes tests estadísticos en los que se muestra la comparación del producto tras el riego con ambos tipos de agua.

### INTRODUCCIÓN

En general y desde un punto de vista agronómico, las aguas residuales depuradas son aguas ricas en nutrientes vegetales. Su contenido orgánico y biótico puede, en principio, ser beneficioso a la estructura del suelo y no perjudicial al cultivo que se riega o a la cosecha pendiente de recolectar (Griñan, 1998). Cualquier otro destino es más exigente en depuración y menos permisivo en variabilidad (García, 1997). Es conocido el eficaz filtro físico y biológico que supone la capa arable de un suelo, por lo que es posible asegurar que el regadío con aguas residuales dota a éstas de una depuración terciaria (Toja, 1995).

En la Estación Depuradora de Aguas residuales (EDAR) de Albacete el agua de entrada proviene tanto del uso industrial como del urbano de la ciudad (140.000 habitantes), en una proporción 1:5 respectivamente. El proceso de depuración comienza con un pretratamiento consistente en un desbaste a través de una sucesión de rejillas y tamices de diferente luz de malla seguido de un desarenado y un desengrasado. Finalizado el pretratamiento, en el cual se han eliminado los elementos gruesos contenidos en el agua residual de entrada, se pasa a un tratamiento primario de decantación y posteriormente a uno secundario de lechos bacterianos, siendo este tratamiento biológico poco frecuente en la EDAR de grandes núcleos urbanos. De hecho, la EDAR de Albacete es una de las de mayor tamaño en el territorio español que presenta este tipo de tratamiento secundario. El agua residual biofloculada pasa a

un decantador secundario donde se clarifica, no existiendo recirculación de fangos. Es en estos lechos donde ya entran en común las aguas procedentes tanto del abastecimiento urbano como las de uso industrial.

Tras permanecer un tiempo en los lechos se procede a la separación de esta de la película bacteriana, que pasará a formar parte de los lodos y el agua pasa a un sistema de decantación secundaria en un tratamiento terciario de la misma.

El agua residual filtrada en el tratamiento terciario es vertida a un canal donde es aprovechada desde hace años por los agricultores de la zona para el riego de sus cultivos, maíz y cereal de invierno fundamentalmente, a través del riego por inundación.

Dejando a un lado los riesgos sanitarios del riego de hortalizas con agua residual, es interesante resaltar que la capacidad de bioacumulación de algunas plantas es determinante en cuanto a la presencia de metales en suelos y su comportamiento (Davis y Carlton, 1980).

El poco extendido sistema de depuración secundario utilizado en la EDAR de Albacete, unido a la mezcla de aguas urbanas e industriales que se da en la misma, hace conveniente evaluar la capacidad agronómica de las mismas así como su potencial contaminante en especies agrícolas. El objetivo del presente estudio será, por tanto, evaluar la posibilidad del uso del agua residual depurada de la EDAR de Albacete en cultivos hortícolas, valorando para ello las posibles diferencias entre el cultivo hortícola seleccionado (*Lactuca sativa L.*) y sometido a riegos con agua potable frente a riegos con agua procedente de la citada fuente.

## **MATERIAL Y METODOS**

Se dispusieron dos parcelas de ensayo en los terrenos de la EDAR de Albacete con unas dimensiones de 6 x 20 m cada una en agosto de 1998. Una de ellas serviría como testigo al regarse con agua potable, mientras que en la otra se utilizó para el ensayo el riego con agua residual depurada. Previamente a la instalación de las mismas se procedió al levantamiento de una calicata en el terreno, así como a los correspondientes análisis edáficos con objeto de caracterizar el suelo. El bajo contenido en materia orgánica hizo necesaria la estercoladura en cada una de las parcelas de ensayo.

Posteriormente, se procedió a la instalación del sistema de riego por goteo con dos tomas, una para el riego de la parcela testigo con agua potable y otra para el riego de la parcela de ensayo con agua residual. La separación entre ramales fue de 0,5 m e igualmente entre emisores dentro de la línea.

Como labores preparatorias del terreno se realizó un pase de cultivador y rotavator con el fin de incorporar el estiércol aportado. Asimismo, se procedió a la caracterización de ambos tipos de agua. Los parámetros considerados y los resultados analíticos utilizados son los relacionados en la tabla 1.

PARÁMETRO	Agua residual	Agua potable
DQO	64.78 mg/l O <sub>2</sub>	-
DBO <sub>5</sub>	20.11 mg/l O <sub>2</sub>	-
Ph	7.86	7.7
CONDUCTIVIDAD	1884.22 $\mu$ Scm-1	937 $\mu$ Scm-1
OXIGENO DISUELTO	2.09 mg/l O <sub>2</sub>	-
FOSFORO TOTAL	5.25 mg/l P	$\leq$ 120 $\mu$ gP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l
N- KJELDAHL	32.53 mg/l N	$\leq$ 1 mg/l N
N-AMONIACAL	24.75 mg/l N	mg/l N
NITRITOS	0.93 mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	$\leq$ 0.05mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
NITRATOS	1.75 mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23.9 mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
CARBONO INORGANICO	91.52 mg/l C	-
CARBONO TOTAL	115.70 mg/l C	-
CARBONO ORGANICO	23.65 mg/l C	-
SODIO	151.12 mg/l Na <sup>+</sup>	15 mg/l Na <sup>+</sup>
POTASIO	26.80 mg/l K <sup>+</sup>	$\leq$ 2 mg/l K <sup>+</sup>
SILICIO	11,33 mg/l SiO <sub>2</sub>	10.4 mg/l SiO <sub>2</sub>
CALCIO	150.24 mg/l Ca <sup>2+</sup>	130 mg/l Ca <sup>2+</sup>
MAGNESIO	64.91mg/l Mg <sup>2+</sup>	66 mg/l Mg <sup>2+</sup>
ALUMINIO	2.19 mg/l AL	25.78mg/l AL
COBRE	0.220 mg/l Cu	3.04mg/l Cu
HIERRO	0.236 mg/l Fe	23.94mg/l Fe
PLOMO	13.63 $\mu$ g/l Pb	0.05 $\mu$ g/l Pb
CADMIO	10.33 $\mu$ g/l Cd	0.081 $\mu$ g/l Cd
CROMO	17.30 $\mu$ g/l Cr	0.28 $\mu$ g/l Cr
MANGANESO	30.15 $\mu$ g/l Mn	0.464 $\mu$ g/l Mn
NIQUEL	31.59 $\mu$ g/l Ni	15.84 $\mu$ g/l Ni
ARSENICO	0.31 $\mu$ g/l As	0 $\mu$ g/l As
MERCURIO	1.03 $\mu$ g/l Hg	$\mu$ g/l Hg
SELENIO	28.59 $\mu$ g/l Se	0.77 $\mu$ g/l Se

**Tabla 1. Valores medios de los parámetros químicos analizados en el agua residual depurada y en el agua potable.**

En mayo de 1999 se llevó a cabo la plantación del cultivo, utilizándose un marco de 50 x 50 m. Se eligió la lechuga (*Lactuca sativa* L.) por ser esta una especie con probada capacidad de absorber metales pesados y otros compuestos fitotóxicos sin sufrir daños severos (Maroto *et al*, 2000; Weatherford *et al*, 1997).

Se utilizaron por tanto un total de 216 plantas en cada parcela, de manera que se emplearon 72 plantas por tratamiento.

Se establecieron tres tratamientos de riego distintos en los que se aportan diferentes porcentajes de agua al total de las necesidades del cultivo en cada una de las cuatro etapas definidas por la Kc:

T1: 100-100-100-100

T2: 100-100-80-80

T3: 100-100-80-60

Para cada tratamiento se destinaron dos parcelas de ensayo, una de ellas actuó como testigo por tratarse de riego con agua potable y en la otra el riego se efectúa con agua residual, contándose por tanto con seis subparcelas de ensayo.

El muestreo de plantas se realizó durante los días 24 de mayo, 3 de junio y 18 de junio de 1999. En cada muestreo, se tomaron tres plantas de cada subparcela y se les midió la altura, el calibre y los pesos tanto en fresco como en seco. Asimismo, se realizó el análisis de tejidos de una muestra de cada tratamiento, donde se trata de conocer el contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, silicio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc. Se necesitaron por tanto de forma semanal la destrucción de tres plantas por subparcela, lo que supone dieciocho plantas en total.

Para estimar la posible existencia de diferencias significativas se procedió a efectuar distintos ANOVAs entre las poblaciones de datos una vez fue verificada la normalidad de los mismos. Para los tratamientos estadísticos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics plus.

## RESULTADOS

En referencia a los parámetros de crecimiento, las mayores diferencias entre las muestras procedentes de las parcelas regadas con agua potable y agua residual depurada se obtuvieron con el tratamiento de riego T1. Así, se puede comprobar como la altura, peso seco y peso fresco de las plantas fueron significativamente mayores en la parcela testigo que en la parcela ensayo, a partir de los muestreos segundo y tercero (Figuras 1 y 2), lo que no ocurre en el caso del calibre donde no se aprecian diferencias significativas a lo largo de los tres muestreos realizados para plantas regadas con ambos tipos de agua.

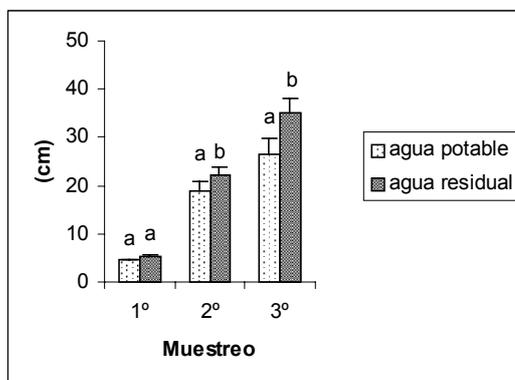


Figura 1. Evolución de la altura en el tratamiento de riego T1(100-100-100-100)

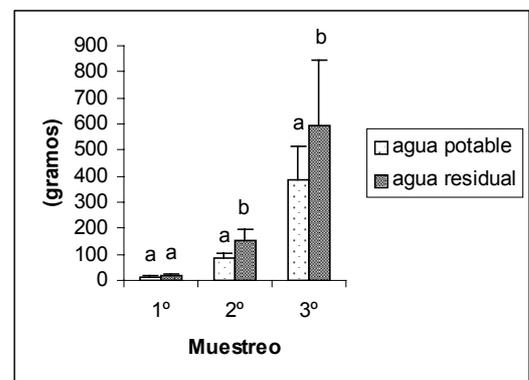


Figura 2. Evolución del peso fresco en el tratamiento de riego T1(100-100-100-100)

Las mayores diferencias se obtuvieron para el caso del peso seco, ya que si bien las plantas regadas con agua potable alcanzaron un valor medio de 23,08 g, las regadas con agua residual el valor medio fue de 40,53 g.

Por el contrario, muestras procedentes de parcelas sometidas a los tratamientos de riego T2 y T3 no presentaron diferencias significativas para el caso de altura, calibre ni pesos seco y fresco en el análisis comparativo entre riego procedente de agua residual depurada y agua potable.

También se ha visto que no existe una tendencia clara en la evolución de

cada parámetro químico y el mayor interés reside en la comparación de cada elemento analizado en el tercer muestreo, realizado previo a la recolección ya que la utilidad de este cultivo es su consumo en fresco después de este momento.

Así, el contenido en silicio de las muestras regadas con agua residual en los tratamientos de riego T1 y T2 frente a las regadas con agua potable supone un aumento de más del 80% de este elemento.

En el caso del hierro, solamente en el tratamiento T3 regado con agua residual, se aprecia un mayor contenido en las muestras analizadas frente a las regadas con agua potable; lo que no ocurre con los tratamientos T1 y T2, donde se ve como utilizando riego con agua potable las plantas tienen un mayor contenido de este metal.

Con respecto al zinc y el manganeso puede hablarse de grandes diferencias en los valores obtenidos para las plantas regadas con ambos tipos de agua.

Las muestras sometidas al tratamiento T3 regadas con agua residual son las que presentan mayor contenido en cobre.

En cuanto al calcio y magnesio, los mayores porcentajes se obtuvieron en ambos casos regando con agua residual y sometiendo a las plantas a los tratamientos más restrictivos T2 y T3.

## DISCUSION

Es importante destacar, por el interés que tienen en el abonado convencional y la fertirrigación, que el mayor contenido en macroelementos en las plantas analizadas previa recolección (cultivo plenamente desarrollado), se da claramente en las plantas regadas con agua residual excepto las que han sido sometidas al tratamiento T3 en el caso del nitrógeno y al T1 en el fósforo.

Vemos, por tanto que, el riego con agua residual depurada favorece el desarrollo físico del cultivo en cuanto a la longitud y el peso, resultando indiferente respecto al calibre si se compara con el riego con agua potable. Asimismo, se ha establecido en este estudio que el riego con agua residual depurada frente al realizado con potable provoca un mayor contenido en el producto final de silicio, calcio, magnesio y los macroelementos nitrógeno, fósforo y potasio.

Se deduce de lo anterior que el mayor desarrollo en peso obtenido en el riego con agua residual del cultivo utilizado obedece a una mayor asimilación por las plantas de los elementos anteriores.

Uno de los problemas que, en un principio podrían derivarse del uso del agua de la EDAR de Albacete, podría radicar en el posible contenido en metales pesados de la misma debido a la mezcla existente de agua residual urbana con agua industrial. El contenido de metales potencialmente tóxicos para la salud en el agua residual depurada utilizada para el riego tales como el mercurio, plomo, arsénico, etc, están por debajo de los máximos permitidos en aguas de riego del presente estudio.

Aunque el cobre y el cadmio rozan las concentraciones máximas de metales pesados recomendadas para la reutilización en regadío de aguas residuales urbanas depuradas por la OMS, hay que tener en cuenta que en el caso del cadmio los límites recomendados son conservadores debido a su capacidad para acumularse en el suelo y en las plantas en concentraciones que pueden ser perjudiciales para las personas (Blancas *et al*, 1999) El riesgo para la salud humana por la contaminación con metales pesados del suelo, e indirectamente a través de la cadena trófica, parecen muy bajos ya que aunque un suelo aparezca enriquecido con metales pesados, la posibilidad de entrada de metales pesados en el organismo humano, a través de consumo de vegetales se encuentra restringida por el suelo que actúa como una barrera acumulándolos y evitando su transferencia al cultivo. Se

concluye, por tanto, que el agua residual depurada procedente de la EDAR de Albacete, presenta una aptitud agronómica adecuada, así como escasa potencialidad contaminante bajo un punto de vista químico (Mogens, 1997; Faby *et al*, 1999). Se trataría por tanto de considerar como producto de interés agrícola el resultado de la depuración. No obstante, el potencial contaminante bajo un punto de vista microbiológico habría que considerarse para descartar cualquier riesgo para la salud humana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BLANCAS C., LOPEZ J., CASTILLO A., CABRERA J.J., FERNÁNDEZ M.P., GARCIA-VILLANOVA B., HERNÁNDEZ J.A., LAGUNA J., NOGALES R., PICAZO J., 1994. Reutilización aguas residuales. Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas. Junta de Andalucía. Consejería de Salud. Fundación Empresa Universidad de Granada. 255 pp.

DAVIS, R.D., CARLTON-SMITH, C.H., 1980. Crops as indicators of the significance of contamination of soil by heavy metals. Water Research Centre Tech. Rep. TR140, Steverage (U.K).

FABY J. A., BRISSAUD F., BONTOUX J., 1999. Wastewater reuse in France: Water quality standards and wastewater treatment technologies. . Wat. Sci- Tech, 40(4-5), 37-42.

GARCIA J., 1997. Riego con aguas residuales tratadas. Riegos y Drenajes XXI ,94, 58-63.

GRIÑAN J., 1998. Utilización para el riego de las aguas residuales. Fruticultura profesional, 92, 14-19.

MAROTO J.V., MIGUEL A., BAIXAULI C., 2000. La lechuga y la escarola. Coedición Caja Rural Valencia. Fundación. Ediciones Mundi Prensa, 242 pp.

MOGENS H., 1997. Trends in advanced wastewater treatment. . Wat. Sci- Tech,35(10), 1-4.

TOJA J., 1995. Bases ecológicas de la depuración de aguas residuales. Ecosistemas, 12/13, 52-55.

WEATHERFORD J., HAMMOND A., RATLIFF J., 1997. Investigation of the ability of plants found in wetern kentucky to hyperaccumalate lead and aluminum from soils. Microchemical Journal. 56(1): 93-102.