

# CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL URBANA DEPURADA PARA SU USO EN RIEGO. EXPERIMENTO DE INVERNADERO

R. Nogales, A. Inglés y M. Gómez  
U.E.I. Fisiología Vegetal. Estación Experimental del Zaidín.  
(C.S.I.C.). Apdo: 419, 18080-Granada. España.

## RESUMEN

El agua residual urbana depurada proveniente de la planta depuradora de Orgiva (Granada) puede ser utilizada, sin restricciones, para el riego de la mayoría de los cultivos, ya que su contenido en sales, elementos tóxicos y sólidos en suspensión es escaso. Su aporte, en un experimento de invernadero, al sistema suelo-planta provocó un aumento de la conductividad del extracto de saturación del suelo y de los niveles de Na y B en suelo y planta, aunque ellos no resultaron perjudiciales para un cultivo de tomate.

Palabras clave: Agua residual urbana depurada, Calidad, Riego, Invernadero, Sistema suelo-planta.

## SUMMARY

Reclaimed municipal wastewater from the Orgiva treatment plant can be used, without restrictions, for agricultural irrigation, because of its low concentration of salts, toxic elements and suspended solids. Its application to the soil-plant system in a greenhouse experiment increased electrical conductivity of the saturated extract of the soil, and levels of Na and B in soil and plant. However, no adverse effect was observed in a tomato crop.

Key word: Reclaimed municipal wastewater, Quality, Irrigation, Greenhouse, Soil-plant system.

## INTRODUCCION

El riego con aguas residuales urbanas depuradas presenta un gran interés en zonas de clima árido y semiárido, donde los recursos hídricos existentes resultan insuficientes, para satisfacer las necesidades de la población, de la agricultura y de la industria. Así, en Israel, las aguas residuales urbanas depuradas constituyen el 11% del agua consumida en riego (Shuval, 1987), porcentaje que en otras regiones áridas del mundo alcanza hasta un 85% (Asano y Pettygrove, 1987).

Frente a otras aguas de riego, las aguas residuales urbanas depuradas presentan la ventaja de contener en disolución diferentes elementos esenciales para la planta, tales como N, P y K, lo que les confiere un marcado carácter de fertirrigantes (Feigin et al., 1984). Sin embargo, también contienen otros componentes de tipo orgánico e inorgánico (sales, elementos tóxicos compuestos orgánicos contaminantes, microorganismos patógenos), los cuales a concentración elevada pueden hacer inviable su uso en agricultura (Bouwer y Chaney, 1974).

En relación a esta última cuestión, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad, para su uso en riego, de un agua residual depurada generada en la planta depuradora de Orgiva (Granada). Dicha valoración se llevó a cabo mediante el análisis y cuantificación de los principales componentes presentes en el agua residual. Asimismo, y posteriormente, éste agua se utilizó en un experimento de invernadero, con objeto de determinar su capacidad para ceder algunos de estos componentes al sistema suelo-planta.

## MATERIAL Y METODOS

El análisis químico del agua residual utilizada en el presente estudio se

realizó siguiendo la metodología descrita por Environmental Protection Agency (1983). Los componentes y propiedades del agua analizados fueron: pH, conductividad (CE), relación de adsorción de sodio (SAR), sodio, cloruros, boro, metales pesados, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos totales en suspensión (STS).

El experimento de invernadero constó de cinco tratamientos de riego, por cuadruplicado: (C): Control, agua potable, (F): agua potable suplementada con NPK, (AR): Agua residual depurada, (AR+F): Agua residual depurada suplementada con NPK y (AR+½F): Agua residual depurada suplementada con la mitad de la dosis de NPK. Se ensayó un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, L. var *Rio Grande*), el cual se desarrolló en macetas que contenían una mezcla de suelo procedente de la capa arable de un Fluvisol calcáreo y vermiculita a razón (11:1 p/p). Todas las macetas fueron regadas con idénticas cantidades de agua, manteniéndose la mezcla suelo-vermiculita a capacidad de campo durante todo el desarrollo del cultivo. Al inicio de la floración, se efectuó la recolección del material vegetal, fraccionándose la las muestras vegetales, una vez secadas y molidas, fueron mineralizadas, determinándose su concentración en sodio y boro. Asimismo, en las mezclas suelo-vermiculita, tanto al inicio del experimento como tras la recogida del material se efectuó el análisis de la conductividad del extracto de saturación, capacidad de intercambio catiónico, sodio intercambiable (M.A.P.A., 1986) - y B asimilable del suelo, extraído con solución de Morgan (Wolf, 1982) y con agua hirviendo (Mahler et al., 1984).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1.- CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DEPURADA DE ORGIVA PARA SU USO EN RIEGO

Tabla 1.- Composición del agua residual depurada de Orgiva y valoración de su calidad para su uso en riego

Parametro	Concentracion agua residual	Normativa	Rango	Valoración
CE ds/m	0.66	(1) (2)	0.25-0.75 < 0.70	Sin problemas Sin problemas
SAR	1.23	(1) (2)	0-10 0-3	Sin problemas Sin problemas
Na mg/l	61.70	(2)	<70	Sin problemas
Cl mg/l	95.70	(2)	<100	Sin problemas
B mg/l	0.84	(2)	0.7-3	Problemas leves/ moderados
Fe mg/l	1.42	(3)	<5	Sin problemas
Mn mg/l	0.09	(3)	<0.20	Sin problemas
Cu mg/l	0.08	(3)	<0.20	Sin problemas
Zn mg/l	0.65	(3)	<2	Sin problemas
Cd mg/l	n.d.	(3)	<0.01	Sin problemas
Ni mg/l	n.d.	(3)	<0.20	Sin problemas
Pb mg/l	n.d.	(3)	<5	Sin problemas
pH	7.00	(2)	6.5-8.4	Sin problemas
DBO mg/l	37.30	(4)	35-45	Problemas leves/ moderados
STS mg/l	53.00	(5)	50-100	Problemas leves/ moderados

n.d.: no detectado

(1): United States Salinity Laboratory, 1954 (2): Westcot y Ayers, 1984

(3): NAS/NAE, 1973 (4) Israeli Ministry of Health, 1979 (5):Howel et al,1980

En función de los valores de los parámetros analizados en el agua residual y de las normativas que regulan la calidad del agua para su uso en riego, el efluente proveniente de la planta depuradora de Orgiva puede ser utilizado, sin problemas, para el riego de la mayoría de los cultivos (Tabla 1). Únicamente los niveles de boro, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos en suspensión podrían ocasionar problemas de leves a moderados según estas normativas, aunque ello solamente ocurriría si estas aguas son aplicadas a cultivos sensibles.

## 2.- EXPERIMENTO DE INVERNADERO

Tabla 2.- Concentración en hojas y tallos y extracción de sodio y boro por un cultivo de tomate. Valores medios de cuatro repeticiones.

	Na			B		
	Hoja %	Tallo %	Extracción mg/maceta	Hoja µg/g	Tallo µg/g	Extracción µg/maceta
C	0.056b	0.090b	5.1d	55c	19a	267d
F	0.059b	0.083b	6.2d	53c	19a	327c
AR	0.099a	0.232a	18.9c	67a	16b	515b
AR+F	0.144a	0.252a	24.9b	66ab	16b	592a
AR+½F	0.188a	0.338a	27.6a	60b	16b	498b

En cada columna, los valores medios seguidos de diferente letra son significativos ( $P \leq 0.05$ ).

El riego con aguas residuales urbanas depuradas dió lugar a un aumento de la concentración de sodio en hojas y tallos respecto al riego con agua potable suplementada o no con fertilización mineral (Tabla 2). Asimismo, la concentración de boro en hoja aumentó apreciablemente, disminuyendo, en cambio, en el tallo (Tabla 2). Por último, la extracción de ambos elementos por el cultivo aumentó significativamente cuando la mezcla suelo-vermiculita era regada con el efluente depurado (Tabla 2), siendo este aumento, respecto al tratamiento control, de un 275% para el caso del Na y de un 57% para el B.

TABLA 3.- Conductividad del extracto de saturación (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y B asimilable del suelo al inicio y al final del experimento. Valores medios de cuatro repeticiones.

	CE	PSI	B asimilable	
	dS/m	%	Morgan µg/g	Agua µg/g
Tiempo inicial	0.3	2.2	3.0	1.3
.....				
C	0.8b	3.4b	2.7b	1.1b
F	1.0b	3.2b	2.8b	1.1b
AR	1.8a	7.9a	3.7a	1.6a
AR+F	1.9a	6.9a	3.7a	1.7a
AR+½F	1.8a	8.2a	3.8a	1.7a

En cada columna, los valores medios seguidos de diferente letra son significativos ( $P \leq 0.05$ )

En la mezcla suelo-vermiculita, el riego con aguas residuales urbanas depuradas, suplementadas o no con fertilización mineral, aumentó significativamente los niveles de conductividad del extracto de saturación, del porcentaje

de sodio intercambiable y del boro asimilable del suelo (Tabla 3), tanto frente al tiempo inicial como frente a los tratamientos que incluían riego con agua potable; estableciéndose una correlación positiva ( $p=0.001$ ) entre los valores de sodio y boro encontrados en suelo y planta.

Los resultados obtenidos en el experimento de invernadero dejaron patente que el agua residual depurada proveniente de Orgiva posee una apreciable capacidad para suministrar sales, sodio y boro al sistema suelo-planta, consecuencia directa de la presencia de estos componentes en el agua ensayada. En otros estudios de características similares, en los que se utilizaban otras aguas residuales urbanas depuradas, se puso de manifiesto una tendencia similar a la observada por nosotros, es decir aumento de la concentración y extracción de sodio por el cultivo (Nielsen et al., 1982), de la conductividad del extracto de saturación del suelo (Fierotti y Raimondi, 1986), del porcentaje de sodio intercambiable del suelo (Uiga et al., 1977) y del contenido de boro en suelo y planta (Indelicato et al., 1982).

Pese a los aumentos observados en el presente estudio, el agua residual utilizada no tuvo un efecto perjudicial sobre el cultivo de tomate desarrollado, ya que los valores de concentración de Na y B en sus hojas, se encontraron dentro del rango de suficiencia establecido para esta especie vegetal (Gupta, 1983, Adams, 1988). Asimismo, los niveles de los diferentes parámetros determinados en el suelo tampoco afectarían adversamente al cultivo ensayado, ya que la planta de tomate puede crecer adecuadamente en suelos con conductividades del extracto de saturación de hasta 2.5 dS/m (Ayers y Westcot, 1976), contenidos de porcentaje de sodio intercambiable de hasta un 40% y contenidos de boro asimilable en suelo mayores a los observados en nuestro estudio (Ayers y Westcot, 1976). En cambio, otros cultivos más sensibles, como es el caso de algunos frutales, si podrían verse afectados negativamente, ya que exigen para su crecimiento niveles en el suelo de sales, sodio y boro más bajos que los inducidos por el riego con el agua depurada de Orgiva (Frenkel, 1984).

### CONCLUSIONES

- 1) El contenido en sales, elementos potencialmente tóxicos y sólidos en suspensión del agua residual urbana depurada de Orgiva es escaso. Por ello, este recurso hídrico puede ser utilizado, sin restricciones, para el riego de la mayoría de los cultivos.
- 2) El riego con el agua residual depurada de Orgiva aumentó los niveles de sodio y boro en plantas de tomate, aunque ellos no tuvieron un efecto tóxico sobre el cultivo.
- 3) Asimismo, el aporte de este efluente depurado aumentó la conductividad del extracto de saturación, el porcentaje de sodio intercambiable y el contenido de boro asimilable del suelo, sin que por ello se viese afectado negativamente el cultivo de tomate desarrollado.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CICYT la subvención concedida a este estudio que forma parte del proyecto I+D NAT90-0823: Descarga de efluentes urbanos y agroindustriales a través del sistema suelo-planta. Capacidad de aprovechamiento de nutrientes y potencial descontaminante del mismo.

### BIBLIOGRAFIA

- Adams, P. 1988. Mineral nutrition. En *The tomato crop. A scientific basis for improvemet.* J.G. Atherton y J. Rudich, eds. 280-334. Chapman and Hall, London.

- Asano, T. y Pettygrove, G.S. 1987. Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. *California Agric.*, 41:15-18.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1976. Water quality for agriculture. *Irrig. Drain. Paper*, 29, FAO, Roma.
- Bouwer, H. y Chaney, R.L. 1974. Land treatment of wastewater. *Adv. Agron.*, 26:133-176.
- Environmental Protection Agency 1983. Methods for chemical analysis of water and wastes. EPA-600/4-79-020. United States Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio.
- Feigin, A., Vaisman, I. y Bieleroi, H. 1984. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluent: II. Nutrient availability in the soil. *J. Environ. Qual.*, 13:234-238.
- Fierotti, G. y Raimondi, S. 1986. L'utilizzazione delle acque reflue per scopi irrigui. Nota 1: Effetti su alcune caratteristiche fisico-chimiche dei versuoli. *Atti del Convegno Bilancio e prospettive dello sviluppo dell'irrigazione in Sicilia*. 103-118.
- Frenkel, H. 1984. Reassessment of water quality criteria for irrigation. En *Soil salinity under irrigation*. I. Shainberg y J. Shalhevet, eds. 149-163. Springer-Verlag, Berlin.
- Gupta, U.C. 1983. Boron deficiency and toxicity symptoms for several crops as related to tissue boron levels. *J. Plant Nutr.*, 6:387-395.
- Howel, T.A., Bucks, D.A. y Chesness, J.L. 1980. Irrigation-challenges of the 80s. *Proc. ASAE Second Nat. Irrig. Symp.*, 6 p., St. Joseph, Michigan.
- Indelicato, S., Detri Nicosia, O. y Tamburino, V. 1982. Un caso di irrigazione con liquami bruti. En *Studi su l'utilizzazione di acque reflue per l'irrigazione*. S. Indelicato, O. De Catania.
- Israeli Ministry of Health 1979. Recommendations for treatment of wastewater to be used for crop irrigation. 2nd Draft, Israeli Ministry of Health,
- Mahler, R.L., Nylor, D.V. y Fredrickson, M.K. 1984. Hot water extraction of boron from soils using sealed plastic pouches. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 15:479-492.
- M.A.P.A. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) 1986. Métodos oficiales de análisis. Tomo III. 532 p. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- NAS/NAE (National Academy of Sciences and National Academy of Engineering) 1973. Water quality criteria. 1972. Report of the Committee on water quality criteria. Ecological research series. EPA-R3-73-033, 594 p. United States Environmental Protection Agency, Washington.
- Nielsen, G.H., Stevenson, D.S., Fitzpatrick, J.J. y Brownlee, C.H. 1989. Yield and plant nutrient content of vegetables trickle-irrigated with municipal wastewater. *HortSci.* 24:249-252.
- Shuval, H.I. 1987. The development of water reuse in Israel. *Ambio*, 16:186-190

- Uiga, A., Iskandar, I.K. y McKum, H.L. 1977. Water reuse at livermore, California. En Land as a waste management alternative. R.C. Loehr, ed. 151-170. Ann Arbor Science, Michigan.
- United States Salinity Laboratory 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Handbook n° 60, 160 p. United States Department of Agriculture, Washington.
- Westcot y Ayers, R.S. 1984. Irrigation water quality criteria. Irrigation with reclaimed municipal wastewater: A guidance manual. G.S. Pettygrove y T. Asano, ed. 3.1-3.37. California State Water Resource Control Board.
- Wolf, B. 1982. A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrition status. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 13:1035-1059.