

El uso de las aguas residuales para riego de cultivos agrícolas con objeto de aprovechar su valor fertilizante y evitar la contaminación de ríos es una práctica realizada desde la antigüedad.

Reutilización de aguas residuales urbanas para la horticultura

M^ª LUZ SEGURA PÉREZ, EMILIO MARTÍN EXPÓSITO Y JUANA I. CONTRERAS PARÍS

C.I.F.A. "La Mojonera-La Cañada" (I.F.A.P.A.-Junta de Andalucía), Autovía del Mediterráneo, Salida 420, La Mojonera, Almería. marial.segura.est@juntadeandalucia.es

El uso de las aguas residuales para riego de cultivos agrícolas, con objeto de aprovechar su valor fertilizante, y evitar la contaminación de ríos, es una práctica realizada desde la antigüedad. En el siglo pasado la reutilización de las aguas residuales para riego de cultivos adquirieron una gran importancia como sistema alternativo de depuración.

Teniendo en cuenta que la agricultura en zonas áridas y semiáridas, como es el caso de Almería, depende casi exclusivamente del riego, esto unido a la limitación de los recursos hídricos naturales, convierte las aguas residuales municipales en una importante fuente de abastecimiento que puede compensar, en parte, esta limitación de recursos naturales.

No obstante, hay que considerar que estas aguas debido a su origen, suelen contener altos contenidos de sólidos en suspensión, materia orgánica, sales minerales (NH_4^+ , HCO_3^- , PO_4^{3-} , Na^+ , etc.), metales pesados (Fe, B, Zn, Cd, Al, etc.) y una importante carga de microorganismos patógenos (bacterias, virus, etc.), con lo cual un aprovechamiento óptimo de las mismas requiere que la reutilización se realice de forma controlada, garantizando tanto la conservación de la fertilidad del suelo como la obtención de productos que respondan a la calidad higiénica y sanitaria exigida según su destino.

En general los sistemas de tratamiento de estos efluentes van a depender del volumen a tratar el



Experiencia de uso de agua residual desinfectada para riego de tomate (CIFA) y melón.

Cuadro 1:

Valores medios de pH, conductividad eléctrica (dS m^{-1}), concentración de sales mayoritarias (meq L^{-1}), y relación de adsorción de sodio (R.A.S.) del agua de riego residual ozonizada (AR) y subterránea (A).

	AR	A
pH	7,73	7,78
C.E.	1,63	1,56
CO_3^{2-}	0,40	0,13
HCO_3^-	7,87	1,93
Cl^-	5,75	7,60
SO_4^{2-}	2,41	6,35
NO_3^-	0,23	0,88
P	0,42	0,00
NH_4^+	3,10	0,00
Ca^{2+}	2,92	4,13
Mg^{2+}	3,01	4,84
Na^+	7,36	7,53
K^+	0,62	0,19
R.A.S	4,27	3,56
Clasificación USDA	C_3S_1	C_3S_1

cual está relacionado con el tamaño de la población. En las grandes depuradoras, como sucede en la de la ciudad de Almería, los sistemas de tratamiento comprenden: pretratamiento, tratamiento primario, secundario de fangos activos o lechos bacterianos.

Además, para uso agrícola requiere un tratamiento final de desinfección, realizado en el caso de Almería con ozono producido "in situ" a partir del oxígeno contenido en el aire ambiente (Pérez y Vallverdú, 1997; Martínez, 2005).

El ozono (O₃) además de ser un potente biocida, su elevado potencial de oxidación (2.07 voltios) superior al cloro, incide en una mejora de las propiedades químicas del agua, al oxidar contaminantes orgánicos (fenoles, pesticidas, detergentes), mejorar las propiedades organolépticas del agua, aumentar la biodegradabilidad de compuestos orgánicos disueltos y reducir la formación potencial de trihalometanos, compuestos orgánicos clorados que resultan de la reacción del cloro con sustancias húmicas y fúlvicas difíciles de eliminar y muy perjudiciales para la salud.

Propiedades del agua residual ozonizada de la ciudad de Almería

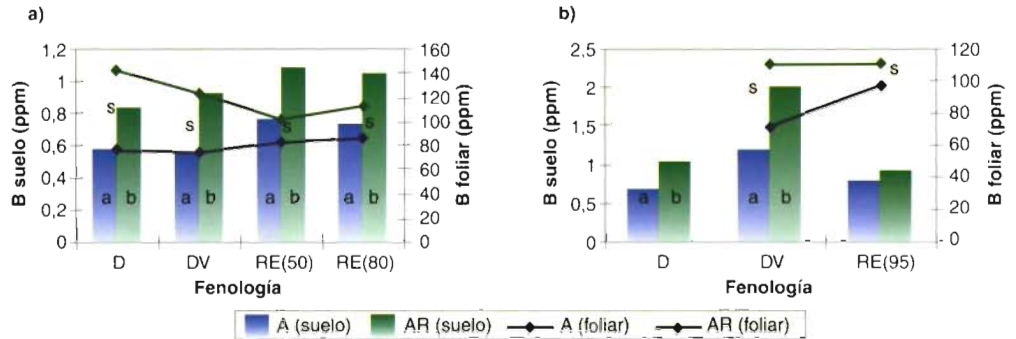
Los Cuadros 1 a 3 muestran las propiedades químicas, físicas y microbiológicas del agua residual ozonizada (AR) y un agua de origen subterráneo (A) habitualmente utilizada para riego de los cultivos hortícolas, a modo de comparación. El agua AR presenta pH y conductividad eléctrica similar al agua de origen subterráneo (Cuadro 1).

Sin embargo la composición química de ambas fuentes es diferente, el agua AR tiene mayor concentración de bicarbonatos, nitrógeno amoniacal, fósforo y potasio.

De acuerdo a las directrices de interpretación de las aguas para uso agrícola (Ayers y Westcott, 1985), ambas fuentes presentan el mismo grado de restricción moderado para el riego de los cul-

Figura 1:

Efecto del riego con agua convencional (A) y residual ozonizada (AR) sobre la concentración de boro en suelo (extracto saturado) y en hoja de judía. a) Ciclo de otoño, 2000 y b) Ciclo de primavera, 2001. D: desarrollo vegetativo, DV: desarrollo de vainas, RE(50): 50% recolección, RE(80): 80% fruto recolectado, RE(95): 95% fruto recolectado. Análisis de Varianza (P<0,05).



tivos hortícolas. De los metales pesados analizados (Cuadro 2) no se ha detectado presencia de Co y Hg, si bien el agua residual ozonizada presenta mayor concentración de Fe, Zn, Mn, B, Pb, Cd y Al, mientras que el agua de origen subterráneo contiene mayor concentración de Cu, debido al tratamiento alguicida al que se somete durante su almacenamiento en la balsa.

De los elementos analizados solo el boro en el efluente AR y el cobre en el efluente A, superan los niveles máximos recomendados de 1000 mg L⁻¹ para el boro y 200 mg L⁻¹ para el cobre. El agua residual ozonizada y la de origen subterráneo no presentan ningún grado de restricción respecto al nivel de sólidos en suspensión (Cuadro 3). Los niveles de D.B.O.5 presentes en ambas aguas no superaron los niveles máximos establecidos de 10-20 mg O₂ L⁻¹ para el riego con aguas residuales en cultivos comestibles no procesados (E.P.A., 1992). Los efluentes residuales que han de ser utilizados de forma no restringida en el riego de los cultivos, deben de poseer una alta calidad microbiológica, determinada por la concentración de coliformes fecales (Bouwer y Idelovitch, 1987).

El tratamiento de desinfección aplicado a la fuente de ori-

Cuadro 2:

Concentración media de metales pesados (µ L⁻¹) del agua de riego residual ozonizada (AR) y subterránea (A).

	AR	A
Fe	358	240
Cu	27	308
Zn	66	45
Mn	23	12
B	1183	769
Mo	2,9	3,3
Ni	9,3	8,3
Cr	5,5	4,5
Pb	21	16
Cd	1,9	0,0
Co	Nd	Nd
Hg	Nd	Nd
Al	84	25

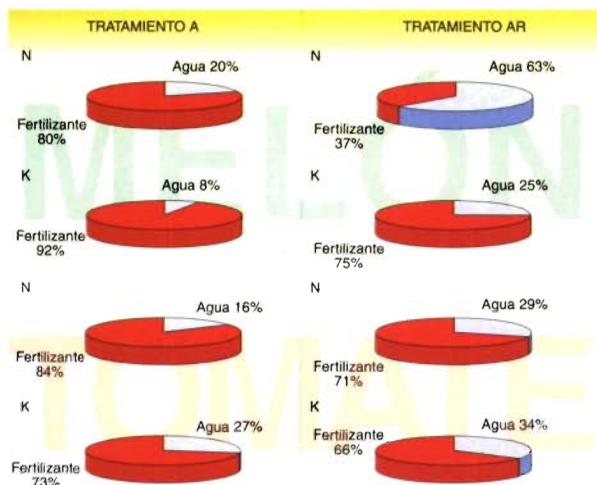
gen residual, reduce la concentración de coliformes fecales a niveles inferiores al máximo permitido de 1000 UFC 100 mL⁻¹ para cultivos de consumo en crudo (Plan Hidrológico de la Cuenca del Sur; B.O.E. 223 de 17 de Septiembre de 1999).

Efecto del riego con agua residual ozonizada sobre el sistema suelo-planta

La conductividad eléctrica (C.E.) del suelo después de tres años de riego con el efluente residual, no aumentó respecto al va-

Figura 2:

Porcentaje de N y K aplicado por los fertilizantes y el agua de riego en el cultivo de melón desarrollado en ciclo de primavera (1999) y de tomate en ciclo de otoño (1999).



lor inicial, de hecho al inicio de las experiencias en 1999 la C.E del suelo era de 3,9 dS m⁻¹ y al finalizar en 2001, la C.E. fue de 3,5 dS m⁻¹.

De los cultivos ensayados (tomate, melón y judía verde), en la Figura 1 mostramos los resultados de la concentración de boro en suelo y planta correspondientes al cultivo de judía verde por ser el de mayor sensibilidad a este elemento. La mayor concentración de B en el agua residual ozonizada produce un mayor nivel de boro en forma soluble en el suelo y en la hoja de la planta.

Los niveles de B del suelo regado con agua residual ozonizada sobrepasaron en determinadas épocas, los niveles máximos tolerados por el cultivo de judía de 1 ppm (Ayers y Westcot, 1985). De la misma manera la concentración de B foliar fue mayor de 100 ppm en ambos ciclos, llegando a alcanzar valores de hasta 140 ppm en el ciclo de otoño. Estos valores aún siendo elevados no llegaron a ser tóxicos para el cultivo, en ninguno de los dos ciclos de cultivo.

La respuesta productiva de los cultivos regados con el agua

Cuadro 3:

Análisis físico y microbiológico del agua de riego residual ozonizada (AR) y subterránea (A). Valores medios.

	AR	A
Sólidos en suspensión (mg L ⁻¹)	6,94	6,30
D.Q.O. (mg O ₂ L ⁻¹)	29,53	12,56
D.B.O5. (mg O ₂ L ⁻¹)	7,82	2,09
Coliformes totales (UFC 100 mL ⁻¹)	91140	980
Coliformes fecales (UFC 100 mL ⁻¹)	960	1,40

Cuadro 4:

Rendimientos de frutos de cultivos hortícolas. Análisis de Varianza (P<0,05).

	Producción total (Kg m ²)	
	AR	A
Melón (1999)	8,96	7,97
Tomate (1999)	7,06	7,05
Judía Otoño (2000)	1,70	1,53
Judía Primavera (2001)	2,39	2,23
Judía Otoño (2001)	1,16	1,06

residual ozonizada ha sido similar a la obtenida con el agua de riego de origen subterráneo (Cuadro 4).

La elevada carga fertilizante del agua residual (Cuadro 1), requiere respecto a la de origen subterráneo, unas prácticas de fertirrigación diferentes en lo que respecta al uso de los fertilizantes. La Figura 2 muestra el porcentaje de nitrógeno y potasio aplicado por los fertilizantes y por el agua de riego en cultivo de melón desarrollado en ciclo de primavera y en cultivo de tomate en ciclo de otoño de 1999. Para una misma cantidad total de N y K aplicado por fertirrigación, la mayor concentración de estos elementos del agua residual ozonizada ha supuesto un importante ahorro de fertilizantes minerales nitrogenados y potásicos.

El uso de aguas residuales municipales es una importante fuente de abastecimiento que puede compensar en parte la limitación de recursos naturales en zona áridas o semiáridas

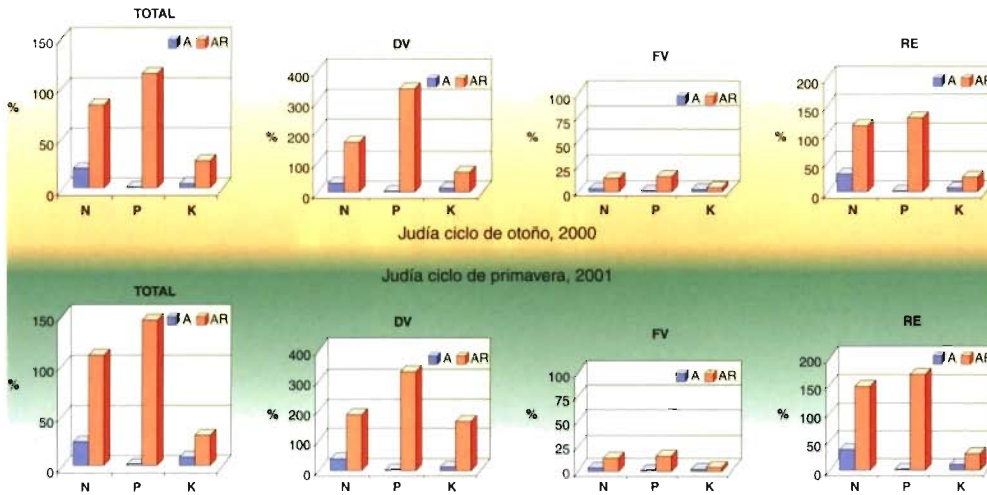
La Figura 3 muestra el porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio aportado por las aguas de riego, respecto al total demandado por el cultivo de judía en ciclo de otoño (2000) y de primavera (2001). La cantidad de elemento aportado por el agua se ha calculado a partir de la concentración en el efluente y el volumen de riego aplicado durante el periodo considerado.

Las necesidades nutricionales se han estimado a partir de las extracciones del cultivo y los rendimientos totales. La elevada concentración de N y P del agua residual compensó la demanda nutricional durante gran parte del ciclo, a excepción del periodo de desarrollo de vainas, donde se produce un elevado consumo de nutrientes en un corto periodo de tiempo.

La cantidad de K aportada por el agua residual supone entre un 30 y 35% según ciclo, del total demandado por el cultivo, compensando totalmente las necesidades del cultivo en la primera fase de desarrollo vegetativo de la planta de judía en ciclo de primavera.

Figura 3:

Porcentaje de N, P y K aplicado por las fuentes de riego respecto a las necesidades nutricionales del cultivo. DV.: desarrollo vegetativo; FV.: desarrollo de vainas y RE.: periodo de recolección.



En los análisis realizados en suelo y fruto (36 muestras de suelo y 27 muestras de fruto) de cinco cultivos regados con el agua AR, no se detectó presencia de

coliformes totales y Escherichia Coli ($N^{\circ}/g < 3$, Técnica del Número Más Probable).

Bibliografía

- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1985. Irrigation water quality criteria. Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater- A Guidance Manual. Report N° 84-1. Ed. G. S. Pettygrove y T. Asano. Calif. State Water Resources Control Board. Sacramento, California. (U.S.A.).
- Bouwer, H. y Idelovitch, E. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Journal of irrigation and Drainage Engineering 113.4: 516-535.
- Environmental Protection Agency (E.P.A.). 1992. Manual guidelines for water reuse. EPA/625/R, 92/004, Washinton D.C.: US Environmental Protection Agency: US Agency for International Development, XIII.
- Martínez, S. 2005. Utilización de aguas residuales depuradas para riego de cultivos hortícolas bajo invernadero. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería.
- Pérez, J. J. y Valverdú, A. M. 1997. Reutilización de las aguas residuales de la ciudad de Almería en los regadíos del Bajo Andarax. Actas del I y II Seminario del agua. Almería (España): 265-287.

Nunhems is a global company specialized in Research, Production and Sales of Top Quality Horticultural seeds. Nunhems is among the worlds leading vegetable seeds companies and employs 1200 people in Europe, the Middle East, the Americas and Asia/Pacific.

We wish to hire an **Assistant breeder melon** for our breeding station in Murcia, Spain.

In this job, you'll support our melon breeder in meeting goals to develop commercially successful melon hybrids for the Mediterranean market.

YOUR PROFILE

Bachelor or Master of Science in life science or horticulture with emphasis in plant breeding or genetics and:

- Knowledge and/or experience in vegetal breeding, preferably melon
- Team spirit, effective communication
- Showing initiative, good judgment and organization in your work
- Working knowledge of English and standard software packages

Some international travel is required.

OUR OFFER

Nunhems offers an international team-oriented working environment in an innovative and growing company, good learning opportunities and a competitive compensation package.



Please address your CV and presentation letter in English to Mrs Lene Chesneau Nunhems vegetable seeds - HR Marketing and Sales division l.chesneau@nunhems.com - www.nunhems.com