

Safe wastewater reuse in agriculture. Emerging contaminants and risk assessment

Reutilización segura de aguas residuales en agricultura. Contaminantes emergentes y evaluación de riesgos

D. Bañón*, L. Ponce, J.J. Alarcón

CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Murcia. Spain.

*danielbanongomez@gmail.com

Abstract

The main objective of this thesis is to address the risks associated with the use of reclaimed water in agriculture in an integrated manner. Particularly, a comprehensive assessment of the presence, persistence and accumulation of the so-called pollutants of emerging concern in the water-soil-plant system will be carried out. For this purpose, real crops of high commercial interest, different working conditions (irrigation systems, type of substrates, etc.) will be selected, and specific analysis protocols will be proposed to assess the quality of the crops. The results obtained, together with additional protocols for microbiological studies and the evaluation of short- and long-term toxicological effects, will help to foresee future risk scenarios, and avoid problems in the soil-plant complex, guaranteeing high-quality agricultural production while protecting human health.

Keywords: agriculture; emerging contaminants; reclaimed water; risks assessment; water reuse.

Resumen

El objetivo principal de la tesis es abordar de manera integrada los riesgos asociados a la utilización de aguas regeneradas en agricultura. En concreto se realizará una evaluación exhaustiva de la presencia, persistencia y acumulación de los denominados contaminantes de preocupación emergente en el sistema agua-suelo-planta. Para ello, se seleccionarán cultivos reales de alto interés comercial, diferentes condiciones de trabajo (sistemas de riego, tipo de sustratos, etc.), y se propondrán protocolos de análisis específicos que permitirán evaluar la calidad de los cultivos. Los resultados obtenidos, junto con protocolos adicionales para estudios microbiológicos y la valoración de efectos toxicológicos a corto y largo plazo, permitirán prever futuros escenarios de riesgo y evitar problemas en el complejo suelo-planta, garantizando una producción agrícola de alta calidad, protegiendo además la salud humana.

Palabras clave: agua regenerada; agricultura; contaminantes emergentes; evaluación de riesgos; reutilización.

1. INTRODUCCIÓN

El estrés hídrico al que se enfrentan los diferentes países de la cuenca mediterránea es una evidencia. Los principales factores impulsores son el crecimiento de la población y unos estándares de vida más elevados, junto con la reducción de la disponibilidad de agua dulce debido a diversos problemas de contaminación y sequía (1). Una alternativa de gran interés para afrontar esta problemática reside en el aprovechamiento de aguas residuales procedentes de Estaciones Depuradoras (EDAR) (2).

El aprovechamiento de aguas residuales puede aliviar la alta necesidad de agua sobre todo en zonas de elevada producción agrícola, como es el caso de la Región de Murcia. Además de los múltiples beneficios para la actividad agrícola, las actividades de reutilización presentan otros beneficios ambientales y económicos como la reducción del aporte de contaminantes a cursos naturales de agua, regulación de caudales o aprovechamiento de elementos nutritivos contenidos en aguas residuales a modo de fertilizantes(3).

En la actualidad, la Región de Murcia es líder mundial en materia de tratamiento y depuración de aguas, así como del uso de agua regenerada en agricultura. De hecho, en esta región, el 99 % de las aguas residuales se depuran de forma adecuada y más del 90 % del volumen tratado se reutiliza para diversos fines. Sin embargo, existen diferentes riesgos que hay que contemplar, como la salinización a medio plazo del suelo por aporte continuado de concentración de sales, el aporte excesivo de nutrientes a los cultivos o la presencia de microorganismos patógenos y microcontaminantes(4).

La salinización secundaria del suelo afecta aproximadamente de 1 a 3 millones de ha en la UE, principalmente en los países mediterráneos, considerándose una de las principales causas de la desertificación. Por otra parte, en el agua regenerada puede haber presencia de microorganismos patógenos, por lo que es importante un control para minimizar los riesgos para la salud. Aunque en la legislación actual (Real Decreto 1620/2007) para la reutilización de aguas regeneradas en agricultura están contemplados algunos de ellos como *Escherichia coli* o nematodos intestinales, diversos autores sugieren contemplar además un análisis de riesgos microbiológicos para la elaboración de futuras leyes y directrices.

Entre los riesgos actuales derivados del uso de aguas regeneradas en agricultura que más preocupan a la comunidad científica figura la presencia los denominados “contaminantes de preocupación emergente” (CE). Estas sustancias se encuentran actualmente entre las líneas de investigación prioritarias de los principales organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Europea o las Agencias para la protección del Medio Ambiente, como la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU[5]. Aunque algunas de estas sustancias se encuentran enmarcadas en listas oficiales de observación (Directiva 2013/39/UE, Decisión de Ejecución 2015/495/UE o Decisión de Ejecución 2018/840/UE), no se encuentran reguladas principalmente debido al desconocimiento sobre los efectos a corto o largo plazo de estas sustancias sobre la salud humana y los diferentes ecosistemas.

Los CE comprenden una amplia gama de compuestos farmacéuticos y de cuidado personal, aditivos, agentes tensioactivos o microplásticos. Generalmente las EDAR no están diseñadas para la eliminación completa de este tipo de contaminantes, por lo que estos contaminantes se pueden introducir en el ciclo hidrológico alcanzando incluso la cadena alimentaria a través de vertidos medioambientales o mediante la utilización de aguas regeneradas en agricultura. Por tanto, hay una necesidad inminente de evaluar las fuentes, el destino y los efectos de este tipo de contaminantes en los seres humanos y los diferentes ecosistemas (6).

Otro riesgo añadido es la capacidad de ciertos CE para transformarse en determinados subproductos o productos de transformación (TPs, por sus siglas en inglés) en la mayoría de los casos desconocidos y con capacidad de ser altamente tóxicos. Por tanto, la identificación de TPs es una práctica cada vez más común, que permite un mayor conocimiento acerca de los mecanismos de reacción o la generación de productos refractarios o persistentes. Tanto la presencia de CE como de los correspondientes TPs presenta dificultades relacionadas con la gran cantidad de compuestos presentes en los diferentes compartimentos ambientales, las diferencias entre sus propiedades físico-químicas y el amplio intervalo de concentración a la que pueden encontrarse (7).

Una dificultad añadida al análisis de estas muestras es la gran variabilidad y complejidad de las matrices que hace necesario el establecimiento de protocolos de muestreo y análisis que permitan realizar un seguimiento sistemático de los diferentes ecosistemas (agua-suelo-planta) (8). Por esta razón se requiere desarrollar y aplicar diferentes tecnologías analíticas capaces de evaluar la presencia y concentración de dichos compuestos con alta sensibilidad. Para ello, la cromatografía líquida o gaseosa acoplada a espectrometría de masas (LC-MS/MS, LC-Q-TOF-MS, o GC-MS) resultan herramientas de gran utilidad.

En general, la presencia de todos los riesgos descritos anteriormente, provoca una cierta desconfianza en agricultores y consumidores en cuanto a la calidad agronómica del agua regenerada, la posibilidad de efectos adversos a corto o largo plazo tanto en cultivos como en suelos agrícolas, o los perjuicios para la salud pública. Por lo tanto, para la preservación de una agricultura intensiva, rentable y respetuosa con el medio ambiente, se necesitan proyectos agrícolas innovadores con estudios multidisciplinarios que incorporen tecnologías de vanguardia en la reutilización del agua (9), y estudios detallados acerca de la presencia, persistencia y acumulación de ciertos compuestos en los sistemas agua-suelo-planta, garantizando así una reutilización sin riesgos.

El objetivo principal de la tesis es abordar los riesgos asociados a la utilización de aguas regeneradas en agricultura. Para ello se realizará un seguimiento específico de la ruta y persistencia de ciertos CE y sus TPs en cultivos reales de alto interés comercial regados con aguas regeneradas, prestando especial atención al desarrollo y calidad de los cultivos. Para ello, se estudiarán diferentes escenarios (sistemas de regadío, sustratos, variabilidad de cultivos, etc.) y se establecerán protocolos de análisis específicos (procedimientos de extracción y técnicas analíticas combinadas) que permitan conocer la calidad del sistema agua-suelo-planta. Todo ello se complementará con análisis microbiológicos y protocolos de seguimiento de efectos tóxicos utilizando diferentes organismos de la cadena trófica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de campo se llevarán a cabo en una parcela experimental ubicada en el término municipal de Torre Pacheco (Murcia), dentro de la depuradora de Roldán-Lo Ferro-Balsicas. Dicha parcela está equipada con un invernadero de polietileno de 680 m² con una longitud de 38,4 m y una anchura de 18 m con ventilación tipo mariposa y un cabezal de riego independiente, desde el cual se maneja el control climático y la aplicación del fertirriego. Los datos climáticos se obtienen mediante la estación agroclimática propia situada en la parte superior del invernadero.

La caracterización físico-química de muestras (sistema agua-suelo-planta) se llevará a cabo en los laboratorios del CEBAS-CSIC y constará medidas como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT), turbidez, concentración de macronutrientes (Na, K, Ca, Mg), micronutrientes (Fe, B, Mn), metales pesados (Ni, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) y aniones (cloruro, nitrato fosfato y sulfato) entre otras.

Para el seguimiento y evaluación de CE en el sistema agua-suelo-planta, así como el desarrollo de metodologías analíticas específicas para las diferentes matrices objeto de estudio, se utilizará la plataforma metabolómica de alimentos vegetales del CEBAS-CSIC, provista con un sistema UPLC/Q-TOF-MS.

3. RESULTADOS ESPERADOS

La reutilización de aguas residuales procedentes de EDAR para usos agrícolas es una alternativa que cada vez está tomando más relevancia en nuestra sociedad y especialmente en zonas con escasez de agua como la Región de Murcia. Sin embargo, el desarrollo de un programa

de reutilización de aguas residuales choca en ocasiones con la reticencia de los agricultores, y de la sociedad en general, por el desconocimiento que tiene su uso en la salud o el medio natural.

Con este estudio se pretende dar respuesta a las inquietudes e incógnitas de los usuarios, aportando datos científicos reales de gran interés. Los resultados obtenidos permitirán prever futuros escenarios de riesgo, evitando problemas potenciales en el complejo suelo-planta, garantizando así una producción agrícola de alta calidad, y protegiendo además la salud humana.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se desarrolla en el marco del proyecto RIS3MUR REUSAGUA, financiado por la Consejería de Empresa, Industria y Portavocía de la Región de Murcia, que se desarrolla en el marco del Programa Operativo Feder 2014-2020, y en el que se encuentran involucradas las siguientes entidades: CEBAS-CSIC, Imida, Esamur, UMU, UPCT, Cetenma, Azud, Hidrogea y Emuasa. El doctorando se encuentra financiado por un contrato predoctoral de la Fundación Séneca. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

6. REFERENCIAS

1. Melgarejo J, Fernandez-Aracil P. Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovacion y Sostenibilidad. Universidad de Alicante; 2019.
2. Salgot M, Folch M. Wastewater treatment and water reuse. *Curr Opin Environ Sci Health*. 2018;2:64–74. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.03.005>.
3. Intriago JC, López-Gálvez F, Allende A, Vivaldi GA, Camposeo S, Nicolás EN, et al. Agricultural reuse of municipal wastewater through an integral water reclamation management. *J Environ Manage*. 2018;213:135–141.
4. Price DJ, Adams, Jr C. Water Use and Wastewater Management: Interrelated Issues with Unique Problems and Solutions. *Environmental and Health Issues in Unconventional Oil and Gas Development*, Elsevier; 2016:61–79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804111-6.00005-4>.
5. Contaminants of Emerging Concern including Pharmaceuticals and Personal Care Products | Water Quality Criteria | US EPA n.d. <https://www.epa.gov/wqc/contaminants-emerging-concern-including-pharmaceuticals-and-personal-care-products> (accessed March 16, 2020).
6. Gogoi A, Mazumder P, Tyagi VK, Tushara Chaminda GG, An AK, Kumar M. Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. *Groundwater for Sustainable Development*. 2018;6:169-80. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>.
7. Farré M la, Pérez S, Kantiani L, Barceló D. Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. *TrAC Trend Anal Chem*. 2008;27:991-1007. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.09.010>.
8. Oetjen K, Giddings CGS, McLaughlin M, Nell M, Blotvogel J, Helbling DE, et al. Emerging analytical methods for the characterization and quantification of organic contaminants in flowback and produced water. *Trends Environ Anal Chem*. 2017;15:12-23. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2017.07.002>.
9. Aragüés R, Urdanoz V, Çetin M, Kirda C, Daghari H, Ltifi W, et al. Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. *Agr Water Manage*. 2011;98:959-66. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.01.004>.