

A-19-2001

Comunicación científico-técnica

## Integración de nuevas soluciones plásticas con propiedades antioxidantes en sistemas de irrigación destinados a la reutilización de agua en agricultura de precisión

Munuera, M.T.<sup>1</sup>, Nortes, P.<sup>2</sup>, Domínguez-Niño, J.M.<sup>3</sup>, Ponce, L.<sup>4</sup>, Masdemont, B.<sup>5</sup>, Buitrago, J.M.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); [tmunuera@azud.com](mailto:tmunuera@azud.com)

<sup>2</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (España); [panortes@cebas.csic.es](mailto:panortes@cebas.csic.es)

<sup>3</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); [jmdominguez@azud.com](mailto:jmdominguez@azud.com);

<sup>4</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (España); [lponce@cebas.csic.es](mailto:lponce@cebas.csic.es)

<sup>5</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); [beatriz@azud.com](mailto:beatriz@azud.com)

<sup>6</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España); [jm.buitrago@azud.com](mailto:jm.buitrago@azud.com)

### Resumen:

El uso cada vez más frecuente de aguas de alta actividad biológica, como son las aguas procedentes de depuradoras municipales, agudizan los problemas de obstrucción del emisor, lo cual conlleva para el agricultor situaciones complejas que pueden generar proliferación microbiana con reducción en la uniformidad del riego y por ende una disminución de la producción agrícola.

Desde hace años, la aplicación de nuevas tecnologías en el sector agrícola está dirigida a conseguir mayor producción trabajando con mayor precisión y control con los sistemas utilizados en riego. El desarrollo en otros sectores, como el industrial, de nuevas tecnologías puede servir como impulso en la velocidad de incorporación a la agricultura de estas soluciones. La introducción en el sector agrícola de nuevos materiales con funcionalidades antimicrobianas contrastadas puede convertirse en una línea estratégica para el desarrollo de barreras de protección frente a la obstrucción de los sistemas de irrigación sometidos a trabajar con aguas de mala calidad.

Se plantea una metodología basada en el testeo comparativo de diferentes materiales que transformados en emisores serán evaluados en la evolución del caudal emitido con agua regenerada. Una vez determinada la validez de la metodología se plantea la discriminación de los eventos necesarios para asegurar el mantenimiento de la instalación, para lo cual, se requiere continuar con el testado de los materiales.

**Palabras clave:** Agua Regenerada; Riego por Goteo; Microbiología

A-19-2001

*Scientific-technical communication*

## Integration of new plastic solutions with antioxidant properties in irrigation systems for the reuse of water in precision agriculture

Munuera, M.T.<sup>1</sup>, Nortes, P.<sup>2</sup>, Domínguez-Niño, J.M.<sup>3</sup>, Ponce, L.<sup>4</sup>, Masdemont, B.<sup>5</sup>, Buitrago, J.M.<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (Spain); [tmunuera@azud.com](mailto:tmunuera@azud.com)

<sup>2</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (España); [panortes@cebas.csic.es](mailto:panortes@cebas.csic.es)

<sup>3</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (Spain); [jndominguez@azud.com](mailto:jndominguez@azud.com)

<sup>4</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (España); [lponce@cebas.csic.es](mailto:lponce@cebas.csic.es)

<sup>5</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (Spain); [beatriz@azud.com](mailto:beatriz@azud.com)

<sup>6</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (Spain); [jm.buitrago@azud.com](mailto:jm.buitrago@azud.com)

**Abstract:** 1465 / 5000

The increasingly frequent use of water with high biological activity, such as water from municipal treatment plants, exacerbates the problems of obstruction of the emitter, which leads to complex situations for the farmer that can generate microbial proliferation with a reduction in the uniformity of irrigation, and therefore a decrease in agricultural production.

For years, the application of new technologies in the agricultural sector is aimed at achieving greater production by working with greater precision and control with the systems used in irrigation. The development in other sectors, such as industrial, of new technologies can serve as a boost in the speed of incorporation into agriculture of these solutions. The introduction in the agricultural sector of new materials with proven antimicrobial functionalities can become a strategic line for the development of protection barriers against the obstruction of irrigation systems subjected to working with poor quality water.

A methodology is proposed based on the comparative testing of different materials that, transformed into emitters, will be evaluated in the evolution of the flow emitted with reclaimed water. Once the validity of the methodology has been determined, the discrimination of the events necessary to ensure the maintenance of the installation is proposed, for which, it is necessary to continue with the testing of the materials. e precision

**Keywords:** Reclaimed Water; Drip Irrigation; Microbiology

## 1. Introducción

Europa apuesta por la reutilización de las aguas residuales tratadas en condiciones seguras y rentables, así como por soluciones que incrementen la eficiencia hídrica de cualquier uso para garantizar el suministro de agua y reducir la presión sobre unos recursos hídricos ya sobreexplotados en el continente. Fomentar con nuevos sistemas medioambientalmente sostenibles y nuevas técnicas de riego más precisas la seguridad de su reutilización en agricultura permitirá ampliar recursos en este sector y derivar otras fuentes de agua de mayor calidad a consumo, incrementando las fuentes de agua disponibles en cuencas deficitarias.

La Región de Murcia, es una de las áreas más castigadas por el déficit hídrico, por lo que viene aplicando desde hace años la reutilización de aguas residuales en la agricultura, por ello ostenta el liderazgo de proyectos destinados a la validación del uso de este recurso tanto a nivel nacional como europeo. En la mayoría de estas investigaciones, el foco de actuación está dirigido a obtener información, conocimiento o seguridad sobre su repercusión en la salud del consumidor o en la producción del cultivo. Sin embargo, no se cuantifica el impacto en el material tecnológico que habilita esta reutilización, a pesar de que, bajo estas condiciones sufre un mayor índice de reposición.

Uno de los propósitos del proyecto OXIDAGUA (DESAFIOS I+D REGION DE MURCIA) es optimizar el uso de agua regenerada en agricultura, evitando el declive progresivo del rendimiento del sistema de riego localizado por la proliferación de microorganismos. En este sentido, se ha puesto en marcha una línea de desarrollo basada en la integración, durante la fabricación del sistema de riego, de sustancias activas como parte de su composición, con el fin de crear un efecto barrera frente a agentes degradantes de la calidad de vida de los materiales destinados al goteo.

Para ello, en la primera fase de este proyecto los objetivos son:

- Cuantificar la respuesta al uso de agua regenerada de diferentes formulaciones en materiales plásticos caracterizadas como antimicrobianas.
- Determinar un sistema válido para interpretar la idoneidad de los diferentes materiales.
- Recopilar datos que nos aporten información sobre la evolución de la degeneración del sistema.

Asimismo, la presente comunicación tiene los siguientes objetivos secundarios:

- Incrementar la fiabilidad de los sistemas de riego durante más tiempo, reduciendo la huella generada por su reposición.
- Maximizar la eficiencia de riego a lo largo de la vida útil.
- Incrementar el know-how de la funcionalización de superficies plásticas en el sector que consume más del 75% del agua.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Diferencia entre referencias de materiales

Se han planteado dos ensayos en los que como única variable se ha incluido la formulación del material de fabricación de los emisores, analizando su comportamiento con agua regenerada.

En todas las formulaciones utilizadas se ha empleado un material polimérico sintético que contiene un principio activo integrado destinado a ejercer un efecto contra el crecimiento microbiano durante la vida útil prevista del producto. Estos materiales se aplican ya en diferentes sectores, industrial, cosmética, etc, pero no tienen presencia significativa en el sector agrícola. La selección de las diferentes formulaciones ha sido realizada en base a la capacidad antimicrobiana.

Las bases plásticas elegidas entre la amplia variedad del mercado (Cloruro de polivinilo (PVC), policarbonato (PC), polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietileno (PE/PEBD)) se han centrado en polietileno, tanto en baja como en alta densidad. El formato utilizado de estos materiales para la fabricación de las referencias ha sido pelet, aunque se suministran en diferentes formatos como polvo o líquido, empleando cada una de ellas para asegurar una incorporación perfecta.

De las referencias evaluadas la base de los aditivos testados incluye elementos comunes como cobre, plata, zinc, etc. Todas ellas vienen refrendadas por diferentes sistemas de certificación de los proveedores. Además, en su selección ha sido un criterio relevante el conseguir eficacia a una concentración aceptable económicamente. La concentración empleada para la formulación de la mezcla de inyección ha sido la recomendada por cada fabricante en su referencia.

De esta forma, los emisores han sido inyectados con las 18 referencias seleccionadas siendo testados en dos escenarios paralelos: integrados en tubería, en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de ROLDAN - LO FERRO, Balsicas (Murcia), y de forma individual, sin integrar, en el laboratorio del Departamento de Riegos del CEBAS-CSIC (Murcia).

Es decir, se emplean 18 referencias diferentes, con y sin aditivos en la fabricación de un único modelo de emisor. A posteriori, emisores de la misma referencia son integrados en la misma línea de tubería de diámetro 16 mm, a distancia de 0.30 m.

## 2.2. Ensayo en laboratorio

En el ensayo en el laboratorio del Departamento de Riegos de CEBAS-CSIC se evaluó el efecto antimicrobiano de diferentes referencias una vez se han inyectado, siendo transformadas en un emisor.



Figura 1. Emisor inyectado con diferentes referencias

Para el ensayo se utilizó la comunidad bacteriana del agua procedente del tratamiento secundario de una EDAR convencional de la Región de Murcia (Roldán - Lo Ferro – Balsicas), que presenta de forma natural una concentración media de microorganismos de 6 log UFC/ml.

El experimento consistió en poner en contacto y en agitación los diferentes emisores (conteniendo las referencias) con el agua durante un periodo de 6 días. Pasado este tiempo, se transfirieron a un tubo estéril conteniendo 20 mL de PBS suplementado con tween (0.1%). A partir de cada solución, se realizaron 5 diluciones en base 10 y 100  $\mu$ L de cada una de ellas fueron sembradas en un medio agar nutritivo (Plate Count Agar, PCA). Las placas de PCA para el recuento fueron incubadas durante 30 h a 37°C. Los resultados se expresaron en bacterias totales UFC/mL y se evaluaron con respecto a una muestra control. Se realizaron 5 réplicas de cada uno de los ensayos, en total 330 placas.

## 2.2. Ensayo en Plataforma

El ensayo ubicado en la Plataforma de Investigación Agrícola y del Agua, de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de ROLDAN, ha tenido como objetivo reproducir, de forma controlada y

bajo invernadero, las condiciones de uso de agua regenerada en los emisores de un sistema de riego localizado.

Se han empleado diferentes bandejas que, ensambladas a modo de soporte estructural han actuado, como sistema de recuperación de drenajes de 3 líneas de tubería de polietileno con diámetro nominal 16, y emisor plano integrado autocompensante de caudal nominal  $2.2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$  distanciados entre ellos 0.30 m (Figura 1)



Figura 3. Sistema de riego diseñado en plataforma

La red hidráulica del ensayo se alimenta del tratamiento terciario de la estación depuradora a partir de un sistema almacenamiento de 2000 litros. La calidad del agua durante el ensayo ha sido analizada semanalmente.

En cada evento de riego una bomba de riego impulsa el agua almacenada en el depósito tras ser filtrada con un filtro de discos de limpieza manual de 130 micras a una presión de 2 bar al circuito. Se alimentan dos sectores independientes con 8 filas de bandejas, 24 líneas de tubería y con una distribución inicial de 21 líneas en el sector 1, 3 líneas alimentadas por el sector 2. La presión al final de los laterales se mantiene en 1 bar durante el riego.

Se ha programado una sucesión de riegos diarios durante 90 días, de 1,5 horas por cada evento de riego con el objetivo de alternar periodos de riego con ausencia de los mismos en el mismo día, con 4 al día, simulando las condiciones de trabajo de una explotación agrícola y a su vez someter a un proceso acelerado de las condiciones de uso de la tubería con goteo.

Los caudales de cada uno de los laterales fueron controlados con caudalímetros ultrasónicos de rango de medida de  $0.2 \text{ l}/\text{min} - 25 \text{ l}/\text{min}$  con emisión de pulsos de  $1 \text{ ml}/\text{pulso}$ , el registro de los mismos se realizó cada 5 minutos con un datalogger CR1000 (Campbell Sci.) y unidades de expansión digitales SDM-IO16A (Campbell Sci.).

Así mismo, se realizó una evaluación de los caudales instantáneos cada 15 días a partir del volumen de descarga de 6 emisores marcados en cada una de las líneas y distribuidos aleatoriamente a lo largo del ramal emisor. El tiempo de muestreo en cada emisor fue de 6 minutos, según norma ISO 9261.[1]

### 3. Resultados y discusión

En el ensayo en laboratorio, tras el recuento en placa, solamente dos referencias (PBM2 y M3) mostraron valores de UFC/mL menores que la muestra control ( $1.6 \times 10^4$ ), sugiriendo así una ligera minimización de la proliferación microbiana, lo que permitiría, a largo plazo, incrementar el tiempo de uso y la uniformidad de los sistemas de riego conteniendo estas referencias. Por el contrario, las referencias M8 y M9 mostraron valores de UFC/mL muy superiores a la muestra control, por lo que, estas dos referencias podrían tener efectos negativos en cuanto a la uniformidad del riego a corto o largo plazo.

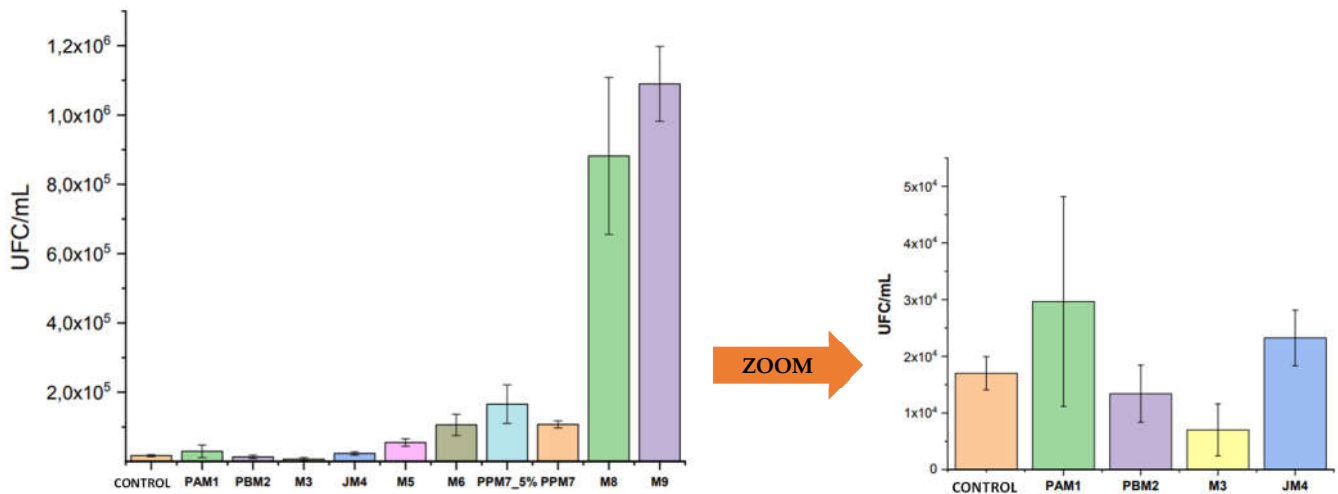


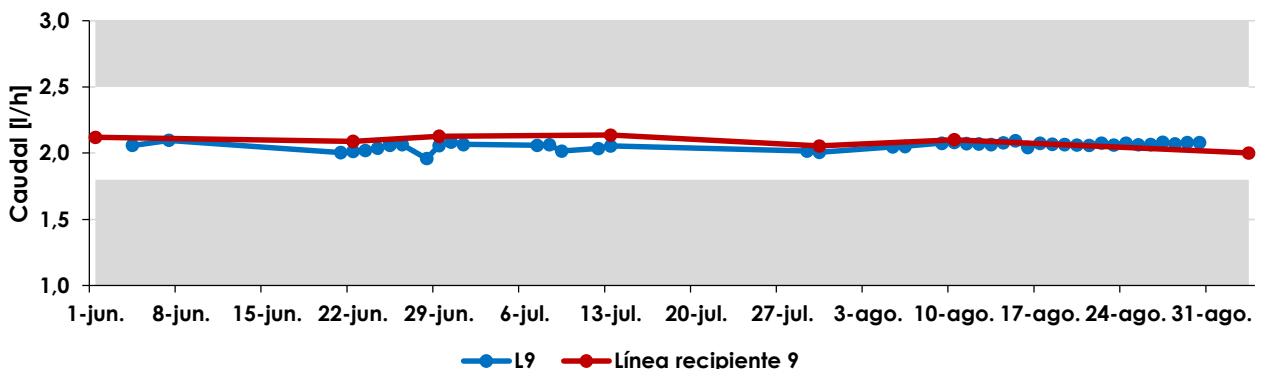
Figura 2. Proliferación microbiana de diferentes referencias

Paralelamente, y durante el periodo en el que estuvo activo el ensayo en la Plataforma de Investigación Agrícola y del Agua de Roldán, se llevó a cabo una medición de los caudales aplicados por cada uno de los 6 emisores marcados de cada una de las 18 líneas, así como el registro en continuo de los caudales totales por línea.

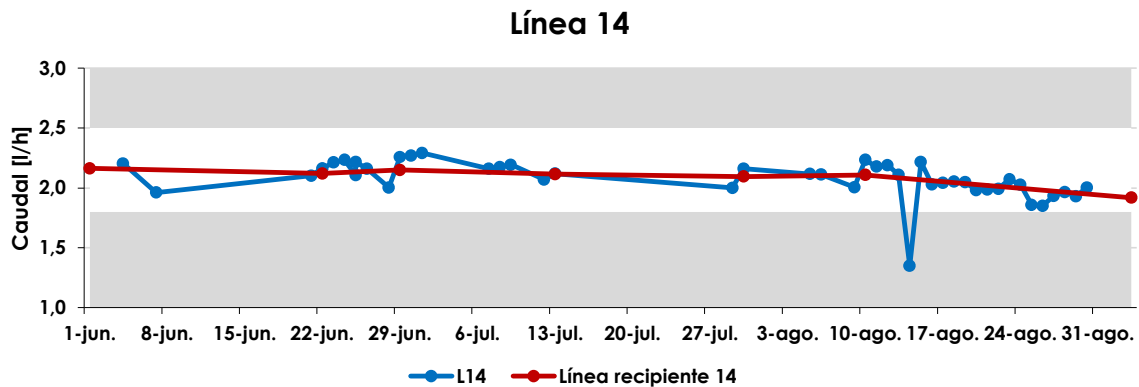
En lo referente a la evolución de los caudales de cada línea en las gráficas se comparó la evolución del caudal medio inicial para cada línea versus la evolución del caudal obtenido a partir del caudalímetro existente para cada línea, tomando como valores límite una variación del 7% del caudal medio inicial, en relación a la norma ISO 9261.[1]

Como se aprecia en las gráficas una de las referencias de material que mejor se comporta en el test de placa, como M3 (línea 9), también muestra elevada uniformidad y constancia en el caudal en la línea temporal, tanto en las medidas automatizadas como manuales.

#### Línea 9



En lo referente a la evolución de los caudales por emisor en el tiempo, a continuación, se detalla la gráfica de la referencia que peor comportamiento presentó en placa (M8 línea 14), apreciando una importante reducción de caudal en los últimos 20 días en la gráfica en la que se muestra el comportamiento de cada uno de los 6 goteros por línea, al igual que una alteración importante en la evolución del caudal en la línea temporal. En general, se aprecia que el caudal tiende a disminuir en todas las líneas. En ningún caso se han realizado operaciones de mantenimiento de laterales.



#### 4. Conclusiones

El método de riego localizado se ha convertido como una herramienta imprescindible en la reutilización de aguas residuales como muestra el actual Reglamento (UE) 2020/741, sin duda apoyado por la elevada eficiencia en la aplicación y el bajo riesgo de contaminación del producto agrícola y de los operadores de campo. El uso cada vez más frecuente de aguas de alta actividad biológica, como son las aguas procedentes de depuradoras municipales, agudizan los problemas de obstrucción del emisor, lo cual conlleva para el agricultor en muchos casos una importante reducción de la uniformidad en el riego y por ende una disminución de la producción agrícola, reduciendo la eficiencia global del sistema de riego y de los sistemas de reutilización del agua.

Poder determinar unas pautas de manejo que con agua regenerada nos permita anticiparnos a posibles problemas de obstrucción es una vía interesante que sin duda puede formar parte de una herramienta digital, sin embargo, la búsqueda de elementos que, sin incrementar el costo significativamente, presenten una capacidad inhibidora de la actividad microbiana puede ser un paso relevante para la optimización del riego de precisión para lo cual es necesario continuar sometiendo estas referencias a situaciones reales y sobre todo comparativas de comportamiento con los dispositivos de riego localizado.

#### 5. Agradecimientos

El trabajo recogido en este artículo forma parte de la de la convocatoria DESAFÍOS en el proyecto OXI-DAGUA "Nuevos materiales con propiedades antioxidantes y regeneradoras en sistemas de irrigación dopados para reutilización de agua en agricultura de precisión" con la colaboración financiera del Instituto de Fomento de la Región de Murcia y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). (Referencia: 2019.08.DEID.0016).

#### Referencias

1. ISO 9261 - Agricultural irrigation equipment — Emitters and emitting pipe — Specification and test methods