

B-07-2023

Comunicación científico-técnica

## Evaluación de la aplicación, a través de un sistema de Riego por Goteo Subterráneo (RGS), del subproducto líquido de la producción de aceite de oliva en procesos de dos fases

### Evaluation of the application of the liquid by-product of olive oil production in a two-stage process using a Subsurface Drip Irrigation system (SDI).

**Nortes, P.A.<sup>1</sup>; Munuera, M.T.<sup>2</sup>; Alarcón, J.J.<sup>1</sup>; Masdemont, B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Campus Universitario Espinardo, Murcia (España), [panortes@cebas.csic.es](mailto:panortes@cebas.csic.es)

<sup>2</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España)

**Resumen:** En la actualidad, la bioeconomía circular se postula como un estándar de referencia para implantar un modelo más sostenible ambiental, social y económico para el sector agrícola. Esto es gracias a que este sistema de gestión, producción y consumo de recursos promueve la obtención de recursos renovables cuyos subproductos pueden ser considerados como nuevos recursos con valor añadido. Retos como la disponibilidad de agua, la producción sostenible de alimentos o la mitigación de los efectos del cambio climático pueden afrontarse en el marco de este tipo de estrategias.

En este trabajo se plantea como objetivo promover el aprovechamiento de los subproductos líquidos derivados de la producción del aceite de oliva a través del diseño de alternativas de negocio que incrementen la competitividad del sector, la tecnificación de los regadíos y el incremento en la eficiencia en el uso de los recursos en el sentido más amplio del término.

Como resultado del estudio, se han desarrollado las herramientas y las estrategias que permiten al agricultor producir más cantidad de forma más económica y sostenible aprovechando un subproducto de la producción de aceite de oliva con un proceso de dos fases. Asimismo, se ha puesto en valor la sostenibilidad como factor para incrementar la competitividad del producto final y se ha demostrado que la economía circular es posible con soluciones tecnológicas al alcance del productor.

**Palabras clave:** Riego por goteo, olivar, fertirrigación, economía circular

## Evaluation of the application of the liquid by-product of olive oil production in a two-stage process using a subsurface drip irrigation system (RGS).

**Nortes, P.A.<sup>1</sup>; Munuera, M.T.<sup>2</sup>; Alarcón, J.J.<sup>1</sup>; Masdemont, B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Campus Universitario Espinardo, Murcia (España), [panortes@cebas.csic.es](mailto:panortes@cebas.csic.es)

<sup>2</sup> Sistema Azud, Alcantarilla, Murcia, (España)

**Abstract:** Today, the circular bioeconomy is postulated as a reference standard for implementing an environmentally, socially and economically sustainable model for the agricultural sector. This is because this system of resource management, production and consumption promotes the obtaining of renewable resources whose by-products can be considered as new resources with added value. Challenges such as water availability, sustainable food production or mitigating the effects of climate change can be addressed within the framework of this type of strategy.

The aim of this work is to promote the use of liquid by-products derived from olive oil production through the design of business alternatives that increase the competitiveness of the sector, the technification of irrigation and the increase in the efficiency in the use of resources in the broadest sense of the term. Likewise, the transfer of knowledge to the sector has been considered a fundamental objective, given that transmitting the results of the project to producers is the only way to facilitate its real implementation.

As a result of the study, tools and strategies have been developed that allow the farmer to produce more quantity in a more economical and sustainable way by using a by-product of olive oil production in a two-stage process. Sustainability has also been highlighted as a factor to increase the competitiveness of the final product and it has been demonstrated that the circular economy is possible with technological solutions within the reach of the product.

**Keywords:** drip irrigation, olive tree, fertigation, circular economy

## 1. Introducción

La utilización para la fertirrigación del olivo de los efluentes de almazaras es una práctica de riego regularizada en función de la Comunidad Autónoma y que está englobada en las acciones de gestión medioambiental. Existe abundante bibliografía referente a la mejora de las propiedades físicas y el aumento de la productividad del suelo incluso desde el primer año de fertilización empleando este tipo de subproductos [1] (Zema et al 2019). Otros efectos documentados son la capacidad de inmovilización de nitrógeno mineral en el suelo, así como la actuación sobre la respiración microbiana y las actividades enzimáticas y el incremento de la fertilidad del suelo, especialmente, la potásica. Además, los efectos residuales de estas enmiendas se mantienen incluso hasta una campaña tras su aplicación.

Por su parte, el riego por goteo convencional más extendido en la provincia de Jaén consiste en la utilización de emisores de riego pinchados en tubería que se alimentan a través de redes de distribución enterradas a lo largo de las hileras del cultivo. Los emisores se colocan distribuidos alrededor del pie de cada árbol, con un caudal superior a 4 l/h por unidad emergiendo a la superficie a través de microtubos de conexión. El aporte de nutrientes se localiza así en torno al emisor, en la superficie del suelo. Pero el sistema de producción de la aceituna configurado por largas hileras de olivo en laderas y montañas exige la utilización de sistemas de riego de precisión adaptados a las grandes variaciones de presión y a los terrenos con pendiente, para ser capaces de mantener la uniformidad en la aplicación del agua y evitar la escorrentía. Es por esto que, actualmente, es una tendencia clara en el sector la modernización con sistemas de riego de alta eficiencia, como el Riego por Goteo Subterráneo (RGS), una práctica agrícola cada vez más utilizada capaz de aumentar la productividad del agua de los cultivos [2] (Kandelous et al., 2012) ahorrando hasta 15% de agua de riego en la producción de olivar [3] (Ordaz, 2006).

El sistema de riego subterráneo aplica de forma directa la solución nutritiva al sistema radicular; ofreciendo ventajas para controlar la acumulación de sales en la zona de la raíz, por lo que esta singularidad de la localización a profundidad, eliminando el afloramiento de los efluentes a la superficie o evitando derivas superficiales, y desprendimiento de olores, lo señala como una interesante herramienta de gestión de este tipo de efluentes. Adicionalmente la optimización de los caudales de riego que aporta el RGS permite reducir el consumo energético e hídrico de las instalaciones. Este sistema de riego aporta seguridad laboral y sanitaria ya que evita el contacto del usuario con la solución nutritiva (bien sea de síntesis o de origen natural); también favorece una menor presencia y desarrollo de malas hierbas puesto que elimina la humedad superficial del suelo lo que se traduce en una reducción del consumo y aplicación de herbicidas; disminuye el riesgo de plagas y enfermedades gracias al control preciso de la humedad; y, por su particular ubicación enterrada, reduce daños en el sistema de riego ocasionados bien por animales o por tareas agrícolas, laboreo, paso de vehículos, exposición solar, etc. Asimismo, permite reducir la mano de obra y facilita las tareas agrícolas gracias a la ausencia de componentes del sistema en superficie; entre otras muchas bondades.

De este modo, el RGS no sólo favorece la optimización de recursos valiosos como el agua, sino que también permite reducir costes en las explotaciones agrícolas gracias a la optimización del resto de los recursos (energía, insumos, mano de obra...).

A pesar de todo esto y, siendo el RGS una tecnología en clara expansión dentro del sector agrícola, prácticamente no existen referencias de su utilización en la aplicación de efluentes de almazara debido, fundamentalmente, a las reticencias y la desconfianza generadas por los problemas intrínsecos de la naturaleza compleja de los mismos, ya que su alto contenido en materia orgánica (DBO5, DQO) o su elevada salinidad, dificultan su manejo siendo un potencial reductor de la precisión exigida a los sistemas de riego.

Por todo ello, el objetivo principal del presente trabajo fue mejorar la productividad, competitividad y sostenibilidad de productores de aceituna y aceite de oliva gracias al uso combinado de efluentes de extracción en sistemas de Riego por Goteo Subterráneo, así como, promover la modernización de regadíos de forma generalizada y el aprovechamiento de los efluentes de almazaras frente a fertilizantes de síntesis, todo ello para aumentar la productividad de los olivares así como su competitividad.

## 2. Materiales y métodos (Trabajo de innovación: descripción de la innovación)

### 2.1. Descripción de la parcela experimental

El estudio se realizó en 2022 y 2023 en una explotación comercial ubicada en el término municipal de Torreblascopedro, Jaén, (38.0311639695 -3.6362023756). La parcela de 10 ha, está cultivada de forma tradicional con olivos cv. Picual, a marco de plantación 10x10 y regados con 2 emisores por planta de 4 L h<sup>-1</sup> (RGA). En el año 2022, aproximadamente 5 ha de la explotación fueron transformadas a Riego por Goteo Subterráneo (RGS), con doble tubería emisora a 1.5 m del tronco y 30 cm de profundidad, se empleó AZUD PREMIER PC AS 16 / 2.3 L h<sup>-1</sup> 0,80 m 1,1 mm (SISTEMA AZUD, SA, Murcia, España) (Figura 1). La parcela transformada a RGS se dividió en distintos sectores que permitieran realizar las repeticiones de los ensayos establecidos.

En cada tratamiento de riego se instaló una sonda de perfil de humedad modelo Drill & Drop (Sentek Sensor Technologies, Stepney, Australia) para la monitorización del contenido de humedad del suelo. La sonda utilizada tiene una longitud de 90 cm y permite medir el contenido volumétrico de humedad del suelo a nueve profundidades (5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 cm).

El agua de riego de la parcela es procedente de un pozo con un nivel piezométrico de 80 m, viéndose comprometido durante los periodos de alta demanda evaporativa por la gran demanda de la zona regable.



**Figura 1.** Distribución de la zona transformada en RGS y sistema de inyección de la tubería de riego.

## 2.2. Tratamientos de Riego

Se ensayaron 3 tratamientos de riego distribuidos según diseño experimental de bloques al azar, consistente en 4 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos ensayados fueron 2 en RGS y 1 RGA, en el caso de RGS uno de los tratamientos recibió, en todos los eventos de riego realizados, un 10% del volumen de efluentes de almazara con proceso de elaboración de aceite de dos fases. Concretamente, el efluente aprovechado consistía en una mezcla del agua del lavado de la aceituna, del lavado de las tolvas y del baldeado de suelos, también llamado alpechín. Todos los tratamientos recibieron la misma dotación hídrica  $1500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e idéntica cantidad de elementos fertilizantes, aportados por sistema de fertirrigación AZUD QGROW (SISTEMA AZUD, SA, Murcia, España), que ofrece la robustez necesaria para trabajar con la naturaleza compleja del subproducto gracias al uso de inyectoras que carecen de partes móviles y no requieren equipos auxiliares de protección.

## 2.3. Medidas

El volumen de agua aplicada y los caudales de riego fueron medidos con contadores provistos de emisor de pulsos; el volumen de abono aportado, así como cantidad de alpechín fue medido con caudalímetros magnético inductivos (IFM mod. SM6020) instalados en los propios brazos de inyección de los inyectoras diferenciales y todo ello fue registrado en el mismo cabezal de riego controlador de riego Mithra Hidro 3K instalado en el equipo de fertirrigación AZUD QGROW.

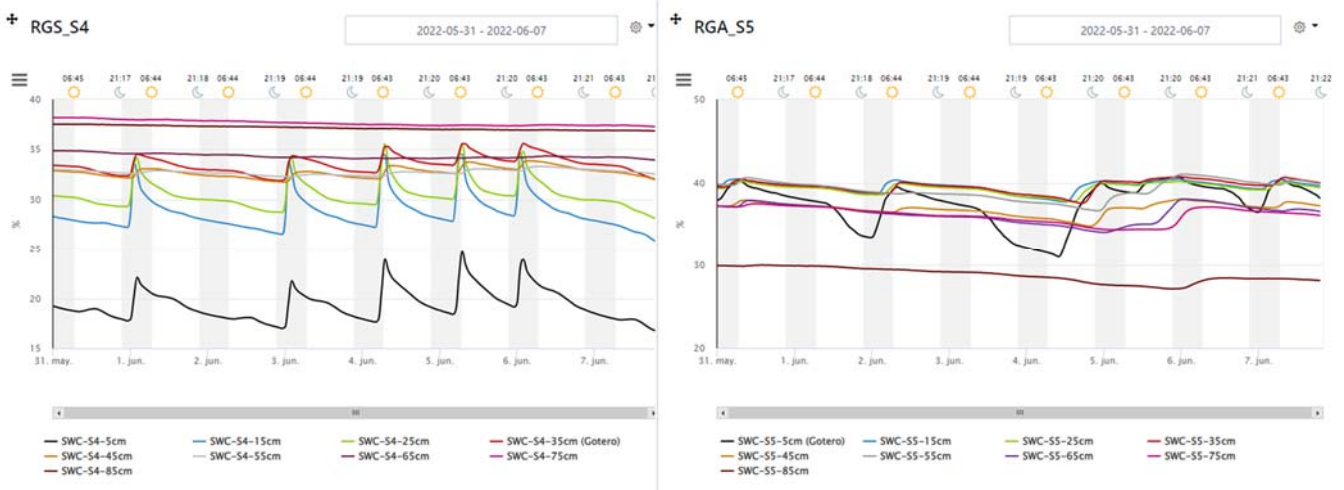
Se llevó a cabo el seguimiento del contenido mineral de aniones y cationes así como el C/N, a nivel foliar, determinado en el Servicio de ICP del CEBAS-CSIC en Murcia. Así mismo, en tres momentos durante el ensayo (1 mes, tras la instalación del sistema de riego RGS, 6 meses y 18 meses), se

realizaron muestreos del perfil del suelo 0-100 cm, cada 20 cm para determinar la densidad radicular de los distintos sistemas de riego, RGS y RGA. En el caso de RGA, se muestreó a 35 cm del emisor en la zona de influencia del bulbo húmedo, mientras que en el caso de RGS, se muestreó a lo largo de todo el marco de plantación, a lo largo del lateral de riego, y a 25 cm del emisor. Para ello se utilizó barrena de dimensiones conocidas, las muestras fueron lavadas y secadas en estufa hasta peso constante, se clasificaron en dos categorías  $>0.05$  mm y  $<0.05$  y los resultados fueron expresado como densidad de peso radicular (DPR, g de peso seco de raíz por  $\text{cm}^{-3}$  de suelo).

La cosecha se evaluó en cuatro árboles de cada repetición por tratamiento, los cuales fueron recogidos de forma manual y pesados de forma individual con balanza portátil. Posteriormente se tomó una alícuota de 2 kg de cada árbol para la determinación del contenido en aceite de cada muestra.

### 3. Resultados

La figura 2, muestra la evolución del agua en el suelo en función del régimen de riego tanto para los tratamientos de RGA como RGS. La dotación de riego para todos los tratamientos fue la misma  $1500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  tal y como se ha citado en M&M, por tanto, se varió tanto la frecuencia como la dosis para aportar semanalmente el mismo volumen de agua en RGA que RGS. Como se puede observar, el agua aportada en RGS únicamente exploró el horizonte 0-55 cm, mientras que RGA con tiempos de riego más amplios, para garantizar la aplicación de la misma dotación en todos los tratamientos, superó en muchos momentos del ciclo de riego la profundidad de 90 cm, lo que es indicativo de pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación.

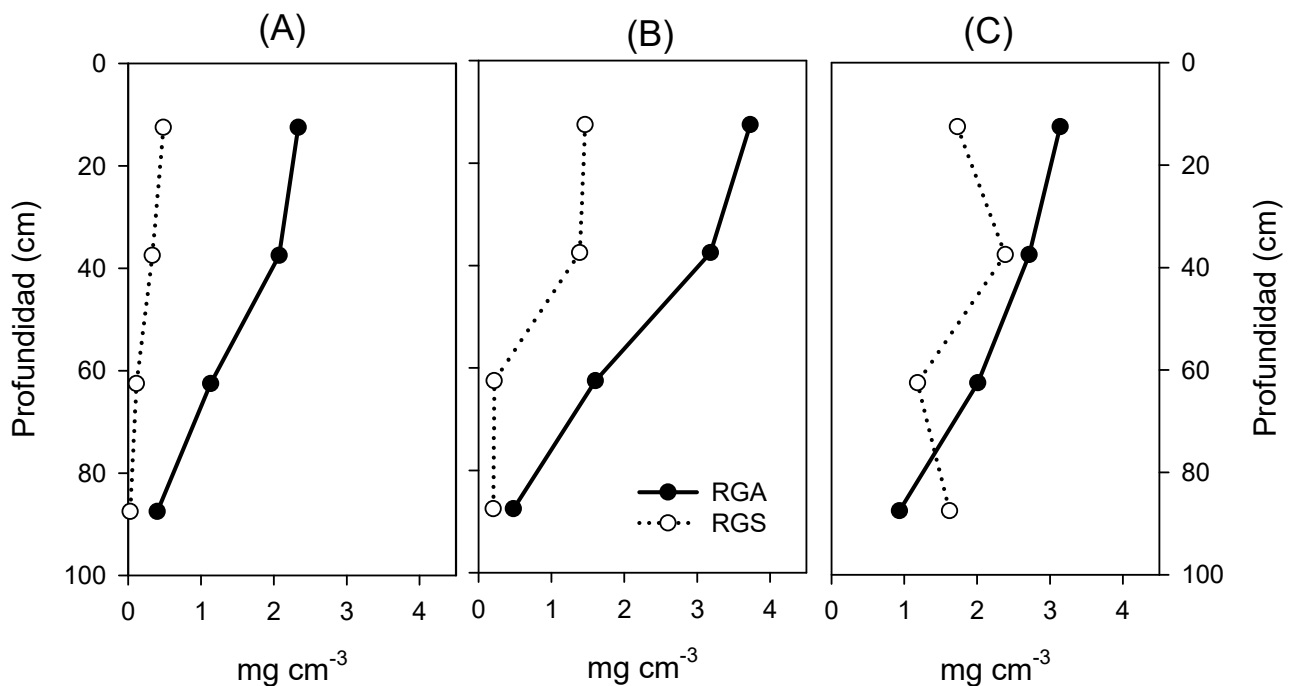


**Figura 2.** Dinámica de agua de riego en el perfil 0-100.

La figura 3 muestra la densidad radicular media en cada uno de los sistemas de riego ensayados RGA y RGS. Como se puede observar, los valores de RGA en la zona de influencia del bulbo húmedo fueron similares durante todo el periodo de estudio, mientras que RGS experimentó un incremento exponencial de densidad radicular, pasando de valores de  $0.25 \text{ mg cm}^{-3}$  de raíces inferiores a  $0.05$  mm de diámetro a valores similares a RGA  $2 \text{ mg cm}^{-3}$  de suelo

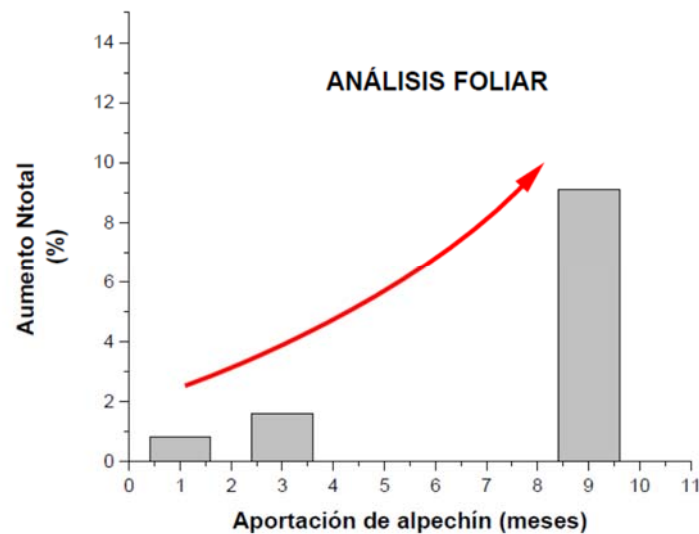
tras 18 meses desde su implantación. Esto hace prever una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes de RGS frente a RGA, al agotar el stock en cada evento de riego, dado que en RGA únicamente cuenta con 2 emisores por planta de  $4 \text{ L h}^{-1}$ , mientras que RGS cuenta con 24 emisores.

La mayor densidad radicular se encontró a 40-50 cm de profundidad, tanto para RGA como en RGS.



**Figura 3.** Densidad radicular en el perfil 0-100 de raíces  $< 0.05 \text{ mm}$  durante el periodo de estudio (A) 1 mes, (B) 6 meses y (C) 18 meses tras la instalación de RGS.

El contenido mineral tanto de aniones y cationes a nivel a nivel foliar realizados durante todo el periodo experimental, no mostraron diferencias entre tratamientos para todos los elementos analizados (datos no mostrados), únicamente se observó un aumento porcentual del  $N_{\text{Total}}$  en hoja en el tratamiento de RGS fertirrigado con aguas de lavado de almazara frente al resto de tratamientos (Figura 4), lo que muestra la capacidad de aprovechamiento del residuo de aguas de lavado vía sistema de riego.



**Figura 4.** Incremento de  $N_{total}$  en RGS fertilirrigado con aguas de lavado frente a RGS sin aporte de aguas de lavado a lo largo de periodo experimental.

Por otro lado, se realizó el seguimiento de los caudales instantáneos, durante todos los eventos de riego para los distintos tratamientos (Figura 5). Se puede observar que el tratamiento regado con adición de aguas de lavado no provocó obstrucción en los emisores a nivel del sector de riego, manteniendo caudales instantáneos de en torno a  $9500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  durante toda la campaña. Únicamente se observaron variaciones durante los meses de mayor demanda evaporativa, debidas al agotamiento del pozo, lo que impedía al sistema hidráulico alcanzar los caudales nominales en los distintos sectores de riego.

A nivel productivo, durante el primer año tras la conversión del sistema de riego tradicional RGA a RGS, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de riego, mostrando producciones medias de  $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , si bien es cierto que el contenido en aceite en el caso de los tratamientos regados bajo RGS superaron en un 4% al rendimiento obtenido en el RGA, con valores medios del 21% frente a 17% en RGS y RGA, respectivamente.

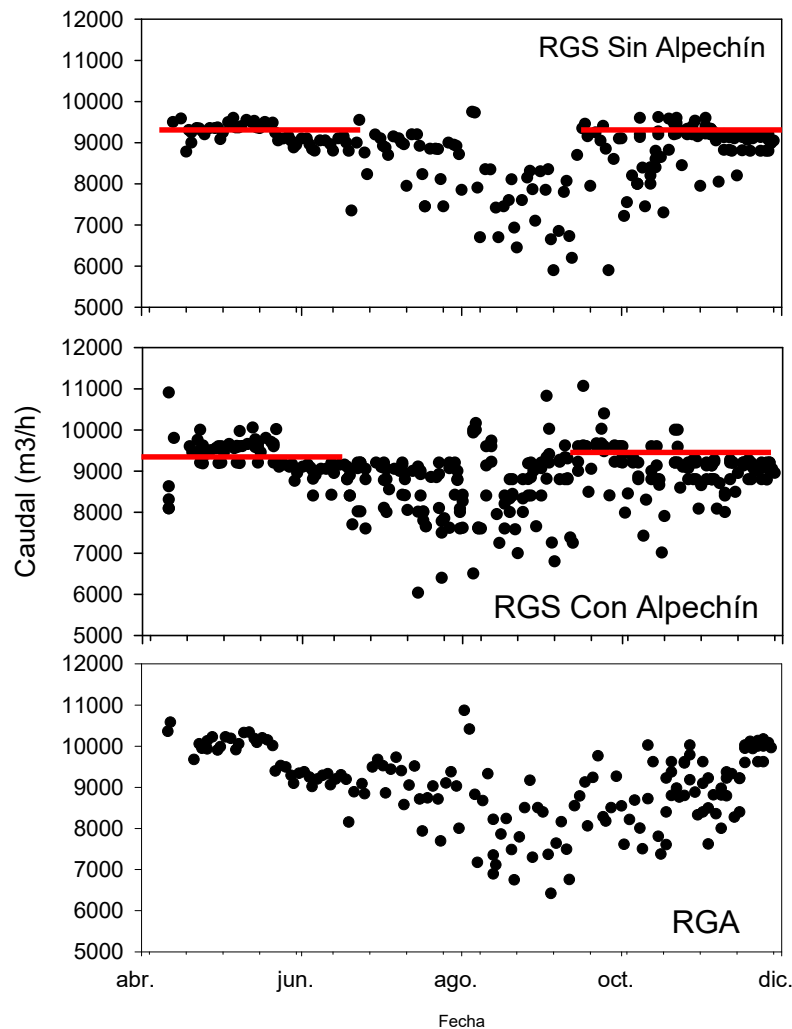


Figura 5. Caudal instantáneo en  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$  en cada evento de riego durante el periodo experimental

#### 4. Conclusiones

La transformación de la superficie cultivada de olivar de RGA a RGS no produjo reducciones en la producción de fruto ni afección de la plantación, en cambio sí promovió un mayor rendimiento de aceite del fruto, así como un crecimiento radicular en RGS, alcanzando valores a nivel absoluto similares a RGA tras 18 meses desde su implantación.

A nivel hidráulico, no se observaron obstrucciones del sistema de riego, durante el periodo de ensayo.

Los resultados preliminares del presente ensayo muestran un gran potencial del sistema RGS en el sector del olivar, aunque son necesarios mayores periodos de seguimiento para validar tanto los resultados agronómicos como hidráulicos de la superficie transformada.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de G.O. Subalma "Mejora de la productividad y sostenibilidad de sistemas de riego por goteo subterráneo (RGS) que aprovechan el residuo de



# XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



---

almazaras como fertilizante mediante el uso de nanoburbujas” financiado al 80 % por la Unión Europea a través de fondos FEADER y cofinanciación nacional del 20% siendo la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (DGDRIFA) la autoridad de gestión encargada de la aplicación de ambas ayudas.

## Referencias

1. Zema, D.A., Esteban Lucas-Borja, M., Andiloro, S., Tamburino, V., Zimbone, S.M. 2019 Short-term effects of olive mill wastewater application on the hydrological and physico-chemical properties of a loamy soil *Agricultural Water Management*, 221, pp. 312-321.
2. Maziar M. Kandelous, Tamir Kamai, Jasper A. Vrugt, Jiří Šimůnek, Blaine Hanson , Jan W.Hopmans. 2019. Evaluation of subsurface drip irrigation design and management parameters for alfalfa *Agricultural Water Management*, 109, pp 81-93
3. Orgaz, F, Testi, L, Villalobos, FJ and Fereres, E. 2006. Water requirements of olive orchards-II: determination of crop coefficients for irrigation scheduling. *Irrigation Science* volume 24, pp. 77–84