XL CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS

ALBACETE 2025

Acto inaugural, de izquierda a derecha: D. José Juan Fernández Zarco. Dir. Gral. Desarrollo Rural. Junta de C. de Castilla-La Mancha, D. Ricardo Cuevas Campos. Vicerrector de Política Científica. Universidad de Castilla-La Mancha, Dña. María Begoña García Bernal. Secretaria de Estado de Agricultura y Alimentación. MAPA, Dña. Rosa María González de la Aleja Sirvent. Quinta Teniente de Alcalde y Concejala de Sostenibilidad y Marca Albacete, D. José Mª González Ortega. Presidente de AERYD

Junio de 2025

CONCLUSIONES GENERALES

El 40 Congreso Nacional de Riegos ha sido el segundo que ha contado con la coorganización conjunta entre el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y la Asociación Española de Riegos y Drenajes, gracias al convenio de colaboración firmado entre ambos organismos en marzo del año 2023.

El Congreso consolidó la integración de tecnología y digitalización en el regadío moderno, reforzando el compromiso de España con la transición ecológica, la eficiencia energética y el desarrollo rural sostenible. Además, puso de manifiesto el uso de las nuevas tecnologías y los recursos no convencionales como forma de impulsar el regadío sostenible.

Para afrontar con éxito los retos del futuro del regadío y para hacer del mismo una práctica más sostenible y productiva, el sector apuesta claramente por la combinación de las siguientes acciones:

I. La tecnología debe ser resiliente y capaz de prever y adaptarse a escenarios extremos de clima, temperatura y disponibilidad de recursos.

II. La eficiencia hídrica sigue siendo el gran reto, especialmente en contextos de escasez y sequía. En este contexto, se ha de apostar por la utilización de recursos hídricos no convencionales y por una tecnología que debe ajustarse a las variaciones climáticas y al tipo de cultivo, algo que requiere un análisis continuo de datos.

III. Incorporar sensores, IoT, satélites y plataformas de datos en sistemas agrícolas requiere inversiones, formación y adaptación del agricultor, pero trae consigo una mejora del regadío, productividad y sostenibilidad.

El 40 Congreso Nacional de Riegos ha representado un importante foro de debate sobre la situación actual y futura del regadío, y ha demostrado ser una herramienta eficaz para la interacción entre los principales agentes implicados en su desarrollo: investigadores y técnicos, administración, empresas y regantes.

CONCLUSIONES POR ACTIVIDADES

1. Conclusiones relativas a las SESIONES TECNICO-CIENTIFICAS

1.1. SESIÓN A: Interacción Medioambiente y Agricultura

Este grupo temático ha dado cabida a diversos temas como: la mejora de la productividad del regadío y reducción de la salinidad gracias a la modernización, soluciones tecnológicas para la medición y reducción del impacto del fertirriego o la aplicación de prácticas más eficientes de riego. Se presentaron 17 comunicaciones técnico-científicas, repartidas en tres sesiones en las que se abordaron diversos temas:

- Se presentaron resultados enfocados, en particular, a determinar de forma más precisa las necesidades hídricas de los cultivos. De este modo se sientan las bases para una programación del riego más eficiente, pudiendo aplicar la dosis de riego ajustada las necesidades reales de los cultivos. Los nuevos avances, tanto en la modelización de la evapotranspiración (ET) como en su medida experimental, se llevaron a cabo tanto en cultivos herbáceos como en leñosos, presentándose una actualización completa de los coeficientes de cultivo a emplear, considerando las nuevas investigaciones realizadas en las últimas décadas.
- También, se presentaron nuevos resultados acerca de cómo las nuevas condiciones climáticas previstas para los próximos años, como consecuencia del cambio global, pueden influir sobre las necesidades hídricas de los cultivos. Una información de sumo interés para los usuarios finales y las entidades encargadas de la gestión de los recursos hídricos.
- La conductividad del agua drenada circulante por barrancos desciende considerablemente a largo plazo con la implantación del riego presurizado, transformando parcelas inicialmente no cultivables por la alta salinidad, en tierras productivas gracias al lavado de sales inducido por el riego. No obstante, se ha duplicado su concentración de nitrato (hasta 65 mg/l de media), por lo que el manejo de la fertilización nitrogenada no es el óptimo y el lixiviado indeseado de fertilizantes deteriora la calidad química de las aguas de los cauces naturales por encima de valores deseables. Se indica que medidas de control como la instauración de filtros verdes no han sido suficientes y queda en manos de los agricultores optimizar la aplicación de fertilizantes, mientras la administración no proponga normativas más eficaces.
- Se presenta una metodología de medidas preventivas y correctoras de impactos del regadío sobre las masas de agua, utilizando unos dispositivos de medición de nitrato en el lixiviado, que se han implantado en más de 100.000 ha de cultivo de cítricos, olivar, viña, hortalizas, fruta de hueso, almendros y pistachos. Se presentan casos de éxito como la Sociedad Cooperativa Andaluza Costa Huelva, que ha obtenido el certificado de Huella de Nitrato para frutos rojos en la provincia de Huelva.
- El riego del granado ‘Wonderful’ con uno o dos laterales, manteniendo idénticas dosis y frecuencias de riego, no afectó al estado hídrico del cultivo ni al crecimiento vegetativo, ni a la producción ni a la calidad de la granada. Se apunta una tendencia

a mayores producciones en el tratamiento con doble lateral, instando a continuar con los ensayos durante un periodo de tiempo más amplio.

- Ensayos de manejo del fertirriego en hortícolas intensivos donde no puede separarse el riego de la fertilización indican que la frecuencia de riego, a través de riegos más frecuentes y de corta duración, puede mejorar la disponibilidad de agua y nutrientes, y mejorar el desarrollo del cultivo. Esta práctica, junto con la elección adecuada de la fuente de nitratos, pueden suponer importantes pasos para la optimización del uso del agua y los fertilizantes.
- La transformación de sistemas de riego por goteo superficiales a sistemas de riego por goteo subterráneos en el cultivo del olivo supone una evolución hacia prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, no observándose reducciones de producción y promoviendo un mayor crecimiento radicular. El riego subterráneo, aunque supone desafíos técnicos y económicos, tiene asociados beneficios en términos de eficiencia hídrica, salud del cultivo y productividad, convirtiéndolo en una alternativa prometedora para la olivicultura moderna.
- La estrategia de programación de riegos en cultivos leñosos es fundamental para maximizar el rendimiento bajo condiciones de riego deficitario, siendo necesario el análisis del impacto económico de las estrategias propuestas sobre la rentabilidad final de la explotación y la disponibilidad de agua para otros cultivos y/o para incrementar o reducir la superficie regable en función del volumen de agua de riego que se decida aplicar a la plantación.
- El manejo del propio cultivo es otro factor relevante para lograr los mejores resultados en términos de productividad económica y agronómica del agua de riego, pudiendo destacarse la selección del material vegetal, el marco de plantación, el nivel de poda y las expectativas de cosecha esperada en función de los posibles fenómenos climáticos adversos que hayan afectado a la plantación.

1.2. SESIÓN B: Tecnología y digitalización al servicio del regadío

Durante esta sesión se han expuesto un total de 13 trabajos sobre diversos temas que incluyen la creación de gemelos digitales para la generación de herramientas para el regadío, el agotamiento del agua disponible en el suelo, la detección para la evaluación de la fisiología del brócoli y el estrés hídrico. Como conclusiones generales, se destacan las siguientes:

- Se ha presentado el proceso de adaptación de un modelo científico de programación de riegos de cultivos herbáceos a escala de parcela realizado en el marco de un proyecto de la convocatoria europea PRIMA. Para lograr un uso eficiente de los recursos hídricos, las herramientas digitales de apoyo a la toma de decisiones deben estar adaptadas a las necesidades de los usuarios finales y validadas en las zonas donde vayan a utilizarse.
- Se ha mostrado la utilidad de disponer de un modelo validado de simulación del proceso de fertirrigación, que aporta información clave para la toma de decisiones durante los eventos de fertirriego a escala de subunidad de riego. El modelo estima con precisión las dosis de fertilizante aplicadas, así como los momentos adecuados para su aplicación. Esto permite optimizar la programación de la fertirrigación, asegurando la correcta dosificación, tiempos de aplicación y limpieza a nivel de gotero.

Consecuentemente, ayuda a realizar un manejo más preciso y sostenible del fertirriego, gracias a la mejora de la eficiencia en la aplicación de insumos y la minimización de los problemas asociados a la acumulación de sales en la subunidad.

- Se destaca la utilidad del índice NDVI para identificar los diferentes estadios fenológicos en cereales como maíz, trigo y cebada. Se encontró que un umbral de NDVI de 0,3 puede predecir el inicio del ciclo de crecimiento (green-up) con una precisión similar a las fechas de siembra o emergencia, lo que le convierte en una herramienta práctica y objetiva cuando esas fechas no están disponibles. Además, se establecieron umbrales específicos de NDVI para determinar la madurez fisiológica en los cultivos estudiados ayudando en la toma de decisiones, como por ejemplo la finalización del riego. Sin embargo, la comparación de diferentes métricas temporales (grados-día, ETo, días naturales) mostró que ninguna de ellas es completamente suficiente para describir el crecimiento de los cultivos, por lo que la elección de la métrica puede depender del estadio fenológico y de la disponibilidad de datos.
- Se demuestra el potencial de combinar redes neuronales convolucionales y teledetección para clasificar cultivos agrícolas usando series temporales de imágenes Sentinel-2. El modelo, entrenado a nivel de píxel y desplegado en un visor interactivo con datos procesados desde Google Earth Engine, ha mostrado alta precisión en la identificación de cultivos de regadío. Las métricas indican un rendimiento sólido, especialmente en cultivos de gran importancia agronómica. La integración con Google Earth Engine permite el uso en tiempo real de los datos, haciendo esta herramienta escalable y accesible para apoyar una gestión agrícola eficiente y sostenible, especialmente para la optimización del uso del agua. La metodología propuesta podría ser aplicada en contextos reales de monitorización y planificación agrícola.
- El análisis de los sistemas de riego en Monte Saso de Biota muestra un desempeño aceptable, mejorable en algunas zonas. El riego por pivote central presenta menor impacto del viento, pero se detectaron deficiencias en mantenimiento y variaciones en el caudal en los tramos finales, afectando la uniformidad. Los patrones circulares de NDVI y rendimiento indican la necesidad de revisar la lámina de reposición y evaluar el impacto en la uniformidad del uso prolongado (más de 15 años) de emisores i-Wob. En cobertura total, los valores de uniformidad son aceptables, aunque las pérdidas por evaporación y arrastre, influenciadas por el viento, afectan especialmente los bordes de las parcelas, donde se requiere más agua y energía. Para el riego por goteo, se espera una mejora significativa en uniformidad, ajustando las presiones y renovando emisores y laterales de forma progresiva.
- Se muestra cómo el uso de datos de teledetección obtenidos con vehículos autónomos no tripulados de alta resolución en el modelo AquaCrop-OSPy mejora significativamente la simulación del desarrollo, uso del agua y rendimiento del brócoli. La incorporación de información empírica sobre la cubierta vegetal y la evapotranspiración real permite representar mejor la variabilidad espacial y temporal entre estrategias de riego. La integración con el modelo PyTSEB mejoró la precisión, mostrando la eficacia del enfoque híbrido para manejos variables. Estos resultados sientan las bases para modelos más robustos y recomiendan avanzar hacia la asimilación de datos en tiempo real, validación multiescala y optimización automática, para una gestión del riego más precisa y eficiente.

- Las imágenes satelitales con banda térmica permiten calcular la evapotranspiración del cultivo, proceso clave afectado por el riego, lo que facilita clasificar parcelas según su régimen de riego. Los métodos tradicionales de clasificación, basados en árboles de decisión estáticos, funcionan bien para cultivos hortícolas, donde la relación entre riegos e índices de vegetación es compleja, pero no tanto para cultivos leñosos, donde las interrelaciones son más complicadas. Incorporar la evapotranspiración del cultivo mejora el proceso de la clasificación. Además, esta metodología ofrece alta precisión y bajo coste en comparación con las inspecciones tradicionales, convirtiéndola en una herramienta valiosa para la planificación y gestión eficiente de los recursos hídricos.
- Herramientas desarrolladas como plugin para sistemas de información geográfica (SIG), como GGIS de código libre, permiten generar modelos hidráulicos de la red riego y su conexión en tiempo real con diversas fuentes de información (sensores datos climáticos…). Mediante el software libre Epanet, el plugin permite simular y analizar el funcionamiento de la red de riego bajo distintos escenarios de operación (escasez de agua, cambio de las condiciones climáticas, cambios de cultivo, estrategia de riego…). Asimismo, permite actualizar y visualizar los datos de los sensores instalados en el sistema real en tiempo real y realizar diversos análisis de series temporales de datos registrados, generando informes para facilitar al usuario del sistema la toma de decisiones.
- La automatización del riego en base al umbral de Agotamiento Máximo Permisible (AMP) representa un criterio de decisión clave en la programación del riego, ya que permite establecer el momento óptimo para la reposición hídrica, evitando circunstancias de estrés hídrico y/o riego excesivo. La aplicación del riego basada en un déficit ligero del 10–30% del AMP, monitorizado con sensores de suelo TDR, favorece un estado hídrico óptimo en la planta (especialmente durante el verano) sin limitar el crecimiento vegetativo, y mantiene niveles adecuados de producción y calidad de fruto acordes a la edad del limonero.
- El cálculo de índices de vegetación como el NDVI mediante vehículos aéreos no tripulados (VANTs), proporcionan información detallada sobre la sanidad del cultivo, el estrés hídrico o la eficiencia fotosintética de las plantas, permitiendo tomar decisiones en campo.
- La determinación precisa del índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI) mediante el uso de imágenes aéreas, resulta de gran interés para la determinación del estrés hídrico en cultivos y la adopción de técnicas de riego deficitario.

1.3. SESIÓN C: Ingeniería del riego: Nexo agua-energía

La temática tratada en este grupo ha dado cabida a diversos temas como: la mejora de la eficiencia hídrica y energética en el regadío, los retos de integrar energía solar en sistemas de riego a la demanda o el uso de tecnologías de IA, gemelos digitales o sensores para optimizar el uso de agua y energía entre otros. Se presentaron 12 comunicaciones orales técnico-científicas, repartidas en dos sesiones en las que las principales conclusiones fueron las siguientes:

- El estudio se centra en un análisis comparativo de seis casos, evaluando la integración de la energía solar y su relación con las prácticas agrícolas. A pesar de inversiones

significativas en plantas solares, la proporción del consumo energético cubierto por energía solar es limitada debido al riego bajo demanda las 24 horas. El texto también examina los desafíos económicos como el aumento de los costes de energía y las restricciones normativas para vender el exceso de energía solar, sugiriendo estrategias como el almacenamiento energético y la realización de ajustes en la programación del riego para mejorar la viabilidad.

- En este trabajo se verificó el efecto que tuvo la aplicación de la dosis de riego diferenciada sobre el cultivo durante 5 campañas. El objetivo fue aumentar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura de regadío moderna. Se compara el rendimiento y la productividad hídrica en diferentes zonas con dosis de riego diferenciadas versus métodos convencionales, sometidas a limitaciones de agua anuales. Los hallazgos principales sugieren que, si bien la variabilidad climática interanual influye, el riego de precisión puede optimizar la distribución del agua y mejorar la producción incluso con una dotación hídrica reducida.
- Este texto describe la implementación del enfoque del Nexo Agua-Energía-Alimentos-Medioambiente (WEFE) en el sector del riego, destacando la necesidad de una gestión integrada de recursos frente a enfoques aislados. Se presenta una metodología participativa basada en Modelos de Sistemas Dinámicos para comprender las interdependencias sectoriales. Se detalla la aplicación de este enfoque en cinco áreas piloto dentro del proyecto REXUS, con un enfoque especial en el uso del agua para riego. Finalmente, se discuten las metodologías utilizadas para la evaluación del nexo, incluyendo la contabilidad del agua mediante teledetección y la construcción de diagramas de bucle causal, y se presentan los primeros resultados y lecciones aprendidas. Como principal resultado se muestra una exitosa aplicación de la contabilidad hídrica por teledetección y la generación de Diagramas de Bucle Causal (CLDs) para identificar desafíos del nexo WEFE.
- Se propone un modelo híbrido basado en Redes Neuronales Transformer (TNNs) y lógica difusa (FL) para predecir la demanda energética horaria en zonas de riego, específicamente en el Valle Inferior del Guadalquivir. El objetivo es mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y reducir costes operativos mediante la predicción precisa del consumo energético, utilizando datos históricos y variables como clima, precios de energía y distribución de cultivos. Los resultados muestran la eficacia de la IA en la gestión eficiente de recursos en la agricultura, logrando una alta precisión predictiva, y subraya la importancia de este enfoque para optimizar la asignación de recursos y reducir costes operativos en sistemas de riego presurizados.
- Se describe el desarrollo y la aplicación de un gemelo digital para optimizar la gestión energética de los sistemas de bombeo en las redes de distribución de agua de riego. El estudio aborda el aumento del consumo energético en la agricultura de regadío modernizada en España y propone una solución, utilizando tecnologías de la Industria 4.0 como el IoT y el análisis de datos. El gemelo digital, desarrollado en Matlab-Simulink, permite la regulación dinámica de la presión de bombeo basándose en la monitorización en tiempo real de los puntos críticos para reducir los costes energéticos. Se presentan los resultados de las simulaciones y se destaca el potencial de ahorro de energía de hasta un 15% en ciertas condiciones.

- El objetivo de este trabajo es realizar, en condiciones reales de operación, medidas de parámetros eléctricos e hidráulicos en una finca de riego para determinar la eficiencia energética de 5 sondeos y un rebombeo (dotado de variador de frecuencia). Se realizaron mediciones de parámetros eléctricos e hidráulicos para identificar ineficiencias, como el bajo rendimiento de ciertas bombas o la operación de equipos de velocidad variable fuera de sus condiciones óptimas, lo que conduce a sobrecostes energéticos. Las conclusiones subrayan la necesidad de analizar tanto los sistemas de velocidad fija como los de velocidad variable, ya que la eficiencia puede verse comprometida por el desgaste, el funcionamiento fuera de las condiciones de diseño o los requisitos de presión y caudal.
- Se presenta un estudio sobre la gestión eficiente del riego localizado en algarrobos en zonas semiáridas. Se evaluó un sistema de monitorización multiescalar que integra sensores fisiológicos, edáficos y climáticos, para caracterizar el estado hídrico del sistema suelo-planta-atmósfera. Los resultados demostraron fuertes correlaciones entre las variables medidas, como la relación negativa entre el potencial hídrico del tallo y la temperatura del aire, o entre la temperatura ambiental y la humedad del suelo. La investigación confirma la utilidad de esta arquitectura de sensorización para realizar una monitorización precisa, y sienta las bases para su aplicación en sistemas de soporte a la decisión orientados a la optimización del riego en cultivos leñosos.
- Se ha presentado una metodología basada en el riego deficitario optimizado para dotaciones limitadas de riego y diversidad de cultivos, de tal manera que define qué cultivos sembrar y la superficie asignada a cada uno de ellos, así como la distribución del agua de riego para maximizar rendimientos.
- Se ha realizado un modelo de la radiación horaria media a lo largo del día con respecto a su total para su aplicación en riego fotovoltaico de parcela. Este modelo permite obtener los valores medios, percentiles deseados, así como, generación de series aleatorias.
- La energía solar se está convirtiendo en una alternativa cada vez más frecuente para el suministro energético en las grandes comunidades de regantes. Los resultados muestran que, a pesar de las inversiones significativas en plantas solares, en algunas con potencias superiores a varios MW, la proporción del consumo energético total cubierta por la energía solar se sitúa entre el 40% y el 57%. Para ello se proponen nuevos protocolos de gestión del riego.
- Se han ensayado diferentes sondas de humedad usadas de forma habitual para gestionar el riego. Los resultados de los ensayos muestran una alta variabilidad entre modelos, tanto en la respuesta a eventos de riego como en la lectura de contenido hídrico. El 40 % de las sondas presentaron algún tipo de fallo durante el ensayo, y un 20 % fueron descartadas por problemas técnicos graves.
- Se ha presentado una nueva metodología para estimar el contenido de humedad del frente de avance del bulbo húmedo en el suelo bajo condiciones de riego por goteo superficial, a través de una ecuación analítica simplificada. El método es eficiente, ya que depende de magnitudes del sistema de sencilla obtención experimental, como son el caudal y la evolución temporal del frente avance.

1.4. SESIÓN D: Fuentes de agua para el regadío: subterránea, superficial, no convencionales

La temática tratada en este grupo ha dado cabida a diversos temas como: el uso de recursos alternativos para mejorar la resiliencia hídrica y reducir el uso de fertilizantes, la normativa de aplicación de contaminantes, los fármacos o el desarrollo de ensayos para descartar problemas sanitarios por el uso de aguas regeneradas. Se presentaron ocho comunicaciones orales técnico-científicas sobre el uso de nuevas tecnologías en el regadío, concentradas en dos sesiones en las que las principales líneas abordadas fueron:

- El uso de aguas regeneradas procedentes de EDAR con fines agrícolas se ha convertido en un elemento esencial en la gestión integrada de recursos hídricos, fortaleciendo la resiliencia hídrica de los regadíos deficitarios e integrándose en los planes de acción regional para la economía circular. Además, conlleva beneficios para los agricultores como el aporte de nutrientes a la planta y, consecuentemente, la reducción del uso de fertilizantes convencionales.
- Existe un notable interés en el sector del regadío en la utilización de aguas regeneradas procedentes de EDAR, así como inquietud por el cumplimento de las regulaciones y criterios establecidos recientemente para que el uso de estas aguas en el riego de cultivos sea una solución viable y sostenible, recogidos en el Reglamento (UE) 2020/741 a nivel europeo, y trasferidos al ordenamiento jurídico nacional mediante el Real Decreto 1085/2024. Concretamente, el nivel de incorporación de contaminantes de preocupación emergente (especialmente fármacos) en la cadena alimentaria y la adecuada combinación de barreras agronómicas para su uso (calidad del agua, sistemas de riego, tratamientos postcosecha, etc.), fueron los aspectos que se trataron específicamente en el congreso.
- Los ensayos presentados permiten afirmar que, en general, el consumo de lechuga y rábano regados con aguas regeneradas no implica ningún riesgo para la salud asociado a la presencia de fármacos como carbamazepina, diclofenaco, ketoprofeno y naproxeno. Las condiciones agro-climáticas de crecimiento tuvieron un impacto significativo en la absorción de fármacos por las distintas partes de la planta, por lo que resultan recomendables más estudios que garanticen una reutilización sin riesgos por la presencia de contaminantes de preocupación emergente bajo distintos escenarios de cultivos regados con aguas regeneradas.
- El establecimiento de barreras combinadas podría ser clave para el uso de aguas regeneradas de calidad inferior (clases B o C), por lo que resulta necesario avanzar en su desarrollo como estrategia técnica y agronómica fundamental para la gestión segura de las aguas regenerada de peor calidad. Para este avance es necesario validar experimentalmente, y con rigor científico, configuraciones multibarrera específicas, alineadas con el Real Decreto 1085/2024 y los Planes de Gestión del Riesgo del Agua Regenerada (PGRAR) en la agricultura.

1.5. SESIÓN E: Gobernanza del agua para riego

La temática tratada en este grupo ha dado cabida a diversos temas como: el análisis del uso del agua y la energía y como optimizar su uso, nuevos modelos para el cálculo del coeficiente de solape en riego por goteo, la influencia de la temperatura en el caudal de descarga en goteros turbulentos y autocompensantes, nuevas metodologías de diseño de parcelas de riego mediante el uso de drones, etc.

En esta sesión se presentaron trabajos relacionados con diferentes metodologías que pueden ayudar en la gobernanza de agua para riego desde distintas perspectivas: técnica, social, cultural, medioambiental, etc. En total, se presentaron nueve comunicaciones orales técnico-científicas, repartidas en dos sesiones en las que las principales líneas abordadas fueron:

- Se presenta una metodología para acotar la incertidumbre en las necesidades hídricas, con especial interés en los cultivos leñosos, que también tiene la posibilidad de extensión a nivel de comunidad de regantes o de cuenca hidrográfica, gracias a trabajar a partir de imágenes de satélite como base. La combinación de varios modelos permite reducir las incertidumbres asociadas a cada uno de ellos por separado, y de esta forma, se consigue otorgar una mayor fiabilidad a las estimaciones de necesidades hídricas. La metodología desarrollada permitirá ir incorporando más modelos, bien de balance de energía o de balance de agua en suelo, enriqueciendo así el ensamblaje, y reduciendo cada vez más las incertidumbres en el seguimiento de la ETa en estos cultivos.
- La estrategia de la cadena de comunicación bidireccional ha resultado muy útil generando mucha actividad con un potencial de impacto alto. La rápida implantación del proyecto se debe a la apuesta de la administración por el mismo, y a la capacidad de financiación, transferencia y generación de conocimiento por parte del IRTA. La situación de sequía favoreció la iniciativa, por lo que es de prever una bajada en el interés general por el agua. RegAssist debe estrechar lazos con otras entidades de investigación, así como reforzar el apoyo a los procesos de digitalización del riego y a las consecuencias de las revisiones de las dotaciones de agua, dar apoyo a los nuevos regadíos y procesos de modernización, reafirmar el proyecto como referente en el uso de aguas alternativas y tener presencia en las zonas con poca disponibilidad de agua pero con gran valor añadido de su producto.
- Se presentan las diferencias anuales en las necesidades hídricas que, en gran medida, han sido debidas a la variación de la duración de los periodos fenológicos de unos años a otros, identificados éstos con visitas de campo. Como media, las oscilaciones anuales han sido de un 20%, que traducidas a necesidades de riego han llegado incluso al 40%, dependiendo del año y del cultivo. La capacidad predictiva del estado fenológico en función de la integral térmica, en el mejor de los casos presenta una incertidumbre del 26% en un sólo periodo, que aumentaría sumada a la incertidumbre del resto de periodos.
- El asesoramiento acerca de las necesidades hídricas y de riego sin un seguimiento del estado fenológico de los cultivos en campo, implicaría una gran incertidumbre en el valor real de los mismos, aun teniendo una base de datos amplia del desarrollo

fenológico de los cultivos en la zona. El asesoramiento, incluyendo la incertidumbre, afectaría no sólo a la gestión del agua de riego a nivel de parcela de agricultor, sino al cálculo del consumo de agua en el Sistema.

- Se puso de manifiesto la importancia socio-económica ligada a las obras de infraestructuras hidráulicas (generación de empleo, aumento de superficie cultivada, desarrollo de zonas rurales), que, si bien siempre llevan asociados unos impactos ambientales, no deben ser los impactos determinantes para no ser llevadas a cabo. El problema fundamental es que dichos impactos se cuantifican antes de realizarse la obra hidráulica, y posteriormente no se hace un seguimiento y un análisis con la obra ya en funcionamiento. En este sentido, al hacerlo se pueden apreciar los impactos sociales y económicos positivos que genera, así como otros impactos que desde el punto de vista ambiental también pueden ser positivos, como el aumento de la biodiversidad en la zona.
- La necesidad del uso e implementación de calidad y seguridad en el agua residual viene dada también por la escasez de recursos de la zona interesada en cuestión. Así pues, se pueden ver países como Francia o Alemania que deciden incrementar los controles y las exigencias en la calidad, lo que hará que se incrementen los costes asociados. Sin embargo, no tienen la necesidad de usar dicho recurso, por la no escasez y por ser un recurso que es más caro por lo que ya se ha comentado. Esto no ocurre en España, donde ha aumentado el ámbito de uso de estos recursos por la necesidad de hacer frente a la escasez. Si bien es cierto que en España se cumple con los requisitos de calidad establecidos por Europa, en países como Alemania y Francia estos se incrementan.
- La importancia del cálculo de la predicción de la Evapotranspiración de Referencia (ETo) de alta resolución corrigiendo las predicciones meteorológicas con datos observados, mediante modelización, destacando el valor de poseer una buena red de estaciones meteorológicas para conseguir las estimaciones más precisas.
- El cálculo de necesidades hídricas y de riego a nivel de parcela utilizando un modelo basado en imágenes satelitales de las que se deriva el NDVI y datos meteorológicos.
- Desde el punto de vista medioambiental, cultural y económico, se expuso la importancia del apoyo que deberían recibir los sistemas de riego tradicionales de la Vega Baja del Segura, ya que implican, entre otros, diferentes aspectos relacionados con la sostenibilidad social, económica, medioambiental y cultural, que hacen del sistema de riego un sistema único, no sólo a nivel nacional, sino también internacional.
- La percepción del uso del agua para la agricultura, desde el ámbito de la docencia, destacando que es necesario que los investigadores aporten una mayor información sobre la importancia del uso del agua en agricultura a la sociedad, ya que es imprescindible para abastecer las necesidades alimenticias de la población.

1.6. SESIÓN de posters

Por primera vez en el Congreso Nacional de Riegos, los posters han sido expuestos de forma continua durante todo el evento en pantallas de TV, acercándonos de esta forma a un evento

cero-papel. Además, los trabajos han sido expuestos por los autores en la Sesión de posters, contando con un espacio para presentar las principales claves de sus trabajos. La sesión de posters ha contado con un total de 23 trabajos enmarcados en las cinco líneas temáticas del 40 CNR. Se realizó una sesión con dos salas en paralelo (Salas 2 y 3).

En la Sala 2 se presentaron trabajos relacionados con las temáticas abordadas en las diferentes sesiones científico-técnicas, siendo la mayoría relacionadas con la línea temática *"Interacción medioambiente y agricultura".*

En términos agronómicos, se expusieron investigaciones sobre la aplicación de la termometría infrarroja aplicada al riego de la soja, así como sistemas de ayuda al diagnóstico del estado hídrico en almendros y pistacheros basados en la toma de temperatura, así como el uso de sensores para la mejora de la eficiencia de riego en el aguacate y en tomateras.

Los aspectos medioambientales fueron recogidos con un estudio de fertirrigación de precisión en zonas vulnerables por contaminación de nitratos, aplicado al brócoli, así como la caracterización del estrés hídrico en cítricos, que debe ayudar a hacer más sostenibles los cultivos de este tipo y el efecto del manejo de las calles en cultivos de cítricos desde el punto de vista del balance de carbono.

Se destaca que dentro de la temática C *"Ingeniería del riego: Nexo agua-energía"* y E *"Gobernanza del agua para riego"*, se mostraron la tecnología del riego y producción en la cuenca mediterránea, así como la gestión de la agricultura de regadío en la cuenca del Duero, con una visión global basada en agua-energía-alimentación-medio ambiente. Se destacó el limbo normativo donde se encuentran las balsas de tierra para riego, obteniéndose avances en la modelización de la rotura en este tipo de infraestructuras. Además, se evaluó el uso de agua en otros ámbitos como en el "socavón minero" de Linares, con la utilización de una red hidráulica local.

En la Sala 3, se expusieron trabajos relacionados con la línea temática *"Interacción medioambiente y agricultura"*, donde se presentaron los efectos derivados del uso de diferentes prácticas de manejo del cultivo: dosis de agua y nitrógeno en almendros, cultivo de limeros en meseta, cubiertas vegetales y régimen hídrico en viñedos, riego deficitario en olivar: calidad aceite.

Dentro de la temática "Tecnología y digitalización al servicio del regadío" se presentaron la parametrización de modelos (AquaCrop) para el cultivo de almendro, el uso de modelos predictivos de las necesidades hídricas en viñedo, así como herramientas para la planificación del riego en grandes áreas regables (Mancha Oriental), y la metodología para la realización de inventario de balsas de uso agrícola empleando imágenes satelitales.

Ya en la temática *"Fuentes de agua para el regadío: subterránea, superficial, no convencionales"*, fueron varios los trabajos presentados evaluando los efectos del uso de aguas desaladas/salinas sobre el cultivo de tomate hidropónico, y plantas ornamentales, así como los efectos de sistemas de tratamiento de aguas de EDAR basados en barreras reactivas para la recarga de acuíferos.

Por último, en la temática *"Gobernanza del agua para riego"* se presentó el análisis global de los cambios de escenarios en las unidades finales de entrega de agua, afectados mayoritariamente por cambios en la gestión y gobernanza.

1.7. Premios a las mejores presentaciones de jóvenes investigadores

En este 40 Congreso Nacional de Riegos se han otorgado premios a las mejores presentaciones de jóvenes investigadores. Con estos premios se ha querido resaltar la calidad de los trabajos realizados por investigadores pre-doctorales o jóvenes post-doctorales.

La elección de los ganadores fue realizada de manera unánime por parte del Comité Científico y Organizador. Los premiados en cada sesión fueron respectivamente:

Sesión A – Interacción medioambiente y agricultura: Dª. Paula Peña Enríquez, por su trabajo *"Evaluación de las necesidades hídricas del almendro en seto: determinación del coeficiente de cultivo".*

Sesión B – Tecnología y digitalización al servicio del regadío: Dª. Carmen Flores Carayuela, por su trabajo *"Herramienta para la generación de gemelos digitales de sistemas de riego en QGis"*

Sesión C – Ingeniería del riego: nexo agua-energía: Dª. Mariana Akemi Ikegawa Bernabé, por su trabajo *"Aplicación de inteligencia artificial para la predicción de la demanda energética en zonas regables".*

Sesión D – Fuentes de agua para el regadío: subterránea, superficial, no convencionales: Dª. Lamia Benelhadj-Djelloul Guetni, por su trabajo *"Agua regenerada en cultivos de rábano: impacto ambiental y sanitario asociado a la presencia de fármacos".*

Sesión E – Gobernanza del agua para el regadío: D. Ignacio Gómez-Lucena, por su trabajo *"El Reglamento Europeo 2020/741 sobre reutilización y sus trasposiciones nacionales: análisis comparativo".*

2. Conclusiones relativas a la Conferencias Especiales

2.1. Conferencia Magistral: Nuevas tecnologías para el manejo de riego con sensores remotos

La Conferencia Magistral, titulada “Nuevas tecnologías para el manejo del riego con sensores remotos”, corrió a cargo del Dr. Wim Bastiaanssen. Esta ponencia estuvo centrada en el uso de imágenes satelitales para la gestión del riego. Con el lanzamiento del satélite de Hydrosat, VanZyl-1 y el próximo lanzamiento de VanZyl-2, se espera cubrir unos 10 millones de km^2 al día. Mediante el modelo SEBAL se puede determinar la evapotranspiración real mediante imágenes térmicas de los cultivos. Mediante el uso de estas imágenes satelitales y herramientas como IrriWatch, se propone un sistema de asesoramiento, planificación y monitoreo que permita mejorar el regadío.

A día de hoy, la resolución espacial y temporal de los satélites favorece la determinación de la humedad del suelo y evita, según el profesor Bastiaanssen, el uso de sensores in situ. Según él, el futuro para la gestión del riego se presenta muy prometedor, a través del uso de estas imágenes.

2.2. Conferencia Especial: Pasado, presente y futuro de la teledetección en la agricultura

La Conferencia Especial *"Pasado, Presente y Futuro de la Teledetección en la Agricultura de Regadío "*, impartida por el Prof. Alfonso Calera Belmonte, destaca, como símbolo del estado actual de la Teledetección, el poder de las series temporales de imágenes de satélite para seguir el ciclo de crecimiento de la cubierta vegetal del cultivo y estimar su transpiración, en cualquier lugar del planeta. Para llegar a ello ha sido preciso, en las últimas décadas, integrar avances significativos en (a) el conocimiento del movimiento del agua en el sistema planta-suelo-atmósfera, (b) la interacción de la luz con la vegetación, (c) nuevos detectores de los fotones, embarcados en satélites tales como los extraordinarios Sentinel 2 de la Comisión Europea, y (d) nuevas tecnologías en el procesamiento de imágenes, en la integración con datos meteorológicos, a disposición de los usuarios finales oportunamente, en pocas horas desde la adquisición de la imagen.

El Prof. Calera señaló que estas nuevas capacidades científicas y tecnológicas, impulsadas por la disponibilidad de imágenes libres y gratuitas, proporcionan una herramienta extraordinaria para la agricultura, especialmente para la agricultura de regadío. Está, pues, al alcance de la mano el poder ajustar los suministros de agua, nutrientes y fitosanitarios a las demandas del cultivo y mejorar así la rentabilidad social, económica y ambiental. Pero para ello se requiere necesariamente de técnicos formados, que trabajen en campo con los agricultores, para incorporar en la práctica diaria estos avances.

3. Conclusiones relativas a las MESAS REDONDAS

Dentro de la denominada Sesión Especial, dedicada al "Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en el regadío: teledetección, drones, digitalización", se celebraron tres mesas redondas en las que, se evaluó la utilización de las tecnologías de la teledetección, drones y digitalización como herramienta para mejorar la agricultura de precisión centrada en el regadío.

En estas mesas participaron altos cargos de la Administración Estatal y Autonómica, representantes de varios países, representantes de Asociaciones Internacionales de Riego, de Sociedades Estatales, así como investigadores de reconocido prestigio internacional y representantes de empresas y regantes. A continuación, se indican las principales cuestiones tratadas y las conclusiones obtenidas:

Las mesas redondas celebradas, y sus principales conclusiones, fueron las siguientes:

1) "Teledetección basada en satélite. Nanosatélites"

- Se abordó el proceso completo desde la captura de datos satelitales, su procesamiento a distintas escalas (regional, parcela, píxel), hasta su uso práctico en la gestión del riego por técnicos, agricultores y administraciones.
- La Agencia Espacial Española impulsa el desarrollo del segmento colaborativo de Copernicus, el diseño de la Constelación Atlántica+, e identifica necesidades de usuarios en cuanto a resoluciones espaciales, temporales y espectrales.
- Se presentaron herramientas y proyectos como Espacio SiAR, SATIVUM, Irrimaps®, HidroSat y HidroGestor®, que combinan imágenes satelitales, sensores de campo y datos climáticos para optimizar el uso del agua en la agricultura.
- La digitalización del riego es un proceso clave para la sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola, aunque requiere modernización previa, formación, y adaptación tecnológica a las condiciones locales.
- La Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental fue destacada como un caso de éxito por su uso continuado de la teledetección en una gestión sostenible y avanzada del riego durante 30 años.
- Se discutieron retos técnicos como las resoluciones espectrales, el uso de sensores térmicos y radar, las limitaciones en cultivos leñosos, y la estimación de volúmenes de agua consumidos. Hubo consenso en la necesidad de profundizar estos encuentros por la creciente importancia de la teledetección en la gestión hídrica y agraria.

2) "Drones en la agricultura, ¿una tecnología madura?"

- Se repasó el desarrollo del uso de drones en los últimos 20 años, superando barreras técnicas y operativas hasta llegar a evaluar el estado hídrico del cultivo para mejorar la planificación del riego, aunque persisten retos como las restricciones de vuelo y el manejo de sensores.

- Empresas y agricultores usan los drones principalmente para aplicación de fitosanitarios y generación de mapas de cultivo (como NDVI), pero su uso para la gestión del riego es aún muy limitado.
- Se discutieron también alternativas al uso de drones, como vehículos terrestres, en contextos donde estos resulten más viables.

3) "Evolución/situación actual de la digitalización de los regadíos en el mundo"

- Las experiencias compartidas reflejan una tendencia global creciente, con avances significativos en automatización, sensores, teledetección y plataformas de gestión, pero también desafíos importantes como la conectividad rural, la aceptación social y la necesidad de inversiones sostenidas.
- Se evidenció un consenso internacional sobre la necesidad de fomentar la colaboración, el intercambio de conocimientos y la integración de herramientas digitales en la planificación y ejecución del riego moderno.

4. Conclusiones relativas al FORO EMPRESARIAL DE INNOVACION

Durante la 40ª edición del Congreso Nacional de Riegos se ha vuelto a organizar el Foro Empresarial de Innovación, siguiendo la dinámica lanzada en los dos anteriores congresos, buscando dar visibilidad y presentar soluciones innovadoras que las empresas están desarrollando en materia de regadío.

En esta ocasión, un total de 14 empresas aprovecharon el foro para presentar sus trabajos de diversa naturaleza. El foro se dividió en tres bloques, el primero de ellos, dedicado a soluciones generales para mejorar el riego; el segundo a innovaciones específicas para la agricultura de regadío; y por último, se trataron temáticas medioambientales y sociales. La calidad de las soluciones técnicas de los productos y/o servicios presentados durante el foro empresarial, aseguran el soporte a las necesidades del sector en lo referente a las actuaciones de modernización de regadíos declaradas de interés general, y la digitalización de las comunidades de usuarios.

Las soluciones presentadas pueden resumirse en:

- Se presenta el uso de la geomembrana Alvatech 5002 (Sotrafa) como una solución eficiente y duradera para la impermeabilización y el almacenamiento de agua. Como caso de éxito, se presenta la Balsa El Jabonero, en Níjar (Almería).
- Por parte de ITECAM, se explicó cómo la digitalización, los gemelos digitales y la teledetección ayudan a optimizar el riego y fertilización agrícola.
- Dentro de la parte de innovaciones en agricultura de regadío, se presentaron sistemas de adaptación de la dosis de riego a las necesidades semanales de los cultivos mediante datos NDVI (Agrisat) y meteorológicos, y su uso para la automatización de pívots calculando las necesidades hídricas, o como el uso de tuberías de PVC-O puede llevar a un menor consumo energético, mayor resistencia y mejor comportamiento hidráulico (Molecor).
- Se expusieron soluciones de monitoreo de suelo para optimizar el riego en agricultura profesional, con un diseño que permite una rápida instalación y sin requerimiento de mantenimiento (GERBIL).

- Una solución de juntas de control que mejora la seguridad de la instalación de tuberías de fundición dúctil y reduce costes y tiempos fue presentada.
- También se habló sobre el uso de imágenes térmicas e infrarrojas para optimizar las decisiones de riego e identificando zonas de estrés térmico, patrones de temperatura de la superficie y el mapeo de la evapotranspiración, entregando más de 100 parámetros diarios, mediante IrriWatch de Hydrosat.
- Se abordó también la evolución de las tecnologías aplicadas al riego, principalmente, vía reutilización y desalación, para dar respuesta al aumento de la demanda de agua en el último siglo, que se ha multiplicado por seis, en un contexto de sequía generalizada
- Otra de las presentaciones exponía el funcionamiento de la biorremediación, un proceso de uso de microorganismos para absorber, degradas o transformar contaminantes y retirarlos, inactivarlos o atenuar su efecto en el agua, suelo y aire.
- Otro aspecto tratado es el impacto de cómo las nuevas infraestructuras de riego ayudan a combatir la despoblación rural y mejorar la eficiencia agrícola, además de abordar temas como uso de aguas regeneradas, optimización energética y monitoreo de nitratos.
- Por último, se abordó la temática de la calidad de aguas e instrumentación para ello, así como la importancia de tener monitoreada la calidad del agua para evitar problemas futuros en las diferentes fuentes de suministro.

En resumen, con este foro quedó patente la calidad y el rigor con que las empresas abordan su innovación, lo que denota la inquietud de una mejora continua por solucionar los problemas de su sector. El mercado resulta cada vez más competitivo y exigente, lo que ha hecho que empresas y organizaciones apuesten por sus departamentos de I+D para avanzar y ofrecer productos más optimizados y que resuelvan los problemas de una manera eficiente, y enfocados siempre en el cliente final.