

## XV CONGRESO NACIONAL DE COMUNIDADES DE REGANTES – LEÓN 2022



### “EXPERIMENTACIÓN EN RIEGO DE BAJA PRESIÓN Y APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS CULTIVOS DE REGADÍO DE CASTILLA Y LEÓN” (PROYECTO REBAPRES)

#### Colaboradores agricultores:

Raúl del Caño Peláez  
Luis Rodríguez González  
Enrique Ortega Núñez  
Octavio Ávila García



#### Celia Mínguez González (1)

Técnico de la Unidad de Obras y Coordinadora del proyecto REBAPRES (1) en la Subdirección de Infraestructuras Agrarias del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Finca Zamadueñas. Ctra. Burgos Km 119, 47051, Valladolid.

### 1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de colaboración entre varios agricultores pertenecientes a Comunidades de Regantes modernizadas, cuatro empresas de riego que desarrollan aspersores de baja presión y el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), pretende llevar a cabo ensayos en cultivos extensivos de regadío probando aspersores de riego a baja presión ( $2 \text{ kg/cm}^2$ ); con el fin de comprobar si se pueden reducir los costes de energía en el bombeo. Se tendrán en cuenta para ello, los marcos de plantación habituales en las nuevas zonas modernizadas ( $18 \times 18 \text{ m}$ ), manteniendo los estándares de calidad de riego, si afectar significativamente a la producción del cultivo.

El incremento del coste energético para todas las actividades económicas no constituye una excepción para la agricultura. El coste energético en los regadíos es uno de los costes más importantes, de manera que todas las actuaciones de regadío que se acometan, deben diseñarse y planificarse con el objetivo de conseguir la mayor eficiencia energética. Este incremento en la superficie de riego por presión (346.599 hectáreas en 2019) ha contribuido al incremento del consumo de energía por hectárea regada en las últimas décadas. Se estima para Castilla y León que el consumo de energía oscila entre los  $0,27\text{-}0,36 \text{ kWh/m}^3$  en las zonas modernizadas que se riegan por presión y entre  $0,02\text{-}0,15 \text{ kWh/m}^3$  (Garrido et al 2010) para los riegos por gravedad. El coste energético del riego en los regadíos de Castilla y León supone una porción

importante de los costes totales y se busca con estos ensayos reducir el consumo de energía y analizar cómo influye en la variación de rendimiento del cultivo.

## 2. OBJETIVOS E IMPACTO ESPERADO

El objetivo general del proyecto, es demostrar que se puede regar con menor presión, reduciendo en consecuencia los costes, sin mermar la calidad del riego y por consiguiente la producción óptima deseada.

Para ello, se realizarán ensayos en microparcelas y en parcelas con idénticas condiciones de cultivo, pero con la variable del riego a baja presión. Se va a comparar el riego convencional utilizado en las zonas modernizadas con una presión en boquilla de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>, frente a un riego a 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Este objetivo general se pretende alcanzar a partir de los siguientes objetivos específicos:

- Probar el funcionamiento de aspersores de baja presión.
- Disminuir la presión en boquilla de los emisores de riego para reducir la potencia de la instalación y el consumo energético.
- Conseguir un uso más racional del agua de riego.
- Transferencia y divulgación de las características y mejores técnicas de riego a baja presión para cada uno de los cultivos estudiados.

El proyecto será un instrumento muy eficaz para el sector agrario de regadío de Castilla y León, ya que se centra en la experimentación e innovación para mejorar la eficiencia del uso del agua en las zonas de regadío, la optimización de los recursos, y el análisis de costes de riego con la aplicación de tecnologías de riego con baja presión atendiendo a la calidad del riego y a la producción de un cultivo, mediante ensayos agronómicos.

El **impacto potencial** más claro será la posibilidad de reducir los costes energéticos en las zonas de regadío mediante el uso de equipos y técnicas innovadoras, y su repercusión sobre la viabilidad de las explotaciones en los principales cultivos de regadío de Castilla y León.

Otro factor importante a considerar es que el precio de la energía ha tenido constantes incrementos. Hoy en día el coste energético sigue siendo uno de los mayores problemas de la agricultura de regadío en España, ya que los regantes ven cómo los costes energéticos vía “peajes de acceso” siguen una tendencia al alza. La liberalización del sector de la energía desde el año 2008 y la desaparición de la tarifa regulada,

ocasionaron un aumento de los costes de la energía, aunque los valores promedios del precio de la electricidad registran sus mayores subidas en los años 2008 y 2013.

El Programa de Desarrollo Rural de Castilla y León, 2014-2020, está en pleno desarrollo y requiere mantener la estrategia para cumplir con las líneas de actuación en la modernización de las infraestructuras agrarias, en los regadíos, y en actuaciones que fomenten el uso más eficiente de los recursos.

El proyecto además de contar con la participación de empresas del sector de regadío, supone una importante herramienta estratégica para las Comunidades de Regantes donde se encuentran ubicadas las zonas de cultivo de los ensayos.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 DURACIÓN Y MARCO DE FINANCIACIÓN.**

La escala temporal del proyecto es de tres campañas de riego: 2021, 2022 y 2023, repitiéndose por tanto la metodología a realizar a lo largo de los tres años.

Es una actuación de colaboración a cofinanciar con fondos del FEADER CyL 2014 – 2020 (Submedida 16.2). La parte correspondiente al ITACyL se financiará con un 80% EU-Fondos Feader, 6% de transferencias finalistas y 14% de presupuesto autónomo.

#### **3.2 COLABORADORES Y PARCELAS DE ENSAYO**

Los colaboradores del proyecto son, por un lado, **cuatro agricultores** pertenecientes a Comunidades de Regantes modernizadas, que se encargan del mantenimiento de las parcelas en buen estado de cultivo según las actividades programadas en el proyecto. Por otro lado, colaboran **cuatro empresas relacionadas con el sector del riego**, que han suministrado buena parte del material necesario para la correcta ejecución del proyecto. Las empresas colaboradoras son VYR S.A, NAANDANJAIN IBÉRICA, NELSON IRRIGATION Y REGABER, y cada una de ellas además se encarga de supervisar la correcta instalación y el funcionamiento de todo el material que vayan suministrando a lo largo del proyecto.

Por último, el **Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León** que actúa como coordinador y supervisor del proyecto. El ITACYL con la actividad de sus técnicos e investigadores, y con la aportación de las empresas colaboradoras, realizan las medidas de control pertinentes y toman los datos a lo largo del ciclo de los cultivos, para finalmente poder sacar las conclusiones necesarias del estudio en cada parcela del ensayo.

Los ensayos se están realizando en tres de los principales cultivos extensivos de regadío de Castilla y León: **maíz, patata y remolacha**.

### 3.3 ENSAYOS REALIZADOS EN CAMPAÑA DE RIEGO 2021

Si bien el ITACYL había realizado algún ensayo de este tipo en las parcelas experimentales de la Finca Zamadueñas e incluso en parcelas comerciales para el cultivo de maíz y patata, se considera la campaña de riego de 2021 como la primera campaña/anualidad dentro de este proyecto.

Se han realizado **ensayos en microparcels para los cultivos de patata y remolacha**, con idénticas condiciones de cultivo, pero con la variable del riego a baja presión. El marco de riego utilizado en todos ellos ha sido de 18 metros entre líneas de aspersores y 18 metros entre aspersores (324 m<sup>2</sup> cada microparcels de ensayo), con disposición de los aspersores en marco real (18x18C).

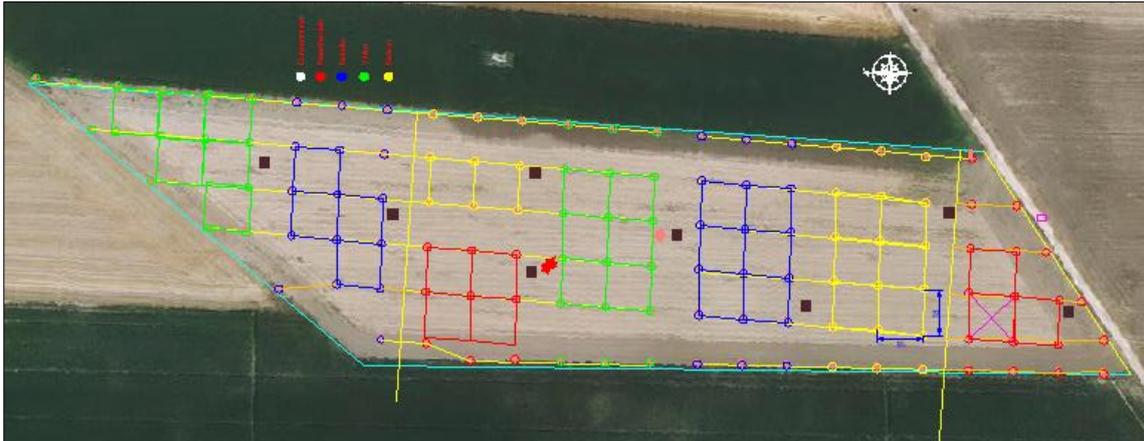
En las parcelas donde se ha ensayado la baja presión, se han instalado 4 modelos de aspersores para regar a 2 kg/cm<sup>2</sup>. Cada modelo de aspersor ha tenido al menos 4 repeticiones dentro de una misma parcela.

Por otra parte, en las parcelas testigos se ha instalado el mismo marco de riego y un aspersor convencional para regar a 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Los ensayos en patata y remolacha se han se han realizado a nivel de microparcels, para asegurar que la dosis y las condiciones de riego fueran similares entre sí, con caudales medios por aspersor de aproximadamente 1.600 l/h.



**Imágenes 1 y 2.** Ensayos de baja presión en parcela de patatas y remolacha.



**Imagen 3.** Disposición de los aspersores en microparcels de ensayo de baja presión de remolacha.

Los ensayos para el **cultivo de maíz**, se han realizado a nivel de toda la parcela. Se han colocado los aspersores en marco real (18x18C). Se han ensayado los cuatro tipos de aspersores de baja presión (uno por parcela) con una presión en boquilla del aspersor de 2 kg/cm<sup>2</sup>. Cada parcela de baja presión tiene al lado una parcela testigo, en la que se ha utilizado el mismo marco de riego y aspersores convencionales para regar con una presión aproximada de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se muestran los modelos de aspersores utilizados en todos los ensayos, así como los tipos de boquillas utilizadas en cada cultivo:

Marca	Modelo	Boquillas patata y remolacha	Boquillas maíz
NETAFIM	D-NET® 9575	5,10+2,5 mm	4,36+2,5 mm
VYRSA	VYR R37	5,2+2,4 mm	4,8+2,4 mm
NAANDANJAIN	5035 SD LP	5,0+2,5 mm	4,5+2,5 mm
NELSON	R33 LP	5,56 mm	5,56 mm

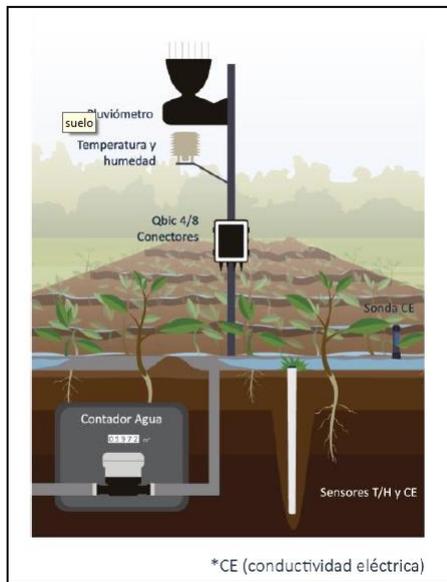
**Tabla 2.** Tipos de aspersores utilizadas en los ensayos de las parcelas de baja presión. (\*) Datos proporcionados por los fabricantes de aspersores. Además, se han instalado los sectoriales de cada modelo donde ha correspondido.

**Ajuste de las condiciones de los ensayos y mantenimiento de las plantas.** Las diferentes labores de cultivo a realizar, de control fitosanitario, de mantenimiento del suelo y de mantenimiento de los cultivos durante el ciclo vegetativo, han sido llevadas a cabo por los colaboradores agricultores en cada una de sus parcelas.

Se han instalado en campo **sensores específicos para agricultura** que miden parámetros de suelo, clima, planta y agua y envían de forma inalámbrica datos<sup>1</sup> de pluviometría, presión, velocidad del viento, humedad de suelo, etc.

<sup>1</sup> Envío de datos a través de una plataforma CLOUD a través de dataloggers GPRS instalados en varios puntos de las parcelas.

Todos los datos recogidos, han servido para evaluar y analizar diariamente el riego y sus condiciones y sobre todo poder optimizar su calidad.



4)



5)

**Imagen 4** Estación de suelo tipo (imagen propiedad de Argotec Ingeniería).

**Imagen 5** Estación instalada en parcela de baja presión de maíz compuesta por: datalogger + anemómetro + transductor de presión + pluviómetro + sondas de humedad.

Para mantener las **condiciones de presión de trabajo “objetivo”** en cada ensayo ( $\pm 2$  kg/cm<sup>2</sup> en boquilla de aspersor):

- bien se han instalado reguladores de presión fija y constante en cada porta aspersor.
- bien se ha regulado la presión en el hidrante y/o toma de las parcelas afectadas.

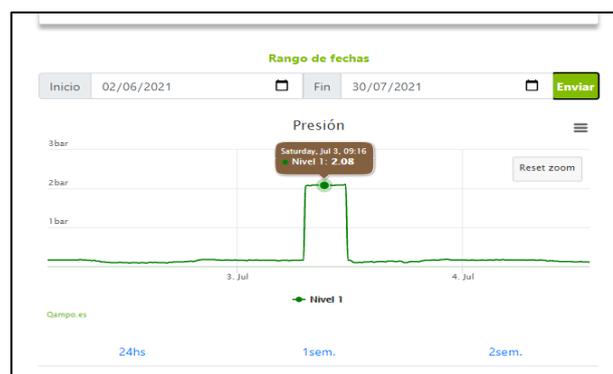


**Imagen 6.** Regulador de presión instalado en porta aspersor.



**Imagen 7.** Presión regulada en hidrante.

Para medir y hacer un seguimiento de la presión de trabajo en aspersor se han instalado *transductores de presión* en las tuberías porta aspersor que han registrado datos de presión en el momento del riego cada 15 minutos y se han controlado a través de una APP.



**Imagen 8.** Pantalla de APP mostrando 2,08 kg .cm<sup>2</sup> en el momento del riego en parcela de patatas.

El **control y manejo del riego** (apertura, cierre y medición del caudal) se ha efectuado por medio del telecontrol que las CRRR tienen instalado en los hidrantes.

Si bien los riegos aplicados han sido a demanda de cada agricultor, sí que se ha realizado semanalmente el cálculo de las necesidades de riego para cada cultivo con Inforiego<sup>®2</sup>. De esa manera se ha podido determinar de forma correcta la dosis de riego a aportar (necesidades netas) y la frecuencia o momento de aportarlo.

Además, los sistemas de telecontrol instalados han permitido disponer de los volúmenes de agua aplicados en cada riego a lo largo de toda la campaña, con lo que ha sido posible detectar y corregir desviaciones en tiempo real.



**Imagen 9.** Riego en la parcela de baja presión de remolacha.

Para el control de las *pluviometrías de los aspersores ensayados*, se han instalado pluviómetros para registrar de la precipitación recogida en cada riego. Los pluviómetros se han instalado todos en el mismo punto con respecto a los aspersores instalados.

<sup>2</sup> [www.inforiego.org](http://www.inforiego.org). El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>, método de Penman-Monteith), obtenida diariamente y los coeficientes de cultivo de la patata, el maíz y la remolacha (K<sub>c</sub>). Así obtenemos la Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), al que después se restará la precipitación efectiva (PE) calculada también según el método Fao-Penman-Monteith.



**Imagen 10.** Pluviómetros instalados.

También se han instalado *sondas de humedad de capacitancia* FDR (Frequency Domain Reflectometry) a dos profundidades 10 y 20 cm para medir en tiempo real y en continuo el contenido volumétrico<sup>3</sup> de agua en el suelo. Esto ha permitido monitorizar la humedad y el estado del suelo a lo largo de la campaña de riego, para ajustar las necesidades de agua del cultivo.



**Imagen 11.** Sensor de humedad tipo FDT sensitivo instalado en el proyecto (Qampo).

También se ha analizado la **evolución de los estados fenológicos del cultivo**, caracterizando su evolución al manejo realizado por el agricultor. Para ello, se han realizado visitas al campo en intervalos de 7-10 días desde la fecha de siembra para muestrear los cultivos de ensayo in situ. Además, como complemento a las visitas de campo, y para comprobar el desarrollo vegetativo del cultivo con imágenes de satélite, se ha utilizado la herramienta **SATIVUM**<sup>4</sup>. En este sentido, se ha hecho un muestreo a lo largo de toda la campaña de riego con imágenes de satélite para obtener mediciones sobre cómo crece la vegetación o cómo entra en senescencia.

---

<sup>3</sup> m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup> de suelo

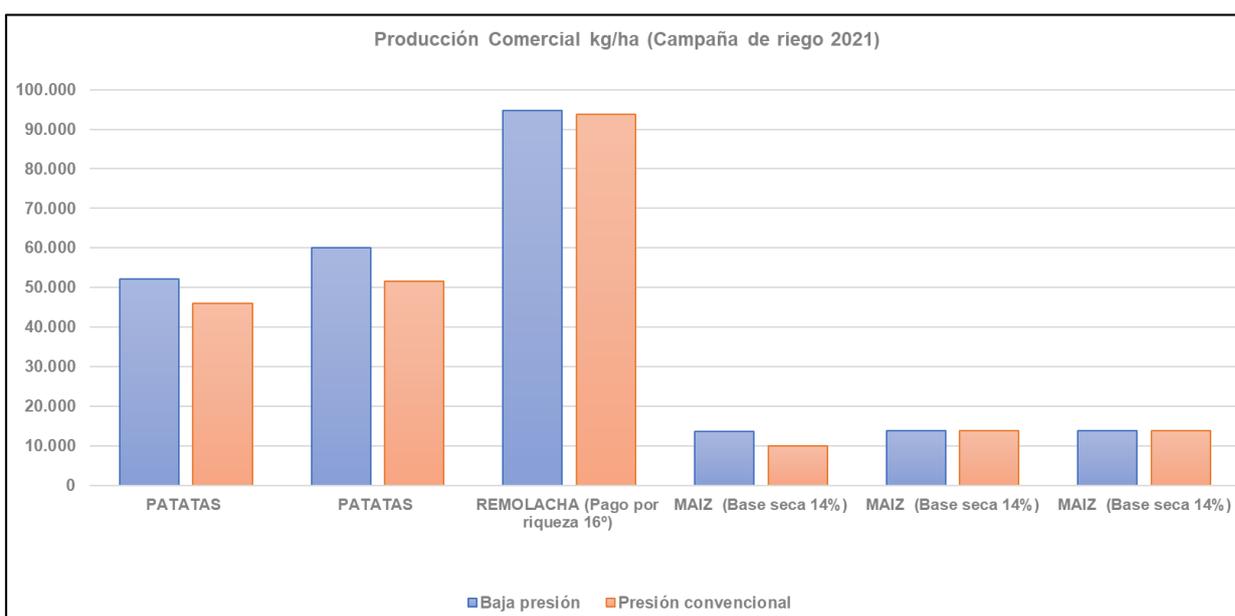
<sup>4</sup> <https://www.sativum.es/> Desarrollo informático del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León para agricultores que permite acceder y gestionar información de parcelas agrícolas. Tiene como una de sus funciones principales la capacidad de facilitar el seguimiento de parcelas agrícolas a través de imágenes de satélite.

Llegada la madurez fisiológica de los cultivos se ha procedido a la recolección de los mismos para realizar la **evaluación de la expresión productiva de los cultivos ensayados**:

- En las parcelas de maíz, se ha tenido en cuenta el rendimiento final en cosecha ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  producción corregida en base seca 14%).
- En las parcelas de patata se ha tenido en cuenta el rendimiento final en cosecha ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y la estimación de la producción ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) por cada tipo de aspersor ensayado, en base a las muestras recolectadas.
- En las parcelas de remolacha las variables analizadas han sido el rendimiento final en cosecha ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y la calidad industrial (análisis en laboratorio) obtenidos por cada tipo de aspersor ensayado.

#### 4. RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

Se han realizado ensayos en tres cultivos y 12 parcelas (6 baja presión + 6 presión convencional), con lo que se presentarán a continuación únicamente, los resultados preliminares de producción comercial obtenida.



Los resultados preliminares de los ensayos realizados en esta campaña de riego en lo que a cosecha comercial se refiere nos indican, de forma general, que no ha habido reducción de producción en las parcelas que se han regado con una presión de  $2 \text{ Kg}/\text{cm}^2$  frente a las parcelas regadas con presión convencional ( $3,5\text{-}3,8 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ). Si bien es necesario completar los tres años de duración del proyecto para poder obtener conclusiones definitivas.

## **5. CONCLUSIONES**

Se considera necesario tener datos de al menos 3 campañas de riego para conocer el comportamiento de los cultivos a este tipo de riego.

Los resultados preliminares obtenidos esta campaña de riego determinan que, por lo general, en casi todos los ensayos, la diferencia de presión entre la parcela de baja presión y la parcela testigo no ha tenido repercusión ni en el reparto de agua en el suelo, ni en el rendimiento global obtenido, ni en la evolución del cultivo.

Las pequeñas diferencias que se han podido detectar en lo que respecta a la evolución del cultivo y su ciclo fenológico no han afectado tampoco de forma significativa al rendimiento obtenido en ninguno de los ensayos.

La monitorización de datos de sensores de humedad del suelo, pluviometrías o para el control de la presión del riego, son de gran ayuda para analizar diariamente el riego y poder optimizar su calidad.

Es importante que en el diseño de las parcelas donde se ensaya la baja presión, la presión media sea de 2 kg/cm<sup>2</sup>, por ello la experiencia obtenida al instalar reguladores de presión individuales ha sido muy positiva, ya que se ha asegurado esa presión en todos y cada uno de los porta-aspersores donde se han instalado.

La calidad del riego en este tipo de ensayos a priori no se ha visto afectada al reducir la presión de 3,5 a 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Realizar este tipo de ensayos en parcelas comerciales implica, que existen riesgos y puntos críticos que pueden afectar de forma relevante a la ejecución del programa de trabajo previsto, e incluso a todo el proyecto en su conjunto. Por ello es importante identificarlos lo antes posible para aplicar medidas correctoras que mitiguen e incluso eliminen esos puntos críticos.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

Calera, A., Campos, I., & Garrido, J. (2014). Determinación de las necesidades de agua y de riego mediante estaciones meteorológicas y series temporales de imágenes multiespectrales. CENTER (Ed.), JORNADAS TÉCNICAS: Innovación en gestión de regadío mediante redes agroclimáticas, teledetección y sistemas de información.

Enz, M. y Dachler, Ch. (1996). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida.

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y drenaje 56.

Montoya Francisco, Romano César, Moré Néstor, Gallinat Jorge, Castillo Rosendo, Gómez Javier, Ruíz Felipe y Zapata Nery. Efecto del riego por aspersión a baja presión sobre el rendimiento de maíz en parcelas comerciales. En revista Tierras de Castilla y León. Agricultura 261: pp 66-73 (2018).

Pasquale Steduto (FAO, División de Riera y Agua, Roma, Italia), Theodore C. Hsiao (Universidad de California, Davis, EE.UU.), Eñoa Fereres (Universidad de Córdoba e IAS-CSIC, Córdoba, España), Dirk Raes (Universidad Católica de Lovaina, Lovains, Bélgica). Estudio FAO: Riego y Drenaje. E-ISBN 978-92-5-308564-4 (PDF). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua.

Playán, E., Dechmi, F., Campo, J., Martínez-Cob, A. Faci, J.M. Evaluación del Riego por aspersión en cobertura total en una parcela de Maíz. En Congreso Nacional de Riegos. 2001.

Paniagua P., Burguete J., Zapata N. y Salvador R. Riego por aspersión con baja presión. En revista Tierras de Castilla y León. Agricultura 249: pp 18-27 (2017)

Tarjuelo Martín-Benito, J.M. (1999). El riego por aspersión y su tecnología. Mundi Prensa. Madrid.

Zapata, N y Robles, O. Baja Presión es aspersores de Impacto en Coberturas de Riego: Análisis técnico y Agronómico. XXXIV Congreso Nacional de Riegos. Sevilla 2016

Zapata, N., O. Robles, J. Cavero, and E. Playán. (2017). Análisis del riego por aspersión a baja presión en un cultivo de maíz. En revista Tierras Castilla y León. Agric. 253: pp 68-75.