

D-04-2023

Comunicación científico-técnica

Experimentación en riego de baja presión y aplicación de nuevas tecnologías en los cultivos de regadío de Castilla y León (Proyecto REBAPRES)

Experimentation in low pressure irrigation and implementation of new technologies in irrigation crops of Castilla y León

Mínguez González, C.¹ (P), Marcos González, S.,¹, Del Río Rodríguez O.¹, Arranz Herrero, J.¹

INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRARIO de Castilla y León

¹ Técnicos de la Subdirección de Infraestructuras Agrarias, mingonce@itacyl.es

Resumen:

REBAPRES es un proyecto en el que colaboran cuatro agricultores pertenecientes a tres Comunidades de Regantes modernizadas de Castilla y León, cuatro empresas de fabricación de equipos de riego, y el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), en el que se están llevando a cabo ensayos en cultivos extensivos de regadío, con el **objetivo** de demostrar que se puede regar con menor presión, reduciendo los costes derivados del riego, sin mermar la calidad y por consiguiente lograr una producción óptima. Se han tenido en cuenta para ello los marcos de colocación de las coberturas en las nuevas zonas modernizadas (18x18 m), y se han probado cuatro tipos de aspersores de baja presión, tratando de mantener siempre los estándares de calidad de riego. Se han realizado ensayos en microparcels y en parcelas comerciales para los cultivos de patata, remolacha y maíz, con idénticas condiciones de cultivo, pero con la variable del riego a baja presión (2 kg/cm²). Se han instalado en campo sensores con tecnología específica para agricultura con los que se ha parametrizado suelo, clima, planta y agua y que han servido para evaluar y analizar diariamente el riego y sus condiciones y sobre todo poder optimizarlo. 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.

Palabras clave: EFICIENCIA ENERGÉTICA, MAÍZ, PATATA, REMOLACHA.

Abstract:

REBAPRES is a project collaborating four farmers belonging to three modernized Irrigation Communities of Castilla y León, four irrigation equipment manufacturing companies and the Agrotechnological Institute of Castilla y León (ITACyL). The aim of the project is demonstrate that watering extensive irrigated crops can be done with lower pressure without reducing the quality nor the obtained yield. This will translate into a reduction in the costs involved in irrigation and therefore, a better optimization of resources the coverage placement frameworks in the new modernized areas (18x18 m) will be taken into account, trying to maintain irrigation quality standards. Trials have been accomplished in microplots and commercial plots for potato, beet and corn crops, maintaining same growing conditions, but the pressure irrigation, comparing conventional irrigation on modernized areas of 3.5 kg/cm^2 to a lower pressure of 2 kg/cm^2 . The time scale of the project involved three irrigation campaigns: 2021, 2022 and 2023, repeating the same methodology over these three years.

Keywords: ENERGY EFFICIENCY, CORN, POTATO, BEET.

1. Introducción

El incremento del coste energético para todas las actividades económicas no constituye una excepción para la agricultura, siendo 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 posible.

El punto de partida de este proyecto ha sido la existencia de experiencias previas realizadas por el departamento de Suelo y Agua de la Estación Experimental Aula Dei (CSIC) en Zaragoza, para el cultivo de maíz y por el Instituto de Investigación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA) y la Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera (AIMCRA) para el cultivo de remolacha.

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

Es una actuación de colaboración cofinanciada por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), enmarcado en la Submedida 16.2. del PDR de Castilla y León 2014-2020.

2. Materiales y métodos.

Con una escala temporal de tres años (2021, 2022 y 2023), el proyecto se ha realizado en parcelas comerciales de cuatro agricultores pertenecientes a la CR del Canal de Tordesillas (Valladolid), CR del Canal de Rianza (Valladolid) y CR de Soto de Cerrato (Palencia). Participan también cuatro empresas fabricantes de equipos de riego que desarrollan aspersores de baja presión (VYR S.A, NAANDANJAIN IBÉRICA, NELSON IRRIGATION Y REGABER) y el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL).

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

Las parcelas donde se han realizado los ensayos han sido:

- Campaña de riego 2021: 10 parcelas (3 patata, 5 maíz, 2 remolacha)
- Campaña de riego 2022: 8 parcelas (2 remolacha, 2 patata, 4 maíz)
- Campaña de riego 2023: 7 parcelas (2 remolacha, 2 patata, 3 maíz)

Previo a la siembra en cada campaña de riego se han realizado muestreos de suelo en todas las parcelas de los ensayos para determinar entre otros los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio. Esos análisis han servido para realizar a los agricultores las recomendaciones de fertilización de cada

uno de los cultivos según las diferentes “*estrategias de fertilización*” que ofrece la herramienta **SATIVUM**¹.



Imagen 1. Plan de nutrientes recomendado en parcela de maíz.

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, acorde a la práctica habitual de cada uno de ellos.

Se han realizado **sub ensayos² en microparcels³ para los cultivos de patata y remolacha**, con idénticas condiciones de cultivo (siembra, dosis de riego, tratamientos, etc), pero con la variable del riego a baja presión (presión en boquilla de 2 kg/cm²). El marco de riego utilizado ha sido de 18 metros entre líneas de aspersores y 18 metros entre aspersores, con disposición en marco real (18x18C). Se han probado 4 modelos de aspersores de baja presión para regar a 2 kg/cm² y 1 modelo de aspersor convencional para regar a 3,5 kg/cm² (testigo). Los ensayos en patata y remolacha 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.

Los **ensayos para el cultivo de maíz** se han realizado a nivel de toda la parcela comercial. Se han colocado los aspersores en marco real (18x18C), ensayando igualmente los cuatro tipos de aspersores de baja presión (uno por parcela) con una presión en boquilla del aspersor de 2 kg/cm². 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 3,5-3,8 kg/cm². Las condiciones de riego fueran similares entre sí, con caudales medios por aspersor de aproximadamente 1.600 l/h.

¹ <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.

² SUB ENSAYO – formado por cada tipo de aspersor probado en cada parcela.

³ MICROPARCELAS: cada uno de los polígonos interiores, delimitados por los 4 aspersores que definen la cuadrícula del marco real.

Los modelos de aspersores ensayados y los tipos de boquillas utilizadas en cada cultivo se muestran a continuación:

Marca	Modelo	Boquillas patata y remolacha	Boquillas maíz
NETAFIM	D-NET® 9575	5,10+2,5 mm	4,36+2,5 mm
VYRSA	VYR 37	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 1. Tipos de aspersores utilizados en los ensayos de las parcelas de baja presión

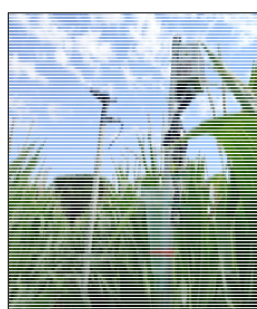
Para mantener las **condiciones de presión de trabajo “objetivo”** en cada ensayo (± 2 kg/cm² en boquilla de aspersor) se han instalado reguladores de presión fija y constante en cada porta aspersor (VYR-19 y PRV 2000 – 30PSI). En algunos ensayos de maíz se ha regulado la presión con el piloto regulador de presión de la válvula hidráulica en el 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 cada 15 minutos en el momento del riego (imagen 3). Además, se han instalado manómetros para visualizar la presión de trabajo en el momento del riego de forma manual (imágenes 2 y 3).



2)



3)



4)



5)

Imagen 2. Presión regulada en válvula hidráulica del hidrante.

Imagen 3. Regulador de presión instalado en porta aspersor.

Imagen 4. Sensor de presión en ensayo de maíz.

Imagen 5. Pantalla de la APP mostrando 2,08 kg .cm² en el momento del riego en ensayo de patatas.

Semanalmente se ha realizado el cálculo de las **necesidades de riego** para cada cultivo con Inforiego®⁴. 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.

Aplicación de Nuevas Tecnologías. Se han instalado en campo sensores con tecnología específica para agricultura que han estado midiendo y recogiendo parámetros de suelo, clima, planta y agua y

⁴ www.inforiego.org. El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta la evapotranspiración de referencia (ET₀, método de Penman-Monteith), obtenida diariamente y los coeficientes de cultivo de la patata, el maíz y la remolacha (K_c). Así obtenemos la Evapotranspiración del cultivo (ET_c), al que después se restará la precipitación efectiva (PE) calculada también según el método Fao-Penman-Monteith.

enviando de forma inalámbrica datos⁵ de pluviometría del sistema, presión, velocidad del viento, humedad de suelo, humedad y temperatura ambiente, etc. Todos los datos enviados por los sensores y recogidos por el sistema, han servido para evaluar y analizar diariamente el riego y sus condiciones y sobre todo poder optimizarlo.



6)

7)

8)

Imagen 6 Estación de suelo tipo instalada en los ensayos (Imagen propiedad de Argotec Ingeniería).

Imagen 7 Estación equipada con datalogger + anemómetro + transductor de presión + pluviómetro + sondas de humedad.

Imagen 8 Estación equipada con datalogger + anemómetro + pluviómetro + sondas de humedad.

Se han instalado *pluviómetros* que han ido registrando la precipitación recogida en cada riego (imágenes 9, 10 y 11). Los pluviómetros se han instalado todos en el mismo punto con respecto a los aspersores instalados.



Imágenes 9, 10 y 11. 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

⁵ Envío de datos a una plataforma CLOUD a través de dataloggers GPRS instalados en varios puntos de las parcelas.

contenido volumétrico⁶ de agua en el suelo. Esto ha permitido monitorizar la humedad y el estado del suelo a lo largo de la campaña de riego, y así poder ajustar las necesidades de agua del cultivo.



12)



13)

Imagen 12. Sensor de humedad tipo FDT sensitivo instalado en el proyecto (Qampo).

Imagen 13. Sonda de Subsuelo EnviroPro (Kisters).

Se ha ido analizando 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.

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 evaluado el rendimiento final en cosecha ($T \cdot ha^{-1}$) y la humedad del grano (%), calculando los resultados de producción corregida en base seca 14%.
- En los ensayos de patata se ha tenido en cuenta el rendimiento final en cosecha ($T \cdot ha^{-1}$) y la estimación de la producción ($T \cdot ha^{-1}$) por cada tipo de aspersor ensayado, en base a las muestras recolectadas en una superficie de $4,5 \text{ m}^2$ cada una.
- En los ensayos de remolacha las variables analizadas han sido el rendimiento final en cosecha ($T \cdot ha^{-1}$) y la calidad industrial (análisis en laboratorio) obtenidos. También se ha evaluado la estimación de producción por cada tipo de aspersor ensayado, en base a las muestras recolectadas en una superficie de 7 m^2 cada una.

3. Resultados y discusión

⁶ m^3 de agua/ m^3 de suelo

Las tablas 2 y 3 muestran un **resumen** de los datos de los ensayos de patata y remolacha (tabla 2) y parcelas de maíz (tabla 3), donde se pueden ver los principales datos sobre el manejo de los cultivos (siembra, tratamientos, etc), así como los parámetros de riego y rendimientos comerciales obtenidos.

	PATATAS TORDESILLAS				PATATA SOTO DE CERRATO				REMOLACHA OLIVARES			
	CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022		CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022		CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022	
	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T
Fecha siembra	26/03/2021	26/03/2021	11/03/2022	11/03/2022	05/04/2021	05/04/2021	14/04/2022	14/04/2022	30/03/2021	30/03/2021	04/04/2022	04/04/2022
Variedad semilla	RUDOLF	RUDOLF	SPUNTA	SPUNTA	AGRIA	AGRIA	AGRIA	AGRIA	SMART MANJA	SMART MANJA	SMART MANJA	SMART MANJA
Fecha inicio riego	30/04/2021	30/04/2021	11/05/2022	11/05/2022	09/06/2021	09/06/2021	31/05/2022	29/05/2022	09/04/2023	09/04/2023	25/05/2022	25/05/2022
Fecha fin riego	06/08/2021	06/08/2021	13/07/2022	13/07/2022	10/09/2021	10/09/2021	09/09/2022	09/09/2022	19/10/2023	21/10/2023	17/10/2022	13/10/2022
Tratamientos	4 fertil. Y 8 fitos.	4 fertil. Y 8 fitos.	4 fertil. Y 6 fitos.	4 fertil. Y 6 fitos.	2 fertiliz + 6 fitos	2 fertiliz + 6 fitos	2 fertiliz + 7 fitos	2 fertiliz + 7 fitos	1 fertiliz + 2 fito	1 fertiliz + 2 fito	2 fertiliz + 3 fito	2 fertiliz + 3 fito
Dosis riegos (l/m ²)	18-23	18-23	15-25	15-25	15-25	15-25	25-30	25-30	20-30	20-30	20-30	20-30
Cadencia riegos	2/semana	3/semana	2/semana	2/semana	2/semana	2/semana	2/semana	2/semana	1/semana	1/semana	2/semana	2/semana
Dosis riego (l/m ²) total	490	443	419	419	550	457	520	497,67	869	1021	980	1006
Fecha recolección	23/08/2021	24/08/2021	27/07/2022	27/07/2022	05 y 06/10/2021	05 y 06/10/2021	06 y 07/10/2022	05 y 06/10/2022	17 y 20/12/2021	16,17,20/12/2021	03/12/2022	03/12/2022
Producción Comercial (kg/ha)	60.120	51.530	41.976	13.906	52.174	45.923	54.583	53.333	94.680,00	93.850,00	96.000	95.000
Diferencia Producción (%)BP/T	14%		67%		12%		2%		1%		1%	

Tabla 2. Resumen de datos en ensayos de patata y remolacha

	MAIZ TORDESILLAS 1				MAIZ TORDESILLAS 2				MAIZ OLIVARES			
	CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022		CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022		CAMPAÑA 2021		CAMPAÑA 2022	
	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T	ENSAYO BP	ENSAYO T
Fecha siembra	30/03/2021	30/03/2021	17/04/2022	17/04/2022	15/04/2021	15/04/2021	25/04/2022	21/04/2022	20/04/2021	20/04/2021	15/04/2022	15/04/2022
Variedad semilla	P0937	P0937	P0710	P0710	DKC 5362	DKC 5362	DKC 4974	DKC 4974	P0312	P0312	P0023	P0023
Fecha inicio riego	28/05/2021	28/05/2021	04/06/2022	04/06/2022	04/07/2021	03/07/2021	25/06/2022	25/06/2022	14/06/2021	14/06/2021	08/06/2022	08/06/2022
Fecha fin riego	04/09/2021	04/09/2021	24/08/2022	24/08/2022	10/09/2021	10/09/2021	04/09/2022	04/09/2022	15/09/2021	14/09/2021	16/09/2022	14/09/2021
Tratamientos	2 fertiliz + 2 fito	2 fertiliz + 2 fito	3 fertiliz + 2 fito	3 fertiliz + 2 fito	2 fertiliz + 1 fito	2 fertiliz + 1 fito	2 fertiliz + 2 fito	2 fertiliz + 2 fito	2 fertiliz + 1 fito	2 fertiliz + 1 fito	2 fertiliz + 1 fito	2 fertiliz + 1 fito
Dosis riegos (l/m ²)	25-30	25-30	25-35	25-35	20-30	20-30	20-25	25-30	30-40	30-40	25-35	25-35
Cadencia riegos	2/semana	2/semana	2/semana	2/semana	1 semana	1 semana	1 semana	1 semana	1/semana	1/semana	1/semana	1/semana
Dosis riego (l/m ²) total	721	721	648	648	484	517	465	551	742	927	538	688
Fecha recolección	19/10/2021	19/10/2021	07/10/2022	07/10/2022	19/01/2022	19/01/2022	07/11/2022	07/11/2022	19/11/2021	19/11/2021	12 y 13/11/2022	12 y 13/11/2022
Producción Comercial (kg/ha)	13.713	10.043	11.363	11.236	14.027	13.870	10.608	9.425	13.144	14.622	13.477	12.842
Diferencia Producción (%)BP/T	27%		1%		1%		11%		-11%		5%	

Tabla 3. Resumen de datos en parcelas de maíz

Al ser un proyecto extenso, tanto por la escala temporal como por el número de ensayos realizados, presentaremos en este artículo únicamente los **resultados de la expresión productiva de los cultivos**, teniendo en cuenta los ensayos realizados en las campañas de riego 2021 y 2022, ya que los ensayos realizados esta campaña de riego (2023) no han finalizado a la fecha de presentación de este artículo.

Campaña de riego 2021:

Del análisis realizado en lo que respecta a los resultados de producción obtenidos, tanto en los ensayos de patata y remolacha, como en las parcelas de maíz fueron muy satisfactorios, ya que como se puede ver en los siguientes gráficos, la diferencia de presión en el riego, no tuvo repercusión en el rendimiento final de los cultivos, siendo en todos los ensayos muy similar.

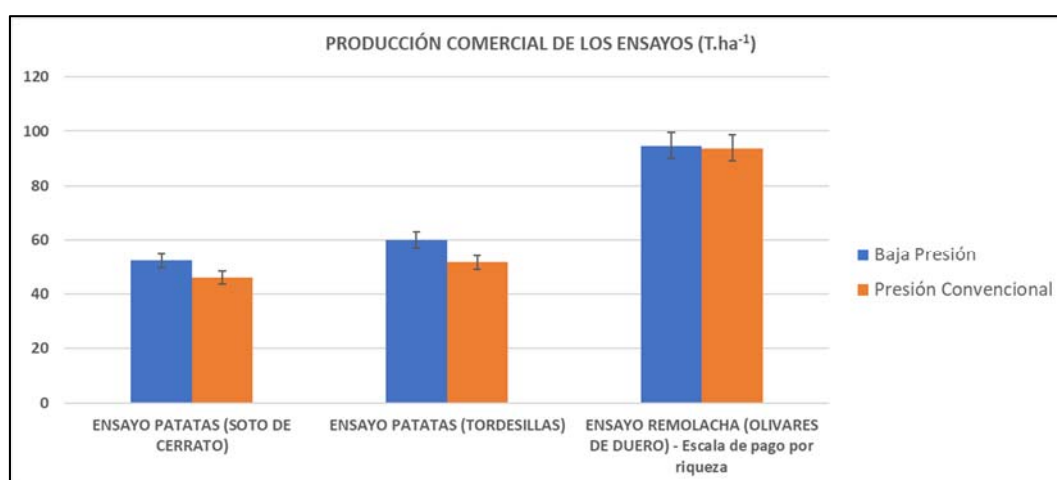


Figura 1. Producción comercial de los ensayos de patata y remolacha.

Además de la producción comercial de cada cultivo, a partir de las muestras recolectadas se ha obtenido una estimación de la producción por cada uno de los aspersores ensayados, tanto en los ensayos de baja presión, como en los de presión convencional.

La figura 2 muestra la producción que se obtendría en los ensayos de patata y remolacha. Se puede observar que, en las tres experiencias, la producción en los ensayos de baja presión es ligeramente superior a la obtenida en presión convencional, siendo menos acusada esta diferencia en el ensayo de remolacha.

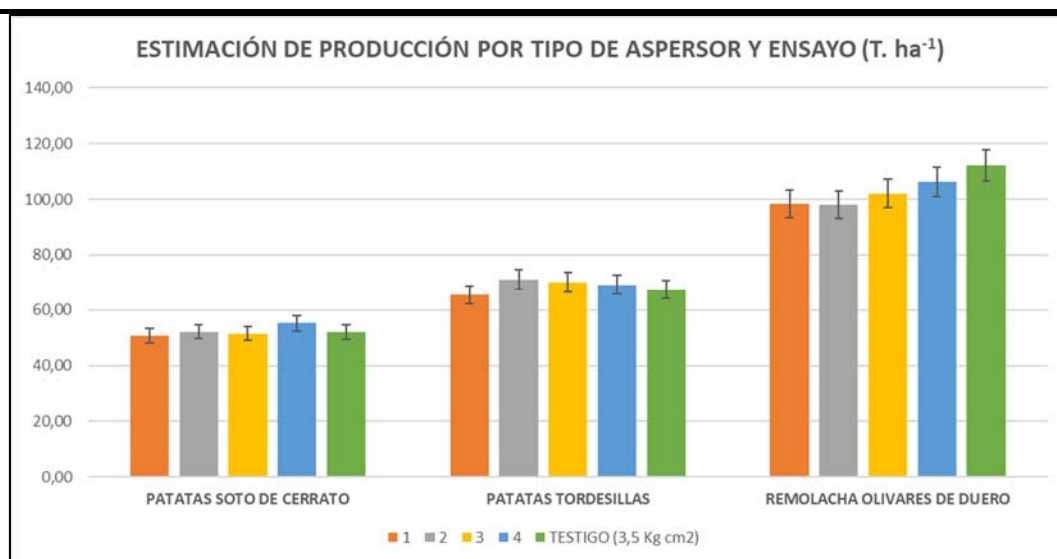


Figura 2. Estimación de la producción por tipo de aspersor y ensayo.

Respecto a las producciones obtenidas en las parcelas comerciales de maíz (Figura 3), en dos de ellas han sido prácticamente iguales en baja presión y testigo; y en la primera (Maíz 1 Tordesillas) la presión convencional presenta una menor producción (debido a un mal manejo del riego por parte del agricultor).

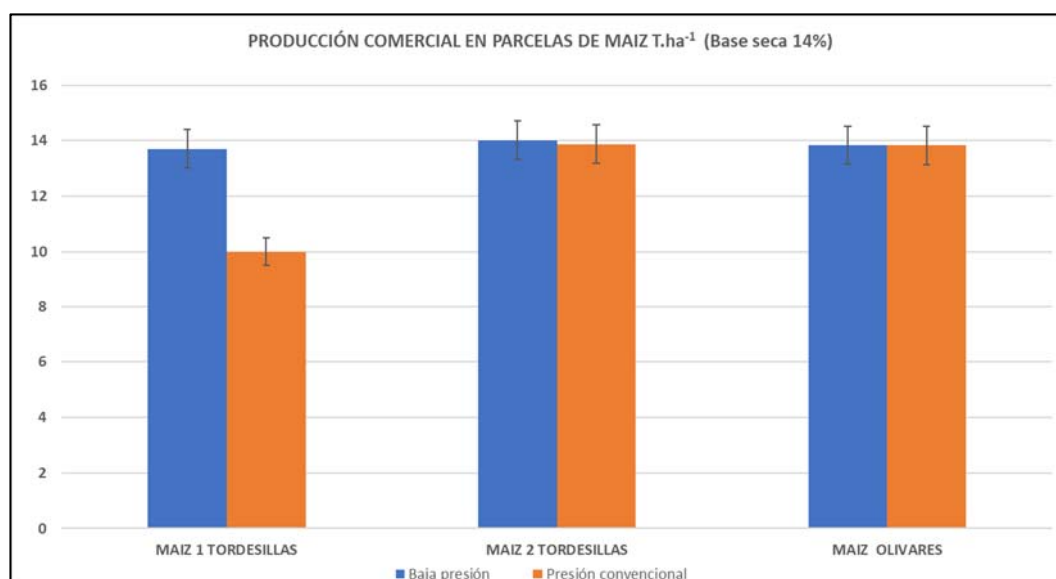


Figura 3. Producción comercial de las parcelas de maíz.

Campaña de riego 2022:

Los resultados de producción obtenidos, tanto en los ensayos de patata y remolacha, como en las parcelas de maíz fueron muy satisfactorios, al igual que en la campaña del 2021, la **diferencia de presión en el riego, no tuvo repercusión en el rendimiento final de los cultivos**. Con la salvedad,

del ensayo de patatas de Tordesillas, en el que hubo una gran diferencia de producción entre la presión convencional y la baja presión, que no fue a causa del manejo del riego.

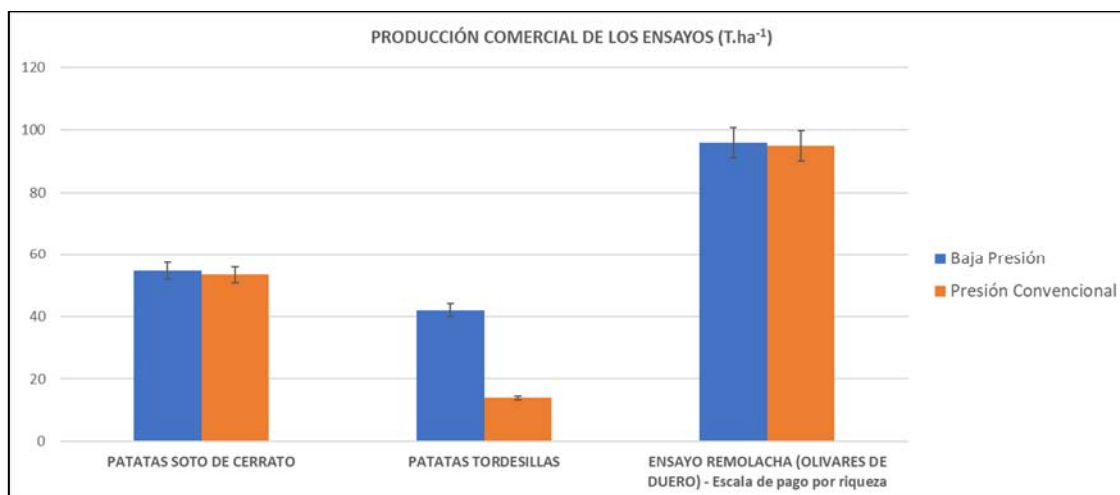


Figura 4. Producción comercial de los ensayos de patata y remolacha.

De las muestras recolectadas se ha obtenido una **estimación por tipo de aspersor ensayado**, datos que se plasman en la Figura 5. Para la primera experiencia de patata no se aprecian grandes diferencias en las producciones entre baja presión y testigo; para la segunda parcela de patatas tampoco habría diferencias significativas en tres de los aspersores ensayados, sin embargo, el cuarto aspersor de baja presión, que sí habría obtenido bastante más producción que el resto. El aspersor testigo, en este caso, habría obtenido en menos producción también.

En lo que respecta al ensayo de remolacha, no se aprecian diferencias significativas entre ninguno de los aspersores de baja presión ensayados, la producción obtenida en presión convencional fue estaría en línea con la estimación de la producción del resto de aspersores.

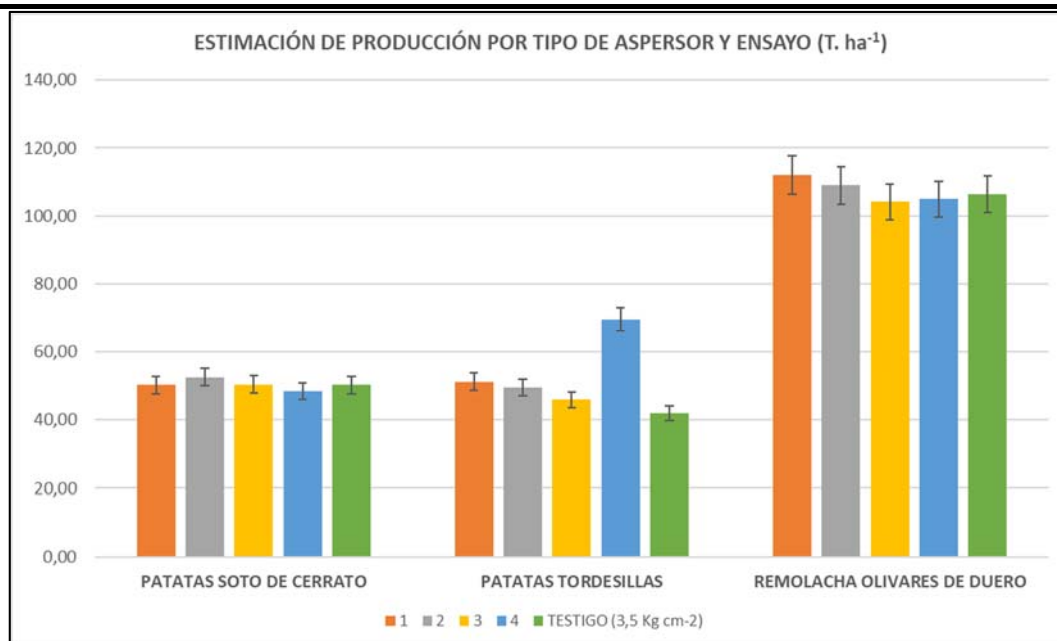


Figura 5. Estimación de la producción por tipo de aspersor y ensayo.

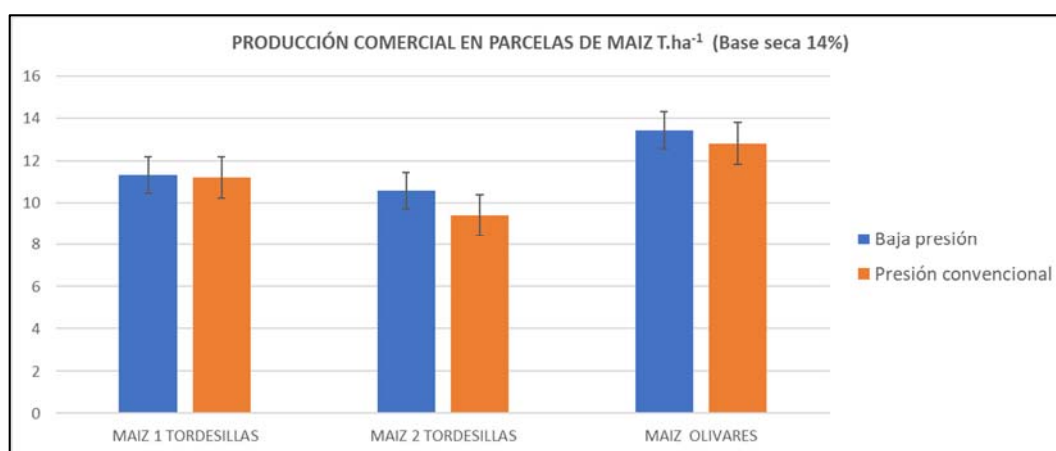


Figura 6. Producción comercial de las parcelas de maíz.

En cuanto a los ensayos en parcelas comerciales de maíz, cuyos resultados se encuentran en la Figura 6, se puede observar que en todas ellas las producciones obtenidas fueron muy similares o ligeramente superior la producción de la baja presión respecto a la testigo, volviendo a confirmarse que la disminución de la presión no afecta a la producción final obtenida.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en las campañas de riego 2021 y 2022 determinan que, por lo general, en la mayoría de 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/cm², 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/cm².

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.

5. Agradecimientos

Agradecemos la colaboración que nos han brindado los técnicos de las tres comunidades de regantes en las que se ha llevado a cabo el proyecto.

Referencias

1. 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.
2. Enz, M. y Dachler, Ch. (1996). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida.
3. FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y drenaje 56.
4. 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).
5. Pasquale Steduto (FAO, División de Riego y Agua, Roma, Italia), Theodore C. Hsiao (Universidad de California, Davis, EE.UU.), Eñolas 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.

6. 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.
7. 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)
8. Tarjuelo Martín-Benito, J.M. (1999). El riego por aspersión y su tecnología. Mundi Prensa. Madrid.
9. 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
10. 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.