

A-40-2020

## AGUA Y RIEGO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

*Goñi Labat M. (1)*

<sup>1</sup> Técnica del Área de Proyectos I + D. INTIA. Avenida Serapio Huici. 22, 31610 Villava (Navarra) mgoni@intiasa.es

### 1) Introducción

La agricultura de regadío requiere de un proceso de fortalecimiento para enfrentar los retos e incertidumbres derivados del cambio climático. Por ello, es primordial implantar medidas de ahorro de agua y energía en todos los procesos en los que se utiliza, como es el caso de los sistemas de riego.

Para reducir el consumo de agua se podría limitar la cantidad aplicada o distribuirla con mayor eficiencia. Para conseguirlo conviene tener presente ciertas prácticas que pueden suponer una mejora en la eficiencia del uso del agua y, por tanto, una mayor disponibilidad del recurso.

El proyecto LIFE NADAPTA (2017-2025) tiene como objetivo la adaptación de Navarra a los efectos del Cambio Climático. Las medidas de adaptación se encuentran englobadas en seis áreas estratégicas diferentes. Una de las acciones desarrolladas en el área de agricultura está basada en la gestión adaptativa al uso correcto del agua del riego y enmarcado en este contexto INTIA ha realizado ensayos de riego con diferentes estrategias de ahorro de agua y energía en las campañas de riego 2018 y 2019. En este trabajo se presentan los resultados de dichos ensayos de riego.

### 2) Objetivos

El objetivo general de los ensayos de riego realizados es presentar diferentes estrategias y herramientas para la evaluación y desarrollo de opciones de adaptación y mitigación del cambio climático. En la campaña 2018 el objetivo se centra en la reducción del gasto energético y de la emisión de Gases de efecto invernadero (GEI) que supone una gestión sostenible del agua de riego en regadíos dependientes de energía. En la campaña 2019 el objetivo se centra en mejorar la eficiencia en el uso del agua mediante la evaluación de estrategias de optimización de riego a través de la implantación de riego deficitario controlado (RDC) y riego deficitario sostenido (RDS).

### 3) Materiales y Métodos

Campaña 2018: Los ensayos se realizaron en una parcela instalada con riego por aspersión (marco 18 x 15T) dividida en 7 sectores de riego. Los sectores de los extremos de la parcela se excluyeron y en los sectores restantes se probaron aspersores de baja presión a 2.0 bar y 2.5 bar (4 ensayos) comparándolos con un sector con aspersores a presión convencional a 3.5 bar. Las dosis de riego aportadas fueron iguales en todos los tratamientos y se calcularon a través de la herramienta HAD riego de la plataforma AGROasesor. Esta herramienta hace un balance hídrico en tiempo real, por lo que las necesidades se adaptan exactamente a las condiciones reales de parcela. En este ensayo la cantidad de riego aportada fue de 6.716 m<sup>3</sup>/ha. En el caso de los sectores a baja presión

se empleó más tiempo de riego ya que la pluviometría es inferior a la manejada en los sectores testigos con aspersores convencionales.

**Tabla 1.** Ensayo de aspersores de baja presión en maíz campaña 2018

Nº Tratamiento	Tipo aspersor	Presión (bar)	Boquillas (mm)	Pluviometría (mm/h)
1	Convencional	3.5	4.4 y 2.4	6.6
2	Baja presión marca 1	2.0	4.5 y 2.5	5.1
3	Baja presión marca 1	2.5	4.5 y 2.5	5.6
4	Baja presión marca 2	2.5	4.4 y 2.4	5.0
5	Baja presión marca 2	2.5	4.4 y 2.4	5.7
6	Convencional	3.5	4.4 y 2.4	6.6
7	Convencional	3.5	4.4 y 2.4	6.6

Campaña 2019: Se realizan ensayos de RDC en maíz y de RDS en brócoli.

Los ensayos de maíz consistieron en probar en riego por aspersión (18 x 15T) diferentes dosis de riego deficitario controlado con diferentes presiones de trabajo de aspersores a 2.5 bar y 3.5 bar. RDC se aplicó en las fases desde nascencia a 8-10 hojas y desde estado grano pastoso a madurez fisiológica.

La dosis de riego de referencia (4800 m<sup>3</sup>/ha) se calculó con la herramienta HAD riego (AGROasesor) y la frecuencia de riego de referencia se ajustó a reponer el nivel de capacidad de campo del suelo. Las cantidades de riego finales aportadas fueron del 108%, 100%, 80% y 70% de la recomendaciones de riego. La dosis del 108% es la dosis tradicional aplicada en la zona.

Los ensayos en brócoli se realizaron con riego por goteo y consistieron en comparar los resultados obtenidos con aportaciones de riego del 100% con aportaciones de riego deficitario sostenido del 77% y 62%. Estas estrategias se comenzaron a aplicar una vez que el cultivo estuvo implantado correctamente. La dosis de riego de referencia se calculó gracias a la herramienta HAD riego de la plataforma AGROasesor (2165 m<sup>3</sup>/ha).

**Tabla 2.** Ensayos de RDC y RDS en maíz y brócoli campaña 2019

Cultivo	Tipo aspersor- Presión media (bar)	Dosis (m <sup>3</sup> /ha)
MAIZ	Baja presión-2.5	3300
	Baja presión-2.5	3900
	Baja presión-2.5	4800
	Presión convencional-3.5	4800
	Presión convencional-3.5	3900
	Presión convencional-3.5	3300
	Presión convencional-3.5	5220

Cultivo	Pluviometría (l/m <sup>2</sup> h)	Dosis (m <sup>3</sup> /ha)
BROCOLI	3.12	2165
	3.12	1698
	3.12	1274

#### Parámetros evaluados:

Durante todos los ensayos en ambas campañas se tomaron varias medidas con el fin de determinar las diferencias en los tratamientos estudiados. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- ✓ Humedad de Suelo.
- ✓ Desarrollo vegetativo y seguimiento del estado fenológico del maíz.
- ✓ Cosecha diferenciada por sector.

El seguimiento de la humedad en suelo se realizó gracias al uso de sondas de humedad capacitivas del tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry, Reflectometría en el dominio de la frecuencia) colocadas a diferentes profundidades (15 y 30 cm de profundidad).

El desarrollo vegetativo del maíz se evaluó mediante imágenes obtenidas gracias a plataforma DRON. Se realizaron cuatro vuelos sobre la parcela en diferentes fechas con el objetivo de obtener las ortofotografía RGB georreferenciada de alta resolución de las zonas de cultivo durante los estadios fenológicos más representativos del maíz, estados BBCH 18, 51, 69 y 83. De estas imágenes se obtuvo el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada). Este valor se calculó para cada sector de riego.

Las variables que se midieron en cosecha fueron rendimiento final en cosecha (kg/ha) y humedad de grano (%).

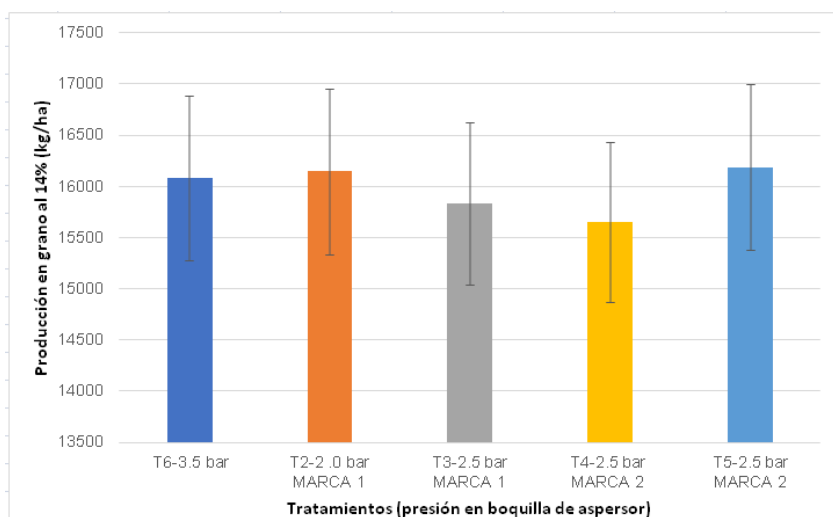
## 4) Resultados

Campaña 2018: La diferencia de presión entre los tratamientos no tuvo repercusión en el reparto de agua en el suelo, ni en el vigor vegetativo, ni en el rendimiento (ver imagen 1) ya que no hubo diferencias significativas en esta variable entre tratamientos. El nivel de significancia fue de 0.05.

Estos resultados se pueden explicar ya que la morfología del maíz con abundantes hojas y porte alto ha podido contribuir en la distribución del agua de riego.

Del análisis de las sondas de humedad no se aprecian diferencias en la forma de reparto del agua entre los tratamientos estudiados, por tanto la diferente pluviometría de los tratamientos no se refleja en diferencias apreciables en el reparto de agua a 15 y 30 cm para esta parcela. El tiempo en el que las sondas reaccionan ante un evento de riego es similar en todos los tratamientos.

En la tabla 3 se muestran las medias de los valores de los índices NDVI en las 4 fechas para los distintos sectores de riego o tratamientos. La evolución de los datos sigue un patrón similar para todos los tratamientos estudiados. La curva presenta un máximo de valor de NDVI correspondiente a la segunda fecha estudiada, en el inicio de salida penacho disminuyendo ligeramente el valor hasta el estadio de pastoso temprano.



**Figura 1.** Valores promedio de cosecha de maíz para los 5 tratamientos (campaña 2018).

**Tabla 3.** Valores medios de NDVI para los distintos sectores de riego (campaña 2018 maíz)

FECHA	T1-Convencional	T2-Baja presión marca 1	T3-Baja presión marca 1	T4-Baja presión marca2	T5-Baja presión marca2	T6-Convencional	T7-Convencional
8-julio	0.50024	0.61210	0.62992	0.63230	0.60472	0.58784	0.56565
26-julio	0.72077	0.84167	0.85297	0.85138	0.82860	0.79758	0.71704
17-agosto	0.70594	0.82391	0.83537	0.84087	0.83296	0.80766	0.73237
29-agosto	0.70198	0.81475	0.82347	0.83013	0.81001	0.77942	0.70794

Campaña 2019: En los ensayos de Riego Deficitario Controlado (RDC) en maíz no se obtuvieron diferencias significativas, entre los rendimientos obtenidos con la dosis de riego habitual, y la obtenida con la HAD riego. Esto permitiría un ahorro de un 8% de la dosis aportada. Para el resto de tratamientos las diferencias fueron significativas. La variable presión no influyó en los resultados como se puede comprobar en la Tabla 4. El nivel de significancia del análisis entre tratamientos es 0.05.

En los ensayos de Riego Deficitario Sostenido (RDS) en brócoli las diferencias de los rendimientos no fueron significativas entre los tratamientos (ver Tabla 4). Este ensayo ha supuesto una reducción del consumo específico de agua de hasta 44 m<sup>3</sup>/t.

**Tabla 4.** Resultados de cosecha de los ensayos de maíz y brócoli (campaña 2019)

MAIZ		BRÓCOLI	
PRESION/RDC	RENDIMIENTO (kg/ha)	RDS	RENDIMIENTO (kg/ha)
Aspersor BP/70%	10.564	100%	23.020
Aspersor BP/80%	11 623	77%	22.020
Aspersor BP/100%	13 838	62%	23.300
Aspersor PC/100%	13 987		
Aspersor PC/80%	12 555		
Aspersor PC/70%	10 096		
Aspersor PC/108%	14.000		

Del análisis de las sondas de humedad se apreciaron diferencias entre los distintos tratamientos.

En los ensayos de maíz con los tratamientos del 100% y del 108% la reserva del agua del suelo terminó con una cantidad mayor que la inicial, por lo que se deduce de manera general que no faltó agua y el suelo fue acumulando agua, además los picos registrados en las sondas estaban alrededor del límite de Capacidad de campo. En el resto de tratamientos hubo momentos del ciclo del maíz en los que el agua disponible para la planta se situó por debajo del punto crítico de humedad, en zona de estrés hídrico.

En los ensayos de brócoli se apreciaron diferencias entre los tratamientos pero en general el agua disponible para la planta se situó entre el punto crítico y el punto de capacidad de campo, en la zona de confort para la planta.

En la tabla 5 se muestran las medias de los valores de los índices NDVI en las 4 fechas para los distintos sectores de riego o tratamientos del ensayo del maíz. La evolución de los datos sigue un patrón similar para todos los tratamientos estudiados. La curva presenta un máximo de valor de NDVI correspondiente a la tercera fecha estudiada, disminuyendo ligeramente el valor hasta el estadio de pastoso temprano. Los valores de los índices obtenidos entre aspersores de baja presión y presión convencional para el 100% de recomendaciones son muy similares.

**Tabla 5.** Valores medios de NDVI para los distintos sectores de riego (campaña 2019 maíz)

FECHA	BP70%	BP80%	BP100%	PC100%	PC80%	PC70%	PC108%
11-julio	0.2912	0.3359	0.3585	0.3328	0.2544	0.3093	0.3495
12-agosto	0.6256	0.7957	0.8339	0.8013	0.6602	0.7440	0.7823
22-agosto	0.7129	0.8483	0.8585	0.8547	0.7016	0.7808	0.8395
17-septiembre	0.6699	0.7893	0.7995	0.7984	0.6693	0.7182	0.7796

## 5) Conclusiones

Los aspersores de baja presión se presentan como una alternativa en cultivos de porte alto. El empleo de estos aspersores en zonas de transformación, zonas nuevas de regadío, supondría una disminución de la altura de bombeo lo que implicaría un importante ahorro en la Huella de Carbono, año tras año.

La teledetección, el uso de herramientas de riego con balances hídricos en tiempo real y el seguimiento de humedad de suelo, son de importancia crucial para llevar a cabo estrategias de ahorro de agua y adaptación al cambio climático.

En maíz con un RDC del 80% de las dosis, la producción final se vio disminuida. El aumento de un 8% de la dosis de referencia, no se tradujo en aumento de producción.

En brócoli, RDS de hasta 62% de la dosis de referencia, permitieron una reducción del valor de consumo específico de agua de hasta 44 m<sup>3</sup>/t.

## 6) Bibliografía

- Low-pressure sprinkler irrigation in maize: Differences in water distribution above and below the crop canopy  
N. Zapata et al. (2018) Agricultural Water Management  
Assesing low-pressure solid-set sprinkler irrigation in maize  
O. Robles et al. (2017) Agricultural Water Management  
Corn Yield Response to Reduced Water Use at Different Growth Stages  
H. Kebede et al. (2014) Scientific Research  
El diseño de proyectos y su relación con el ahorro energético.  
Nery Zapata (2014). Jornadas Riegos del Alto Aragón. Huesca.  
La innovación en el regadío. Nuevas tecnologías y optimización del binomio agua-energía.  
Enrique Playán Jubillar (2014). XIII Congreso Nacional de Comunidades de Regantes. Huelva.