

# EL RIEGO POR ASPERSIÓN NOCTURNO Y DIURNO EN MAÍZ

J. Cavero<sup>1</sup>; J.M. Faci<sup>2</sup>; Y. Urrego<sup>1</sup>; E.T. Medina<sup>2</sup>; M. Puig<sup>1</sup>; L. Jiménez<sup>1</sup>; A. Martínez-Cob<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC), Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza.

<sup>2</sup>Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (DGA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza.



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego por aspersión normalmente se diseñan, por razones económicas, para que operen durante las 24 horas del día en el periodo de máximas necesidades de riego de los cultivos. Debido a ello los agricultores deben regar durante el día y la noche en dicho periodo (julio y agosto).

La eficiencia de los sistemas de riego depende tanto de las pérdidas de agua como de la uniformidad de la distribución del agua de riego. Los sistemas de riego deben manejarse para minimizar las pérdidas de agua y maximizar la uniformidad del riego. En el caso del riego por aspersión, ambos factores se ven afectados por las condiciones ambientales durante el riego, las cuales pueden ser muy diferentes entre el día y la noche.

Durante el riego por aspersión parte del agua aplicada se pierde por evaporación y arrastre (PEA) y no llega al cultivo. Además, una vez acabado el riego el agua que moja las plantas se evapora, constituyendo las llamadas pérdidas por interceptación que suelen ser bastante estables; por ejemplo, en maíz, 0,4 mm por riego (Martínez-Cob y col., 2008). Sin embargo, las PEA dependen fundamentalmente de las condiciones ambientales durante el riego, aumentando con el aumento de la temperatura del aire, del déficit de presión de vapor (VPD) y de la velocidad del viento. Estas PEA varían normalmente entre el 0 y el 20% del agua aplicada (Faci y col, 2001; Playán y col, 2005) y son más altas durante los riegos diurnos que durante los riegos nocturnos.

\* El riego por aspersión diurno en maíz produce cambios microclimáticos que pueden ser positivos para el crecimiento y rendimiento de las plantas, pero es globalmente desfavorable porque reduce el rendimiento en un 10% frente al riego nocturno

\* Otra ventaja adicional del riego nocturno es el menor coste energético debido a las tarifas eléctricas más baratas que se pueden conseguir en esos periodos de la noche

El agua que se evapora durante el riego por aspersión modifica el microclima en el que se desarrollan las plantas: disminuye la temperatura y el VPD del aire. Esto da lugar a una disminución de la temperatura de las plantas y una reducción de la transpiración.

El viento es el factor meteorológico que más afecta a la uniformidad del riego por aspersión, que disminuye conforme aumenta la velocidad del viento y por ello se debe evitar el riego por aspersión con velocidades altas del viento. Es bien conocido que, en general, la velocidad del viento es mayor por el día que por la noche.

El riego por aspersión durante el día tiene al-

►►► gunas desventajas comparado con el riego nocturno. Las mayores PEA y la menor uniformidad, debida a la mayor velocidad del viento durante el día, hacen que la eficiencia del riego sea menor pudiendo dar lugar a un descenso del rendimiento. Sin embargo, el riego por aspersión diurno modifica positivamente el microclima en el que se desarrollan las plantas (disminuye la temperatura y el VPD del aire) lo cual puede ser ventajoso en días calurosos.

En este trabajo se recogen los resultados de varios ensayos realizados en maíz regado por aspersión en los que se ha medido el efecto que el momento del riego (día o noche) tiene sobre el microclima y sobre el crecimiento y rendimiento del maíz.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se realizaron en 2005 y 2006 en dos parcelas localizadas en la Estación Experimental Aula Dei (EEAD) y el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) en Zaragoza. El suelo en ambas es profundo (> 1,2 m) y con una capacidad de retención de agua de alrededor de 150 mm. Ambas están dotadas de cobertura enterrada fija cuadrada: 18 ►►►

## LA EFICIENCIA ENERGÉTICA LLEGA AL RIEGO POR ASPERSIÓN



### GAMA DE ASPERSORES ROTATOR



*Rotator R2000*



*Rotator R33*

Mayor alcance, ahorro de agua y energía y aumento de la producción.

**Regaber**

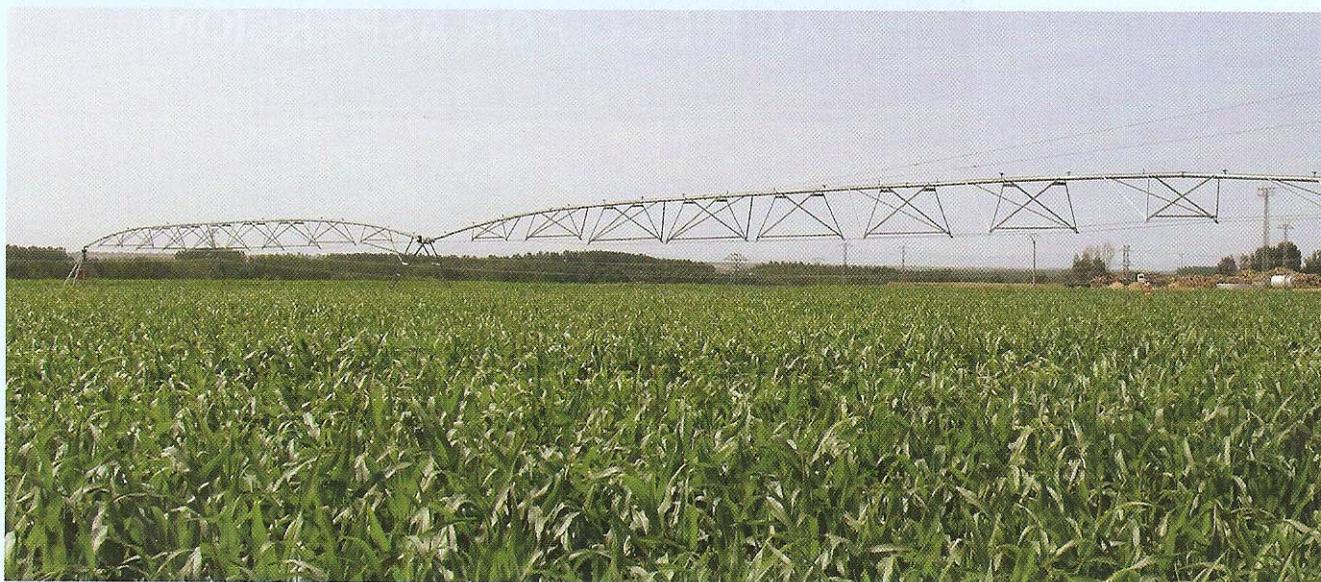
- consumo energético
- caudal
- número de sectores

- + uniformidad
- + eficiencia frente al viento
- + robustez y durabilidad

www.regaber.com

902 101 795 / regaber@regaber.com

178A097



►►► x 18 m en EEAD y 15 x 15 m en CITA. Los aspersores utilizados eran de doble boquilla (4,4 + 2,4 mm) y estaban situados a 2,5 m (EEAD) y 2 m (CITA) sobre el suelo.

Se sembró maíz (cv. Pioneer PR34N43) en abril a una densidad de 87.000 plantas/ha. Se fertilizó aplicando antes de la siembra 100 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. En cobertera se aplicaron 150 kg N/ha con el agua de riego divididos en dos aplicaciones.

El cálculo de las necesidades de riego se realizó a partir de la evapotranspiración de referencia calculada con el método de Penman-Monteith y de coeficientes de cultivo (Martínez-Cob, 2008), descontando la lluvia caída. Se aplicaron de uno a tres riegos semanales.

La parcela del CITA estaba dividida en dos subparcelas de 1 hectárea cada una y en ella sólo se estudiaron los cambios microclimáticos durante el riego por aspersión. El riego aplicado consistió en las necesidades de riego calculadas aumentadas en un 15%. Las dos subparcelas se regaban en momentos distintos de forma que siempre existía un tratamiento “no regado” y un tratamiento regado. Para estudiar los cambios microclimáticos durante el riego se instalaron sondas que permitían medir la temperatura y humedad relativa del aire en distintas posiciones (1 m por encima del cultivo, a la altura del cultivo y 0,5 m por debajo de la altura del cultivo). También se midieron la temperatura de las plantas con un termómetro de infrarrojos, la transpiración de las plantas con sondas de flujo de savia y, en algunos riegos, el potencial hídrico de las hojas.

La parcela de la EEAD estaba dividida en 12 sectores independientes de riego, cada uno constituido

por 4 aspersores. Se establecieron dos tratamientos de riego: riego diurno (comienzo sobre las 12:00) y riego nocturno (comienzo sobre las 0:00), con seis repeticiones por tratamiento. El riego aplicado consistió en las necesidades de riego calculadas (718 mm en 2005 y 701 mm en 2006). En cada riego se recogió el agua caída en una malla de 25 pluviómetros para determinar las PEA y la uniformidad del riego. Al igual que en la parcela del CITA, se midieron los cambios microclimáticos y sobre las plantas durante el riego. En cosecha, cada uno de los 12 sectores se recolectaron con una cosechadora comercial.

## RESULTADOS

### 1.- Cambios microclimáticos y fisiológicos durante el riego por aspersión

Los cambios microclimáticos observados en los riegos por aspersión nocturnos fueron poco relevantes por lo que no se muestran. En la Figura 1 puede observarse que durante el riego por aspersión diurno disminuyó la temperatura y VPD del aire. Tras acabar el riego, los valores de las distintas variables se fueron igualando, de forma que a las dos-tres horas tras el riego ya eran los mismos en la parcela regada y en la no regada. En la Tabla 1 se indican los valores medios de los cambios en uno de los ensayos. En el conjunto de los ensayos se observó una reducción de la temperatura del aire tanto mayor cuanto más cerca del suelo se hizo la medida, de forma que a 1 m sobre el cultivo la temperatura se redujo de 1,8 a 2,5 °C frente a una reducción de 3,3 a 4,4 °C a 0,5 m por debajo de la altura del cultivo. De igual forma la reducción del VPD fue de 0,50 a 0,73 kPa a 1 m sobre el cultivo y de 1,04 a 1,21 kPa ►►►

►►► a 0,5 m por debajo de la altura del cultivo.

Como consecuencia de estos cambios microclimáticos se observaron una serie de cambios sobre las plantas de maíz (Figura 1, Tabla 2). En la Figura 1, se observa que durante el riego por aspersión diurno la temperatura de las plantas y la transpiración disminuyeron, pero el potencial hídrico de las hojas aumentó. Tras acabar el riego, los valores de las distintas variables se fueron igualando, de forma que a las dos-tres horas tras el riego ya eran los mismos en la parcela regada y en la no regada. En la Tabla 2 se indican los valores medios de los cambios en uno de los ensayos. En el conjunto de los ensayos se observó durante el riego por aspersión diurno una reducción de la temperatura de las plantas de 4,3 a 6,1 °C, una reducción de la transpiración de un 58% y un aumento del potencial hídrico de las hojas desde -1,4 MPa hasta -0,54 MPa. Durante el riego por aspersión nocturno los cambios fueron mucho menores: la temperatura de las plantas se redujo en 0,4 a 1,0 °C y la transpiración desde 0,15 mm a 0,04 mm.

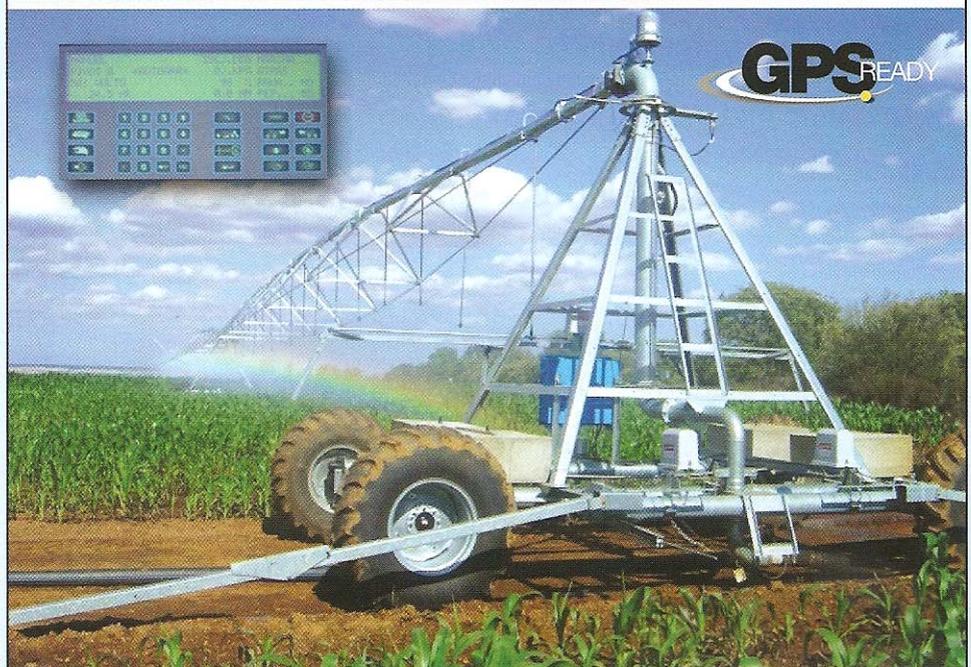
2.- Efecto del riego por aspersión diurno y nocturno sobre ►►►

# VALLEY

A valmont  PRODUCT

## UNIVERSAL VALLEY® PRO2 AUTOPILOT

Con posicionamiento GPS: Precisión garantizada

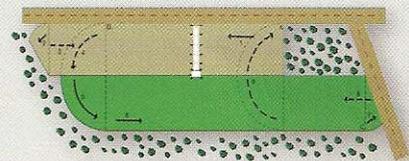


El Universal Valley® Pro2 Autopilot, con tecnología de última generación y fabricación USA, marca la diferencia en el riego de parcelas irregulares.

Está diseñado para regar de forma totalmente automática una máxima superficie del campo.

La tecnología de posicionamiento GPS Valley® permite el control preciso de sectorización de riego y manejo de la pistola final.

Innovación y precisión a su servicio, porque cuando lo que está en juego es su cosecha, no se puede exigir menos.



2 posiciones en modo lineal y hasta 4 puntos de giro de forma automática

### DISTRIBUIDORES VALLEY® AUTORIZADOS EN CASTILLA Y LEÓN:



Fresno de la Vega (León)  
Pol. Ind. Las Lagunas - Parc. A4  
Telf-Fax: 987 131 912  
Móvil: 619 793 298  
www.riegosdelesia.com



Cuéllar (Segovia)  
Calle nueva, 8  
Telf: 921 141 261  
Fax: 921 142 421



SALAMANCA  
C/ Hoces del Duratón (Parc. 5,6,7)  
Pol. Ind. Montalvo II  
Telf: 923 190 260  
Fax: 923 190 257  
www.riegosdeltormes.com

VALMONT, S.A.U.  
www.valley-es.com  
inforiego@valmont.es

Línea de Atención al Cliente  
91 679 43 00

►►► *el crecimiento y rendimiento del maíz*

Se observó que en los riegos diurnos la velocidad del viento fue mayor, las pérdidas de agua fueron mayores y la uniformidad del riego fue menor (Tabla 3). En cualquier caso, la velocidad del viento y las PEA pueden considerarse dentro de un rango adecuado para el riego por aspersión en nuestras condiciones climáticas. Estas mayores pérdidas de agua y menor uniformidad del riego causaron una reducción significativa del rendimiento del maíz: 1,9 t/ha en 2005 y 1,1 t/ha en 2006. Así, en el conjunto de los dos años el riego diurno redujo el rendimiento en un 10%, comparado con el riego nocturno. Se observó una ligera reducción del número de granos por mazorca y del peso de los granos con el riego diurno y probablemente el conjunto de estas reducciones fue la causa del menor rendimiento. Asimismo, se observó una menor altura de las plantas de maíz con el riego diurno, siendo la diferencia significativa en uno de los años.

Las medidas del potencial mátrico del suelo (no mostradas) indicaron un menor contenido de agua en el tratamiento de riego diurno a partir de mediados de agosto que estaría relacionado con las mayores PEA en el riego diurno.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Las mayores PEA durante el riego diurno (Playán y col, 2005) dieron lugar a que los cambios microclimáticos fueran mucho mayores cuando el riego por aspersión se realizó durante el día. Estos cambios son similares a los encontrados en otros trabajos y se prolongaron unas dos horas tras concluir el riego. La disminución de la temperatura y del VPD del aire fue tanto mayor conforme la medida se realizó más cerca del cultivo y del suelo. La reducción de la transpiración es un efecto positivo porque supone una reducción de las PEA (Martínez-Cob y col, 2008). La disminución de la temperatura de las plantas puede ser positiva (en días muy calurosos) o negativa (en días fríos) por su efecto sobre la fotosíntesis. Sin embargo, el aumento del potencial hídrico de las hojas del maíz debe ser considerado como un efecto positivo.

Si bien el riego por aspersión diurno en maíz produce cambios microclimáticos que pueden ser positivos para el crecimiento y rendimiento de las plantas, nuestros resultados indican que el riego



diurno es globalmente desfavorable ya que reduce el rendimiento del maíz en un 10% comparado con el riego por aspersión nocturno. Hay que destacar que otra ventaja adicional del riego nocturno es el menor coste energético debido a las tarifas eléctricas más baratas en los periodos nocturnos. El diseño de nuestro trabajo impide conocer si la causa principal de la reducción del rendimiento del maíz en el riego diurno son las mayores PEA (y por lo tanto menor agua que llega al suelo) o la menor uniformidad del riego. Si el problema son las mayores PEA, se puede resolver aplicando más agua, pero si el problema es la menor uniformidad sólo se puede resolver con un diseño de parcela que aumente la uniformidad del riego. Es necesario realizar trabajos adicionales que clarifiquen esta cuestión.

**AGRADECIMIENTOS**

Al personal de apoyo del CITA (M. Izquierdo, J. Gaudó, J.M. Acín, D. Mayoral) y la EEAD (M.P. Paniagua). Al MCYT por la financiación de estos trabajos (AGL2004-06675-C03/AGR y AGL2007-66716-C03).

**BIBLIOGRAFÍA**

Faci, J.M., R. Salvador, E. Playán, and H. Sourell. 2001. Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. *J. Irrig. Drain. Eng.* 127:224-233.

Martínez-Cob, A. 2008. Use of thermal units to estimate corn crop coefficients under semiarid climatic conditions. *Irrig. Sci.* 26:335-345.

Martínez-Cob, A., E. Playán, N. Zapata, J. Caverro, E.T. Medina, and M. Puig. 2008. Contribution of evapotranspiration reduction during solid-set sprinkler irrigation to application efficiency. *J. Irrig. Drain. Engr.* 134:745-756.

Playán, E., R. Salvador, J.M. Faci, N. Zapata, A. Martínez-Cob, and I. Sánchez. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Agric. Wat. Manage.* 76:139-159.