

## Estudio de los cambios microclimáticos y fisiológicos en alfalfa regada por aspersión

*Stambouli, T.<sup>1</sup>, Zapata, N.<sup>2</sup>, Martínez-Cob, A.<sup>2</sup>, Faci, J.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Unidad de Suelos y Riegos. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Avenida Montañana 930, 50059, Zaragoza, [tstambouli@aragon.es](mailto:tstambouli@aragon.es); [jfacci@aragon.es](mailto:jfacci@aragon.es)*

<sup>2</sup> *Departamento Suelo y Agua. Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC). Apto. 202, 50080, Zaragoza, [v.zapata@csic.es](mailto:v.zapata@csic.es); [macoan@eead.csic.es](mailto:macoan@eead.csic.es)*

### RESUMEN

Las pérdidas por evaporación y arrastre (PEA) que ocurren durante el riego por aspersión, produjeron unos cambios microclimáticos y fisiológicos con un descenso de la temperatura del aire, del déficit de presión de vapor así como de la temperatura de la cubierta vegetal, más pronunciadas durante los eventos de riego diurno que en los nocturnos. Estos cambios microclimáticos y fisiológicos se manifestaron hasta 2-3 horas después del evento de riego por aspersión en alfalfa.

### 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el riego por aspersión, no toda el agua que emiten los aspersores llega al suelo ya que hay una parte que se pierde por evaporación durante el viaje de las gotas de agua hacia el suelo y otra parte por el arrastre fuera de la zona cultivable (PEA). Las pérdidas por evaporación dependen de la humedad relativa, temperatura del aire y del agua del riego, velocidad del viento, altura de vuelo, presión de funcionamiento y diámetro de las gotas de agua. En cuanto a las pérdidas por arrastre,

están determinadas principalmente por la velocidad del viento, diámetro de las gotas y por la altura de vuelo (Tarjuelo y otros., 2000; Martínez-Cob y otros., 2008).

Como consecuencia de las pérdidas por evaporación y arrastre (PEA) durante el riego por aspersión en alfalfa, se modifican las condiciones microclimáticas, produciéndose un descenso del déficit de presión de vapor (DPV) así como de la temperatura del aire (Robinson 1970; Tolk y otros. 1995). Este descenso en el DPV contribuye a la reducción de la transpiración del cultivo y por lo tanto puede conservar agua en el suelo que posteriormente puede contribuir a la evapotranspiración del cultivo. Estos cambios microclimáticos durante el riego por aspersión pueden durar hasta varios días después del evento del riego (Kraus, 1966; Kohl y Wright, 1974; Longley y otros., 1983), aunque en general en nuestras zonas semiáridas estos cambios se reducen a unas pocas horas después del riego (Martínez-Cob y otros., 2008).

Los cambios microclimáticos durante el riego por aspersión, causan también cambios fisiológicos en el cultivo que son más duraderos en los sistemas de riego por cobertura fija de aspersión porque el tiempo de riego es mayor que en el caso de los pivotes y máquinas de riego (Cavero y otros., 2009). Los cambios microclimáticos y fisiológicos son más relevantes durante eventos de riego diurno debido a los mayores valores de la temperatura del aire, del DPV del aire y de la actividad fisiológica de las plantas.

Este trabajo tiene como >>>

►►► objetivo principal de estudiar estos cambios microclimáticos y fisiológicos antes, durante y después de los eventos del riego por aspersión.

## 2.- MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio de los cambios microclimáticos y fisiológicos durante el riego por aspersión en alfalfa se realizó en las mismas sub-parcelas del artículo anterior “¿Son útiles las pérdidas por evaporación en el riego por aspersión?”. Para medir las diferentes variables meteorológicas, se instalaron dos estaciones meteorológicas llamadas *MetA* y *MetB* ubicadas en el centro de cada sub-parcela, y que están compuestas de los siguientes sensores (Fotografía 1):

\* *MetA*: Un data logger Campbell al que se han conectado la célula de carga del lisímetro A, una sonda Vaisala (temperatura y humedad relativa del aire), un termómetro de infrarrojos y un pluviómetro. Se registran medias cada 5 min. la temperatura y humedad relativa del aire, medias cada 30 min. de radiación solar y temperatura de la cubierta vegetal. Asimismo se registran las medias, máximas y mínimas diarias de todas las variables.

\* *MetB*: Un data logger Campbell al que se han conectado la célula de carga del lisímetro B, una sonda Vaisala, una anemoveleta YOUNG, un termómetro de infrarrojos y un piranómetro. Se registran medias cada 5 min. de la temperatura y humedad relativa del aire, velocidad y dirección del viento, medias cada 30 min. de radiación solar y temperatura de la cubierta vegetal. Asimismo se registran las medias, máximas y mínimas diarias de todas las variables.

Se evaluaron los cambios microclimáticos a partir de los datos meteorológicos cinco-minútales para ambas parcelas (en riego y en seco) de dos horas antes del evento del riego, durante el evento del riego y hasta 3 horas después del evento del riego. Las variables estudiadas para los cambios microclimáticos fueron la temperatura del aire, la humedad relativa del aire y el déficit de presión de vapor, y para los cambios fisiológicos se estudió la temperatura de la cubierta vegetal. Se llevo a cabo un análisis estadístico de comparación de medias entre las distintas variables en la parcela en riego y en seco mediante un test t de student de muestras pareadas con un nivel de significación de  $p=0,05$ .

## 3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 ilustra el efecto directo del riego por aspersión en el déficit de presión de vapor, temperatura de

**Tabla 1. Diferencia media de temperatura de aire (T), déficit de presión de vapor (DPV) y de temperatura vegetal (TV) entre los dos tratamientos seco (NR) y regado (R) de 1-2 horas antes, durante y hasta 1-3 horas después de los riegos diurnos y nocturnos efectuados en 2009.**

Periodo		Riegos Diurnos			Riegos Nocturnos		
		T <sub>NR-TR</sub> °C	DPV <sub>NR-DPV<sub>R</sub></sub> kPa	TV <sub>NR-TV<sub>R</sub></sub> °C	T <sub>NR-TR</sub> °C	DPV <sub>NR-DPV<sub>R</sub></sub> kPa	TV <sub>NR-TV<sub>R</sub></sub> °C
Antes	2 h	-0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
	1 h	-0,04 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Durante		1,49 <sup>s</sup>	0,44 <sup>s</sup>	2,73 <sup>s</sup>	0,34 <sup>s</sup>	0,11 <sup>s</sup>	0,44 <sup>s</sup>
Después	1 h	0,62 <sup>s</sup>	0,18 <sup>s</sup>	1,90 <sup>s</sup>	0,39 <sup>s</sup>	0,13 <sup>s</sup>	0,21 <sup>s</sup>
	2 h	0,14 <sup>s</sup>	0,03 <sup>s</sup>	1,11 <sup>s</sup>	0,23 <sup>s</sup>	0,07 <sup>s</sup>	0,18 <sup>s</sup>
	3 h	0,10 <sup>s</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>s</sup>	0,16 <sup>s</sup>	0,07 <sup>s</sup>	0,15 <sup>s</sup>

<sup>s</sup>: significativamente diferente de 0; <sup>ns</sup>: no significativamente diferente de 0 ( $\alpha = 0,95$ )

la cubierta vegetal y temperatura del aire antes, durante y después de los riegos diurnos y nocturnos. Durante el riego diurno, la temperatura del aire disminuyó significativamente ( $p = 0,95$ ) durante el riego por aspersión. Esta disminución debido al riego por aspersión fue de 1,49 °C. Una hora después del riego, esta disminución continúa siendo significativa pero con una magnitud inferior (0,62 °C), esta disminución se prolongó hasta 3 horas después de finalizado el riego. Durante el riego nocturno, la disminución de la temperatura del aire fue significativa y esta diferencia también se prolongó de 2 a 3 horas después del evento de riego, pero su magnitud (0,34 °C) fue inferior a la de los riegos diurnos.

También el déficit de presión de vapor (DPV) sigue las mismas pautas que la temperatura del aire, un descenso significativo de su valor durante los dos tipos de riego (nocturnos y diurnos). Esta disminución fue de 0,44 kPa y 0,11 kPa para los riegos diurnos y nocturnos, respectivamente. El DPV sigue disminuyendo significativamente hasta 2 horas después de los riegos diurnos y hasta 3 horas después de los riegos nocturnos, este último con menores magnitudes. La disminución de la temperatura del aire y del déficit de presión de vapor causada por el riego por aspersión, ha sido mayor para los riegos diurnos que para los riegos nocturnos.

En cuanto a los cambios fisiológicos estudiados, en nuestro caso la temperatura de la cubierta vegetal, se observaron descensos considerables de ésta durante los riegos diurnos de 2,73 °C. Esta menor temperatura de la cubierta en el tratamiento regado se mantuvo significativa hasta 3 horas después del riego, con magnitudes descendientes. En los riegos nocturnos estas diferencias son menores, siendo significativas durante el riego de 0,44 °C y hasta tres horas después del riego con valores descendientes. El descenso de la temperatura de la cubierta vegetal durante el riego por aspersión podría tener un efecto positivo sobre la fotosíntesis del cultivo cuando

la temperatura del aire es demasiado alta, tal y como sucede durante las horas centrales ►►►

►►► del día en los meses de julio y agosto. Sin embargo, si la temperatura decrece por debajo de un valor óptimo, la tasa de fotosíntesis podría disminuir (Loomis y Connor, 1992).

La figura 1 ilustra para dos eventos de riego distintos, uno diurno (a) y otro nocturno (b), ambos durante el mes de agosto, la evolución típica de la temperatura del aire, temperatura de la cubierta vegetal y el déficit de presión de vapor en los dos tratamientos en riego (MT) y en seco (DT) desde dos horas antes del riego, durante el riego y hasta 4 horas después del riego. Tal y como lo hemos analizado anteriormente, los cambios microclimáticos y fisiológicos fueron mas pronunciados durante y después del evento de riego diurno. Tras finalizar los riegos, los cambios microclimáticos y fisiológicos del cultivo fueron desapareciendo progresivamente a lo largo de un periodo de 1 a 3 h. El ejemplo mostrado en la Figura 1 (a) presenta un descenso más acusado de la temperatura de la cubierta vegetal que de la temperatura del aire, estos resultados coinciden con estudios anteriores de Cavero y otros. (2009) y de Tolk y otros. (1995).

#### 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cambios microclimáticos y fisiológicos durante el riego por aspersión fueron significativos y se prolongaron

hasta 2 y 3 horas después de finalizados los riegos. Estas diferencias microclimáticas y de la temperatura de la cubierta vegetal fueron más importantes durante los riegos diurnos que durante los nocturnos. Los cambios microclimáticos empiezan justo al empezar el riego (Figura 1) tal y como apuntan Tolk y otros (1995), Thompson y otros, (1993) y Cavero y otros, (2009). El descenso de la temperatura del aire así como del déficit de presión de vapor ha sido más bajo que el encontrado por Cavero y otros, (2009) en un cultivo de maíz. Las diferencias en cuanto a porte y densidad de ambos cultivos, maíz y alfalfa, explican las diferencias. Este efecto sobre la meteorología de la zona sería mayor cuando la zona regada es más grande tal y como muestran los resultados de Steiner y otros. (1983), también, otros autores marcan que las zonas regadas son más frescas que zonas adyacentes no regadas (Temesgen y otros., 1999). Analizando este supuesto, sería necesario investigar los cambios climáticos que se puedan originar en una zona de regadío por aspersión con cientos y miles de hectáreas regadas simultáneamente, y a esperar que este cambio en las condiciones climáticas tenga un mayor alcance espacio-temporal, además de tener más efecto sobre las tasas de evapotranspiración de los cultivos de la zona. ►►►



## PETKUS España, s.l.

Avda. de Cuba 6 - ES34003 - Palencia (Spain)  
Tlf: + 34 979728440 - Fax: + 34 979728439  
e-mail: velez@petkus.es



#### - Semillas y granos...

**Secaderos de maíz y girasol**  
**Limpieza y selección de semillas**  
**Tratamiento químico de semillas**  
**Almacenamiento: Silos y celdas**

#### - Fábricas de piensos...

**Dosificación**  
**Molienda**  
**Mezclado**  
**Granulación**

Proporcionamos soluciones individualizadas a nuestros clientes !!!

[www.petkus.es](http://www.petkus.es)

Planta de selección semillas



Planta de secado de girasol



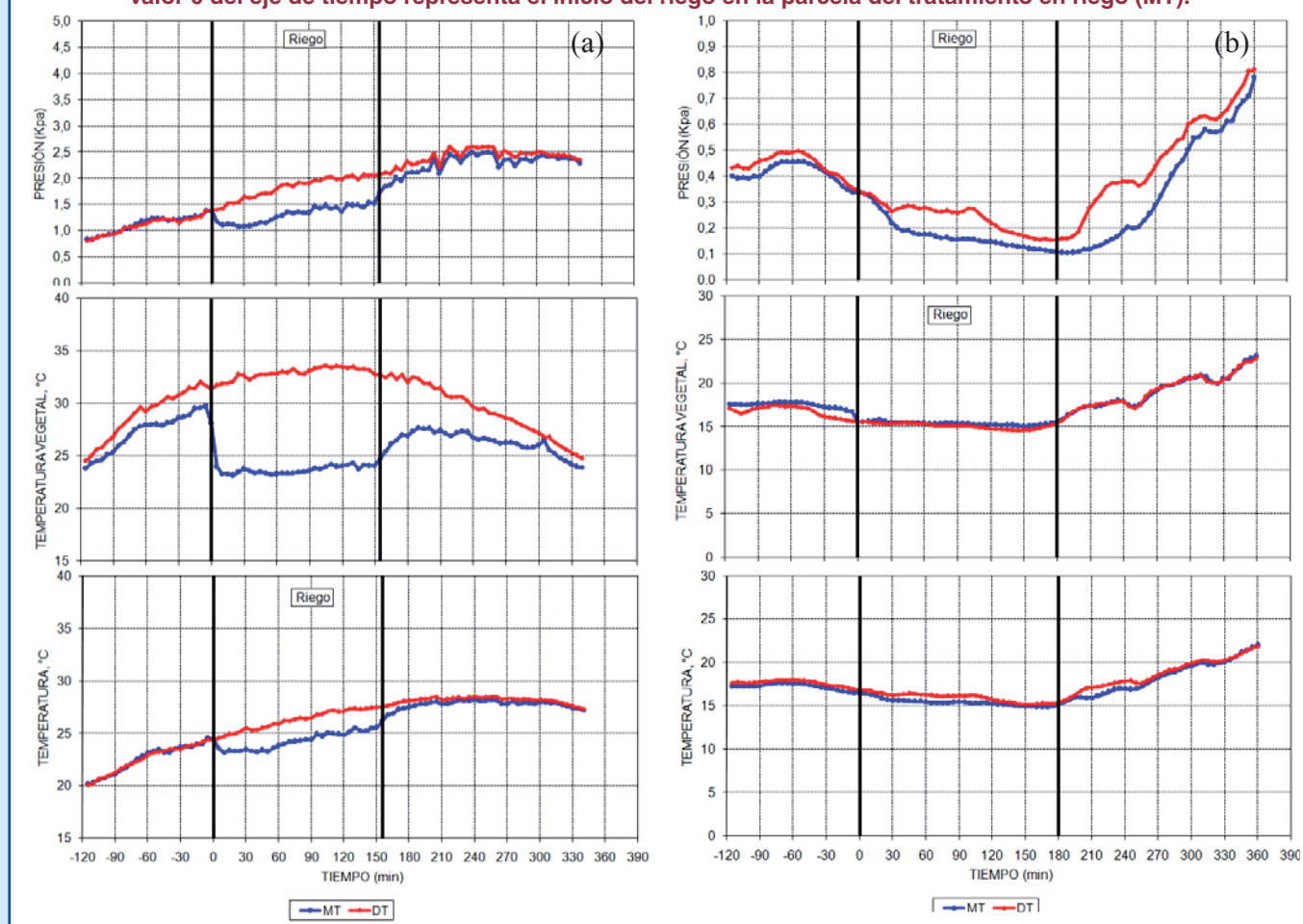
Fábrica de piensos



Planta de secado y almacenaje



**Figura 1. Evolución de la temperatura del aire, temperatura de la cubierta vegetal y déficit de presión de vapor en los dos tratamientos en riego (MT) y en seco (DT) desde dos horas antes del riego, durante el riego y hasta 4 horas después del riego, Las gráficas (a) presentan un riego diurno y las gráficas (b) presentan un riego nocturno, El valor 0 del eje de tiempo representa el inicio del riego en la parcela del tratamiento en riego (MT).**



## ►►► 5.- AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo ha sido realizado con la ayuda financiera del Ministerio de Ciencia e Innovación mediante los proyectos AGL2007-66716-C03-01/02 y AGL2010-21681-C03-01/03, la Comisión Europea mediante el proyecto QUALIWATER (INCO-CT-2005-015031) y la ayuda predoctoral de formación de personal investigador FPI-MICINN concedida al primer autor de este trabajo. Agradecemos la colaboración del Dr. José Cavero y del personal técnico y de campo del CITA-DGA y del CSIC-EEAD.

## 6.- BIBLIOGRAFÍA

- Cavero, J., Medina, E. T., Puig M., y Martínez-Cob, A. 2009. Sprinkler Irrigation Changes Maize Canopy Microclimate and Crop Water Status, Transpiration, and Temperature. *Agron. J.* 101: 854-864.
- Dolado, J. 1999. Validez de las predicciones en la estimación de costes. Universidad del País Vasco, Bilbao, Spain.
- Faci, J.M., Bercero, A. 1991. Efecto del viento en la uniformidad y en las pérdidas por evaporación y arrastre en el riego por aspersión. *Inv. Agric. Prod. Prot. Veg.* 6 (2): 171-182.
- Kohl, R.A., y J.L. Wright. 1974. Air temperature and vapor pressure changes caused by sprinkler irrigation. *Agron. J.* 66: 85-88.
- Kraus, J.H. 1966. Application efficiency of sprinkler irrigation and its effects on microclimate. *Trans. ASAE* 9: 642-645.

- Longley, T.S., P.C. Garvin, y J.C. Stark. 1983. Wind drift effects on evapotranspiration under low pressure sprinklers. ASAE Paper no. 83-2590. ASAE, St. Joseph, MI.
- Loomis R.S., Connor D.J., 1992. Crop ecology: productivity y management in agricultural systems. Cambridge University Press, Cambridge, GB. 538 pp.
- Martínez-Cob, A., Playán E., Zapata N., Cavero J., Medina E.T., y Puig M. 2008. Contribution of evapotranspiration reduction during solid set sprinkler irrigation to application efficiency. *J. Irrig. Drain. Eng.* 134: 745-756.
- Playán, E., Salvador, R., Faci, J.M., Zapata, N., Martínez-Cob, A. y Sánchez, I. 2005. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. *Agric. Water Manage.* 76 (3), 139-159.
- Robinson, F.E., 1970. Modifying an arid microclimate with sprinklers. *Agric. Eng.*, 51, 465
- Sternberg, Y. M., 1967. "Analysis of sprinkler irrigation losses." *J. Irrig. and Drain. Div.*, 93, IR4: 111-124.
- Tarjuelo, J.M., Ortega, J.F., Montero, J. y De Juan, J.A. 2000. Modelling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid conditions. *Agric. Water Manage.* 43: 263-284.
- Temesgen B., Allen R.G. y Jensen D.T. 1999. Adjusting temperature parameters to reflect well-watered conditions. " *J. Irrig. and Drain. Eng.* ASCE. 125 (1): 26-33.
- Thompson, A.L., Gilley J.R., y Norman. J.M. 1993. A sprinkler water droplet evaporation and plant canopy model: II. Model application. *Trans. ASAE* 36: 743-750.
- Tolk, J.A., Howell, T.A., Steiner, J.L., Krieg, D.R., y Schneider, A.D. 1995. Role of transpiration suppression by evaporation of intercepted water in improving irrigation efficiency. *Irrig. Sci.* 16: 89-95.