

## LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

**JOSÉ MARÍA FACI GONZÁLEZ.** *Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA, DGA).*

Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza.

jfaci@aragon.es

En los últimos años la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón ha realizado un importante esfuerzo inversor en la modernización y mejora de la gestión de sus regadíos. Muchas de sus comunidades de base han modernizado sus regadíos y sus gestores utilizan el modelo «Ador» para la gestión del riego. En gran parte de estos regadíos se han implantado sistemas automatizados de riego por aspersión que facilitan de forma muy considerable las labores del riego a los regantes y permiten una importante mejora del uso del agua de riego. Los regantes de estos regadíos modernizados y de los nuevos regadíos equipados con sistemas presurizados se enfrentan al nuevo reto de hacer un uso eficiente de los recursos de agua mediante la optimización de la programación del riego de acuerdo a las necesidades hídricas de los cultivos.

### **VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN**

El riego por aspersión comprende una variedad de sistemas de riego que se caracterizan porque el agua se aplica en el aire en forma de lluvia. Los principales sistemas que se instalan actualmente en los regadíos del Valle del Ebro incluyen las coberturas totales enterradas y los pivotes que son máquinas autodesplazables con un extremo fijo. En las coberturas se tiende a utilizar marcos triangulares de aspersión de 18 m por 18 m con aspersores de impacto equipados con boquilla principal de 4 a 4,8 mm de diámetro y boquilla secundaria de unos 2,4 mm de diámetro. En los pivotes existe una tendencia a utilizar difusores de tipo rotatorio con baja presión de funcionamiento y a situar los difusores lo más próximo al suelo que sea posible con objeto de minimizar los costes energéticos y disminuir las pérdidas de evaporación y arrastre por el viento.

El objetivo que se busca en los sistemas de riego por aspersión es aplicar el agua de una forma homogénea a toda la superficie de la finca y de forma eficiente. La característica fundamental que deben cumplir los sistemas de riego por aspersión es que la pluviometría (L/m<sup>2</sup> y hora) producida por los aspersores debe ser menor que la velocidad de infiltración del agua en el suelo de forma que el agua aplicada al terreno se infiltre donde ha caído y así se eviten los problemas de encharcamiento, escorrentía y erosión del suelo.

El riego por aspersión es un sistema de riego que bien diseñado y manejado produce altas uniformidades de distribución del agua y aceptables eficiencias de aplicación del riego siempre que el riego se efectúe en ausencia de viento. El riego por aspersión presenta una serie de ventajas que hace que los regadíos con estos sistemas de riego sean sostenibles en el futuro ya que están automatizados, apenas requieren mano de obra para su funcionamiento y permiten controlar perfectamente la dosis de riego aplicada. Sin embargo el riego por aspersión presenta dos limitaciones importantes que son: 1) la necesidad de energía para el funcionamiento del sistema y 2) el efecto negativo del viento en la calidad del riego por aspersión. En los últimos años el encarecimiento de combustibles y de la energía eléctrica ha hecho que las Comunidades de Regantes de riego por aspersión con equipos de bombeo estén prestando una atención especial a la optimización del uso de la energía con objeto de disminuir los costes energéticos todo lo que sea posible. En el cuadro 1 se presenta un resumen de las principales ventajas y limitaciones del riego por aspersión.

Riego por aspersión	
Ventajas	Limitaciones
<p>No hace falta nivelar el terreno.</p> <p>Se pueden regar terrenos ondulados.</p> <p>Existe un perfecto control sobre la dosis aplicada.</p> <p>Se puede aumentar la frecuencia de riego con gran facilidad.</p> <p>Se adapta muy bien al tamaño y forma de las fincas.</p> <p>Es muy adecuado para el riego en las primeras fases del desarrollo de los cultivos.</p> <p>Se puede automatizar.</p> <p>Permite el riego de suelos arenosos.</p> <p>La mecanización de los cultivos es fácil.</p> <p>Los fertilizantes se pueden incorporar con el agua de riego mejorando su eficiencia.</p>	<p>Requiere el uso de energía.</p> <p>Mayor coste energético de funcionamiento.</p> <p>El viento afecta a la eficiencia y uniformidad del riego.</p> <p>Se producen importantes pérdidas por evaporación y arrastre por el viento. En el Valle medio del Ebro hay vientos fuertes.</p> <p>En algunos cultivos hay riesgo de enfermedades.</p> <p>Limitación del riego por aspersión con aguas salinas. Se producen quemaduras y descensos en el rendimiento.</p> <p>En coberturas a marcos pequeños puede haber dificultades en la mecanización.</p> <p>Se produce una dispersión de las partículas del suelo. Este problema está poco estudiado.</p>

Cuadro 1. Principales ventajas y limitaciones del riego por aspersión.

### LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN DE LOS CULTIVOS

La programación del riego consiste en el establecimiento de las dosis e intervalos de los riegos adecuados para la producción óptima de los cultivos. Para poder establecer una programación de riegos es necesario que exista flexibilidad en el suministro de agua a las fincas. Cuando se dispone de un sistema de riego automatizado y riego a la demanda, el regante puede cambiar fácilmente la dosis y la frecuencia del riego por aspersión. A veces las Comunidades de Regantes establecen restricciones en el suministro de agua para evitar los problemas de caídas de presión en la red de distribución o para evitar elevadas tarifas de la energía eléctrica en determinadas horas del día. En general estas restricciones no presentan graves problemas y pueden coexistir con una buena programación de los riegos con una ligera intervención de los gestores de la Comunidad de Regantes.

El principio fundamental de una buena programación es que durante todo el ciclo del cultivo las necesidades hídricas del cultivo deben estar cubiertas por el riego y lluvia sin que se produzca déficit hídrico en el cultivo.

El primer requisito para hacer una buena programación del riego es conocer las necesidades hídricas de los cultivos. Una vez que se conocen estas necesidades hay que establecer un calendario de riegos de forma que las dosis aplicadas junto con la precipitación efectiva sean similares a las necesidades del cultivo a lo largo de todo su ciclo. La instala-

ción en la parcela de sondas de humedad del suelo puede ayudar a la programación del riego pero la utilización de los cálculos de las necesidades hídricas como base de la programación es suficiente. Por otro lado es necesario que los riegos sean aplicados cuando las condiciones ambientales sean favorables para conseguir riegos eficientes y uniformes evitando pérdidas por escorrentía y por evaporación y arrastre por el viento. En este sentido es muy recomendable aplicar los riegos en ausencia de viento y durante la noche. Es bien conocido el hecho de que el viento es la variable meteorológica que tiene un mayor efecto en la calidad del riego por aspersión disminuyendo la uniformidad de su distribución y aumentando las pérdidas por evaporación y arrastre. Los estudios del viento en el Valle del Ebro han mostrado que el viento nocturno es muy inferior al viento diurno por lo que el riego por aspersión nocturno es muy recomendable. Además durante la noche la humedad relativa del aire es mayor que durante el día y la temperatura es menor y estas razones también refuerzan la recomendación del riego nocturno en los sistemas de aspersión.

No hay que olvidar que para conseguir una producción óptima hay que partir de un buen establecimiento del cultivo. En este sentido el riego por aspersión es un sistema muy interesante para evitar el problema de la formación de la costra de suelo en cultivos como el maíz mediante la aplicación de riegos muy frecuentes y ligeros en la fase de emergencia que mantiene húmeda la superficie del suelo y así se facilita la emergencia de las plántulas de maíz.

### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS

En los últimos 30 años se han producido avances muy significativos en la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas. Estos avances permiten la determinación fiable de las necesidades hídricas de los cultivos. Normalmente se utiliza el procedimiento de la Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que consiste en determinar en primer lugar el efecto del clima que viene dado por la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). La ET<sub>o</sub> se define como el consumo de agua de una superficie de hierba sana, corta, bien fertilizada y bien regada. En la metodología de la FAO la ET<sub>o</sub> se determina principalmente por el método de Penman Monteith (Allen y col. 1998).

Después se determina el efecto del propio cultivo que viene dado por el coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>). El K<sub>c</sub> es un coeficiente que va aumentando conforme crece el cultivo hasta valores máximos cuando el cultivo alcanza la cobertura máxima del suelo y disminuye con la senescencia del mismo hasta su cosecha. La curva del K<sub>c</sub> se obtiene dividiendo el ciclo del cultivo en 4 fases: 1) fase inicial que va desde la siembra hasta que el cultivo alcanza un 10% de suelo sombreado, 2) fase de desarrollo que va desde el final de la fase anterior hasta la cobertura efectiva máxima del cultivo (sobre un 70% de suelo sombreado), 3) fase de pleno crecimiento que comprende desde el final de la fase anterior hasta el comienzo de la senescencia de las hojas y 4) fase final que comprende desde el inicio de la senescencia de hojas hasta la madurez fisiológica o cosechado. La duración de estas cuatro fases de cultivo depende de las características de cada cultivo y variedad y de las condiciones locales (fecha de siem-

bra y recolección, condiciones climáticas, etc.). Es muy conveniente que esta información sobre la duración de las fases del cultivo se recoja directamente en las zonas de cultivo. Los valores máximos de K<sub>c</sub> se producen en la fase de pleno desarrollo y llegan a valores de 1 a 1,3 dependiendo fundamentalmente del porte y tipo de cultivo. El valor de K<sub>c</sub> en la fase inicial depende fundamentalmente de la frecuencia de riegos y lluvias ya que la evaporación directa de agua del suelo es el componente más importante de la ET<sub>c</sub> en esta fase. Los valores de K<sub>c</sub> en las fases inicial, de pleno desarrollo y final, bajo distintas condiciones climáticas, se obtienen de valores tabulados por la FAO para un gran número de cultivos (Doorenbos y Pruitt, 1977). Los valores de las necesidades hídricas del cultivo o lo que es lo mismo la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) para los periodos de tiempo elegidos se determinan mediante la relación:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

A título ilustrativo las Figuras 1 y 2 presentan los valores medios mensuales de la ET<sub>o</sub> en Sariñena (Figura 1) y la construcción de la curva de K<sub>c</sub> de un cultivo de maíz en Sariñena (Figura 2).

Una vez conocida la ET<sub>c</sub> el paso siguiente es determinar las necesidades de riego (R) para lo cual deberemos conocer la precipitación efectiva (PE), las necesidades de lavado del suelo (NL) y la eficiencia de aplicación (E<sub>a</sub>) del sistema de riego empleado.

De una forma muy sencilla el regante interesado puede disponer de los datos de la ET<sub>o</sub>, ET<sub>c</sub> y necesidades de riego (R) de los cultivos en la página Web de la Oficina del Regante de Aragón (<http://servicios.aragon.es/oresa/>) y utilizar estos datos para hacer una óptima programación del riego de sus cultivos (Figura 3).

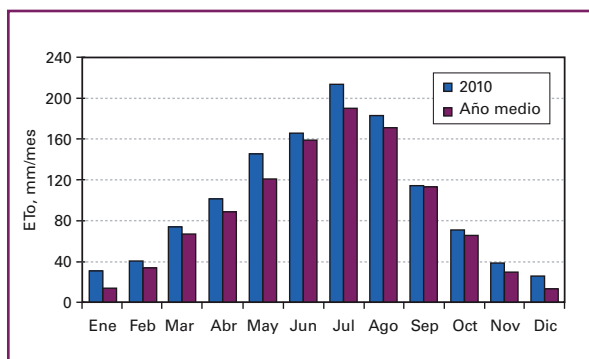


Figura 1. Valores medios mensuales de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en la estación meteorológica de Sariñena para el año 2010 y para el año medio (del 1 de agosto de 2003 al 31 de Diciembre de 2010).

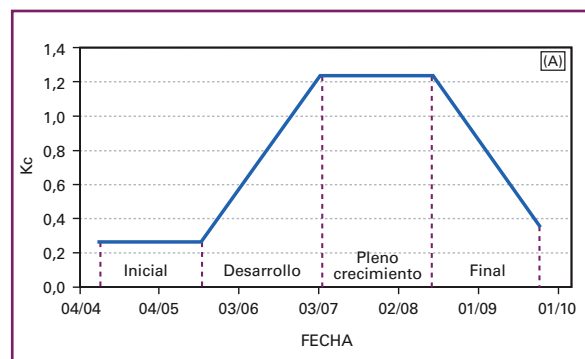


Figura 2. Construcción de la curva del coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) de maíz mediante la metodología de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) adaptado a las condiciones de cultivo en la zona de Sariñena (Huesca).



Figura 3. Página inicial del Portal Web de la Oficina del Regante de Aragón:  
<http://servicios.aragon.es/oresa/>

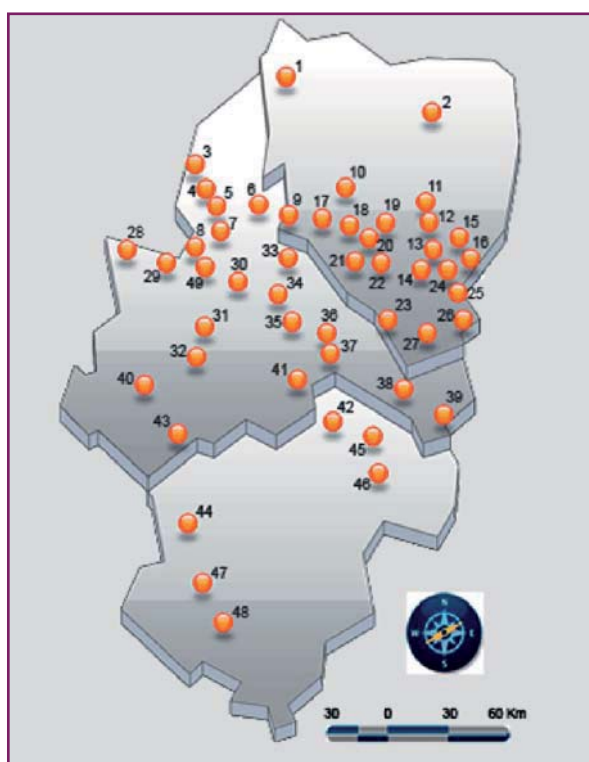


Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas automáticas de la red SIAR en Aragón (Mapa obtenido de la página Web de la Oficina del Regante de Aragón, <http://servicios.aragon.es/oresa/>).

### DETERMINACIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA MEDIA Y DEL TIEMPO DE RIEGO EN NUESTRO SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

La pluviometría de los sistemas de riego por aspersión depende fundamentalmente del marco de aspersión, del diámetro de la boquilla y de la presión de funcionamiento. Un aumento de la presión supone un aumento de la descarga y un mayor alcance. Cuando la presión en el aspersor es baja, el alcance del aspersor disminuye y se produce una distribución tipo rosquilla produciendo un descenso en la uniformidad del riego. Por ello es importante mantener la presión de funcionamiento por encima de los niveles mínimos permisibles.

Un sistema de aspersión funcionado a una presión produce una pluviometría determinada. En una cobertura de aspersión la pluviometría ( $L/m^2$  y hora) se calcula dividiendo la descarga del aspersor ( $L/hora$ ) por el marco de aspersión ( $m^2$ ).

Un valor normal de la pluviometría de aspersión es de  $5-7 L/m^2$  y hora que equivalen a  $5-7 mm/hora = 50-70 m^3/ha$  y hora. Estos datos vienen en los catálogos de las casas comerciales de los equipos de aspersión. El regante debe conocer perfectamente la pluviometría de su sistema de aspersión para programar la duración de los riegos. Dicha duración del riego (horas) se determina dividiendo la dosis de riego que queremos aplicar ( $L/m^2$ ) por la pluviometría del sistema de riego ( $L/m^2$  y hora).

La Oficina del Regante de Aragón, gestionada por SIRASA, suministra en su portal Web datos a tiempo real de las necesidades de riego semanales de los principales cultivos en 48 estaciones meteorológicas pertenecientes a la red de Información Agrometeorológica para el Regadío (red SIAR) instaladas en las principales zonas regables de Aragón (Figura 4). Asimismo el portal Web de la Oficina del Regante suministra los datos de distintas variables meteorológicas de interés agrícola, datos de la  $ET_0$  y datos medios de las necesidades de riego de distintos cultivos en periodos mensuales, semanales y diarios en las distintas comarcas aragonesas.

Hay que tener en cuenta que cuando el riego se efectúa en condiciones de viento, se producen importantes pérdidas por evaporación y arrastre por el viento y solo una proporción del agua emitida por los aspersores llega al suelo debido a estas pérdidas operacionales del riego. Por ello la duración del riego deberá aumentarse para conseguir que la dosis requerida quede almacenada en el suelo. Resultados de evaluaciones del riego por aspersión muestran que incluso bajo condiciones ambientales óptimas, las pérdidas por evaporación y arrastre en riegos por aspersión diurnos pueden ser de un 10-15% del agua emitida por los aspersores.

En resumen, podemos concluir indicando que el riego por aspersión es un buen sistema de riego

muy adecuado para los cultivos extensivos que se producen en el Valle del Ebro como el maíz, la alfalfa y el trigo. Sin embargo en el Valle del Ebro el riego por aspersión debe convivir con el cierzo que es un viento de fuerte intensidad con dirección predominante del Oeste-Noroeste. El viento es el gran enemigo del riego por aspersión ya que disminuye la uniformidad de aplicación del agua y aumenta las pérdidas por evaporación y arrastre. Por ello el viento debe ser tenido en cuenta tanto en el diseño de las instalaciones como en el propio manejo de los sistemas de aspersión evitando en lo posible el riego cuando existen vientos fuertes. Por esta razón el riego por aspersión nocturno es muy recomendable.

## BIBLIOGRAFÍA

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization (FAO). Irrigation and Drainage. Paper 56. Rome, Italy.

Doorenbos J., Pruitt W. O. 1977. Crop water requirements, Food and Agriculture Organization (FAO). Irrigation and Drainage Paper 24, Revised, Rome, Italy. 194 pp.