

ASPERSORES DE BORDE: ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS

OUAZAA, S.¹ Y ZAPATA, N.²

¹Becario predoctoral (FPI-MICINN), Departamento Suelo y Agua. Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC). Aptdo. 202, 50080, Zaragoza, sofiane.ouazaa@eead.csic.es

²Científico Titular, Departamento Suelo y Agua. Estación Experimental Aula Dei (EEAD-CSIC). Aptdo. 202, 50080, Zaragoza, vzapata@eead.csic.es

RESUMEN

Numerosos trabajos han analizado la calidad del riego en los sistemas de aspersión de cobertura total. Sin embargo, en ninguno se hace referencia al efecto que los aspersores de borde tienen en la calidad final del riego de la parcela completa. Dos son las soluciones más empleadas para regar los bordes de las parcelas: 1) los aspersores sectoriales (SC) y 2) los aspersores equipados con una placa deflector (PD). En este trabajo se analizaron las diferencias en lámina media aplicada y calidad de riego entre las dos soluciones empleadas en campo, y se analiza la mejor solución para integrarla en el riego de una parcela. Los resultados mostraron que los aspersores sectoriales son en cuanto a calidad del riego la mejor solución de entre las ensayadas. Además, la orientación relativa respecto al viento tanto de las placas deflectoras como de los aspersores sectoriales tiene un claro efecto en la uniformidad del riego en presencia de viento. En presencia de viento la distribución de agua de las zonas equipadas con placa deflector se ve muy afectada, las zonas equipada con los aspersores sectoriales de una o dos boquillas y las zonas equipadas con aspersores de círculo completo presentan un menor efecto, en el rango de viento estudiado.

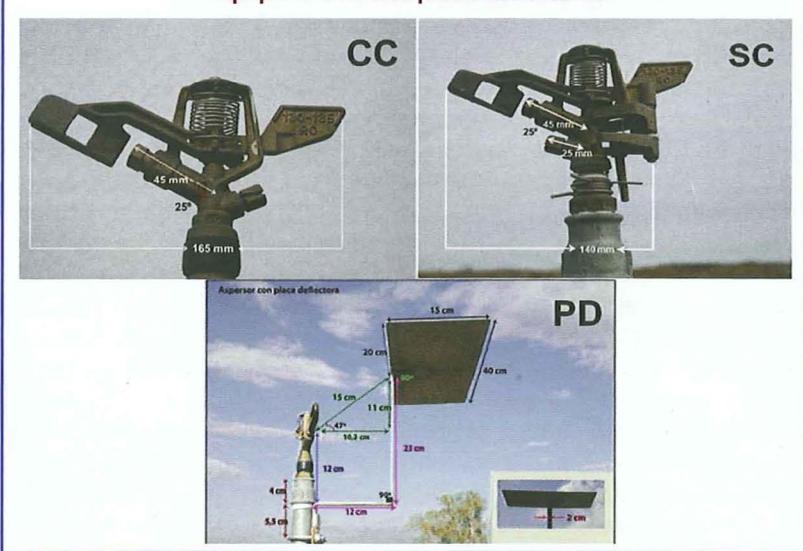
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los sistemas de aspersión de cobertura total puede

Figura 1. Modelos de aspersor de borde ensayados y croquis del diseño y disposición de la placa deflector ensayada.

| Tipo | Área mojada | Hardware | Organización en campo |
|------------------|-------------|----------|-----------------------|
| Círculo completo | | | |
| Sectorial | | | |
| Placa deflector | | | |

Figura 2. Aspersor de círculo completo, aspersor sectorial y aspersor equipado con una placa deflector.



adaptarse a la mayoría de las condiciones climáticas, pero las condiciones de viento fuerte disminuyen la uniformidad de distribución y aumentan las pérdidas por evaporación y arrastre, especialmente cuando se combina con altas temperaturas y baja humedad (Seginer y col. 1991a; Seginer y col., 1991b; Faci y Bercero 1991). Si el efecto de la intensidad y la dirección del viento no >>>

►►► están suficientemente considerados en el diseño, el sistema puede estar por debajo del óptimo. Cuando una zona está sujeta a un viento constante en dirección y en intensidad, éste debe ser tenido en cuenta en el diseño del sistema (Zapata y col., 2007).

Numerosos trabajos han analizado la calidad del riego en los sistemas de aspersión de cobertura total (Tarjuelo y col., 1994; Playan y col., 2005; Dechmi y col., 2003a; Dechmi y col., 2003b). Sin embargo, en ninguno se hace referencia al efecto que los aspersores de borde tienen en la calidad final del riego de la parcela completa. En el caso de pequeñas parcelas y aspersores con diámetros de humedecimiento grandes, pueden haber importantes pérdidas en los bordes: para tener un buen humedecimiento de toda la parcela, es inevitable regar una franja alrededor de la parcela con aspersores que no tienen el solapamiento de los aspersores centrales y que regarán de forma diferente.

Estos problemas pueden solucionarse analizando las diferentes soluciones de aspersores de borde y seleccionando la más adecuada a cada situación.

Dos son las soluciones más empleadas para regar los bordes de las parcelas: 1) los aspersores sectoriales (SC) y 2) los aspersores equipados con una placa deflectora (PD). Los primeros se instalan en el borde mismo de las parcelas y en situación normal (giro 180°) afectan a la mitad de la superficie regada por un aspersor de giro completo (CC). Los aspersores de placa deflectora se instalan a unos 7-8 metros de distancia del borde de la parcela y la superficie que riegan depende del diseño y colocación de la placa deflectora, que a su vez determinan el alcance del chorro tras su choque con la placa deflectora.

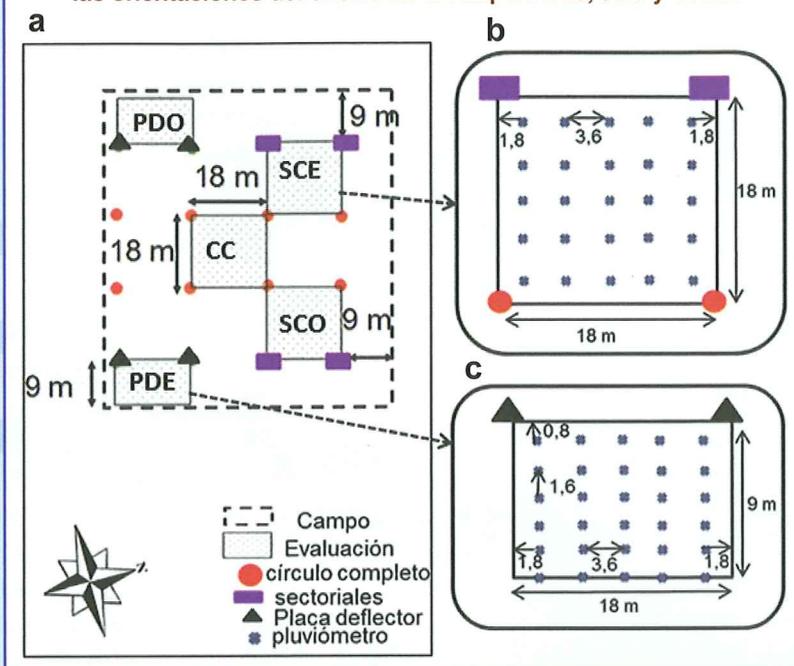
El objetivo principal de este trabajo es analizar, las diferentes soluciones al riego del borde de las parcelas. Para ello se abordarán dos objetivos específicos:

- 1º) Comparar las soluciones de borde trabajando a diferente presión.
- 2º) Comparar las soluciones de borde en diferentes condiciones de velocidad del viento.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

En la finca experimental del CITA se realizaron una

Figura 3. a) Esquema de la parcela de ensayos. b) Zona de evaluación de borde equipada con aspersores sectoriales. c) Zona de evaluación de borde equipada con aspersores con placa deflectora. Se evaluaron ambas soluciones de borde considerando las orientaciones del chorro de los aspersores, este y oeste.



serie de ensayos de campo en una parcela de riego por aspersión equipada con una cobertura fija de 18mx18m. La altura del aspersor sobre el suelo era de 2 m. La Fig. 2 muestra las fotos de los aspersores de borde (SC y PD) y los de círculo completo (CC) utilizados en la comparación. Los aspersores de CC evaluados pertenecen a la casa Riegos Costa, modelo RC130, con doble boquilla, la principal de 4,4 mm y la auxiliar fresadas de 2,4 mm. Los aspersores sectoriales evaluados fueron de modelo RC135, y se equiparon con doble boquilla (3,6 mm + 2,4 mm) o con boquilla simple (3,6 mm). Los aspersores con placa deflectora son los mismos que los de círculo completo a los que se les instaló una placa deflectora comercial. La Fig. 1 presenta el diseño y colocación de la placa deflectora evaluada. Esta placa es un modelo comercial que instala de forma habitual una empresa de instalación de equipos de riego, que ha realizado el equipamiento de un gran número de parcelas en el valle medio del Ebro.

La Figura 3 presenta la parcela experimental y la disposición de los diferentes aspersores en un sector de riego. La distribución de agua que se origina en la zona de borde cuando se instalan aspersores sectoriales es el resultado del solapamiento entre las distribuciones de los sectoriales (instalados en el borde mismo de la parcela), con las distribuciones de los aspersores de ►►►

►►► círculo completo adyacentes (situados en la parte interior de la parcela). Sin embargo, la zona de borde regada por aspersores con placa deflectora se corresponde únicamente con el solapamiento de las distribuciones de las PD adyacentes (Figura 3).

El diseño experimental (Figura 3a) permite evaluar al mismo tiempo y por lo tanto en las mismas condiciones técnicas (presión) y meteorológicas (viento, etc), los tres modelos de aspersor evaluados (SC, PD y CC). En este ensayos se combinaron los siguientes factores:

* Se evaluaron tres presiones de trabajo en boquilla (200, 300 y 400 kPa),

* Dos intensidades de viento (viento $< 1 \text{ m s}^{-1}$ y $1 < \text{viento} <= 3 \text{ m s}^{-1}$).

* Los aspersores sectoriales se evaluaron con doble boquilla (3,6 mm + 2,4 mm) y con boquilla simple (3.6 mm).

* Al menos se realizaron dos repeticiones.

La Figura 3b y 3c presenta la disposición de las mallas pluviométricas en cada zona de evaluación de los SC y de las PD, respectivamente. Se evaluaron las soluciones de riego de los bordes considerando las dos orientaciones principales de los chorros de los aspersores de borde evaluados, la orientación este (E) y la orientación oeste (O).

En total se realizaron 34 ensayos para estudiar la distribución del agua aplicada. Durante la compañía, se registraron, a 2 m, la velocidad del viento (V_{vto} , ms^{-1}) y la dirección del viento cada 5 minutos mediante una estación meteorológica localizada en la parcela adyacente. Las evaluaciones se llevaron a cabo en suelo desnudo y la duración de cada ensayo fue de 2 horas. La presión de trabajo se registró cada 2 minutos mediante un transductor de presión colocado a 2 m de altura en el punto de salida de la boquilla. La parcela experimental está especialmente diseñada para que la presión de funcionamiento en todos los aspersores que riegan a la vez sea homogénea, aspecto que se comprobó durante los ensayos. Los valores de presión registrados se utilizaron para calcular la altura de agua emitida (o lámina media aplicada, ID_e (mm), por los aspersores en cada evento de riego. La calidad del riego se evaluó a través la uniformidad de reparto de agua determinado mediante el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC, %).

Por otro lado, se caracterizaron las curvas radiales de

Figura 4. Curva radial del aspersor RC-130H equipado con una placa deflectora orientada hacia el Oeste.

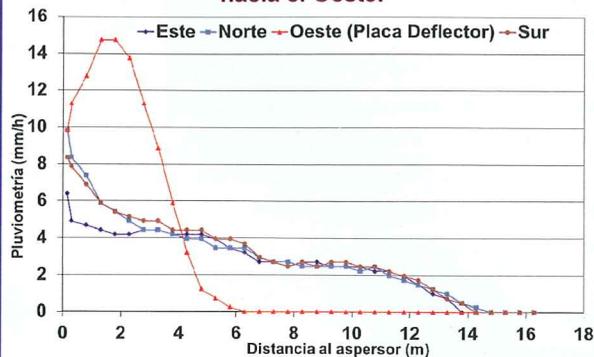


Figura 5. Evolución del coeficiente de uniformidad de Christiansen en función del viento.

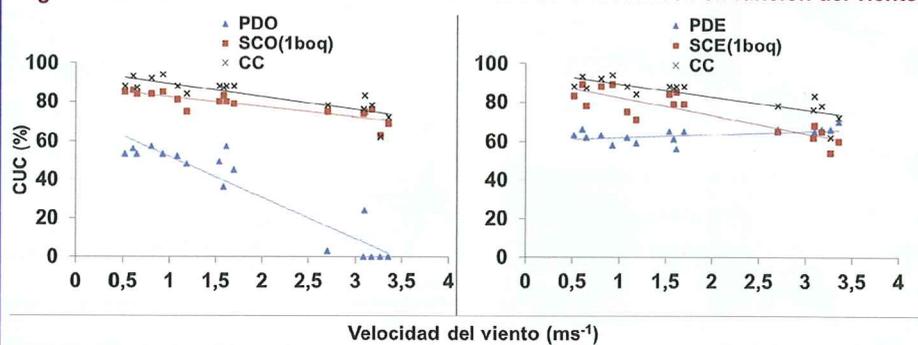


Tabla 1. La lámina media aplicada (ID_e) por los diferentes aspersores.

| Presión (kPa) | ID_e (mm h ⁻¹) | | | |
|------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----|
| | CC | SC (1boq) | SC (2boq) | PD |
| 200 | 4,3 | 4,4 | 5,3 | 6,8 |
| 300 | 5,2 | 5,3 | 6,5 | 8,3 |
| 400 | 6,1 | 6,1 | 7,5 | 9,5 |
| Diferencias con CC (%) | | 1,7 | 24,5 | 58 |

los aspersores de borde ensayados para cada una de las presiones de trabajo (200, 300 y 400 kPa) y en condiciones de viento en calma.

Se compararon los resultados de los ensayos realizados en las mismas condiciones técnicas. Además, se analizó la magnitud de la uniformidad de reparto de agua de los tres tipos de aspersores que se evaluaban a la vez en función del viento y de la presión de trabajo en los rangos de trabajo analizados.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 4 presenta el patrón de reparto de agua del aspersor aislado RC-130H equipado con la placa deflectora, trabajando a 300 kPa. Se presenta la pluvimetría en función de la distancia al aspersor en cuatro ►►►

►►► radios orientados según los puntos cardinales. Se observa el importante efecto que tiene la placa en el radio orientado perpendicularmente a la placa deflectora. Esta gráfica indica que el alcance del chorro en la zona reflejada no va más allá de los 6 metros. Por ello, todos los cálculos de uniformidad se han realizado considerando una distancia máxima de alcance en la zona reflejada de 6 metros. La pluviometría de la orientación (O) en los primeros 6 metros es muy superior a la que se aplica en el resto de orientaciones, como se aprecia en la Figura 4.

En la tabla 1 se resume el valor de la lámina aplicada (ID_c , $mm\ h^{-1}$) por los diferentes aspersores evaluados. La lámina aplicada en la zona regada con los aspersores de placa deflectora es muy superior a la que se aplica en la zona de círculo completo (58% superior). Por otro lado, la lámina aplicada en la zona solapada con aspersores sectoriales resulta 1,7% o 24,5% superior a la regada con aspersores de giro completo para aspersores sectoriales equipados con boquilla simple o doble, respectivamente.

En cuanto a la lámina media recogida, las diferencias entre la zona central CC y las zonas de borde varían de forma importante en función del viento. En las zonas SC equipadas con boquilla simple, en ambas orientaciones y en todos los riegos evaluados, las láminas media reco-

gidas son siempre inferiores a las láminas recogidas en la zona CC (de media 10,5% en la SCO y 15,8% en la SCE), a pesar de que la lámina aplicada es ligeramente superior. Esto indica que las pérdidas por evaporación y arrastre son superiores en las zonas de riego con aspersores sectoriales, posiblemente debido a los mayores problemas de arrastre fuera de la zona de interés. En el caso de las zonas SC equipadas con doble boquilla, en general las láminas media recogidas son superiores a las de la zona central (media de un 7% superior). La magnitud de las diferencias en la lámina recogida entre la zona CC y la PD resulta muy afectada por la intensidad del viento, sobre todo cuando la dirección del viento es contraria a la trayectoria del chorro.

La Figura 5 presenta la evolución de la uniformidad de reparto de agua (coeficiente de uniformidad de Christiansen) en función del viento de las zonas de evaluación equipadas con CC, PD y SC con ambas orientaciones. Para condiciones de viento en calma, la uniformidad de reparto de agua de los aspersores sectoriales resultó ligeramente inferior a la de los aspersores de CC y muy superior a la que originan la solución de las PD.

En presencia de viento, la distribución de agua de las zonas equipadas con PD se ve muy afectada, ►►►

Picadoras de forraje

Serie FR9000



- Cabina panorámica
- Potencias de 424 cv a 824 cv



N-640, km 87,5 - La Campiña
27192 Lugo - España
Tel. +34 982 227 165
Fax +34 982 303 101
info@duramaquinaria.com

www.duramaquinaria.com

▶▶▶ mientras que las zonas equipadas con SC, de una o dos boquillas, y las zonas equipada con aspersores de CC sufren una menor distorsión en el reparto de agua en los rangos de viento analizados. La presión de trabajo, en los rangos analizados, no tiene un efecto diferencial entre las diferentes soluciones.

Las variaciones del coeficiente de uniformidad de reparto de agua entre la zona regada con los aspersores de CC y las regadas con la PD son muy importantes. En la zona de PD orientada en contra de la dirección predominante del viento (PDO), a medida que la intensidad del viento aumenta, la uniformidad de reparto de agua disminuye. Sin embargo, el coeficiente de uniformidad aumenta si consideramos la zona de PD con el chorro orientado a favor del viento (PDE).

Las variaciones de la uniformidad de reparto de agua en función del viento entre la zona CC y las zonas SC, con 1 boquilla o con dos boquillas, son similares y muy poco relevantes. Tanto en el caso de una boquilla como en el de dos boquillas, la zona regada por los aspersores sectoriales, orientada a favor o en contra de la dirección predominante del viento (SCE y SCO, respectivamente) presenta una pequeña disminución a medida que se incrementa la intensidad del viento. Por último, la uniformidad de reparto de agua en la zona de borde equipada con PD es siempre baja (60%) en condiciones de viento calma.

A medida que se incrementa la intensidad del viento el coeficiente de uniformidad de Christiansen de las dos soluciones disminuyen si consideramos las zonas en las que las trayectorias del chorro son contrarias a la intensidad del viento (SCO y PDO), mientras que la uniformidad de reparto de agua en la zona de PD aumenta a medida que se incrementa la intensidad del viento si la trayectoria del chorro es de la misma dirección que el viento (PDE).

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones de este trabajo de comparación experimental son las siguientes:

- 1ª.- Los aspersores con placa deflectoras como solución al riego del borde de la parcela no deben de instalarse a una distancia superior a los 6 metros del borde de la misma.
- 2ª.- En presencia de viento, la distribución de agua de las zonas equipadas con PD es mucho peor que la obtenida, en las mismas condiciones, con aspersores sectoriales (con una o dos boquillas) o de círculo completo.
- 3ª.- La presión de trabajo, en los rangos analizados, no tiene un efecto diferencial entre las diferentes soluciones al riego de borde.

4ª.- Los aspersores sectoriales son en cuanto a calidad del riego la mejor solución de entre las ensayadas. Dado que el riego de los bordes de la parcela se integra en la mayoría de las ocasiones en sectores de riego que incluyen zonas regadas por aspersores de círculo completo, resulta recomendable que la pluviometría media aplicada sea similar en todas las zonas que se riegan a la vez. Según esto los aspersores sectoriales de 1 boquilla son los más adecuados si se combinan con los aspersores de círculo completo evaluados en este trabajo.

5ª.- La orientación relativa respecto al viento tanto de las placas deflectoras como de los aspersores sectoriales tiene un claro efecto en la uniformidad del riego en presencia de viento. En las zonas con vientos de dirección predominante como es caso del valle medio del Ebro, en el que la orientación Oeste-Noroeste, es predominante, la instalación de aspersores con PD como solución de borde debería de estar supeditada a las zonas en las que la trayectoria del chorro reflejado vaya en la misma dirección que el viento. En cualquier otro borde las soluciones con PD darán lugar a resultados mediocres.

5.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con la ayuda financiera del Ministerio de Ciencia e Innovación mediante el proyecto AGL2010-21681 y la ayuda predoctoral de formación de personal investigador FPI-MICINN concedida al amparo de este proyecto al primer autor de este trabajo. Agradecemos la colaboración del personal del CITA-DGA, Miguel Izquierdo, Jesús Gaudó y Juan Manuel Acín por su ayuda en las tareas de campo.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Dechmi F, Playán E, Faci J, Tejero M. 2003a. "Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. I: Characterisation and water use assessment". *Agric. Water Manage.* 61, 75-92.
- Dechmi F, Playán E., Cavero J., Faci J. M., Martínez-Cob A. 2003b. Wind effects on solid set sprinkler irrigation depth and yield of maize (Zea mays). *Irrigation Science.* 22: 67-77.
- Faci, J.M., Berceo, 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.
- Playán E, Salvador R, Faci JM, Zapata N, Martínez-Cob A, 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.
- Seginer I., Kantz D., Nir D. 1991b. The Distortion by Wind of the Distribution Patterns of Single Sprinklers. *Agricultural Water Management* 19 (4): 341-359.
- Seginer I., Nir D., von Bernuth R.D. 1991a. Simulation of wind-distorted sprinkler patterns. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 117: 285-305.
- Tarjuelo J.M., Carrión P., Valiente M. 1994. Simulación de la distribución del riego por aspersión en condiciones de viento. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal* 9: 255-271.
- Zapata N., Playán E., Martínez-Cob A., Sánchez I., Faci J.M., Lecina S. 2007. From on-farm solid-set sprinkler irrigation design to collective irrigation network design in windy areas. *Agricultural Water Management* 87 (2): 187-199.

T