



## ENTIDADES organizadoras



**AFRE, exponente interdisciplinar de la tecnología del agua y riego**

Creada en 1998 sin ánimo de lucro, AFRE, es la única organización profesional de empresa-

rios de ámbito nacional para la representación, defensa, promoción y desarrollo de la tecnología española con destino al riego. Agrupa a las mejores empresas españolas (fabricantes, ingenierías e instaladores) siendo el interlocutor del sector con las diferentes administraciones, instituciones y organizaciones nacionales e internacionales vinculadas al riego agrícola y de áreas verdes. Su misión es contribuir al uso eficaz del agua y la energía, favorecer el desarrollo de una agricultura productiva, sostenible y de calidad, y consolidar la posición de sus empresas como líderes en el mercado nacional e internacional. En la actualidad cuenta con más de 80 entidades asociadas.



**AIMCRA, Asociación para la Investigación de la Mejora del Cultivo de la Remolacha**

AIMCRA, se funda en 1966 en Aula Dei (Zaragoza), por iniciativa de la industria azucarera. Es una entidad privada, sin

ánimo de lucro, y sin fines comerciales. Desde 1980, AIMCRA es una asociación interprofesional, en cuyos órganos directivos y financiación participan a partes iguales los cultivadores de remolacha y la industria azucarera: 50% cultivadores de remolacha y 50% industria azucarera. AIMCRA está reconocida y acreditada por la Administración como Centro Tecnológico Nacional, también cuenta con la acreditación para la realización de ensayos oficiales de productos fitosanitarios, y para la realización de ensayos oficiales del registro de variedades. AIMCRA participa en el Instituto Internacional de Investigaciones Remolacheras (IIRB) con sede en Bruselas; asimismo mantiene estrechas relaciones con otros centros de investigación internacionales y nacionales, universidades, y organismos oficiales pertenecientes al estado y a las comunidades autónomas.

### Convocatoria

Fecha: 20 de mayo de 2008 – 9,30 h.

Lugar: León. Centro Cultural de Caja España

C/ Santa Nonia, 4 – 24003 León – Teléf. 987 849 157

### Coordinadores

José Manuel Omaña Álvarez. *Jefe Dpto. Medio Ambiente y Divulgación de Aimcra*

Miguel López Estebanz. *Director de AFRE*









# El riego de la remolacha en España



**RODRIGO MORILLO-VELARDE**  
Director-Gerente de AIMCRA

**A**ctualmente toda la producción de azúcar en la Unión Europea procede del cultivo de la remolacha azucarera. En España, este cultivo tiene una honda tradición desde finales del siglo XIX. Los primeros ensayos de campo se inician en el año 1878 en Córdoba y cuatro años más tarde ya se instala la primera fábrica azucarera en Alcolea.

Hasta entonces, el suministro de azúcar era proporcionado por la caña azucarera que se cultivaba, parte en las Vegas de Granada y parte se importaba de las colonias.

Desde esas fechas tan tempranas el cultivo se asentó en nuestro país llegando a existir en la década de los 60 más de 200.000 hectáreas de cultivo en seis regiones diferentes estando el suministro nacional de azúcar siempre asegurado.

A finales de la década de los 70 e inicio de los 80, solamente un 70% del cultivo se regaba, siendo los sistemas de riego empleados la mitad gravedad y la otra mitad aspersión (móvil en el Sur y aspersores aislados "trineos" en el Norte). Los agricultores aplicaban el agua sin ningún criterio técnico. En esas condiciones el rendimiento medio de remolacha era de 42 t/ha.

Hoy el cultivo, obligado por una dura OCM, ocupa unas

50.000 ha en cuatro comunidades autónomas (Castilla y León, Andalucía, La Rioja y País Vasco) y con dos modalidades de cultivo diferentes siembra de primavera en el Norte y siembra de otoño en el Sur. El 5% del cultivo de la remolacha en España se riega, con un riego a pié testimonial. El sistema de riego más frecuente es el riego con presión, un 60% es de coberturas de aspersión (o riego por bloques) y un 40% sistemas móviles como pivotes o laterales de avance frontal. En relación con la procedencia del agua, esta se reparte por igual entre pozo y canal. En la última campaña (2007/2008) el rendimiento medio de la zona Norte se acercó a las 90 t/ha. Posiblemente el más alto del mundo (en la zona Sur, un 30% de la superficie es secano, con los rendimientos condicionados a climatología del año). No cabe ninguna duda de que la mejora del riego ha sido uno de los factores de cultivo que más han contribuido al espectacular aumento de rendimientos.

## Avances y situación actual

El riego en este cultivo como principal factor de producción, ha sido una constante preocupación de la interprofesión azu-

### RESUMEN

A final de las décadas de los 70 e inicio de los 80, solamente se regaba un 70% del cultivo de la remolacha en España. El riego era 50% por superficie y 50% aspersión móvil y el rendimiento del cultivo 42 t/ha. Hoy se riega el 95% con riego por aspersión de coberturas y pivotes. El rendimiento se acerca a las 90 t/ha. Durante estos años se han producido avances en la agronomía, ingeniería del riego y transferencia de resultados aplicados al cultivo, incluyendo un plan de asesoramiento al regante hoy en marcha que se describe en el trabajo.

*Palabras clave:*

**Remolacha azucarera, Riego, Agronomía del riego, Asesoramiento en riego, Par.**

carero-remolachera. Se impulsaron numerosos programas que tuvieron como consecuencia que se produjesen grandes avances en el conocimiento y aplicación del riego en las dos últimas décadas. Se produjeron mejoras en tres frentes, la agronomía del riego, la ingeniería del riego y la transferencia de información a los agricultores remolacheros. Lo más importante se describe a continuación:

### a) Agronomía del riego

El agua es la base de la vida, es un bien escaso y un importante constituyente de las plantas. En una planta de remolacha azucarera, el agua constituye más del 70% del peso total, es responsable de absorción y transporte de nutrientes, participa en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, e incluso disminuye la temperatura de la hoja en el fenómeno de la transpiración. En la remolacha, como en muchas otras plantas, se sabe que la raíz es el primer órgano que crece tras la germinación para asegurarse la adquisición de agua. Una planta de remolacha, como todos los seres vivos, para los procesos antes descritos, necesita agua. Requiere un aporte continuo de agua hacia sus órganos aéreos para satisfacer la demanda evaporativa. La cantidad de agua que necesita depende básicamente del clima y del ciclo de cultivo.

En España una remolacha sembrada en primavera en la Zona Norte requiere para la máxima producción de raíz ó azúcar en torno a 670 mm y la

sembrada en otoño en la zona Sur una cantidad parecida, 620 mm. La diferencia es que a la otoñal la lluvia le compensa de media el 55% de las necesidades en tanto a la primaveral tan solo el 10%.

Por numerosos ensayos se conoce la respuesta del cultivo de la remolacha al riego. La producción de raíz aumenta hasta la aplicación de una determinada cantidad de agua, luego decrece ligeramente. La cantidad de agua con la que se consigue la máxima producción es el agua consumida o  $ET_c$  (evapotranspiración del cultivo). La curva que mejor se ajusta es la parábola convexa  $Peso = 11,8 + 190 AA - 98 AA^2$ ,  $R^2 = 0,79$ ,  $n = 72$ , siendo AA la cantidad de agua aplicada. Aportando pues el agua consumida en un determinado periodo es como se obtiene la máxima producción.

Esta premisa fue de utilidad para implantar el modelo actualmente en uso y recomendado por numerosos investigadores para la programación de riegos en el cultivo, el balance de agua. Otros conocidos métodos de programación de riegos como el estado hídrico de la hoja (cámaras de presión...), del suelo (sondas, tensiómetros...) o incluso específicamente desarrollados para la remolacha como índice refractométrico de la savia del pecíolo o colorimetría de la hoja no ha tenido buenos resultados para su uso práctico.

La ET puede ser medida directamente o estimada por diferentes métodos. La medida directa se hace con un lisímetro. En remolacha esta medida directa ha dado una excelente

correlación con el consumo estimado por el método de Penman-Monteith, recomendado por la FAO (1998). La estima del consumo hídrico por tanque evaporimétrico de la clase A da también un excelente resultado.

Dados los buenos resultados obtenidos en otros cultivos, a final de la década de los 80 se ensayó en la remolacha la técnica de riegos deficitarios de alta frecuencia (RDAF). Esta técnica consiste en dar riegos muy frecuentes con volúmenes inferiores a la ET. En remolacha, la aplicación a final de la primavera o verano de riegos inferiores a 10 mm en condiciones de altas temperaturas, radiación y baja humedad relativa, dieron pésimos resultados.

Aspectos importantes de cuando regar es el inicio y suspensión de riego. Proyectos financiados por el Plan Nacional concluyeron la gran importancia del primer riego (primeros de junio en la remolacha de primavera y de marzo en la de otoño) contradiciendo uno de los grandes mitos de la remolacha en relación con el agua ("es necesario dejar que la planta pase sed para que la raíz profundice más buscando el agua"). Algunas causas del efecto pernicioso del retraso de este primer riego pueden ser el coincidir con la acumulación de azúcar, la relación ET/ fotosintato o un menor volumen radicular. El otro gran mito ("si se suspende el riego pronto, aumenta la cantidad de azúcar"), también lo contradujo la experimentación. Hoy se sabe que los riegos de julio o septiembre según modalidad de cultivo, afectan menos a la producción final pero son también necesarios. En base a

## El riego de la remolacha en España

este conocimiento se está ensayando con buenos resultados la técnica de riegos deficitarios controlados (RDC), consistente en aplicar menos agua cuando el cultivo menos lo necesita, en caso de la remolacha al final del cultivo. Su consecuencia es que disminuye la producción de raíz de manera no significativa pero aumenta el contenido en azúcar, maximizando los ingresos brutos del agricultor.

Son de gran relevancia en este cultivo los riegos de nascencia. Constituye hoy una práctica bastante habitual y recomendada a los agricultores el aplicar un riego medio (20-25 mm...) seguido de riegos muy ligeros (5-6 mm) inmediatamente tras la siembra con lo que se consigue una mayor uniformidad de nascencia y una mejor acción de los herbicidas.

En relación con la agronomía del riego se concluye que para alcanzar la máxima producción es necesario:

- Que el cultivo reciba por riego y/o lluvia un volumen de agua equivalente a la ETc.
- En los suelos donde se cultiva la remolacha, los mejores resultados se obtienen con riegos unitarios de 35-40 mm.
- Aplicar el primer riego pronto. Primeros de marzo (otoño) o junio (primaveral) como máximo al 50% de NAP (Nivel de Agotamiento Permitido).
- No aplicar riegos deficitarios de alta frecuencia.
- Respetar como máximo 10 días entre el último riego y la recolección (en siembra de otoño).

- Seguir el método del Balance Hídrico en cualquiera de sus posibilidades desde la menos perfecta (calendarios de riego) a la recomendada, seguir el Plan de Asesoramiento Regional con avisos en SMS.

### b) Ingeniería del riego

La remolacha admite cualquier sistema de riego. Se riega desde riego superficial (gravidad), especialmente surcos a riego a presión. Entre estos el más frecuente es el riego por aspersión bien coberturas o sistemas autopropulsados. Puntualmente se ha regado por goteo. Son conocidas las ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas de riego. En lo que respecta a remolacha, el riego por gravedad tiene como limitaciones la dificultad de aplicar el volumen necesario y el riesgo elevado de pudriciones en la raíz (encharcamientos). La principal limitación del riego por goteo es su alto coste y la dificultad para dar riegos de nascencia.

Gracias en parte a subvenciones de gobiernos regionales para el cultivo, de finales de los 80, el equipamiento de riego se modernizó, desaparecieron los sistemas de aspersión aislados y aparecieron las coberturas de aspersión y los sistemas mecanizados (pivotes y laterales de avance frontal) que constituyen hoy los sistemas más empleados en la remolacha.

La uniformidad de un sistema de riego se suele medir por el coeficiente de uniformidad (CU). Se entiende que si todos

los puntos de la parcela reciben la misma cantidad de agua el CU vale 100%. Por su efecto sobre ahorro de agua (un menor CU exige aplicar más agua) más que por la pérdida de producción, para la remolacha se recomienda que el sistema de riego tenga al menos un CU del 80%.

Resultados de 92 evaluaciones de coberturas de aspersión realizadas en este cultivo por DAP, Azucarera Ebro y AIMCRA en 1999 mostraron que 28 (un 30%) tenían un CU muy inferior al requerido. Las principales causas fueron el mal diseño, marcos inadecuados (especialmente con aspersores de turbina de bajo caudal), exceso de aspersores en el ramal o poca presión en el aspersor de cabecera.

### c) Transferencia de resultados

Pese a que todos los resultados de la experimentación y avances en ingeniería del riego se transfieren a los agricultores, encuestas realizadas a los regantes y trabajos de campo han puesto de manifiesto que una parte de los agricultores riegan mal (incluso un 25% aplican más agua de la necesaria, más de lo recomendado según ITAP, 2000). Esto determinó que Azucarera Ebro pusiese en marcha en 1995 el Plan de Asesoramiento de Riego (PAR).

Este Plan está establecido en seis regiones de la zona Norte y cinco de la zona Sur y tiene como objetivos que el agricultor aplique el agua necesaria y de la manera correcta. Para lo primero, el agricultor adscrito a una determinada región recibe

semanalmente el consumo de su cultivo (en función del estado de desarrollo y mediante un SMS, avisos en carteles o consultas en páginas WEB) y con este dato más la lluvia o el riego que ha recibido puede saber la cantidad de agua a aplicar la siguiente semana. Para lo segundo, el agricultor tiene a su disposición un técnico cualificado que le evalúa su instalación de riego (coberturas de aspersión o pivotes) verificando marcos, boquillas, presiones... y le informa de posibles deficiencias y formas de subsanarlas.

Hasta el año 2007, el PAR en remolacha azucarera ha controlado unas 11.500 has, apro-

ximadamente un 25 % de la superficie de cada año.

Algunas conclusiones de estos años de trabajo con el PAR son las siguientes:

- Solamente el 50% de los agricultores riegan con la presión recomendada (3-4 bar).
- Existen frecuentes mezclas de aspersores con una y dos boquillas en la misma instalación.
- Los marcos son también muy variables.
- Los pivotes tienen mayor CU que las coberturas, aunque las dosis no se ajustan a las cartas.

- Solo un 54% de los agricultores aplican entre el 80 y 100% de las necesidades. Un 31% aplican más y un 15% aplican menos agua de la recomendada.

Ante estas cifras, se comprende que es necesario aumentar la formación de los regantes y que el asesoramiento al agricultor debe continuar. Sus ventajas son evidentes y la intención de Azucarera Ebro es continuar con este Plan de Asesoramiento.

***Para mayor información y referencias consultar en <aimcrava@aimcra.es>.***

# Riego de la remolacha y Producción Integrada



**JOSÉ MANUEL OMAÑA ÁLVAREZ**

*Jefe Departamento de Medio Ambiente y Divulgación de AIMCRA*

**E**l marco de la actual agricultura europea es muy exigente, tanto en competitividad como en materia alimentaria y medioambiental. Esto hace necesario un importante esfuerzo de adaptación en las producciones agrarias. Desde el punto de vista técnico debemos ser capaces de desarrollar modelos de cultivo que garanticen una agricultura sostenible. Deberemos seguir incrementando los rendimientos de los cultivos e intentar reducir los costes de producción mediante un uso más racional de los recursos productivos.

En el caso de la remolacha azucarera el riego es el recurso productivo más importante, pues condiciona la producción y es el mayor coste del cultivo. El mayor coste del riego proviene de la energía utilizada, oscila en el rango 250 a 450 €/ha en caso de utilizar energía eléctrica, y 300 a 1.200 €/ha en caso de emplear gasóil.

La Producción Integrada, se define como un sistema sostenible de producir alimentos, que hace compatible un resultado económico favorable y una producción de calidad, al tiempo que se contribuye a evitar la degradación del medio productivo y del medio ambiente en general. La producción integrada se basa en el cumplimiento de Normas o Reglamentos Téc-

nicos específicos en cada cultivo. En España coexisten cuatro Normas de Producción Integrada de remolacha azucarera, una Norma Nacional publicada en el 2007 y tres normas regionales, en el País Vasco, Andalucía, y La Rioja. La Producción Integrada se articula en torno a asociaciones de agricultores, asesorados por un técnico que les ayuda a implantar esta forma de producción. Los agricultores se comprometen a cumplir dichas normativas, a anotar las actuaciones sobre el cultivo y a someterse al control de una entidad de certificación externa.

En materia de riego conocemos los aspectos sobre los que se debería actuar para conseguir la adaptación del cultivo a las normativas de la producción integrada. Las principales desviaciones detectadas en la práctica actual del agricultor son:

- Los criterios seguidos por la mayoría de los agricultores para regar son la marchitez del cultivo y la disponibilidad de agua.
- Generalmente los agricultores no conocen la cantidad de agua realmente aplicada. Casi siempre se aplica más agua (10-15%) de la que se piensa.
- No se realizan análisis de agua de riego, desconociendo entre otros el contenido en nitratos, en bastantes ocasiones

## RESUMEN

En las condiciones de la agricultura mediterránea, uno de los pilares de toda producción agrícola sostenible es el buen uso del agua. Se están haciendo enormes esfuerzos en inversiones de modernización de regadíos. Sin embargo con eso no basta, es necesaria una nueva cultura del agua, y por tanto del riego, para poder hacer un uso racional de este preciado factor de producción. Siguiendo el guión de las Normas de la Producción Integrada, se analizan a continuación las buenas prácticas en el riego de la remolacha y el modo de mejorarlas.

es superior a 50 mg/l (equivalente a 78 UF de N), y en algunos casos supera los 100 mg/l.

- En cuanto a las instalaciones de riego también existen importantes deficiencias en aspectos básicos. Son muy frecuentes, incluso en instalaciones nuevas, pérdidas de presión en los ramales de la instalación superiores al 20% y coeficientes de uniformidad de distribución inferiores al 80%. Esto quiere decir que en muchos casos no se riega bien, se perjudica la producción y se aumenta innecesariamente el coste del riego.

Evidentemente ni todo se hace mal, ni su solución está solo en manos de los agricultores, pero está claro que es necesario abordar con seriedad una serie de mejoras en cuanto a la calidad de las instalaciones y al uso que se hace del agua para el riego.

## Riego y Producción Integrada de remolacha azucarera

El riego es uno de los capítulos más ampliamente des-

arrollados en Las Normas de Producción Integrada de Remolacha Azucarera, estableciéndose prácticas obligatorias, prohibidas y recomendadas:

De forma resumida se pueden destacar los siguientes aspectos más importantes:

**“Disponer del análisis químico del agua de riego, con el objetivo de tomar una decisión sobre su utilización”.**

Uno de los parámetros analizados es el contenido en nitratos. No pocas veces se trata de aguas con un alto contenido en nitratos, que debería ser tenido en cuenta a la hora de programar el abonado del cultivo.

**“Establecer los volúmenes de riego necesarios mediante el cálculo de las necesidades del cultivo, basándonos en datos locales de la evapotranspiración. Para la programación de los riegos, seguir el método del Balance Hídrico, planificando el riego a nivel de cada parcela. No emplear como criterio de riego el síntoma de estrés hídrico en la hoja (marchitez transitoria)”.**

Las necesidades de riego de cultivo (suma de la transpiración del cultivo y de la evaporación que se produce en el suelo) se conocen como “Evapotranspiración del cultivo (Etc), y se puede calcular a partir de la evapotranspiración de referencia (ETo)

La ETo se suele calcular mediante métodos indirectos: en el caso de la remolacha utilizamos estaciones meteorológicas y tanques evaporimétricos.

$$E_{tc} = E_{To} \times K_{\text{cultivo}}$$

Siendo:

E<sub>tc</sub> = evapotranspiración del cultivo.

E<sub>To</sub> = evapotranspiración de referencia.

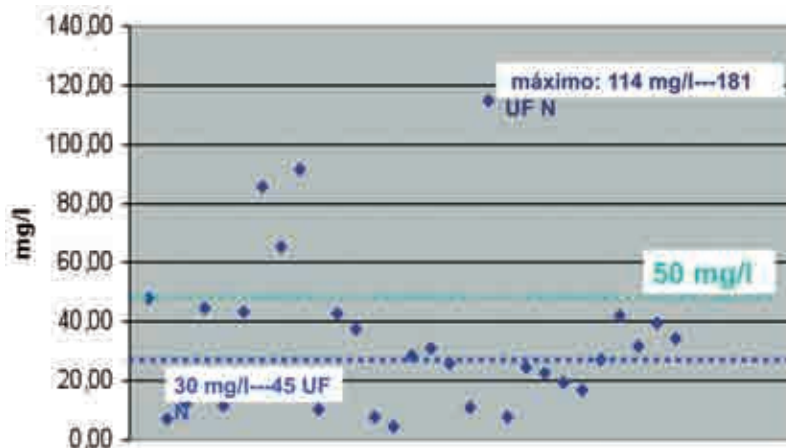
K<sub>c</sub> = coeficiente de cultivo.

Una vez conocida la ETo del cultivo, este dato se difunde mediante los distintos servicios de asesoramiento disponibles en Internet: página web de AIMCRA, de Azucarera Ebro, de Inforriego, de las web de comunidades de regantes... o mediante mensajes enviados semanalmente a los teléfonos móviles de los agricultores.

Una vez conocidas las necesidades de agua del cultivo, EL “Balance de Riego” sirve para conocer CUANDO REGAR; la respuesta es cuando se agote la cantidad que se ha establecido como dosis de riego. Para realizarlo se tienen en cuenta las necesidades brutas del cultivo, el consumo y las aportaciones de agua por riego y lluvia.

El balance se hace todas las semanas, colocando en la casilla correspondiente el agua consumida, la lluvia caída y el riego

**Cantidad de nitratos en el agua de riego**



Riego de la remolacha y Producción Integrada



aplicado la semana anterior. El resultado o saldo final indica el agua que hay en el suelo a disposición de la remolacha.

Saldo inicial + Riego + Lluvia - Consumo = Saldo final, que será el saldo inicial con que se parte para la semana siguiente.

Como se ve, la realización del balance hídrico es muy fácil. Una vez conocidos los datos de la semana anterior, se calcula el saldo final realizando una simple suma y resta y se programa el riego para la semana siguiente. Según sea el resultado, la programación será diferente. Sin embargo los agricul-

tores por sí solos no suele hacer el Balance Hídrico.

Para intentar facilitar la realización del Balance Hídrico a los agricultores AIMCRA ha desarrollado por encargo de NEIKER (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario) un nuevo servicio para el asesoramiento a todos los regantes vascos.

**BALANCE HÍDRICO** Para usar racionalmente el agua de riego, AIMCRA recomienda realizar una Programación de riego. Uno de los métodos más usados es el llamado "Balance hídrico".

**¿Cómo funciona el balance hídrico?** Saldo final = saldo inicial + riego + lluvia - consumo

Semana	Saldo inicial (A)	Riego (B)	Lluvia (C)	Consumo (D)	Saldo final (A+B+C-D)
3-9 junio	0	30	—	28	2
10-16 junio	2	30 + 30	3	43	22
17-23 junio	22	30	0	45	7
24-30 junio	7	30 + 30	0	50	17

**Servicio de Balance Hídrico**

AIMCRA ha puesto en marcha un servicio a través de internet y del teléfono móvil para que Ud. pueda conocer las necesidades de riego de sus parcelas.

El servicio está basado en el método del BALANCE HÍDRICO, de forma que introduciendo los datos de los riegos y las lluvias a través de Internet o del teléfono móvil Ud. podrá conocer el agua que deberá aplicar en la semana siguiente. Solicite el alta en este servicio a través de la página web de AIMCRA: [www.aimcra.es](http://www.aimcra.es) y seleccionando "Balance hídrico" o en la página web de Neiker [www.neiker.net](http://www.neiker.net) y seleccionando "Otros servicios"



Se trata de una aplicación informática en la Web que permite al usuario conocer las necesidades de riego de una parcela a través de Internet o bien mediante mensajes de texto enviados todos los viernes al teléfono móvil (sin necesidad de entrar en Internet).

***“Establecer la dosis o volumen máximo de agua a aplicar en los riegos, en función del sistema de riego, la profundidad radicular y las características físicas del suelo”.***

Al hacer la programación del riego, consideramos el agua útil almacenada en los primeros 30 cm de profundidad, que es de donde la remolacha toma el 90% del agua. Las necesidades de agua de un cultivo son las mismas en un suelo fuerte que en un suelo ligero, pero la cantidad de agua a aplicar en cada riego (dosis de riego) depende fundamentalmente de las características físicas del suelo, especialmente de la textura.

En suelos ligeros el agua a aplicar se aportará en riegos más cortos pero más frecuentes. Al contrario que en suelos francos y fuertes, en los que



pueden aplicarse riegos de mayores dosis y con mayores intervalos entre ellos. El dato de la textura del suelo lo podemos tomar del análisis de suelos que hacemos para el abonado.

***“Utilizar técnicas de riego que garanticen la mayor eficiencia en el uso del agua y la optimización de los recursos hídricos, evitando las pérdidas de agua. No debe regarse a manta. Es recomendable no regar por gravedad, y si se hace debe limitarse la longitud de los mismos y su pendiente máxima se establecerá en fun-***

***ción del volumen de riego necesario y de las condiciones hidráulicas y de permeabilidad del terreno”.***

El riego por gravedad se ha manifestado perjudicial para el cultivo de la remolacha, tan solo se realiza ya en algunas zonas de Andalucía. Por eso en Producción Integrada se prohíbe el riego por gravedad a manta en este cultivo. Se permite el riego por gravedad por surcos, pero se desaconseja.

***“Regar de forma que la precipitación instantánea no sea superior a la permeabilidad del suelo más el almacenamiento superficial.”***

A la facultad que posee un suelo para permitir el paso del agua a su través se le llama permeabilidad. Esta propiedad de los suelos depende del número de poros, de su tamaño y la continuidad de los mismos.

Al movimiento que experimenta el agua desde la super-

### Dosis máxima de riego según el tipo de suelo

#### Textura del suelo:

Arenoso . . . . .	30
Franco-arenoso . . . . .	36
Franco-limoso . . . . .	32
Franco-arcillo-arenoso . . .	44
Franco-arcilloso . . . . .	40
Arcilloso fino . . . . .	38



ficie del suelo hacia abajo se le denomina infiltración. La cantidad de agua que se infiltra en el suelo por unidad de tiempo se conoce como velocidad de infiltración, que está directamente relacionada con la permeabilidad: a mayor permeabilidad mayor velocidad de infiltración.

Al comienzo del riego el agua penetra con rapidez en el suelo, pero la permeabilidad va disminuyendo progresivamente hasta que se estabiliza. El dato que más nos interesa de cara al riego es precisamente, el de la permeabilidad estabilizada, que no debe ser superada por la pluviometría del equipo de riego que estamos utilizando. En la capacidad de infiltración de un suelo influyen, además de la textura, la vegetación y la pendiente del terreno.

Cuando la pluviometría es superior a la capacidad de infiltración se producen encharcamientos si el suelo es llano y escorrentías si el suelo está en pendiente. Debe ser por tanto un aspecto a tener en cuenta a la hora de decidir las características de la instalación: caudal de los aspersores, marco de riego,...

***“Realizar anualmente la evaluación de la instalación de riego, para comprobar su buen estado y correcto diseño y funcionamiento”.***

Es muy importante que el riego aplicado se efectúe con la mayor uniformidad posible. Hay que tratar de que cada punto de la parcela reciba la misma cantidad de agua. Existen muchos factores que van a influir en la uniformidad como son el marco de riego, el viento,



la presión de funcionamiento, el diseño propio del aspersor, la utilización de una o dos boquillas, etc. En los pivotes influye menos el viento que en las coberturas, pero hay

que cuidar que la carta de los emisores sea la correcta y al igual que en las coberturas, también conviene hacer una evaluación.

En el riego por aspersión mediante cobertura total se pueden dar recomendaciones para mejorar la distribución del agua. Es necesario que se respeten las siguientes normas técnicas a la hora de diseñar y manejar la instalación:

- Todos los aspersores deben ser siempre de la misma marca y modelo.
- Todos los aspersores han de tener el mismo número y diámetro de boquillas.
- La presión nominal de trabajo debe estar entre 3 y 4 kg/cm<sup>2</sup>.

- La diferencia de presión entre distintos aspersores será menor del 20%.
- Se deben alcanzar un coeficiente de uniformidad (CU) del 80 % en condiciones normales de viento.
- Conviene que la pluviometría sea menor de 8 mm/hora, y en ningún caso superior a la velocidad de infiltración del suelo, evitando escorrentías, se recomienda que esté entre 5 y los 7 mm/hora.

En 2008 se ha puesto en marcha entre la Comunidad de Regantes y AIMCRA un proyecto llamado Plan de Riego León, cuyo objetivo es mejorar la práctica del riego, asesorando a los agricultores sobre los distintos tipos de instalaciones y emisores del mercado y sobre la forma de usar el agua

Durante el verano de 2007 se realizaron algunos trabajos preliminares en los sectores VI y VII de la CRCMIP, concreta-

mente se realizaron 17 evaluaciones en distintos tipos de instalaciones. Para conocer la calidad de la distribución del agua se midieron 3 parámetros, la pérdida de carga entre el primer y el último aspersor de un ramal representativo, la presión de trabajo del aspersor nominal y la uniformidad en la distribución del agua.

Teniendo en cuenta que se trataba de instalaciones nuevas, los resultados fueron preocupantes en los distintos tipos de instalaciones evaluadas. En

más del 60% la pérdida de presión en los ramales de la instalación era superior al 20% y el coeficiente de uniformidad de distribución fue inferior al 80%. Esto quiere decir que en muchos casos no se riega bien, esto perjudica la producción y se aumenta innecesariamente el coste del riego.

*Las causas más frecuentes de las deficiencias observadas estaban en muchos casos relacionadas con la colocación de un excesivo número de emisores en cada ramal y con la excesiva se-*

*paración entre ramales y entre aspersores para los caudales de las boquillas con las que se trabajaba.*

Para cualquier sistema de riego que se utilice, se recuerda la obligatoriedad de un mantenimiento de toda la instalación, limpieza de boquillas, estado de juntas y tuberías, etc

**“Registrar los riegos realizados, midiendo o estimando la cantidad de agua aplicada en los mismos”.**

	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3			Parcela 4		
Pluviometría (mm-h)												
Semana del balance (de viernes a jueves)	Lluvia (mm)	Riegos		Lluvia (mm)	Riegos		Lluvia (mm)	Riegos		Lluvia (mm)	Riegos	
		Fecha	Horas		Fecha	Horas		Fecha	Horas		Fecha	Horas

Realmente para comenzar a ahorrar agua lo primero es conocer la cantidad que se utiliza. Parece ser que en un futuro próximo será obligatorio disponer de contadores volumétricos o caudalímetros para este cometido. En los nuevos regadíos ya se cuenta con este tipo de controles en todos los hidrantes.

Finalmente se considera como recomendable **“Establecer las directrices de riego por parte del servicio técnico competente”**, en las que se tendrán en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- 1.º La minimización de las pérdidas de agua por los desagües.
- 2.º El ahorro del agua, utilizando los sistemas de riego más eficientes y de la forma más eficaz.

- 3.º Las franjas horarias óptimas para el riego.
- 4.º La optimización de la gestión del riego para el máximo aprovechamiento.
- 5.º Reducir las pérdidas por sistemas obsoletos o deteriorados.
- 6.º Evitar el arrastre de productos que contaminen el agua.
- 7.º Aprovechar la nivelación de terrenos para optimizar los recursos.

Teniendo en cuenta el gran volumen de inversiones realizados en los nuevos regadíos y las modernizaciones, se trata de un servicio que es fundamental para poder conseguir una gestión y un uso racional del agua. Hay que ir pensando en la realización de este tipo de asesoramiento,

junto con la necesaria labor de formación a los regantes.

**Para mayor información o referencias consultar en <j.m. omana@aimcra.com>.**



# El riego de la remolacha azucarera con el sistema pivote utilizando distintos tipos de emisores



**ÁNGEL MARTÍNEZ ROMERO**  
Investigador de la Universidad de Castilla-La Mancha

## Introducción

El riego con sistema pivote puede ser una alternativa muy interesante para hacer un uso eficiente del agua en una agricultura sostenible. En este sentido, resulta necesario identificar el comportamiento de los principales tipos de emisores existentes en el mercado, así como el efecto de su altura sobre el suelo, para encontrar la combinación que mejor se adapta a las condiciones de trabajo en cada zona.

El objetivo del presente trabajo ha sido caracterizar el proceso de aplicación de agua (en superficie y en el perfil del suelo) con dos tipos de emisores y dos alturas sobre el suelo en un equipo pivote, y su efecto sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en el cultivo de la remolacha azucarera.

## Metodología

Para lograr el objetivo planteado, se realizaron experimen-

tos durante tres años consecutivos (2004 a 2006) en una parcela de 18 ha regada con un sistema de riego por pivote central ubicada en el Centro de Formación Agroambiental de Albacete. La precipitación media anual de la zona es de 360 mm y la demanda evaporativa de la atmósfera, de 1.400 mm.

En cada campaña se sembró un cuarto de la superficie que podía regar el sistema, que corresponde, aproximadamente, a 4,5 ha. Dentro del sector donde se iba a establecer el cultivo, se seleccionó la franja de terreno que, visualmente, era topográficamente más homogénea y que seguía un radio del pivote. La siembra se realizó de tal forma que las hileras siguieran la dirección de la franja, y fue la zona control donde se instalaron los sensores Watermark®, para medir la tensión de la humedad en el suelo, los tubos para los sensores EnviroScan® y Diviner®, para medir el contenido volumétrico de la humedad en el suelo, así como los pluviómetros, para evaluar los riegos (foto 1).

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de dos tipos de emisores (uno de plato fijo y otro de plato rotatorio) a dos alturas respecto al suelo (1,0 y 2,5 m) sobre la aplicación del agua en parcela y el rendimiento del cultivo de la remolacha azucarera. En él, se realiza un seguimiento del manejo del riego y de la evolución de la humedad en el suelo para poner de manifiesto la utilidad de las sondas Watermark y las recomendaciones del Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR) a la hora de realizar la programación de riegos del cultivo. Los resultados muestran que, con el emisor de plato giratorio (EPG, Rotator) se consigue una aplicación más uniforme del agua, así como menores pérdidas por evaporación y arrastre cuando este tipo de emisor se ubica a 1 m de altura. El rendimiento de la raíz mostró diferencias significativas entre el emisor del plato giratorio (EPG) ubicado a 1 m de altura y el emisor de plato fijo (EPF, LEN), a 2,5 m de altura. El contenido de azúcar ( $t\ ha^{-1}$ ) resultó significativo entre el EPG a las dos alturas ensayadas y el EPF a 2,5 m de altura.

*Palabras clave:*

**Riego con pivote central,  
Distribución del agua,  
Tipo de emisores,  
Remolacha azucarera.**



Foto 1. Medida de la aplicación del agua de riego y control de humedad en el suelo.

En el sistema pivote, se instalaron dos tipos de los nuevos emisores, uno de Plato Giratorio (EPG), tipo Rotator<sup>®</sup>, en los tres años de experimentación, y otro de plato fijo (EPF) tipo LEN<sup>®</sup>, en el 2004, y tipo D3000<sup>®</sup>, en los años 2005 y

2006, ubicándose cada uno de ellos a las alturas de 1 y 2,5 m respecto al suelo. Las distintas combinaciones entre tipo de aspersor y altura sobre el terreno dan lugar a cuatro tramos diferenciados en la tubería de conducción (foto 2).

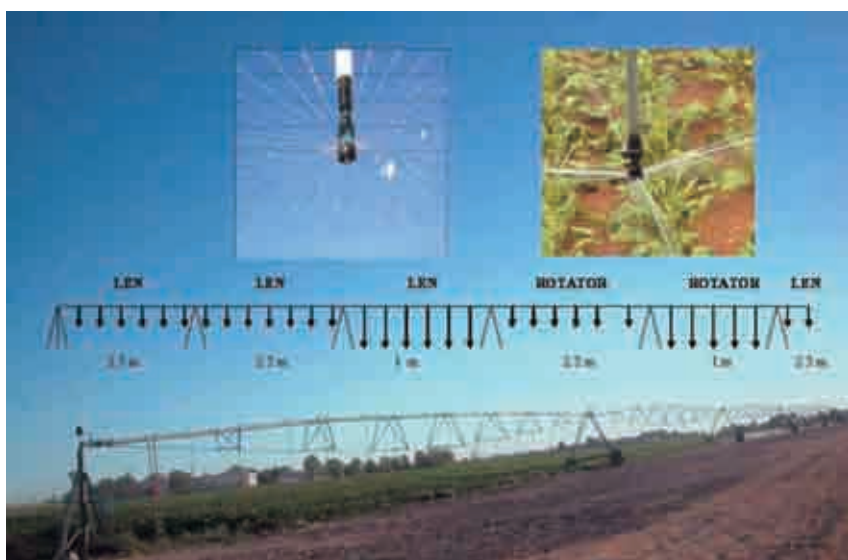


Foto 2. Disposición de los emisores en el pivote.

Durante los años de experimentación, se realizaron 60 evaluaciones de riego y, tanto antes como después de los mismos, se midió la humedad en el suelo; con dichas mediciones, se calculó la uniformidad de aplicación del agua, las pérdi-

das por evaporación y arrastre, y la uniformidad del agua en el suelo. Para analizar el crecimiento del cultivo, se muestrearon 10 plantas contiguas por tratamiento experimental, con una frecuencia de dos semanas. Para cuantificar la producción,

se muestrearon cuatro franjas de 6 hileras y 30 m de longitud por tramo, determinándose el rendimiento por tramo como el promedio de las cuatro franjas. Igualmente, se muestrearon cuatro parcelas de 10 m<sup>2</sup> por tratamiento para obtener el rendimiento de azúcar y los parámetros de calidad industrial.

La metodología seguida en la programación de riegos fue la clásica de FAO, que maneja diariamente valores de evapotranspiración de referencia (ETo, Penman-Monteith) y coeficiente de cultivo (Kc).

## Resultados

Los riegos aplicados al cultivo de remolacha oscilaron entre: 654,3 mm (EPF 2,5) y 735,47 mm (EPG 1), para el año 2004; 733,28 mm (EPF 1) y 765,60 mm (EPG 1), en la campaña experimental del 2005; y 753,94 mm (EPG 2,5) y 834,03 mm (EPF 1) en la campaña del 2006.

Los resultados muestran (figura 1) que, con los emisores de plato giratorio (EPG), se consigue una aplicación más uniforme del agua en los riegos individuales, sobre todo cuando se ubican a 1 m de altura, con valores medio de 92 y 88% para el CU (Coeficiente de Uniformidad) y la UD (Uniformidad de Distribución), respectivamente.

El viento no tiene un efecto significativo sobre la uniformidad de distribución del agua de riego con EPG, mejorando significativamente con lo EPF (figura 2). En los riegos acumulados, aunque siguen siendo mayores los valores en los EPG, hay una notable mejoría en los emisores de plato fijo (EPF) (figura 3).

## El riego de la remolacha azucarera con el sistema pivote

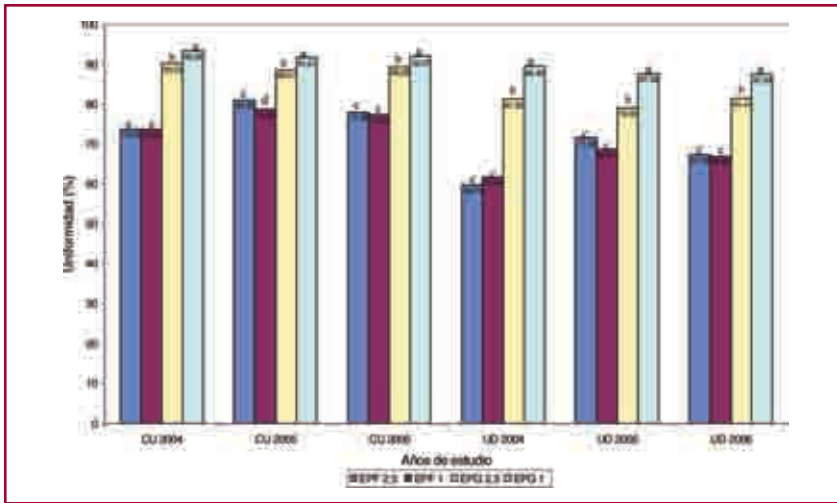


Figura 1. Coeficiente de uniformidad (CU) y uniformidad de distribución (UD) medio para los emisores de plato fijo (EPF) y giratorios (EPG) a las alturas de 1 y 2,5 m, en los años de estudio.

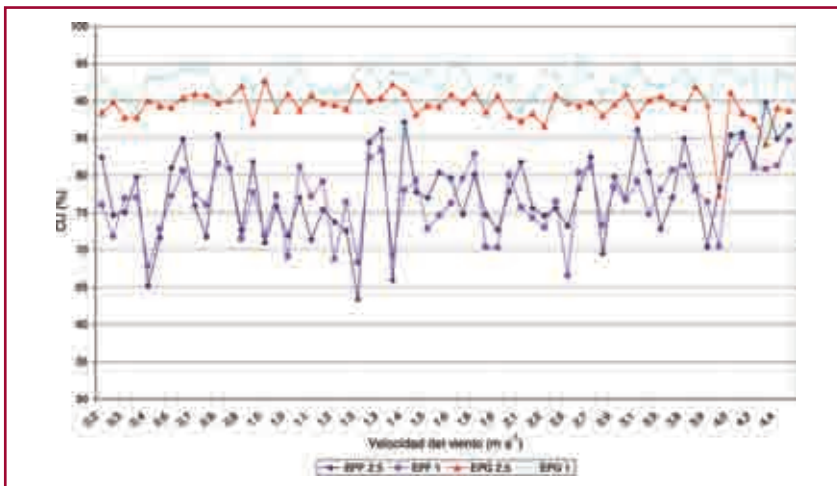


Figura 2. Influencia de la velocidad del viento sobre el coeficiente de uniformidad (CU) en los emisores de plato fijo (EPF) y giratorios (EPG) a las alturas de 1 y 2,5 m, en los años de estudio.

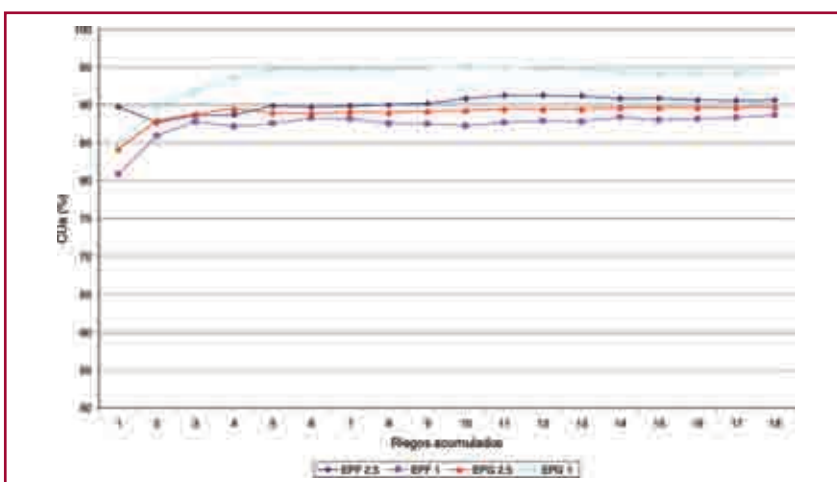


Figura 3. Coeficiente de uniformidad de los riegos acumulados (CUa) para los emisores de plato fijo (EPF) y giratorio (EPG) a las alturas de 1 y 2,5 m. Año 2005.

Las pérdidas por evaporación y arrastre (PEA) fueron significativamente superiores en el EPF 2,5 respecto al EPG 1 (figura 4), con cifras de 8,0 y 13,6% para los riegos nocturnos y diurnos, respectivamente. Por contra, los menores valores se registraron en el EPG 1, con cifras de 3,3 y 8,2%, para los riegos nocturnos y diurnos, respectivamente.

La altura del emisor juega un papel fundamental en las PEA, pudiendo reducirse, para riego diurno, cerca de un 35% al pasar de 2,5 m a 1 m sobre el suelo. Para riego nocturno, esta reducción está en torno al 50%.

El tipo de emisor, también, juega un papel importante en las PEA, siendo en torno a un 10% inferiores en el EPG que el EPF para riegos diurnos, llegando a un 25% en riegos nocturnos.

El tamaño de gota es otro factor importante en las PEA; así, las mayores PEA del EPF pueden deberse a que produce mayor proporción de gotas pequeñas que el EPG, siendo estas más sensibles a la evaporación y al arrastre por el viento.

Cuando se riega por la noche, se producen menores PEA que cuando se hace de día. Las reducciones varían entre 23% y 76%, en los EPG, y entre 2% y 66%, en los EPF. Si se comparan además las diferentes alturas, las mayores reducciones se producen al contrastar el EPG 1 con el EPF 2,5 y el EPG 2,5, con reducciones de 76% y 73%, respectivamente.

El coeficiente de uniformidad y la uniformidad de distribución del agua en el suelo después del riego (CU<sub>s</sub>d y UD<sub>s</sub>d) registraron valores superiores, y

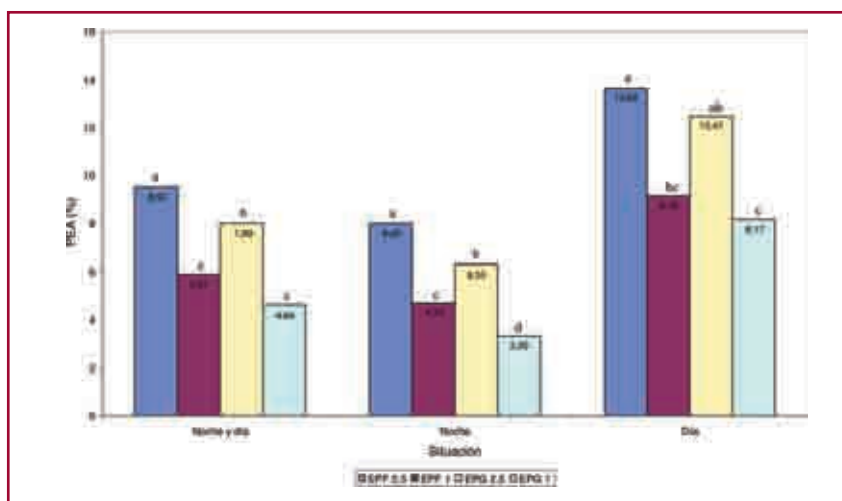


Figura 4. Pérdidas por evaporación y arrastre (PEA) medias diurnas, nocturnas y en conjunto (diurnas y nocturnas) para los emisores de plato fijo (EPF) y giratorios (EPG) a las alturas de 1 y 2,5 m.

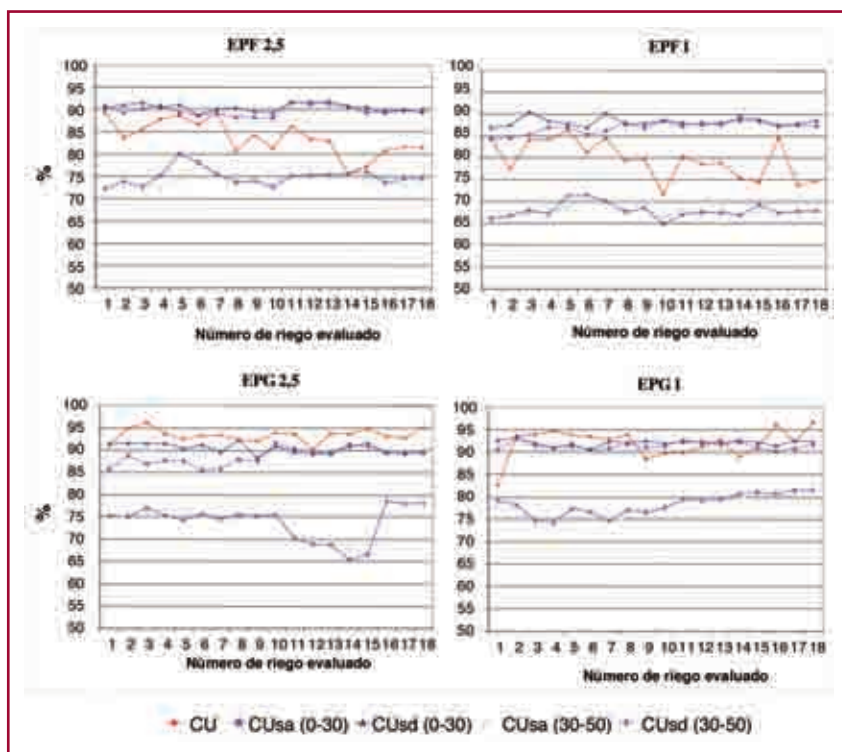


Figura 5. Distribución de la humedad en el suelo.

con menores fluctuaciones, respecto al CU y a la UD (figura 5).

Según los resultados del balance de humedad, los valores de Kc que parecen más adecuados para realizar una programación del riego podrían variar: entre 0,30 y 0,35, en la etapa inicial (desde siembra

hasta 10 hojas); entre 0,60 y 0,80, en la etapa comprendida entre 10 hojas y cobertura total del suelo; entre 0,95 y 1,05, en la etapa de engrosamiento de la raíz; y, en la etapa final valores descendentes, hasta 0,50.

Para el seguimiento de la programación del riego, la me-

dición de la tensión del agua en el suelo (con Watermark) parece un mejor indicador que las mediciones del contenido de humedad en el suelo (con sensores FDR), ya que recoge mejor la disponibilidad de agua en el suelo o la facilidad con la que el cultivo la puede aprovechar.

Los valores medios máximos de la velocidad de crecimiento absoluto del cultivo, velocidad de crecimiento relativo, tasa de asimilación neta e índice de cosecha estuvieron comprendidos entre 40 y 50  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , 92 y 160  $\text{mg g}^{-1} \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , 11 y 15  $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , 70 y 76 %, respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos dentro de cada índice. La menor y mayor eficiencia en el uso de la radiación fotosintéticamente activa (RUE) para la materia seca total fue de 1,97 (EPF 2,5) y 2,48  $\text{g MJ}^{-1}$  (EPG 1), mientras la RUE para el rendimiento de azúcar fue 1,15 (EPF 2,5) y 1,27  $\text{g MJ}^{-1}$  (EPG 1).

El rendimiento de la raíz presentó diferencias significativas en los años 2004 y 2005; en el primero de los años, entre el EPG 1 (135,0  $\text{t ha}^{-1}$ ) y EPF 2,5 (120,9  $\text{t ha}^{-1}$ ), y en el segundo año, entre los EPF (mayor rendimiento a la altura de 2,5 m, con 117,1  $\text{t ha}^{-1}$ ) y EPG 2,5 (103,8  $\text{t ha}^{-1}$ ).

En relación a la polarización, el único año donde hubo diferencias estadísticas fue en el 2006, con valores superiores en el EPG 2,5 (16,20%) respecto a los emisores colocados a 1 m (14,7%, en el EPF, y 15,1%, en el EPG). El rendimiento de azúcar ( $\text{t ha}^{-1}$ ) resultó no significativo entre tratamiento en las tres campañas, con cifras promedio comprendidas entre 18,1  $\text{t ha}^{-1}$  (EPG 2,5) y 19,2  $\text{t ha}^{-1}$  (EPG 1).

## El riego de la remolacha azucarera con el sistema pivote

La evapotranspiración real, medida mediante un balance de humedad simplificado llevado a cabo en la campaña experimental del año 2004, osciló entre 660,02 mm (EPF 2,5) y 751,68 mm (EPG 1), cuando la ETo estacional se estimó en 996,49 mm.

La eficiencia del uso del agua (WUE) para el peso fresco y seco de la raíz, así como del azúcar, variaron de 17,12 a 18,90, de 3,29 a 3,61, y de 2,71 a 3,02 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente, correspondiendo el menor y mayor valor al EPF 2,5 y EPG 2,5, en ese mismo orden, pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

La eficiencia promedio del agua recibida por el cultivo, para el peso fresco de la raíz, en los tres años de estudio, fue de 14,2, 14,4, 13,7 y 14,5 kg m<sup>-3</sup> para los EPF 2,5, EPF 1, EPG 2,5 y EPG 1, respectivamente, mientras que, para el rendimiento de azúcar, en las tres

campañas de ensayo, fue de 2,2 y 2,3 kg m<sup>-3</sup> para los emisores instalados a 2,5 y 1 m sobre el suelo, respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre tipos de emisor y altura de colocación en ninguna de las campañas.

### Conclusiones

- Los Watermark son unos sensores prácticos y sencillos, permitiendo detectar si se está haciendo un adecuado manejo del riego a lo largo del ciclo del cultivo.
- En este estudio, se obtuvo un mayor CU y UD para los emisores de plato giratorio (EPG, tipo Rotator) que para los de plato fijo (EPF, tipo Spray).
- El CU y UD es menos afectado por el viento en los EPG, mientras que los EPF mejoran con el aumento de la veloci-

dad del viento, al menos con velocidades de hasta 4 m/s.

- Las PEA son mayores en el EPF situado a 2,5 m de altura, diferenciándose estadísticamente del mismo tipo de emisor a la altura de 1 m y del EPG a las dos alturas estudiadas, siendo el EPG a 1 m diferente del resto de combinaciones.
- El rendimiento (peso de raíz y azúcar por hectárea) mostró diferencia significativa entre el emisor EPG situado a 1 m de altura respecto al EPF ubicado a 2,5 m.

### Agradecimientos

A la Escuela de Formación Agroambiental de Albacete, a la Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera (AIM-CRA) y a la empresa AISCO.

### Bibliografía

- ABO-GHOBAR, H.M. 1992. Losses from low pressure center-pivot irrigation systems in a desert climate as affected by nozzle height. *Agric. Water Mngment*. 21: 23-32.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; and SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage, paper n.º 56, FAO, Rome, Italy.
- FABEIRO, C.; MARTÍN DE SANTA OLALLA, F.; LÓPEZ, R.; and DOMÍNGUEZ, A. 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agric. Water Mngment*. 62:215-227.
- FACI, J.M.; SALVADOR, R.; PLAYÁN, E.; and SOURELL, H. 2001. Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 127 (4): 224-236.
- KINCAID, D.C.; NABIL, M.; and BUSCH, J.R. 1986. Spray losses und uniformity with low pressure center pivot. *Amer. Soc. Agric. Eng. Paper n.º 86-2091*.
- LÓPEZ, R.; MONTORO, A.; y LÓPEZ, P. 2004. Seguimiento integral de las necesidades hídricas de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) a través de ensayos de riego deficitario controlado, eficiencia en el uso del agua y medidas lisimétricas, en clima semiárido. XXII Congreso Nacional de Regadíos, Logroño, España.
- MONTERO, J.; DE JUAN, J.A.; ORTIZ, J.; y TARJUELO, J.M. 2003. Efecto de la altura del emisor sobre la distribución de agua en equipos pivote y sobre el rendimiento de los cultivos. XXI Congreso Nacional de Riegos y Drenajes, Mérida, España.
- PLAYAN, E.; GARRIDO, S.; FACI, J. M.; and GALAN, A. 2004. Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation machine. *Agric. Water Mngment*. 71: 177-193.
- SOURELL, H.; FACI, J. M.; and PLAYÁN, E. 2003. Performance of rotating spray plate sprinklers in Indoor Experiments. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE*, 129 (5): 1-5.
- TARJUELO, J. M.; ORTEGA, J. F.; MONTERO J.; and DE JUAN, J.A. 2000. Modeling evaporation and drift losses in irrigation with medium size impact sprinklers under semi-arid conditions. *Agric. Water Mngment*. 43: 263-384.
- TARJUELO, J.M. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. 3.ª ed. Edic. Mundi Prensa, Madrid, España.



**JAVIER CITOLER HERBERA**  
Técnico de CINGRAL

# Proyecto de instalaciones de riego a parcelas de remolacha

## RESUMEN

En la presente ponencia se pretende dar una visión general de los diferentes sistemas de riego en parcela existentes en la actualidad, realizando a su vez una comparación entre ellos, con el objeto de facilitar la posterior toma de decisiones.

Se pretende en este caso la realización de una sencilla exposición de los diferentes sistemas de riego, teniendo en cuenta para ello que muchos de los asistentes ya los conocen y, sobre todo, que los diferentes fabricantes pueden describirlos con mayor precisión. Decir de antemano que ningún sistema es "a priori", el mejor; pues cada sistema de aplicación del agua puede adaptarse de forma diferente según una serie de factores como pueden ser el tamaño y forma de la parcela, las pendientes del terreno, su capacidad de absorción de agua, disponibilidades económicas, necesidades de rotación de cultivos, etc.

Dentro de los programas generales para la transformación y modernización de los regadíos en las diferentes Comunidades Autónomas, se observa una clara división en los proyectos y trabajos a realizar:

- En primer término, la infraestructura general, que incluye generalmente obras de toma, balsas de regulación, bombos, redes principales e hidrantes y tomas parcelarias.
- En segundo término, los denominados equipamientos o amueblamientos de parcela.

Las líneas de financiación, de control de calidad y de toma de decisiones son diferentes en la infraestructura general y en los equipamientos.

En muchos casos, se observa una falta de coordinación, que malogra los objetivos comunes:

- Por un lado, aquellos proyectistas o responsables de las infraestructuras generales, no tienen en cuenta o se ven incapaces de ponerse en lugar de los usuarios finales, o desconocen el correcto funcionamiento de los diferentes equipamientos de parcela. El diseño de las infraestructuras generales debería de realizar-

se considerando los aspectos generales y particulares de los equipamientos de parcela posteriores.

- Por otro lado, en muchas ocasiones, las instalaciones de equipamientos de parcela, no cumplen con las mínimas exigencias de calidad (uniformidad y eficiencia del riego), por lo que se malogran los objetivos iniciales o ponen en peligro el funcionamiento correcto de todo el sistema.

El objetivo de la presente ponencia es doble: Alertar a los proyectistas de las infraestructuras generales, de la importancia de conocer las diferentes posibilidades en los equipamientos de parcela y los usos corrientes en la zona concreta y, en segundo lugar, a los asesores de los agricultores en equipamientos, en la importancia de la realización de un buen trabajo para beneficio del cliente y de toda la red general.

## Diferentes tipos de equipamientos de parcela

### *Tuberías móviles*

Suelen constar de unas tuberías fijas, enterradas y otras mó-

## Proyecto de instalaciones de riego a parcelas de remolacha

viles de diferentes materiales, como Aluminio, PVC, PE, etc.

En cada uno de los sectores es necesario el cambio manual de las tuberías hacia el nuevo sector.

No suele estar automatizado.

Como **ventajas** del sistema podemos citar:

- Economía de la instalación o compra.
- Adaptabilidad a la forma de la parcela.
- Elección del marco en función de las necesidades.

Dentro de los **inconvenientes**:

- Alto coste de mano de obra, obligando a realizar trabajos en cada postura de riego. (2,5 h/hombre por riego y ha).
- Dificultad en la realización de marcos de riego triangulares.
- En general, dependiendo de la geometría de las parcelas, la uniformidad suele ser inferior a la de otros sistemas.
- El viento influye en gran medida en su eficiencia de aplicación.

Una variante del anterior son los denominados “carros”, que aunque ya casi han quedado en desuso, todavía pueden verse en algunos campos Españoles.

Consisten en unas ruedas metálicas accionadas por un pequeño motor de gasolina y que mueve toda la línea de aspersores.

Frente al sistema anterior presentan la ventaja de un menor coste de mano de obra y trabajo menos pesado, pero presenta una serie de inconvenientes que casi han hecho desaparecer el sistema:

- Mala Adaptabilidad a parcelas no rectangulares.
- Se ven afectados por los vientos fuertes que las mueven, sobre todo en caso de estar vacías.
- No se adaptan a cultivos de porte alto, como el maíz.

### Cañones

Consta de un aspersor de grandes dimensiones, conocido como cañón, sobre una estructura metálica que se desplaza simultáneamente al riego, al ser enrollada la tubería flexible que le sirve de alimentación.

La energía para el enrollamiento se suele obtener de la misma presión del agua.

Una vez acabado el riego de la postura, se traslada toda la máquina hacia la nueva postura y se extiende la manguera.

El sistema requiere altas presiones por dos razones:

- Para que el alcance del cañón sea elevado y regar más anchura en cada postura.
- Las tuberías de alimentación producen pérdidas de carga elevadas, debido, por un lado, a la búsqueda de un diámetro bajo para economizar y permitir mayor flexibilidad en el enrollamiento y, por otro lado, una longitud apreciable para regar más superficie por postura.

(Cabría decir en este caso que las presiones requeridas por este sistema varían notablemente en función de los criterios de diseño, es decir, se puede recurrir a este tipo de equipos con presiones ligeramente su-

periores a las requeridas por un sistema de aspersión mediante cobertura total enterrada, si bien tiene que ser a costa de un menor alcance y a un mayor coste de instalación y equipos).

Como **ventajas** del sistema podemos citar:

- La parcela esta libre de obstáculos.
- Es un sistema portátil, pudiéndose transportar con facilidad entre diferentes parcelas.
- Se adapta bien a parcelas rectangulares.
- Se necesita poca mano de obra.

Como **inconvenientes** del sistema estarían:

- El gasto energético es elevado, debido a las altas presiones de trabajo.
- No se adapta bien en suelos de pobre estructura, debido al tamaño de las gotas.
- Su eficiencia y uniformidad se ven más afectadas por el viento.

Se suelen recomendar para zonas húmedas o semihúmedas, para riegos de apoyo, o para cultivos de primavera, donde las necesidades no son muy elevadas.

Por otro lado, los cultivos más adecuados son aquellos que cubren totalmente el terreno, debido al efecto erosivo que produce el impacto de las gotas de agua.

### Coberturas totales superficiales

Sistema con el que se cubre toda la superficie regable, bien

con tuberías de aluminio, ó PE-AD. Los aspersores pueden estar fijos o trasladarse de una posición a otra.

El sistema suele instalarse después de la siembra y se recoge tras la recolección.

Es susceptible de ser automatizado, pero presenta la dificultad de la transmisión de señales y la instalación de electroválvulas.

#### Como **ventajas**:

- Se adapta perfectamente a cualquier geometría de parcela.
- Una vez implantado el cultivo, se reduce considerablemente la mano de obra para regar.
- Si el diseño es adecuado, la uniformidad puede ser aceptable.
- Es todavía relativamente económico.
- No se realizan movimientos de tierras con las instalaciones.
- Puede transportarse de una parcela a otra, interesante cuando sólo se pretende regar la remolacha, entrando ésta en una rotación de parcelas.
- Posibilidad de diferentes dosis de riego, según sectores.

#### Como **inconvenientes**:

- Se necesita mano de obra, tanto para la instalación, como para la retirada después del cultivo.
- Las tuberías y aspersores son un obstáculo para las labores agrícolas.
- El continuo manejo de las tuberías, produce un mayor

deterioro de las mismas.

- La automatización no siempre es fácil.
- La posibilidad de aplicación de abonos y fitosanitarios, es limitada, por los daños en hojas y el elevado volumen de aplicación de agua.
- El viento influye en su eficiencia de aplicación.

### **Coberturas totales enterradas**

Similar al anterior, con la diferencia de que las tuberías están enterradas, es decir, son fijas. Suelen usarse en cultivos intensivos de regadíos, con alto grado de utilización de la instalación.

Normalmente está automatizado mediante diferentes sistemas, pero que siempre suelen incluir válvulas hidráulicas. De esta forma, el usuario sólo tiene que programar las diferentes dosis de riego, pudiendo ser diferente, según los sectores y los tipos de suelos de cada uno.

#### Como **ventajas**:

- Adaptabilidad a la parcela.
- Posibilidad de ejecución de cualquier marco (p.e. tresbolillo).
- Bajo coste de mano de obra.
- Fácilmente automatizable.
- La uniformidad del riego, si está bien diseñado, suele ser alta.
- Posibilidad de diferentes dosis de riego, según sectores.

#### Como **inconvenientes**:

- Alto coste de la instalación.

- Necesidad de movimientos de tierras en la ejecución. (Actualmente se está reduciendo considerablemente).
- Los aspersores son obstáculos, incluso durante la siembra y la recolección.
- La posibilidad de aplicación de abonos y fitosanitarios, es limitada, por los daños en hojas y el elevado volumen de aplicación de agua.
- El viento influye en su eficiencia de aplicación.

### **Pívot**

Es una tubería portaemisores suspendida sobre unas estructuras móviles, que se alinean entre si y giran alrededor de un centro pivotante, convenientemente anclado.

Las tuberías se mueven trazando un círculo y regando simultáneamente. Este movimiento se realiza mediante la utilización de motores eléctricos, alimentados desde el centro del pívot mediante cables instalados por la misma tubería de distribución del agua.

Para el correcto funcionamiento deben disponer de sistemas de alineamiento, seguridad y automatismos.

Pueden utilizarse diferentes tipos de emisores: aspersores, toberas rotativas, toberas pulverizadores, además de los cañones o aspersores finales.

La pluviometría a lo largo de la tubería es variable y creciente, debido a la mayor superficie que debe de abastecer cada emisor, a medida que nos alejamos del centro del pívot.

## Proyecto de instalaciones de riego a parcelas de remolacha

### Como **ventajas**:

- Las parcelas se encuentran libres de obstáculos.
- No necesita mano de obra.
- La afección del viento es menor que en coberturas, en cuanto a la eficiencia de aplicación.
- Ahorro energético al necesitar presiones menores.

### Como **inconvenientes**:

- El coste va en relación con la longitud, siendo elevado para parcelas pequeñas.
- Dificil Adaptabilidad a la geometría de las parcelas.
- Pluviométricas elevadas en pivots excesivamente largos.

Existen actualmente sistemas que permiten la aplicación de diferentes dosis de agua en muchos subsectores, permitiendo diferenciar diferentes tipos de terreno, con necesidades diferentes. Además, la tecnología permite aplicaciones de bajo volumen, siendo posible, de esta manera, la aplicación de productos fitosanitarios.

### **Laterales de avance frontal**

El sistema es similar al Pívor, pero de avance frontal.

Respecto al caso del Pívor, el sistema de alineación es bastante más complejo y los sistemas de alimentación de agua pueden ser mediante canal (solo en parcelas relativamente llanas) o manguera flexible.

### Como **ventajas**:

- La pluviometría a lo largo de la tubería portaemisores, es la misma, evitándose los

problemas de diferentes pluviometrías, como en los sistemas de pivot central.

- Se adapta mejor a las parcelas rectangulares.

### Como **inconvenientes**:

- A veces las pluviometrías son también elevadas, debido a los largos recorridos de los sistemas para reducir costes.
- Los sistemas de alineación son más complicados.
- Los sistemas de alimentación son más complejos, necesitando, en algunos casos, mano de obra para los cambios.

También existen sistemas para adecuar las dosis de riego a diferentes subsectores, dentro de toda la zona regable del lateral.

### **Goteo**

El sistema consiste en la aplicación de riego localizado y de alta frecuencia, mediante mangueras que portan los emisores o goteros, siendo éstos de bajo caudal.

Suele instalarse un lateral de goteo cada dos líneas, con goteros de bajo caudal (1,53 l/h). Dichos laterales deben instalarse cada campaña y retirarse al final de la misma.

Debido a las características del riego, no es adecuado para la nascencia, debiendo utilizar, en esta fase del cultivo, otro sistema, como la aspersión.

### Como **ventajas**:

- Localización del agua y del fertilizante.
- Mayor eficacia en el abonado nitrogenado.

- Posibilidad de riegos cortos y frecuentes. Facilidad en la dosificación.

- Menores pérdidas por evaporación.

- Mayor aireación del suelo, al no mojarse en su totalidad.

- No le afecta el viento.

### Como **inconvenientes**:

- Necesidad de otro sistema complementario para la fase de nascencia.

- Coste de mano de obra en la instalación del riego, antes de cada cultivo.

- Mayor coste de la instalación.

- Necesidad de un filtraje de mayor calidad.

- La red de tuberías densa es un obstáculo para las labores de cultivo.

## **Adaptación de los diferentes tipos de equipamientos de parcela según el tamaño de la misma**

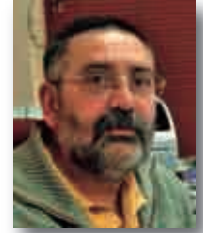
Para conocer la viabilidad de cada uno de los tipos de equipamiento de parcela, se han elegido las parcelas tipo dadas por AFRE:

- Tipo 1. Menores de 1 ha. Rectangulares y con hidrantes compartidos.
- Tipo 2. 1-4 ha. Rectangulares. Un hidrante para dos parcelas.
- Tipo 3. 4-10 ha, trapezoidal. Un hidrante por parcela.
- Tipo 4. Más de 10 ha. Topografía irregular. Uno o varios hidrantes por parcela.

	Coste Instalación	Requerimientos mano de obra	Adaptabilidad a la geometría de parcela	Influencia del viento sobre la uniformidad y eficiencia	Versatilidad y movilidad de la instalación	Requerimientos de presión	Aplicación de tratamientos y abonos	Posibilidad de automatización
<b>Tuberías móviles</b>	Bajo	Alto	Alta	Media	Sí	Medio	Abonado	No
<b>Cañones</b>	Medio	Medio	Media	Alta	Sí	Alto (salvo diseños específicos a p. inferiores)	No	No
<b>Cob. total superficial</b>	Alto	Medio	Alta	Media	Sí	Medio	Abonado	Posible, pero poco habitual
<b>Cob. total enterrada</b>	Alto	Bajo	Alta	Media	No	Medio	Abonado	Sí
<b>Pívot</b>	Alto en parcelas tipo 1, 2 y 3. Medio en parc. tipo 4	Bajo	Medio/bajo (depende en gran medida de las dimensiones)	Baja	Posible, pero poco habitual	Bajo	Sí	Sí
<b>Lateral de avance frontal</b>	Alto en parcelas tipo 1, 2 y 3. Medio en parc. tipo 4	Bajo	Medio/bajo (depende en gran medida de las dimensiones)	Baja	No	Bajo	Sí	Sí
<b>Goteo</b>	Alto	Bajo	Alta	Baja (casi nula)	No	Bajo	Abonado	Sí

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Tubería móviles	Se adapta	Se adapta	Alto coste mano de obra	Alto coste mano de obra
Cañones	Sólo los de peq. tamaño	Se adapta	Según geometría	Según geometría
Cobertura total superficial	Se adapta	Se adapta	Se adapta	Se adapta
Cobertura total enterrada	Se adapta	Se adapta	Se adapta	Se adapta
Pívot	No se adapta	No se adapta	Se adapta, alto coste de instalación	Según geometría
Lateral	No se adapta	No se Adapta	Se adapta, alto coste de instalación	Según geometría
Goteo	Se adapta	Se adapta	Se adapta	Se adapta

# Gestión de redes de riego en los nuevos regadíos de León



**MANUEL FERNÁNDEZ BERMEJO**  
Delegado de Tragsa León

## Introducción

**E**stamos asistiendo a grandes cambios en los riegos de León. No se trata solo del cambio del riego por gravedad al riego por aspersión sino de cambios más profundos, el riego a pasado a ser un servicio que se le da al agricultor en cada una de sus parcelas por pequeñas que sean.

Este nuevo enfoque ha exigido desarrollar un sistema con grandes innovaciones. Las más destacadas son:

### Gestión de la red y de la instalación en parcela del regante.

Llegar con la gestión hasta dentro de la parcela implica actuar sobre 10 veces más elementos que lo hacían hasta ahora los sistemas de telecontrol, lo que ha supuesto importantes retos tecnológicos.

### Integración de la información climática, de suelo y cultivos.

Para dar el servicio adecuado se han instalado estaciones meteorológicas y recogido información de suelos y cultivos, disponiendo de información diaria de las necesidades hídricas de cada parcela.

### Optimización del flujo en la red coordinando todos los riegos.

Se ha desarrollado un programa de optimización de flujos en redes hidráulicas con lo que se transforma la demanda aleatoria en demanda optimizada.

### Acceso telemático a la información mediante SIG en la WEB.

Toda la información, actualizada continuamente, está a disposición de usuarios en Internet mediante mapas telemáticos, cuadros, gráficos, etc., gracias al desarrollo de un potente Sistema de Información Geográfico.

### Peticiones de riego por Internet o telefonía.

Tanto desde la página web como por telefonía el regante puede hacer sus peticiones de riego o introducir sus instrucciones para la petición automática de riegos.

Todas estas innovaciones generan una serie de ventajas en las redes de riego que van a contribuir a una mejor gestión de la red y por lo tanto una mejor gestión de cara al regante. Estas ventajas son:

## RESUMEN

La introducción de la telegestión en los regadíos ha supuesto importantes retos tecnológicos, pero ha traído grandes ventajas como ahorro de agua, fertilizantes, energía y sobre todo ha traído una mejora en la calidad de vida de los regantes. El riego pasa a ser un servicio que se ofrece al agricultor.

El regante puede optar por el sistema de riego automático, optimizando los riegos y adecuándolos a las características de su parcela y cultivo.

Los gestores de las comunidades y de forma particularizada cada regante, reciben información diaria de todos los aspectos del riego a través de la página web.

*Palabras clave:*

**Evapotranspiración,  
Riego,  
SIG,  
Telegestión.**

**Organización del riego.**

El riego se gestiona hasta la misma parcela del regante permitiendo regar cada una de sus unidades de riego de manera independiente.

**Particularización del consumo.**

El consumo de cada hidrante irá particularizado a cada regante evitándose un derroche de agua por falta de control.

**Menor consumo de agua.**

Realizar riegos en horas nocturnas permite un ahorro de agua debido a que los riegos nocturnos reducen las pérdidas por evapotranspiración.

**Mejor gestión de la energía.**

Los riegos se agrupan en las horas valle permitiendo de esta manera una optimización del flujo en la red y por lo tanto también mejorarán los rendimientos de la estación de bombeo llegando a valores óptimos de kw consumido por m<sup>3</sup>.

**Reducción de la contaminación.**

Gracias a la aplicación de abonos y fitosanitarios directamente en la red de riego.

**Información a gestores y regantes.**

El gestor dispondrá de la información de cuanto sucede en las instalaciones permiti-

tiendo tomar decisiones sobre la gestión de la red de riego. Por su parte, los regantes tendrán acceso a datos que le permitan una toma de decisión sobre sus riegos.

**Planificación del mantenimiento.**

Gracias a la planificación de mantenimientos, tanto preventivos como correctivos, la vida útil de las instalaciones se alarga notablemente.

**Mejora de la calidad de vida de los regantes.**

Estos sistemas van a permitir al agricultor disponer de más horas para formarse e incorporarse al uso de nuevas tecnologías surgiendo de esta manera agricultores más tecnificados.

Gracias a que toda la información va a estar disponible vía web el regante va a poder gestionar sus parcelas mediante un riego automático por cálculos de evapotranspiración.

Los datos a los que el regante tendrá acceso para posibles modificaciones serán:

**Datos de parcela.**

El regante tendrá acceso a los datos de sus parcelas pudiendo modificar la superficie que en realidad está regando, el tipo de suelo y de esta manera la capacidad de

campo así como el sistema de riego que le marcará la eficiencia de su riego.

**Datos del cultivo.**

Tanto coeficiente del cultivo (Kc.) como el estado vegetativo del cultivo pueden ser modificados por el regante para ajustar sus riegos.

**Datos climáticos.**

Las estaciones meteorológicas marcan los valores para los cálculos de evapotranspiración, pero el regante puede disponer de datos propios que podrá actualizar regularmente realizándose los cálculos con dichos valores. Los datos a modificar son la precipitación y la humedad del terreno.

**Riegos.**

Se dispone de toda la información acerca de los riegos realizados para que el regante disponga de la información necesaria en su toma de decisión.

Aunque el regante es siempre responsable de sus riegos, será asesorado por la Comunidad de Regantes, AIMCRA, etc. sobre todas estas cuestiones, de forma que pueda definir los parámetros de riego de su parcela.

El riego automático podrá liberar al regante de estar pendiente de cada riego.

# Sistema Xenon de lectura de contadores aplicado a los nuevos regadíos de la remolacha



**ABEL BASCUÑANA ÁVILA**  
Técnico de Sensus Metering Systems, S.A.

## Introducción

El dispositivo XENON es un sistema que permite la lectura remota de los contadores de agua mediante la combinación de:

- Tecnología GSM (mensajes SMS-transmisión de datos).
- Acceso a Internet (para lectura y configuración).
- Instalación Plug&Play (Instalación fácil y automática).

El equipo Xenon capta la lectura del contador a través de emisor de pulsos. La lectura se realiza y se almacena cada hora, obteniendo un total de 24 lecturas por día.

El dispositivo Xenon envía esta información a través de 1 mensaje SMS al servidor GSM de Sensus Metering Systems. A partir de este momento, ya se puede consultar la nueva lectura a través del portal de Inter-



net: <[www.watchmyhome.de/sensus](http://www.watchmyhome.de/sensus)>.

Esquema de funcionamiento



## Características

El equipo funciona con una batería de litio de 7 años de autonomía y tiene un grado de protección IP68. La transmisión diaria de las lecturas mediante SMS se realiza a una hora configurable por el usuario.

La unidad Xenon es muy fácil de poner en marcha debido al carácter Plug&Play del sistema en el proceso de instalación. En el momento de la entrega el Xenon se encuentra en modo Stand-by, sin transmisión de mensajes SMS (ahorro de batería). Una vez instalado el equipo, este se activa pasando un imán por el lateral derecho de la unidad. A través de la tapa transparente se puede observar el estado de la conexión mediante los leds.

Una vez activada la unidad, esta se registra automáticamente en el servidor a través de mensaje SMS.

El equipo Xenon transmite en un SMS los 24 valores horarios almacenados en el día, el nivel de batería y de cobertura GSM y los datos de alarma (detección de fugas). La lectura de

### Acceso a datos de lectura a través de internet



los datos se realiza a través de la **watchmyhome.de/sensus** página web de Sensus <**www.** mediante conexión segura.

# Eficiencia de los equipos de distribución de agua en el pívot



CÉSAR GAGO CARNICERO y RAÚL MONGE  
Técnico de RKD

## Introducción

La eficiencia de un sistema de riego está definida por la disminución de consumo de agua y energía en parcela de riego, en la que influyen aspectos como el manejo del riego, el suelo y la orografía de la parcela, el tipo de cultivo, la climatología y la presión necesaria para el funcionamiento del sistema.

Esta comunicación se centra en los aspectos a tener en cuenta a la hora de elegir un sistema de distribución de agua para influir decisivamente tanto en la calidad del riego en si como en aumentar su eficiencia.

## Perdidas por filtración

Son las debidas al aporte excesivo de agua. El agua pasa a capas del suelo en las que la planta no puede captarla. Los suelos con un alto porcentaje de arena favorecen estas pérdidas. En estos suelos se recomiendan riegos frecuentes y cortos. La uniformidad ofrecida por el emisor también es muy importante para que el agua se reparta homogéneamente en la superficie regada y reducir estas pérdidas.

## Perdidas por escorrentía

Las pérdidas por escorrentía se deben a una combinación de un exceso de agua, una alta impermeabilidad el suelo y la pendiente de la zona regada. Aun con muy bajas pendientes si la cantidad de agua aportada es muy alta y el suelo tiene problemas de permeabilidad se producirán pérdidas por escorrentía ya que la acumulación de agua de riego en superficie es limitada. Con pendientes superiores al 5% hay que manejar muy bien la dosis de riego para no tener problemas de pérdida de agua por escorrentía.

## Tipo de cultivo

El cultivo y principalmente su sistema radicular va a aprovechar más o menos el agua aportada.

## Pérdidas por viento y temperatura

El viento en mayor medida unido a altas temperaturas produce pérdidas por arrastre y evaporación. El tamaño de gota producido por el emisor es muy

## RESUMEN

Los aspectos principales que definen la eficiencia en un sistema de riego son:

- El ahorro de agua y de energía.
- Manejo.

El ahorro de agua durante el riego en un equipo tipo pívot o lateral esta afectado por las diferentes pérdidas producidas: filtración, escorrentía, uniformidad, evaporación y viento. El tipo de suelo, cultivo y desnivel de la parcela influyen decisivamente en las pérdidas por filtración y escorrentía, además de las pérdidas por uniformidad, evaporación y viento que varían según el tipo de emisor elegido y su configuración en el equipo de riego.

*Palabras clave:*

**Riego con pivote central, Lateral de avance frontal, Distribución de agua, Tipos de emisores, Eficiencia.**

importante ya que a menor tamaño más grande serán estas pérdidas.

## Tipos de aspersores

Los equipos de distribución de agua en un sistema pivote se pueden dividir en estos grupos:

- Aspersores de impacto.
- Emisores de baja presión tipo spray.
- Emisores giratorios de baja presión.

### Aspersores de impacto

Son los aspersores clásicos colocados en la parte superior del pívot o del sistema lateral. Necesitan al menos 2,8 bar para el funcionamiento. Su gran alcance ayuda a evitar las pérdidas por escorrentía, pero su altura aumenta las pérdidas por arrastre del viento y la uniformidad es inferior a otros sistemas. En la actualidad está en desuso por su elevado coste energético salvo en situaciones especiales.



### Emisores Spray de baja presión

Ya sean montados sobre la estructura o en bajantes flexibles o rígidas, la característica principal de este tipo de emisor es su corto alcance., por lo que se deben espaciar como máximo a tres metros aproximadamente. Trabajan a muy poca presión desde 0,5 bar estando su óptimo a 1 bar. Dado su corto alcance las pérdidas por escorrentía podrían aumentar en caso de suelos poco permeables o con cierta pendiente. Además dado el pequeño tamaño de gota que crean las pérdidas por el viento y la evaporación pueden aumentar con este sistema. La altura mínima de instalación es aproximadamente un metro. De esta manera disminuiríamos las pérdidas debidas al viento pero la uniformidad en la aplicación será peor.



### Emisores giratorios de baja presión

Al igual que los vistos anteriormente estos aspersores pueden ser montados sobre la estructura del pívot o bien montados sobre bajantes. En algunos casos su presión de trabajo empieza en 0,7 bar siendo su óptimo 1 bar ó 2 bar dependiendo del modelo. Estos aspersores son los más usados en

la actualidad ya que combinan diferentes aspectos que ofrecen ventajas frente a los anteriormente descritos. Tienen más alcance que los de tipo spray lo que favorece que se eviten las pérdidas por escorrentía o filtración. Además el tamaño de gota de estos emisores es el ideal para que las pérdidas por arrastre o evaporación se reduzcan y no se vea afectada la estructura del suelo. Su baja presión de trabajo reduce el consumo energético frente a los aspersores clásicos. En la actualidad estos son los aspersores más utilizados.



## Elección de un aspersor

Dadas las diferentes causas de pérdidas de agua, la elección del aspersor se realizará teniendo en cuenta, además de las consideraciones económicas:

- La presión disponible.
- El tipo de suelo.
- Los desniveles de la parcela.
- Tipo de cultivo.

# Fertirrigación de la remolacha: reducción de costes y mejora de la producción



**XAVIER MARTÍNEZ**  
Responsable Área de Fertirrigación de ITC

## Aprovechamiento de los abonos

Es conocida la facilidad con que los nitratos abandonan nuestros suelos por percolación profunda, debido a su gran solubilidad y carácter aniónico. Esto representa no sólo una pérdida económica sino también una potencial contaminación de las aguas subterráneas, siendo un problema endémico de muchas zonas agrícolas. Por otra parte, el amonio, que sí puede ser almacenado en el complejo de intercambio catiónico del suelo, es poco aprovechado por la planta en esta forma, debiendo esperar el proceso de nitrificación que depende sobretodo de factores ambientales (humedad, temperatura) y bióticos (población bacteriana del suelo) que no podemos controlar fácil y efectivamente.

También los fosfatos se inmovilizan en el suelo, especialmente en terrenos con alto pH, quedando fuera del alcance del cultivo, y, de los tres macronutrientes, únicamente el Potasio va a permanecer en el C.I.C. esperando la demanda de la planta. Todo ello pone en duda la conveniencia de los abonos de fondo en estos momentos de

carestía en los fertilizantes. Abonos de Fondo que aplicamos antes de la nascencia de la plántula y que van a iniciar su proceso de pérdida antes que la planta los precise.

La insuficiencia del abonado de fondo se traduce en la mayor parte de las ocasiones en la necesidad de realizar uno o dos abonados posteriores en cobertura para cubrir las necesidades

## RESUMEN

Los ajustados márgenes de cultivo que habitualmente rinden nuestros cultivos extensivos invitan al agricultor a establecer procedimientos que rentabilicen la producción. Se impone por tanto establecer sistemas racionales que reduzcan los costes y paralelamente incrementar las cantidades cosechadas y, en el caso de la remolacha, su contenido en azúcar.

Numerosos estudios corroboran la práctica de importantes sobredosificaciones del abonado. Sin embargo, los fertilizantes han incrementado su precio notablemente en el último año, por subidas tanto en los costes energéticos (que afectan a los abonos nitrogenados), como por subidas en las materias primas (sobre todo en los abonos fosfatados). También la subida en el precio de los carburantes debe tenerse en cuenta como un coste más del cultivo de la remolacha, por las horas de tractor empleadas.

En explotaciones de remolacha en regadío, el aprovechamiento de la red de riego para la distribución del fertilizante supone una mejora importante en las condiciones de cultivo que ha de verse compensada por un mayor rendimiento del cultivo y una disminución de sus costes. Numerosas ventajas se derivan de la práctica de la fertirrigación, muy común en cultivos frutales, hortícolas y del maíz en nuestras tierras, que también inciden positivamente en el manejo y resultado del cultivo de la remolacha.

nutritivas de la planta no cubiertas por aquellos. También inciden estas operaciones negativamente en las condiciones de cultivo de la remolacha en regadío, por la compactación del terreno (tránsito del tractor) y por la liberación excesiva que en ocasiones sigue a estos abonados, si es que no se han empleado abonos de liberación lenta, de elevado coste por UF. También debe contabilizarse las horas de tractor empleadas (con su correspondiente consumo de carburante) y la atención y horas de dedicación que precisan del agricultor.

La dosificación de los abonos a través del sistema de riego, sea Pívot o Aspersión en Cobertura (o más raramente goteo) nos permite controlar en cualquier momento del cultivo la fertilidad del suelo, adaptando la naturaleza, composición y concentración del abono al estado fenológico y condiciones particulares del cultivo, tales como temperatura y patrón de crecimiento.

La regularidad de la fertilidad del suelo también se beneficia de esta práctica, pues el incremento de operaciones apenas afecta a su coste, con lo que podemos establecer una pauta de fertilización en cada operación de riego, evitando los altibajos en disposición de nutrientes derivados de la aplicación de sólidos en momentos puntuales, normalmente dos o tres en todo el ciclo del cultivo.

Aplicando en cada momento el nutriente que la planta precisa se ahorra la pérdida por lavado y por inmovilización, por lo que las dosis a aplicar pueden reducirse considerablemente, de manera muy especial en ni-

tratos y fosfatos. Se elimina así mismo la necesidad de entrar en campo con tractor, y de ocupar un espacio en el calendario de operaciones a realizar por el propio agricultor, pudiéndose programar a voluntad durante todo el ciclo del cultivo. El sistema permite además el aporte al cultivo de microelementos (muy especialmente Boro, en remolacha) ya que la dilución del producto en la solución de abonos permite un reparto homogéneo a través del riego, aunque las cantidades a distribuir sean realmente pequeñas.

### Disponibilidad de nutrientes

Una vez se dispone de un equipo para la dosificación de nutrientes, se puede también intervenir en la acidez del agua de riego. Efectivamente, es conocida la influencia que tiene el pH en la disponibilidad de diferentes nutrientes ya presentes en el suelo, tales como Fósforo, Hierro y Manganeseo.

El pH ejerce también una notable influencia sobre la disponibilidad del Boro para la remolacha, de tal modo que aunque presente en el suelo puede estar adsorbido sobre Materia Orgánica, silicatos y arcillas básicamente, pero también sobre Carbonato Cálcico y óxidos de Aluminio y Hierro. La planta absorbe el Boro en forma de Ácido Bórico sin disociar, por lo que la simple acidificación del agua de riego representa una liberación de Boro a la solución del suelo, poniéndolo al alcance de la planta. La carencia de Boro interfiere también en la ab-

sorción de Potasio y de Fósforo, lo que pone de relieve la importancia de este microelemento en el cultivo de la remolacha. Niveles de pH inferiores a 7 en la solución del suelo mejoran la disponibilidad de este elemento.

La acidificación del agua de riego con ácido nítrico o fosfórico supone no únicamente una mejora en la asimilabilidad de los elementos antes citados, presentes en la solución nutritiva o en el mismo suelo, sino también un aporte de nitrato o fosfato, a ser deducidos de las necesidades programadas del cultivo.

### Equipos para la fertirrigación en remolacha

El equipo para la práctica de la fertirrigación esencialmente se compone de:

#### Depósitos

Para el almacenamiento del producto a dosificar (fertilizante, ácido o otros productos complementarios), al cual deberá ser resistente y dimensionado de acuerdo con la estrategia de compra y reposición o elaboración del producto, garantizando una autonomía suficiente del mismo. En el caso de elaborar el producto "in situ" a partir de la disolución de productos solubles, deberá preverse un sistema de agitación para facilitar la rápida preparación del líquido a inyectar.

Puede también preverse sistemas de trasvase de productos

químicos entre los diferentes depósitos, normalmente bombas centrífugas resistentes a los fertilizantes.

Es útil disponer de sistemas de visualización y de detección del nivel en el depósito que eviten el agotamiento imprevisto de los mismos y el funcionamiento “en seco” de los dosificadores, que puede perjudicar collarines, pistones y válvulas.



## Dosificadoras

Es el dispositivo que bombea los productos, una dosificadora eléctrica o hidráulica, habitualmente de pistón, más raramente de membrana. Deben ser en número tantas como productos se quieran dosificar simultáneamente. Existen también dosificadoras multicabezal que permiten la inyección simultánea de varios productos con un control independiente del caudal de cada uno de ellos.

Deben estar dimensionadas de acuerdo con las necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos a regar y el clima de la región. Este dimensionado no puede realizarse simplemente en base a la pluviometría media, sino que debe tener en cuenta la incidencia de períodos poco frecuentes de mayor pluviometría o menor ETP de la habitual. En estos períodos la dotación de riego disminuye, no así la necesidad de nutrientes (que puede incluso ser mayor si se suelen aplicar técnicas de riego deficitario), con lo que deberemos aportar una misma

cantidad de nutriente durante menos ciclos o tiempo de riego.

## Conducciones hidráulicas

Encontramos básicamente dos conducciones: la aspiración (desde el depósito hasta la válvula de aspiración de la dosificadora) y la impulsión (desde la dosificadora hasta la válvula de inyección en la tubería principal del riego). Una tercera conducción es la de retorno al depósito o purga en caso de haber válvulas de alivio o válvulas de purga. Es de suma importancia el correcto dimensionado de las tuberías y muy especialmente la de aspiración, teniendo en cuenta la longitud y desniveles entre los diferentes dispositivos y accesorios.

Dentro de los errores más frecuentes en conducciones de aspiración se encuentran el infradimensionado, desnivel excesivo, presencia de sifones (un punto elevado de la conducción

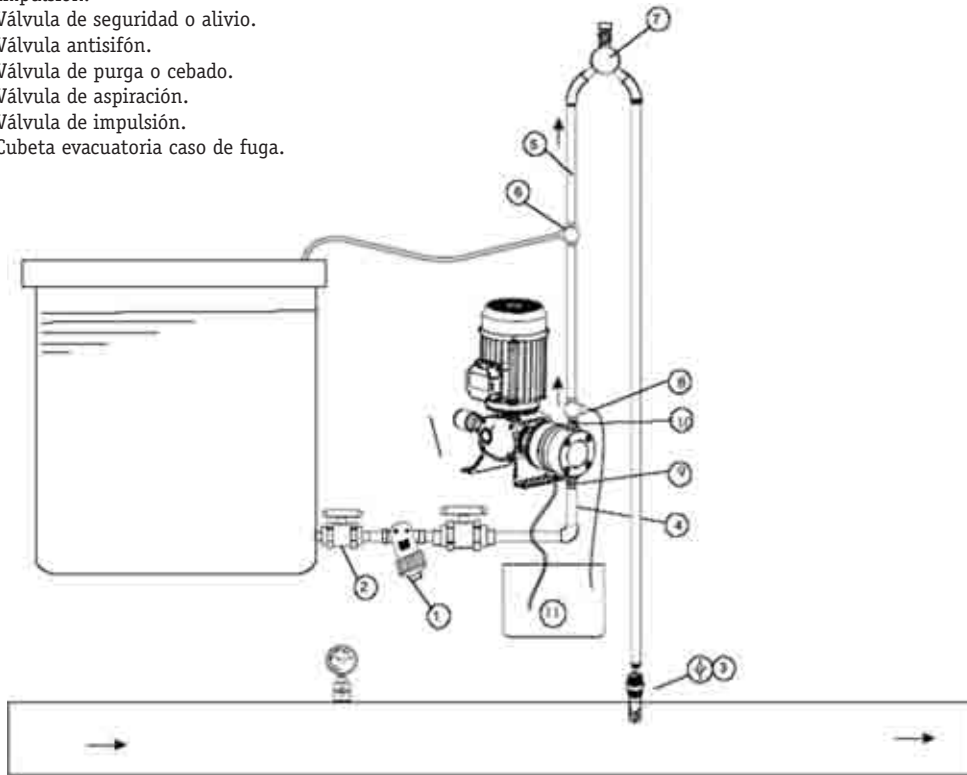
en el que el aire o gases eventualmente acumulados producen un estrangulamiento en el paso del producto).

Entre los errores más frecuentes en conducciones de impulsión se encuentran el infradimensionado y la presencia de válvulas de accionamiento manual (especialmente peligrosa si no hay válvulas de alivio). Conviene también disponer de un sistema de prevención de la descarga accidental del producto desde los depósitos hasta la tubería del riego si ésta queda vacía, despresurizada o en depresión (“sifonazo”), bien sea una válvula antirretorno con muelle, bien sea una válvula antisifón.

En definitiva son la seguridad, la precisión, la fiabilidad mecánica y la tolerancia a los productos agroquímicos los elementos que deben condicionar la elección de un sistema de fertirrigación eficaz. El correcto dimensionado y un manejo y mantenimiento adecuados garantizarán la obtención del rendimiento del cultivo y rentabilidad de la inversión.

## Fertirrigación de la remolacha

1. Filtro.
2. Válvulas.
3. Válvula antirretorno de inyección.
4. Aspiración.
5. Impulsión.
6. Válvula de seguridad o alivio.
7. Válvula antisifón.
8. Válvula de purga o cebado.
9. Válvula de aspiración.
10. Válvula de impulsión.
11. Cubeta evacuadora caso de fuga.



# Sistema Coverline® para riego de remolacha por aspersión mediante cobertura total con tubos de polietileno y acoples de aluminio



**SANTOS GÓMEZ-CARREÑO TAPIAL**  
Gerente de Saleplas, S.L.

## Introducción

El objetivo de todo riego mediante aspersión es lograr la mayor uniformidad y eficiencia posibles en la aplicación de agua. Este objetivo deriva de la creciente demanda de los escasos recursos de agua disponibles. Por ello, y en respuesta a las necesidades de los agricultores, **SALEPLAS, S.L.** lleva fabricando desde hace algunos años el sistema patentado denominado **COVERLINE®**.

COVERLINE® es un sistema modular que combina los acoples de aluminio con los tubos de polietileno de alta densidad. Se podría clasificar, dentro de las modalidades de riego por aspersión, como un sistema de aspersión estacionario fijo temporal (cobertura total aérea). Este tipo de cobertura consta de una red de tuberías principales enterradas y unos ramales de riego que se encuentran sobre el terreno. Estos ramales pueden instalarse de modo permanente o únicamente para la campaña, siendo trasladados a otras parcelas o a otra zona de

la misma en función de la rotación de cultivos existente en la explotación.

Antes de comenzar con la descripción de este sistema COVERLINE® conviene recordar que los principales recursos manejados en el riego por aspersión son: agua, energía, mano de obra y equipamiento. Debemos lograr que la combinación de estos factores en cada situación particular conduzca al óptimo económico según los condicionantes del medio (suelo, clima, cultivo, parcelación, etc.).

## Descripción

Un sistema de riego por aspersión mediante cobertura total aérea consta generalmente de una red de tuberías principales enterradas, con un conjunto de hidrantes, a los que se unen las tuberías secundarias y los ramales de riego que van dispuestos sobre el terreno. En el caso del sistema COVERLINE® estas tuberías secundarias y los ramales son fabricados en

## RESUMEN

El sistema patentado COVERLINE® para riego por aspersión desarrollado por la empresa SALEPLAS, S.L. combina los tubos de polietileno de alta densidad con acoples de aluminio de cara a la obtención de un riego mediante cobertura total que garantice la uniformidad de aplicación del agua. Con este sistema se consigue una mayor duración de este tipo de instalaciones debido a las características de los tubos polietileno, al tratarse de un material resistente a productos químicos, estable a la intemperie y resistente también a golpes y aplastamientos. COVERLINE® se adapta también para prolongar coberturas de aluminio ya existentes; así como a instalaciones de riego por goteo.

polietileno de alta densidad con acoples de aluminio. La presión nominal de estos tubos para cobertura total es de 6 atm.

El sistema COVERLINE® dispone de tuberías de polietileno en alta densidad de diámetro 50, 63, 75, 90 y 110 mm, con conexiones en gancho, palanca y media vuelta, todo ello complementado con una gama de accesorios (codos, tes, cruces, reducciones e inversores) para dar solución a cualquier diseño de instalación de riego. Los aspersores van montados sobre cañas de aluminio de diferentes alturas (hasta 3 m), las cuales llevan su correspondiente acople al tubo de polietileno y placa estabilizadora. COVERLINE® permite además, de una forma rápida y fiable, efectuar todas las conexiones para los sistemas de riego por aspersión y por goteo. Se trata de un sistema que se adapta perfectamente tanto a parcelas grandes, como a las de forma irregular o de reducido tamaño.

Los acoples de estos tubos pueden ser de tipo esférico, con cierre mecánico por palanca para conseguir estanquidad total a cualquier presión; o de tipo hidráulico con junta bilabial. En el primer caso la hermeticidad es perfecta, mientras que en el segundo caso, la hermeticidad se consigue por la presión hidráulica del agua que circula por la tubería cuando ésta adquiere una presión superior a 0,5 atmósferas. El sistema COVERLINE® posee las siguientes opciones de conexión:

- Unión tipo mecánico (cierre estanco): **Palanca**.
- Unión tipo hidráulico: **Gancho y media vuelta**.

Los acoples son adaptables para prolongar coberturas de aluminio ya existentes. Los tubos de polietileno poseen la rigidez precisa para usarlos en barras de 3, 6, 7,5 y 9 metros, pudiéndose fabricar también en otras medidas. Son fáciles de manejar gracias a sus acoples rápidos y a su poco peso, poseyendo gran resistencia a agentes atmosféricos, productos químicos, impactos y golpes. El sistema COVERLINE® supone una suma de ventajas:

- Fiabilidad, con una estanquidad total a baja presión.
- Resistencia y larga duración.
- Rapidez de instalación.
- Movilidad en caso de rotación de parcelas destinadas al riego.
- Durabilidad ante agresiones de productos químicos.
- Capacidad modular, siendo adaptable a todos los accesorios de polietileno.



Figura 1. Conjunto de acoples en aluminio y tes porta-aspersores del sistema COVERLINE®.



Figura 2. Tubos con acople de gancho.



Figura 3. Tubos con acople de media vuelta.



Figura 4. Tubos con acople de palanca (cierre estanco).

Por otro lado, este sistema soluciona el engorroso y complicado manejo y recogida de mangueras gruesas destinadas a microirrigación (ramales principales y secundarios).

Los marcos de riego más usados en el sistema COVERLINE® son: 12x12, 12x15, 15x15, 12x18 y 18x18 en rectángulo o en triángulo (al tresbolillo). La elección del marco de riego dependerá de las características del terreno, dirección del viento dominante, precipitación media requerida y del tipo de emisores a instalar.

Este sistema es muy utilizado en zonas como Castilla y León, Andalucía y Castilla-La Mancha, donde el cultivo de remolacha obliga a la rotación de

la parcela de regadío. En todas estas zonas se usa también para el riego de cereales. En Extremadura es usado para el riego del tabaco y en Andalucía también para el del algodón. En la zona de Levante su utilización es principalmente para cultivos hortícolas como la lechuga; mientras que en otros países de mayor latitud su uso más extendido es en cultivos como la zanahoria, patata, lechuga, remolacha y cereales.

En riegos por cobertura pueden conseguirse ahorros energéticos de hasta un 25% cuando las uniformidades de emisión sean mayores del 85% y la presión de funcionamiento se encuentre en torno a 3 kg/cm<sup>2</sup>.

## Control de Calidad

El sistema de tubos COVERLINE®, fabricado por SALEPLAS, S.L., cumple las siguientes normas ISO:

- ISO 3458. Ensayo de estanqueidad a la presión interna.
- ISO 3459. Ensayo de estanqueidad a la presión externa.
- ISO 3503. Ensayo de estanqueidad a la presión interna al estar sometido a curvatura.
- ISO 3501. Ensayo de resistencia al arrancamiento.

Estos ensayos son realizados en colaboración con el Laboratorio de Mecánica de Fluidos de la E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid. La fabricación de los tubos de polietileno está basada en la norma UNE-EN 12201.

## Resumen de recomendaciones de manejo

Con el fin de establecer una serie de directrices generales a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño y manejo de los sistemas de aspersión, y concretamente de este sistema COVERLINE®, se expone a continuación el siguiente resumen de recomendaciones para el correcto manejo del riego por aspersión:

- Se consigue mayor coeficiente de uniformidad (CU) utilizando dos boquillas en el aspersor que una sola, con

“vaina prolongadora” (VP) en la boquilla grande para velocidades de viento mayores de unos 2 m/s.

- Se deben procurar evitar las presiones superiores a 400 kPa ya que, aparte del mayor coste económico, produce mayor proporción de gota pequeña.
- Diseñar los sistemas con pluviósidades bajas (6-8 mm/h) para que, además de evitar problemas de encharcamiento y escorrentía, sea mayor el tiempo de riego. Así se obtienen mayores valores de CU al compensarse en parte las distorsiones producidas por el viento.
- No regar con viento alto, ya que la uniformidad de distribución del agua aplicada disminuye considerablemente. Además, con altas velocidades de viento, aumenta el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre.
- Aplicación de riegos nocturnos. El regar por la noche disminuye el valor de las

pérdidas por evaporación y arrastre ya que la velocidad del viento y la temperatura del aire es menor que por el día; además el coste energético del kWh es menor. Para realizar riegos nocturnos, lo más adecuado es automatizar el riego en la parcela.

- Realizar un mantenimiento adecuado de todos los elementos de la instalación. En muchas ocasiones la falta de uniformidad de sistemas de riego por aspersión es debida a: emisores obturados o rotos, descensos de presión debidos a falta de limpieza en los filtros, etc.

## Conclusiones

Con la utilización para cobertura total del sistema COVERLINE®, compuesto de tubos de polietileno de alta densidad con acoples de aluminio, se consigue una mayor duración de este tipo de instalaciones debido a las caracte-

rísticas del polietileno, al tratarse de un material resistente a productos químicos, estable a la intemperie y resistente también a golpes y aplastamientos. Además el bajo peso específico y la flexibilidad de los tubos de polietileno facilitan en gran medida el transporte, montaje y manejo de la instalación de riego.

Debemos recordar que la utilización eficiente del agua por el regante requiere por su parte de una información continuada sobre el consumo de agua de los cultivos. Es fundamental también conocer y controlar los principales factores que intervienen en el proceso de aplicación del agua de riego: la presión y la pluviósidad como factores controlables; y el viento como factor poco controlable. La presión es el principal factor a controlar en una instalación de riego por aspersión. El efecto del viento es importante, debiendo minorarse su efecto distorsionador de la uniformidad de reparto de agua.

# Acoples rápidos Mondragón para cobertura móvil de aspersión



**JUAN PEÑA SÁNCHEZ**  
Jefe de Producto de Mondragón Soluciones

La utilización eficaz del agua, supone la necesidad de elementos para su transporte que garanticen su total estanqueidad.

Los sistemas presurizados, demandan materiales resistentes ante la fatiga por su uso.

Los avances en los desarrollos de productos termoplásticos, han puesto en la mano del agricultor, materiales altamente resistentes, y fáciles de manejar.

Las tuberías de polietileno, han sido sin duda, uno de los mayores aliados del riego actual.

Los sistemas de riego presurizados, han evolucionado, con la tecnología, desde el punto final del sistema, los emisores, elementos que movidos por bajas presiones, y alimentados por bajos caudales, garantizan la efectividad de la lamina de agua aplicada.

Necesario para que la funcionalidad de los emisores, sea la optima, es necesario, garantizar que la presión demandada por el sistema, y el caudal a repartir, en forma de lamina de agua. Esto se ha conseguido con la utilización de sistemas de unión para tuberías de polietileno de baja densidad.

Las condiciones que los costes de mano de obra han impuesto a las explotaciones agrícolas, han sido suficientes para desarrollar producto que se adapte a las necesidades de los sistemas de riego, tradicionalmente usados, en el cultivo de la remolacha, que permitan su movilidad, y por su composición, suponga un sistema fiable, ágil en su manejo, y no excesivamente complicado en su almacenamiento.

Ante estas premisas, y con nuestro amplio conocimiento, tanto en la fabricación de tuberías, como en la fabricación de accesorios para la unión de estas, hemos desarrollado una línea de accesorios, fabricados enteramente con plásticos técnicos de alta resistencia, para ser usados en los sistemas de riego por cobertura móvil, con tuberías de polietileno.

**Mondragon Soluciones**, ha desarrollado un novedoso acople, fabricado íntegramente en plástico, capaz de soportar las presiones de los sistemas de riego, necesarios para que el agua llegue al mismo tiempo y a la misma presión a todos los aspersores, con el fin de conseguir un riego de alta uniformidad.

Hasta ahora dichos acoples se venían fabricando tradicionalmente con materiales metálicos, más duros y resistentes, o con combinaciones de plástico y metal, ante las altas solicitudes a las que dichos acoples estaban sometidos.

Para conseguir que nuestro diseño sea capaz de responder a dichas solicitudes, ha sido necesario utilizar las más avanzadas técnicas de moldeo, que permiten desarrollar las complejas geometrías asociadas al nuevo tipo de acople.

La consecución del objetivo planteado supone un gran avance, especialmente en las instalaciones móviles de riego por aspersión, en las que la alta frecuencia de operaciones de montaje y desmontaje de tuberías y aspersores demandan la necesidad de productos de manejo, mucho más rápidos y ligeros.

## Descripción

Los **acoples rápidos Mondragón** para sistemas de riego por aspersión de cobertura móvil, son accesorios que podrán ser utilizados con tuberías de

polietileno de alta densidad, hasta presiones de 6 atm. La principal característica de este producto es su facilidad de montaje sobre las conducciones que debe unir, proporcionando a la vez las prestaciones necesarias en cuanto a estanqueidad.

El acople rápido está formado por un **cuerpo** con una base que sirve de fijación, dos **entradas laterales** por las que se unen las tuberías que se deben conectar. En cada entrada lateral se monta una **junta tipo labio** de caucho, que se ciñe al diámetro exterior de las tuberías, garantizando la estanqueidad. Dichas juntas quedan sujetas mediante unos **racores roscados** al cuerpo principal del acople.

Para evitar que las tuberías queden libres y se suelten del cuerpo y, por tanto, del propio acople, se montan sobre ellas unos **anillos** con dientes interiores y dos **pinzas** que se agarran al cuerpo principal. Las pinzas van articuladas en los anillos mediante **pasadores**.

## Materiales

Las características de los materiales de las piezas que

configuran los acoples rápidos Mondragón son los siguientes:

- Cuerpo y racor. Polipropileno especialmente estabilizado para resistir una exposición continua de agentes atmosféricos, reforzado con fibra de vidrio.
- Anillo, y pinza. Resina Acetálica, altamente resistente, de gran flexibilidad en las tracciones y contracciones de las tuberías.
- Juntas. EPDM.

## Medidas y gamas

Los **acoples rápidos Mondragón**, son fabricados para ser utilizados con tuberías de diámetros exteriores de 50 y 63 mm.

Las roscas para el conexionado, son roscas GAS cónicas en la medida de 1".

## Montaje y conexionado

El montaje de las tuberías en el cuerpo se realiza simplemente empujándolas contra las entradas del cuerpo, las pinzas se abren al tropezar sobre el racor y

tras penetrar el extremo de la tubería en el cuerpo del acople, la pinza se vuelve a cerrar haciendo tope sobre el propio cuerpo.

## Gama de piezas

La gama de **acoples rápidos Mondragón**, está compuesta por las siguientes figuras:

- Conjunto acople recto con toma 1" diámetro 50 mm.
- Conjunto acople recto con toma 1" diámetro 63 mm.
- Conjunto acople recto sin toma diámetro 50 mm.
- Conjunto acople recto sin toma diámetro 63 mm.

La completa gama de productos de Mondragón Soluciones: accesorios de unión de tuberías de presión, válvulas de esfera, tuberías de polietileno de alta densidad en barras, valvulería hidráulica de control, sistemas de automatización, sistemas de válvulas de contador, y toda la serie de pequeñas piezas de comando, y montaje, sin olvidar la gama de aspersores plásticos y metálicos, permitan acometer la instalación completa de un sistema de riego por aspersión mediante cobertura móvil.

# Mejora del riego en la remolacha



**ÁNGEL GONZÁLEZ QUINTANILLA**

*Presidente de la Asociación "Ferduero" de Comunidades de Regantes de la Cuenca del Duero y del Sindicato Central del Embalse de Los Barrios de Luna*

*Actúa en representación de "Fenacore" como miembro de su Comisión Permanente en representación de la Cuenca del Duero*

Para hablar de la importancia del riego en el cultivo de la remolacha, podríamos remontarnos muy atrás en el tiempo y situarnos en el momento en el cual se implantaron las industrias azucareras en las zonas de regadío de la provincia de León, que demuestra la total relación entre el citado cultivo y el regadío y que en el Norte de España siguen siendo dos factores que van unidos. Pero no pretendo hablar aquí de la historia del pasado, sino simplemente contaros como hemos llegado hasta el momento actual.

Empezaré diciendo que en los años 90 se llegó a una situación en la cual empezaba a peligrar el cultivo de la remolacha por la fuerte infección provocada en el suelo por los nematodos y las enfermedades relacionadas con la podredumbre. Estos problemas estaban ligados en primer lugar a la falta de alternancia de cultivos (se repetía el cultivo en años seguidos); y en segundo lugar, con el riego,

que era primordialmente por encharcamiento o a manta. Estos dos factores se convertían en el vehículo principal para que estas amenazas proliferaran fuertemente, llegando a provocar que algunos agricultores se plantearan abandonar el cultivo por falta de rentabilidad.

A partir de ese momento, industrias y cultivadores (en mi opinión debidamente aconsejados por expertos y técnicos de AIMCRA y las casas de semillas) comenzaron un salto importante que les ha llevado al momento actual, en el cual se puede hablar, por un lado, de conseguir pasar de 60 t/ha de entonces a las 90 t/ha actuales; y por otro, que no se conforman con quedarse en esa cifra, sino que se sienten preparados para seguir aumentando la producción. Este salto cualitativo y cuantitativo se consiguió en primer lugar por la mejora de las semillas, más productivas y tolerantes a la rizomanía y doble tolerantes, y en segundo lugar

con el riego jugando un papel fundamental, con el cambio del riego por gravedad o a manta al riego por aspersión. En el momento actual los sistemas que se están utilizando son los siguientes:

- 1% por gravedad o a manta.
- 9% por aspersión utilizando pívot.
- 90% por aspersión con cobertura total.

El riego por pívot, más eficiente, rentable y mecanizado y con un ahorro importante en mano de obra, se puede ver considerablemente incrementado cuando las modernizaciones de regadío y las reconcentraciones parcelarias en marcha estén concluidas.

Esta es la situación actual: En la campaña 2007-2008 se sembró en la provincia de León una superficie de 8.500 ha y para la de 2008-2009 se estima que bajará a 7.000 ha. Esta dis-

minución se puede deber, por un lado, a la bajada de precios y la política que prima el abandono y, por otra parte, a la falta de agua para asegurar la satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo, como ocurre, por ejemplo, en las zonas regables de los Embalses de Los Barrios de Luna y Villameca.

Desde mi punto de vista, el futuro de este cultivo pasa por hacerlo rentable para lo que se deben de dar las siguientes condiciones:

1.º Conseguir producciones más altas, para lo que nece-

sitamos que la investigación juegue ese papel tan importante que todos los cultivadores esperan: en semillas, sanidad de la planta, fertilizantes, control de las malas hierbas, etc.

2.º Ahorro de costes: Aquí juegan un papel muy importante el riego modernizado totalmente mecanizado y las reconcentraciones parcelarias para poder conseguir explotaciones más grandes y competitivas. Para eso necesitamos que todas las Administraciones y Entidades relacionadas con la agricul-

tura de regadío, técnicos, industrias del sector, agricultores y ciudadanos en general, que piensen en el futuro, que de verdad apuesten por el progreso y nos ayuden a vencer la resistencia que están ejerciendo muchos propietarios con su oposición a las modernizaciones de regadíos.

Si alcanzamos estos objetivos, es posible que consigamos salvar el cultivo de la remolacha, aunque los precios no nos acompañen todo lo que sería deseable.

Hospital de Órbigo, 6 de mayo de 2008

# Importancia y repercusión de la modernización de los regadíos en cultivos como el de la remolacha



**ALBERTO PULGAR ZAYAS**  
Director Técnico de Seiasa del Norte

SEIASA del Norte, S.A. (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias) es una sociedad anónima, constituida el 30 de diciembre de 1999 cuyo accionista único es el Estado Español a través de la Dirección General de Patrimonio del Estado. Tiene como objeto social la asistencia técnica y financiera para la realización de obras de consolidación y modernización de los regadíos tradicionales que hayan sido declaradas de Interés General y que estén incluidas en el Plan Nacional de Regadíos (PNR) y en el Real Decreto 287/2006, de 10 de marzo, también conocido como Plan de Choque contra la Sequía.

Como ya es conocido, los fines que se persiguen con la consolidación y modernización de los regadíos consisten en reducir y optimizar los consumos de agua, de energía, de fertilizantes y de productos fitosanitarios y, sobre todo, disminuir gran parte de las horas de trabajo que los agricultores emplean actualmente en regar y mejorar su calidad de vida. En definitiva, con la modernización de los regadíos se conseguirá una agricultu-

ra más productiva, más rentable y sostenible ecológicamente.

SEIASA del Norte tiene como ámbito de actuación las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Castilla y León. Para llevar a cabo las obras de modernización actúa mediante convenios con las Comunidades de Regantes que tienen encomendada la gestión hidráulica de las zonas regables.

Desde su creación y hasta el día de hoy son 33 las actuaciones en las que SEIASA está actuando suponiendo un total de 80.748 ha de las cuales en 27.236 ha se están regando utilizando la infraestructura modernizada y el resto de superficie se encuentra en periodo de ejecución de obras. Además la sociedad cuenta con otras 14.912 ha que comprenden 7 nuevas actuaciones programadas para su inminente modernización.

De los datos recogidos de las comunidades de regantes ya modernizadas se desprende la importancia que ha supuesto estas actuaciones para el desarro-

llo de la actividad agraria entre los usuarios de las distintas comunidades. Esta renovación de inversiones e infraestructuras supone para el campo del norte de España un respaldo en la actividad afianzando los valores de **Sostenibilidad Ambiental, Económica y Social**.

La aplicación de las últimas tecnologías es el "arma" que SEIASA pone a disposición del regante para apostar por el desarrollo de los regadíos dotando a las Comunidades de Regantes de unos regadíos modernos y competitivos.

El resultado de estas actuaciones es el entrar en consonancia con los criterios de gestión y ahorro del agua reflejados en la Directiva Marco del Agua y por otro lado a nivel de usuario, y en cultivos como el de la remolacha, repercute considerablemente en ahorro económico derivado de la optimización energética, disminución en el consumo de fertilizantes y disminución de horas de trabajo asociadas al riego. Todas estas mejoras ayudan a que el balance de la inversión sea favorable en todos los aspectos.

# Herramientas y actividades del Sistema de Asistencia al Regante (SAR) del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)



**PEDRO GAVILÁN, NATIVIDAD RUIZ, BENITO SALVATIERRA, RAFAEL BAEZA, MANUEL BOHÓRQUEZ, FRANCO CASTILLO, JAVIER HIDALGO**

*Sistema de Atención al Regante. Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales  
Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA)  
Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía*

## RESUMEN

El Sistema de Asistencia al Regante (SAR) del IFAPA se puso en marcha en el año 1998 con el objetivo principal de la mejora del uso y la gestión del agua de riego. Sus actividades básicas fueron la formación y el asesoramiento a los agricultores, promoviendo así en conjunto la transferencia de tecnología al sector. En el marco actual del IFAPA, su plan de actuación incluye: asesoramiento técnico a comunidades de regantes y otras organizaciones colectivas de gestión del riego, actividades de experimentación y demostración de técnicas y manejo del riego, jornadas técnicas sobre presentación de resultados de investigación y experimentación y formación en materia de riego para agricultores y técnicos. Para conseguir sus objetivos, el SAR dispone de herramientas como la página web del SAR, la Red de Información Agroclimática de Andalucía, el Manual para la Implantación de Servicios Locales de Asesoramiento al Regante (SLAR), los Protocolos para Eva-

luaciones de Sistemas de Riego, el Manual de Riego para Agricultores y la Aplicación Informática para la Programación de Riego y Fertirrigación en Olivar. El SAR utiliza a los SLAR como nexo de unión con las comunidades de regantes. Los SLAR son la materialización del modelo individualizado de asesoramiento que se ha promovido en Andalucía. Su creación se debe a la dificultad que implica la diversidad del regadío en esta región en relación con su nivel de tecnificación, sistemas de riego, tipos de cultivo y explotaciones, características socioeconómicas y nivel formativo de agricultores. El Junta de Andalucía promueve la creación de SLAR en las propias comunidades de regantes para que éstas dispongan de un técnico cualificado que realice las actividades de asesoramiento. El SAR del IFAPA atiende las necesidades de estos SLAR, promoviendo su creación y consolidación en las entidades interesadas y tutelando su funcionamiento.

## 1. Antecedentes

La agricultura supone una importante fuente de ingresos en la economía española. El factor más determinante para su desarrollo es el agua. Un ejemplo suficientemente claro es Andalucía, donde una hectárea de regadío produce, por término medio, seis veces más que una de secano, y genera una renta cuatro veces superior. Este hecho provoca que la mayor parte del consumo total de agua en España se dedique al regadío. Por otro lado, las precipitaciones, no sólo son escasas en gran parte del territorio, sino que, además, se distribuyen de forma irregular a lo largo de toda la campaña agrícola. Esto da lugar a que la agricultura española sea muy vulnerable ante la variabilidad de las condiciones climáticas. Como compensación, debe buscarse una reducción de esta vulnerabilidad mediante una gestión adecuada de los recursos hídricos, imprescindible para un buen desarrollo productivo.

En Andalucía, el sector del regadío constituye un pilar socioeconómico fundamental. Algunos datos que confirman este hecho son que la agricultura de regadío supone el 57% de la Producción Final Agraria y el 60% del empleo total del sector agrario. Además, en la actualidad se superan en Andalucía las 900.000 ha de riego, que suponen el 22% de la superficie cultivada (Consejería de Agricultura y Pesca, 2002).

El Sistema de Asistencia al Regante (SAR) en Andalucía se puso en marcha en el año 1998, promovido por la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP) de la

Junta de Andalucía. Su motor fue el Programa de Mejora del Uso y Gestión del Agua de Riego, financiado por la Unión Europea a través del Programa Interreg II-C, cuyas líneas básicas se encuadraron en la formación de agricultores y en el asesoramiento a los usuarios del agua (FERNÁNDEZ y col.<sup>1, 2, 3, 4</sup>, 1999; ÁVILA y col., 2000). Desde el año 2006, el SAR ha pasado a formar parte de la estructura del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), organismo autónomo perteneciente a la CAP de la Junta de Andalucía.

El objetivo principal del SAR es la mejora del uso y la gestión del agua de riego. Se pretende con ello dar respuesta a los interrogantes planteados en el ámbito del riego por cualquier usuario final del agua o por técnicos de entidades relacionadas. Con la experiencia adquirida desde su inicio en 1998 (RUIZ y col., 2005; RUIZ y GAVILÁN, 2006; RUIZ y col., 2007) y en el marco actual del IFAPA, el plan de actuación del SAR incluye: asesoramiento técnico a Comunidades de Regantes y otras organizaciones colectivas de gestión del riego, actividades de experimentación y demostra-

ción de técnicas y manejo del riego, jornadas técnicas sobre presentación de resultados de investigación y experimentación y formación en materia de riego para agricultores y técnicos.

## 2. Herramientas y utilidades a disposición del usuario

El SAR dispone de una serie de herramientas, algunas de reciente incorporación como la Página Web del SAR y la aplicación informática para la Programación de Riego y Fertirrigación en Olivar (PASTOR, 2005). Esta última aplicación es fruto del amplio trabajo que en el cultivo del olivo ha desarrollado el equipo del recientemente malogrado Dr. D. Miguel PASTOR MUÑOZ-COBO, investigador del IFAPA.

En la siguiente tabla se indican las herramientas disponibles en el SAR y la vía de acceso a cada una de ellas, bien a través de su ubicación en Internet, o bien a través del correo electrónico del SAR.

- Red de Información Agroclimática de Andalucía:  
[www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/ria](http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/ria)
- Sistema de información geográfica de regadíos:
- Programa de gestión de Comunidades de Regantes (GESTAGUA-CAP):
- Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía:  
[www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca)
- Aplicación informática para la programación de riegos.
- Base de datos fotográfica.
- Manual para la implantación de servicios locales de asesoramiento al regante.
- Protocolos y herramientas para evaluaciones de sistemas de riego.
- Manual de riego para agricultores.
- Boletines de información al regante.
- Aplicación informática para la programación de riego y fertirrigación en olivar:  
[sar.ifapa@juntadeandalucia.es](mailto:sar.ifapa@juntadeandalucia.es)
- Página Web del Sistema de Asistencia al Regante:  
[www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/sar](http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/ifapa/sar)

El SAR dispone de la ayuda técnica necesaria por parte de los técnicos e investigadores del IFAPA especialistas en riegos, que posibilita la creación de un sistema interactivo de información, difusión, contacto y seguimiento de las actividades relacionadas con el riego. Para cualquier cuestión, es posible contactar con el SAR en su dirección de correo electrónico: <sar.ifapa@juntadeandalucia.es>.

### 3. Herramientas y actividades del SAR

#### 3.1. Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIA)

La Red de Información Agroclimática de Andalucía está compuesta en la actualidad por 92 estaciones meteorológicas automáticas, repartidas por las 900.000 ha de riego de Andalucía, y un Centro Zonal de explotación de la información meteorológica (DE HARO y col., 2002; de HARO Y COL.; 2003).

Instalada entre los años 1999 y 2001 por el Ministerio de Agricultura y Pesca, forma parte de la Red SIAR. Desde entonces, el IFAPA explota y mantiene la Red como un servicio público gratuito con el objetivo de suministrar información meteorológica que permita un uso más racional del agua, mediante la adecuación de las dosis de riego a las necesidades de agua de los cultivos.

Las estaciones meteorológicas están ubicadas en las zonas regables de Andalucía, tanto de iniciativa pública como privada (figura 1). Están equipadas con sensores para la medida de la precipitación, humedad relativa y temperatura del aire, velocidad y dirección del viento y radiación solar y registran valores medios semihorarios y diarios, además de los valores acumulados de precipitación. Los valores medios diarios se publican en Internet junto con la evapotranspiración de referencia diaria ( $ET_0$ ) calculada mediante el método de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN y col., 1998; GAVILÁN y col., 2003). Toda la información registrada en

las estaciones se descarga automáticamente en el Centro receptor de datos situado en el Servicio de Informática del IFAPA. Las labores de coordinación, explotación y mantenimiento se realizan desde el Centro Zonal situado en Centro IFAPA *Alameda del Obispo* de Córdoba. Los datos son validados mediante el uso de tests que permiten eliminar los registros erróneos y marcar los dudosos.

#### 3.2. Página web del SAR

La agricultura en el siglo XXI ha pasado de ser una actividad tradicionalmente artesanal, de trabajo extensivo, a transformarse en un sector sofisticado de la economía mundial donde la tecnología y la información juegan un papel esencial y donde el acceso a la información y a las modernas tecnologías de la comunicación se está convirtiendo en una necesidad para los agricultores de todo el mundo. En este sentido, el IFAPA apuesta por la innovación y ha desarrollado la web del Sistema de Asistencia al Regante (RUIZ y GAVILÁN, 2008), que pretende ofrecer a los usuarios interesados una serie de servicios online orientados a facilitar el manejo y gestión del riego (figura 2).

La web dispone de un técnico virtual, que resuelve las cuestiones planteadas por los usuarios con la mayor celeridad posible. Sólo es necesario redactar la pregunta y, en el menor espacio de tiempo posible, se resolverá y se enviará la respuesta al correo electrónico del remitente. Por otro lado, la web dispone de una biblioteca virtual desde donde se

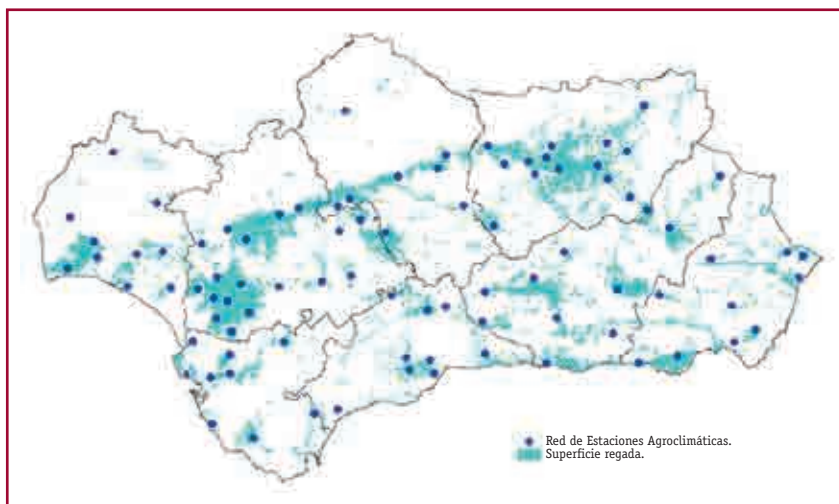


Figura 1. Distribución geográfica de las estaciones meteorológicas de la Red de Información Agroclimática de Andalucía. En color azul claro se representan las zonas de riego.

## Herramientas y actividades del SAR



Figura 2. Página principal de la web del Sistema de Asistencia al Regante de Andalucía (SAR).

puede acceder a información sobre necesidades de agua de los cultivos y recomendaciones de riego, evaluación y diseño de sistemas de riego, ensayos con cultivos, etc. Así, se dispone de un instrumento de información y divulgación necesario para mantener a agricultores y técnicos actualizados en las diferentes novedades y temas de interés relacionados con el regadío. Además de la citada información técnica, suministra los datos meteorológicos necesarios para calcular las necesidades de agua de los cultivos. Por último, la web dispone en este apartado de una relación de las normas más relevantes sobre materiales, sistemas y equipos de riego.

Desde la página se ofrecen una serie de servicios relacionados con el riego: posibilidad de realizar recomendaciones on-line, registro de evaluaciones de riego con una relación de los posibles problemas y soluciones oportunas, etc. Estas

aplicaciones se efectúan a través de la Red en la denominada 'Oficina on-line'. Para acceder a ella será necesario estar registrado previamente en la web.

Al mismo tiempo, permite el acceso a la oferta formativa del IFAPA, tanto presencial como a través de Internet. Se dispone de un curso on-line de 'Iniciación al Riego'. La sección de 'Material Didáctico' permite descargar varios recursos didácticos que ha editado el SAR desde sus inicios. Entre ellos se encuentra el Manual de Riego para Agricultores que consta de cuatro volúmenes: Fundamentos del Riego, Riego Localizado, Riego por Aspersión y Riego por Superficie (FERNÁNDEZ y col., 1999<sup>1, 2, 3, 4</sup>).

### 3.3. Cursos y Jornadas de formación

Se imparten por parte del SAR diferentes cursos y jorna-

das cuyos destinatarios son los agricultores y técnicos del sector. Estas actividades se vienen realizando con el propósito de formar al personal y divulgar la información obtenida por los conocimientos adquiridos por el SAR desde el inicio de su andadura. Se celebran cursos de formación en diferentes localidades de las provincias andaluzas. Los cursos presenciales están dedicados a temas como el riego localizado del olivar, los fundamentos del riego localizado y la fertirrigación y las nociones básicas de riego

Los cursos a través de Internet se han realizado desde dos centros del IFAPA, *Alameda del Obispo* en Córdoba y *La Mojonera* en Almería. Mediante esta modalidad el alumno puede conectarse desde cualquier ordenador y llevar a cabo los módulos y los diferentes ejercicios y evaluaciones que desde el curso se proponen para el mayor conocimiento de la materia.

Las jornadas están destinadas a suministrar información acerca del SAR en Andalucía (actividades que lleva a cabo, beneficios de pertenecer a este servicio gratuito, cómo ponerse en contacto con el SAR, etc). Además existe un elevado número de jornadas realizadas en distintas provincias y sobre temática variable: riego localizado, riego por aspersión, diseño de sistemas, interpretación de análisis de aguas, dimensionamiento y manejo de filtros, etc.

### 3.4. Recomendaciones de riego

Un punto de considerable interés e importancia para lograr

el objetivo de posibilitar un uso más eficiente del agua, lo constituye la recomendación de la dosis de riego más adecuada para los diferentes cultivos. El SAR ofrece actualmente recomendaciones de riego para el cultivo del olivar, los cítricos y los cultivos extensivos del valle del Guadalquivir. Como punto de partida se ofrecen unas recomendaciones básicas para una zona y cultivo determinado, y si el agricultor está intere-

sado se le plantea la posibilidad de realizar una recomendación avanzada que tiene en cuenta las características agronómicas, climatológicas y edafológicas de su explotación.

Para el olivar se ha empleado la metodología propuesta por Pastor y colaboradores, recogida en una aplicación informática de fácil manejo (hoja de cálculo Excel) que permite calcular de manera precisa el

aporte de agua y fertilizantes en una plantación de olivar (PASTOR, 2005). En función de los diferentes marcos de plantación y volúmenes de copa, se han elaborado unas hojas técnicas con las necesidades de riego de este cultivo, considerando las densidades típicas de cada comarca. Además se ofrece una programación de riego deficitario para el caso de que se cuente con una dotación de agua más limitada (tabla 2).

**Tabla 2.** Ejemplo de Programa de riego para un olivar en el municipio de Hornachuelos (Córdoba) de densidad 100 olivos/ha y desarrollo medio-alto (volumen de copa de 9.000 m<sup>3</sup>/ha). El primer bloque plantea un programa de riego de unos 1.200 m<sup>3</sup>/ha y el segundo de 800 m<sup>3</sup>/ha (riego deficitario). El riego del mes de octubre dependerá de la lluvia.

Mes	Para 1.200 m <sup>3</sup> /ha y año			Para 800 m <sup>3</sup> /ha y año		
	L/olivo y día	L/semana	Horas riego semana (si 16 l/h)	L/olivo y día	L/semana	Horas riego semana (si 16 l/h)
Junio	110	770	48	110	770	48
1-15 julio	110	770	48	110	770	48
15-31 julio	110	770	48	30	210	13
Agosto	110	770	48	30	210	13
1-15 sept.	110	770	48	30	210	13
15-30 sept.	110	770	48	110	770	48
Octubre	*	*	*	*	*	*

Densidad: 100 olivos/ha. Volumen de copa: 9.000 m<sup>3</sup>/ha. Diámetro medio: 6,1 m.



Figura 3. Ejemplo de recomendaciones de riego básicas para cítricos en Lora del Río, Sevilla (izquierda) y recomendaciones de riego semanales para diversos cultivos anuales y para almendro en el bajo Guadalquivir (derecha).

Para cítricos, se comenzó analizando y evaluando diferentes programas existentes para la realización de recomendaciones de riego como Parloc (Consellería de Agricultura de la Generalitat Valenciana) e IScitrus (Universidad de Davis, California). Fruto de este trabajo, y de una labor de revisión bibliográfica, se ha desarrollado una sencilla aplicación informática para efectuar recomendaciones de riego en este cultivo que ofrece una recomendación personalizada ajustada al máximo a los parámetros de la parcela, siguiendo un balance de agua en

el suelo (figura 3). Además, se ofrecen recomendaciones de riego para cultivos anuales como la alfalfa, algodón, maíz, remolacha y tomate, así como para cultivos permanentes como el almendro (figura 3).

### 3.5. Asesoramiento a entidades

En la actualidad, el SAR tiene establecidas relaciones con diferentes Comunidades de Regantes y cooperativas, así como con dos Comunidades y una Junta Central de Usuarios, distribuidas por la geografía andaluza. Además, el SAR trabaja activamente y colabora en su caso con otro tipo de entidades entre las que se encuentran asociaciones de Técnicos de producción Integrada y Oficinas Comarcales Agrarias de la CAP.

### 3.6. Boletín Trimestral de Información al Regante

Publicado desde el año 2005, permite poner a disposición de los usuarios información técnica actualizada y novedosa sobre temas relacionados con el riego. Desde que comenzó esta iniciativa se han editado siete números del mismo. El Boletín se hace llegar a diferentes colectivos relacionados con el riego a través de correo electrónico o vía postal. Se envía a más de 300 direcciones por correo postal y a 200 receptores a través del correo electrónico. Contienen información de carácter técnico relacionada con el regadío, novedades acerca del SAR

o de los Servicios Locales de Asesoramiento, información meteorológica, trabajos de experimentación e investigación, noticias, novedades de interés e información para la asistencia a cursos de formación. Se puede solicitar en la dirección de correo del SAR: <sar.ifapa@juntadeandalucia.es>.



Figura 4. Boletín Trimestral de Información al Regante núm. 7 del SAR.

## 4. Los Servicios Locales de Asesoramiento al Regante (SLAR)

Los SLAR son la materialización del modelo individualizado de asesoramiento promovido en Andalucía (Gavilán, 2004). Son respuesta a la diversidad del regadío en Andalucía en relación con su nivel de tecnificación, sistemas de riego, tipos de cultivo y explotaciones, características socioeconómi-

cas y nivel formativo de agricultores. La CAP promueve la creación de SLAR en las comunidades de regantes para que éstas dispongan de un técnico cualificado que realice las actividades de asesoramiento. El SAR atiende las necesidades de estos SLAR, promoviendo su creación y consolidación y tutelando su funcionamiento.

Desde el año 2001, la CAP, a través del Decreto 236/2001, por el que se establecen ayudas a los regadíos en Andalucía, promueve la creación de SLAR en Comunidades de Regantes, subvencionando sus gastos hasta un 75%, durante un periodo máximo de cinco años consecutivos, lo que permite:

- La contratación de un técnico (obligatoria).
- La contratación de un administrativo (opcional).
- El alquiler del local del SLAR.
- La adquisición de un equipo informático básico.
- La financiación de los costes de organización de jornadas formativas y la edición y publicación de material divulgativo.

Las actividades que llevan a cabo los SLAR incluyen: recomendaciones de riego, evaluaciones de sistemas de riego, gestión hidráulica y administrativa de las entidades, divulgación de la información a través de boletines y jornadas, actividades de formación, etc. En la actualidad existen en Andalucía un total de 16 SLAR (figura 5), que atienden a 97.000 ha de riego y 14.500 agricultores.

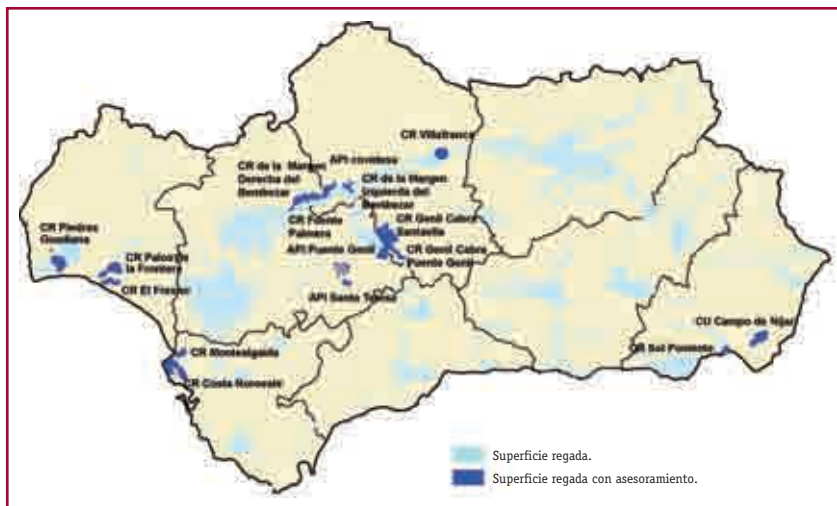


Figura 5.  
Localización de los SLAR en Andalucía.  
CR: Comunidad de Regante;  
CU: Comunidad de Usuarios;  
API: Asociación de Producción.

## Bibliografía

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper núm. 24, Rome, Italy.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA, 2002. Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, 1999. Actualización 2002.
- DECRETO 236/2001, de 23 de octubre, por el que se establecen ayudas a los regadíos en Andalucía. BOJA núm. 125, de 27 de octubre.
- FERNÁNDEZ, R., ÁVILA, R., LÓPEZ, M., GAVILÁN, P., OYONARTE, N. 1999<sup>1</sup>. Manual de riego para agricultores. Módulo 1. Fundamentos del riego. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- FERNÁNDEZ, R., ÁVILA, R., LÓPEZ, M., GAVILÁN, P., OYONARTE, N. 1999<sup>2</sup>. Manual de riego para agricultores. Módulo 2. Riego por superficie. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- FERNÁNDEZ, R., OYONARTE, N., GARCÍA, J., YRUELA, M.C., MILLA, M., ÁVILA, R., GAVILÁN, P. 1999<sup>3</sup>. Manual de riego para agricultores. Módulo 3. Riego por aspersión. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- FERNÁNDEZ, R., YRUELA, M.C., MILLA, M., ÁVILA, R., GAVILÁN, P., OYONARTE, N. 1999<sup>4</sup>. Manual de riego para agricultores. Módulo 4. Riego por goteo. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- GAVILÁN, P. 2004. El Programa de Asesoramiento al Regante en Andalucía. Jornadas sobre Meteorología Agrícola. CEDEX-INM. Madrid.
- GAVILÁN, P., DE HARO, J.M., FERNÁNDEZ, R., LÓPEZ, D. 2003. Use of a network of automated weather stations for the determination and dissemination of reference evapotranspiration. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations. Torremolinos (Spain), 19, 20 & 21 February 2003.
- DE HARO, J.M., FERNÁNDEZ, R., GAVILÁN, P. 2002. La Red de Información Agroclimática de Andalucía. Actas del XX Congreso Nacional de Riegos. Ciudad Real, 12 junio de 2002.
- DE HARO, J.M., GAVILÁN, P., FERNÁNDEZ, R. 2003. The Agrometeorological Information Network of Andalusia. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Experiences with Automatic Weather Stations. Torremolinos (Spain), 19, 20 & 21 February 2003.
- PASTOR, M. 2005. Cultivo del olivo con riego localizado. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca – Mundi Prensa.
- RUIZ, N., BOHÓRQUEZ J.M., GAVILÁN, P. 2007. El Servicio de Asesoramiento al Regante de Andalucía. AIMCRA: 14-16.
- RUIZ, N., GAVILÁN, P. 2006. El Servicio de Asesoramiento al Regante en Andalucía. Agricultura (Dossier Olivar): 450-452.
- RUIZ, N., GAVILÁN, P., 2008. La Web del sistema de Asistencia al Regante de Andalucía, una apuesta firme en tecnologías de la información. Vida Rural, 264: 62-68.
- RUIZ, N., SALVATIERRA, B., FERNÁNDEZ, R., GAVILÁN, P. 2005. Evolución del Servicio de Asesoramiento al Regante en Andalucía. XXIII Congreso Nacional de Riegos, 14-16 junio, Elche (Alicante).

# Mejora del riego en la remolacha



**RAFAEL SÁEZ GONZÁLEZ**

*Subdirector de Infraestructuras Agrarias. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León*

El riego en el cultivo de la remolacha azucarera constituye el principal factor de producción en nuestra región. La mejora de la rentabilidad de este cultivo, al margen de otros factores de producción y técnicas de cultivo, depende de una forma esencial del buen uso del agua para el riego. Para avalar esta circunstancia baste decir que en Castilla y León se precisan del orden de 680 mm. de agua al año para conseguir un rendimiento adecuado, frente a los 450 mm/ anuales que se utilizan en el sur de Inglaterra.

Para conseguir optimizar este factor, resulta imprescindible atender dos cuestiones básicas:

1.º La mejora de las infraestructuras necesarias para aplicar el agua. Para esto son fundamentales las actuaciones de modernización de las infraestructuras de riego que se están realizando en el marco del Plan Nacional de regadíos. Durante los últimos años se han puesto en marcha actuaciones tendentes a dotar a las explotaciones agrarias de infraestructuras que garan-

ticen el mantenimiento de las explotaciones en el futuro. Estas actuaciones tienen varios objetivos.

- Mejora de la eficiencia del uso del agua, permitiendo un incremento de los recursos disponibles, con el consiguiente beneficio medioambiental.
- Mejora de las condiciones de trabajo de los regantes al poder disponer de sistemas que permitan una automatización y un manejo más cómodo de la práctica del riego (horarios, dosis, etc.)
- Incremento de la productividad y rentabilidad de las explotaciones agrarias al hacer posible alguna o varias de estas cuestiones: el aumento de las opciones en las alternativas de cultivo en cada zona, la reducción de los gastos energéticos, mano de obra, fertilizantes, etc., e incrementando los rendimientos unitarios de los distintos cultivos.

Las actuaciones de modernización que se están abor-

dando en este periodo del Plan Nacional de Regadíos (horizonte 2008) alcanzan a una superficie de 90.000 hectáreas y supondrán una inversión de más de 432 millones de euros, ejecutada entre la Junta de Castilla y León, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y las propias Comunidades de Regantes.

2.º Una mejora en el conocimiento de las técnicas de riego y en el uso de las nuevas infraestructuras junto con la formación para manejar los parámetros que determinan la aplicación del agua a los cultivos. Resulta esencial, que una vez que se disponga de infraestructuras adecuadas para manejar y controlar la aplicación del agua adquieran un mayor conocimiento de los sistemas de riego implantados, consiguiendo de esta forma los objetivos perseguidos con su ejecución. Se podrá entonces asegurar que hay un uso adecuado del agua en cuanto a cantidad y momento idóneo de aplicación, y en consecuen-

cia un gasto mínimo para la obtención del máximo rendimiento de los cultivos.

La Consejería de Agricultura y Ganadería dispone de un servicio de asesoramiento al regante, conocido como Inforiego <<http://www.inforiego.org>> que está orientado a varios fines:

- Proporcionar una información de fácil acceso y comprensible para los agricultores sobre las necesidades de agua de sus cultivos.
- Ahorrar agua y energía, mejorando el rendimiento económico de las explotaciones y respetando el medio ambiente.
- Promover el empleo de técnicas y sistemas de riego modernos que permitan un mayor control del volumen de agua aplicado.
- Facilitar a los técnicos la información agrometeorológica necesaria para nuevos proyectos.

Este servicio atiende la formación de los regantes orientada a las zonas de nuevas infraestructuras,

proporciona información sobre las necesidades de riego de los diferentes cultivos en las distintas zonas regables de Castilla y León a través de Internet o del teléfono móvil y debe ser un servicio de atención permanente para los regantes.

Como ejemplo de todo esto, pueden ofrecerse los datos de la zona regable de Simancas Geria Villamarciel, en la provincia de Valladolid, una de las zonas que más tiempo lleva usando las infraestructuras de modernización, y que se resumen de la siguiente forma:

- Reducción del uso de agua de 5,5 Hm<sup>3</sup> a 2,6 Hm<sup>3</sup> (52%).
- Reducción del consumo energético de más de un 60% en toda la superficie de la comunidad. Cuando se analizan cultivos como la remolacha, que se regaban con equipos de gasóleo, la reducción puede alcanzar el 80%.
- Reducción de la potencia total instalada de 7 kW/ha a 1,4 Kw/ha
- Reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> que se produce

habida cuenta de que aunque el consumo de energía eléctrica se considere igual, se eliminan todos los motores individuales de gasóleo.

- Reducción de los gastos de mantenimiento y residuos que supone la eliminación del uso de los motores individuales.

Como conclusión, es la combinación de tres factores: la formación, la información y el desarrollo de infraestructuras modernas debe contribuir a realizar una mejora esencial en el riego de los cultivos y especialmente en el de la remolacha azucarera. Cultivo este, para el que debido a los numerosos trabajos efectuados por organismos, agentes del sector y asociaciones como AIMCRA, existe un mayor conocimiento de los parámetros y variables que intervienen en el uso de los distintos factores de producción. Además de continuar con los procesos de modernización de otras zonas, actualmente el reto debe estar, en estas zonas que se están modernizando, en ser capaces de realizar un uso eficaz de las infraestructuras para que los regantes obtengan el máximo beneficio de ellas.

# El consumo de agua en la agricultura. Consideraciones generales para el manejo del riego



JOSÉ M.ª TARJUELO MARTÍN-BENITO, ÁNGEL MARTÍNEZ ROMERO  
Centro Regional de Estudios del Agua. Universidad de Castilla-La Mancha

## 1. Introducción

La historia de la humanidad está ligada íntimamente al agua. Desde los albores de la humanidad existen referencias a las grandes inundaciones y sequías, y a los esfuerzos del hombre por dominar este recurso de la naturaleza para cubrir sus propias necesidades, regar, navegar, producir energía, etc. El agua no es un recurso aislado de la naturaleza, sino que se encuentra en un delicado equilibrio con otros recursos, especialmente con el suelo, la vegetación y la atmósfera, lo que implica que cualquier modificación o intervención en uno de ellos repercutirá, en mayor o menor grado, favorable o desfavorablemente, sobre los demás. Este conjunto de recursos, con su complejísima interrelación, constituye el medio ambiente, el hábitat que hace posible la vida, por lo que es necesaria su conservación en pos de las generaciones futuras.

## 2. Usos del agua

Solo un 2,5% de toda el agua existente en el planeta es agua dulce—imprescindible para los usos humanos— y únicamente un 0,5-0,7% es agua subterránea o superficial accesible. Las cantidades de agua de lluvia varían mucho de unos lugares a otros del mundo, así como las tecnologías utilizadas para hacer un uso más eficiente del agua.

Aunque el volumen de agua utilizable aumenta al construir obras de retención (pantanos), la contaminación y la deforestación seguida de procesos erosivos disminuye este volumen utilizable, sin contar los cambios climáticos hacia la desertización que pueden originarse por estos hechos.

La abundancia y gratuidad del agua en muchas zonas ha conducido al hombre a derrocharla. El agua se considera hoy en día como un recurso económico cada vez más estra-

tégico y escaso al aumentar su demanda para diferentes usos, lo que obliga a administrarla racionalmente.

## 3. El sector agrario y su papel en el desarrollo sostenible

La agricultura actual, principalmente en los países desarrollados y especialmente en la Europa comunitaria, ha ido evolucionando desde sus postulados tradicionales, de modo que se ofrece una visión del sector agrario donde destacan su función social, de defensa y protección del medio ambiente, y no solo una orientación productiva, suministradora de alimentos, seguros y de calidad, al resto de la sociedad. Es generalmente admitida la necesidad de mantener un número de habitantes suficiente en las zonas rurales, como elemento imprescindible para la vertebración

del territorio y un desarrollo armónico y realmente sostenible, constituyendo la única forma de preservar el medio ambiente, el paisaje, la cultura rural, etc. A este objetivo se debe llegar de modo integrado, a través de diferentes actuaciones coordinadas en programas de desarrollo rural (turismo, fomento de la industria y artesanía, etc.), pero dentro de las cuales la actividad agraria, tradicional de estas zonas, debe ser una actividad económica fundamental, sino la principal. Dentro de la actividad agraria, la agricultura de regadío es prioritaria en muchas zonas, como sucede en Castilla-La Mancha, permitiendo un nivel de actividad importante para el desarrollo y sostenimiento de la población rural, complementando al secano, que no llega a ser una actividad sostenible, ni económica ni socialmente, sin ayudas externas.

### 3.1. *El regadío como actividad para el desarrollo sostenible*

Desde el punto de vista del desarrollo, el regadío sería una actividad más, un uso del territorio a encajar en el resto de los usos del territorio para configurar un sistema funcional. El regadío contribuye al desarrollo sostenible por diversas vías:

- Creación de riqueza. Se estima que, por término medio, incrementa el valor de las producciones obtenidas por unidad de superficie un 540%. Necesita un incremento de capital por unidad de superficie del 400% con relación al secano.

- Incrementa el empleo. 1 puesto de trabajo por cada 30 ha transformadas durante la ejecución de las obras y 9 puestos de trabajo por cada 100 ha en funcionamiento. A esto hay que añadir el empleo indirecto
- Contribuye a la consolidación de las explotaciones agrarias al incrementar la seguridad y diversidad de las cosechas, pudiendo aumentar su calidad si se hace bien.
- Mejora el nivel de vida de las zonas de afección al incrementarse la renta agraria.
- Contribuye al reequilibrio entre sectores económicos. Desarrollo de la agroindustria, servicios, etc.

Muchas Administraciones Públicas han propuesto en marcha un conjunto de medidas para maximizar el potencial social, económico y ecológico de los recursos hídricos disponibles, asegurar y potenciar el complejo agroalimentario y, en un contexto de equilibrio del balance hídrico, mejorar y modernizar los regadíos existentes e incluso incrementar la superficie de los mismos allí donde sea posible.

En este marco, y en colaboración con Universidades y empresas públicas o privadas, los gobiernos de muchas regiones, donde el regadío juega un papel fundamental en su economía, han diseñado, y están desarrollando, los Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR) como una de las mejores herramientas para optimizar el consumo de agua y los demás medios de producción, ayudando a que el regadío sea una actividad sostenible.

La iniciativa pretende ser el hilo conductor para la transferencia de tecnología a la agricultura, permitiendo a los agricultores ir conociendo y aplicando los avances tecnológicos ligados a la agronomía e ingeniería del riego en su sistema productivo.

## 4. Consideraciones generales para el manejo del riego en parcela. Nuevas tendencias

Para poder manejar bien un proceso hay que conocerlo. Como se sabe, el objetivo del riego es suministrar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación que necesitan para su crecimiento óptimo y cubrir las necesidades de lavado de sales de forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío.

Los recursos que se manejan en el riego son: agua, energía, mano de obra y equipamiento. La combinación que conduzca al óptimo económico según los condicionantes del medio (suelo, clima, cultivo, parcelación, etc.) y las características del sistema de suministro de agua será la solución que hemos de tratar de encontrar.

El desarrollo de las nuevas tecnologías de riego y su incorporación a los regadíos para mejorar la eficiencia de aplicación de agua y optimizar la utilización de los recursos viene impuesto, entre otros, por:

## El consumo de agua en la agricultura

- Una disminución del agua disponible para riego al existir una mayor demanda urbana e industrial y tener que compaginarlo con el mantenimiento de un equilibrio con el medio natural.
- La necesidad de reducir los costes de producción para poder ser más competitivos en el mercado nacional e internacional.
- La contaminación y el deterioro del medio por un mal manejo del agua o el uso desmesurado de la misma, tanto en el ámbito agrícola como en el urbano y el industrial, es un coste que hay que empezar a pagar, sobre todo cuando su disponibilidad lleva consigo grandes inversiones en infraestructuras.

La utilización eficiente del agua por el regante requiere por su parte, además de una concienciación previa y de unos mínimos incentivos económicos, una formación mínima y una información continuada sobre el consumo de agua de los cultivos, que puede concretarse en:

- Conocer y controlar los principales factores que intervienen en el proceso de aplicación del agua según el sistema de riego.
- Que la instalación esté bien diseñada, conservada y mantenida. El diseño es una responsabilidad del técnico, y no siempre lo más barato es lo mejor. La conservación y el manejo es responsabilidad del regante, aunque este último puede necesitar asesoramiento exterior, con cierta responsabilidad de los organismos públicos.

- Aplicar las técnicas de programación de riegos que indican el momento y la cuantía de cada riego. En este sentido puede ser importante la creación de organismos de asesoramiento de riegos, como el SIAR <<http://crea.uclm.es>> o bien <<http://www.jccm.es/>> siguiendo el camino: a) Consejería de Agricultura, dentro de Gobierno, b) Contenidos y c) Servicio Integral de Asesoramiento al Regante) que existe en Castilla-La Mancha desde el año 2000, unidos necesariamente a la existencia de una red de estaciones agrometeorológicas, suficientemente densa para cubrir todo el territorio, como la que existe en estos momentos en España, tras su reciente implantación por el Ministerio de Agricultura y las Comunidades Autónomas con ayuda europea.

Los métodos de riego que han alcanzado mayor difusión suelen agruparse en tres modalidades: por superficie, por aspersión y localizado (microaspersión y goteo). En los países desarrollados, los nuevos regadíos tienden a utilizar sistemas de riego de más fácil automatización, por lo que supone de: ahorro de agua, de mano de obra y de energía, a la vez que consigue una labor más cómoda para el regante. Esto se está traduciendo en la práctica al paso de sistemas de riego por superficie a aspersión o goteo, según cultivos, disponibilidades de agua etc., aunque en algunos casos se mejoran las infraestructuras y los sistemas de distribución de agua en riego por superficie.

Los principales avances tecnológicos se están produciendo principalmente:

- a) En riego por superficie: la utilización de modelos de simulación, que suponen un ayuda importantísima para el diseño y manejo de los diferentes sistemas, la utilización de las técnicas de recorte de caudal en los sistemas de escurrimiento, o el uso de sifoncillos, del riego a pulsos o del riego por cable en los sistemas de riego a surcos.
- b) En riego por aspersión: la mecanización y automatización del riego, donde los sistemas pivote y los mixtos (pivote y lateral de avanza frontal en la misma máquina) son los de mayor implantación. En todo caso los avances tecnológicos más importantes se están produciendo en los emisores, buscando reducir la presión de trabajo, el mayor alcance posible y la mayor proporción de tamaños de gota medios (entre 1,5 y 4 mm de diámetro).
- c) En riego localizado: la automatización global del sistema, donde los avances en sistemas de filtrado y en las válvulas hidráulicas con sus pilotos de regulación del caudal y la presión o su accionamiento a distancia, eléctrica o hidráulicamente, son los más significativos. Pero es sin duda en los nuevos diseños de emisores donde los avances son más importantes, buscando la constancia del caudal descargado aunque varíe la presión, y una mayor resistencia a las obstrucciones.

## 5. Recomendaciones para el diseño y manejo del riego por aspersión

Con el fin de establecer una serie de directrices generales a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño y manejo de los sistemas de aspersión, se exponen a continuación un resumen de recomendaciones, basado en ensayos de campo, cuya justificación puede verse con mayor detalle en Tarjuelo 2005.

### A) En sistemas estacionarios

- Normalmente se consigue mayor coeficiente de uniformidad (CU) utilizando dos boquillas en el aspersor que una sola, con “vainas prolongadoras” (VP) en la boquilla grande para velocidades de viento mayores de unos 2 m/s. Es importante en tal caso que la boquilla pequeña esté correctamente diseñada para conseguir que el modelo radial de distribución de agua del aspersor en ausencia de viento tenga una forma triangular, pero sin producir un exceso de pluviosidad en las proximidades del aspersor (no más de 6-8 mm/h) pues sería un síntoma claro de un exceso de gotas pequeñas, que son fácilmente arrastradas por el viento y hace disminuir rápidamente la uniformidad de riego al aumentar la velocidad del viento, a parte de originar mayores pérdidas por evaporación. Si la boquilla pequeña no cumple estas condiciones, puede ser más favorable utilizar una sola boquilla en el aspersor ya que, aunque se obtenga una uniformidad de riego algo menor con velocidades de viento bajas (<3 m/s), suelen conseguir mayor uniformidad para vientos más intensos.
- Se deben procurar evitar las presiones superiores a 400 kPa ya que, aparte del mayor coste económico, produce mayor proporción de gota pequeña, con las consecuencias antes apuntadas.
- Diseñar los sistemas con pluviosidades bajas (6-8 mm/h) para que, además de evitar problemas de encharcamiento y escorrentía, sea mayor el tiempo de riego. Así se obtienen mayores valores de CU al compensarse en parte las distorsiones producidas por el viento.
- Se obtienen mayores valores de CU con marcos cuadrados (15 m x 15 m y 18 m x 18 m) que con los rectangulares equivalentes (12 m x 18 m y 16 m x 20 m) cuando el aspersor lleva 2 boquillas, cualquiera que sea la velocidad del viento. En aspersores con 1 boquilla sucede prácticamente lo mismo si la boquilla no lleva VP, pero ocurre justo lo contrario cuando a la boquilla se le incorpora la VP.
- En marcos rectangulares como el 12 m x 18 m, si se utilizan aspersores con 1 boquilla, parece más recomendable que el menor espaciamiento sea paralelo a la dirección del viento, sin embargo, con aspersores de 2 boquillas, parece mejor que el mayor espaciamiento sea paralelo a la dirección del viento, aunque en este caso el efecto de la dirección del viento es mucho menor, sobre todo si la boquilla grande lleva VP.
- Para riego en bloque, no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la uniformidad de reparto de agua con la altura del aspersor entre 0,6 y 2,2 m, cualquiera que sea la velocidad del viento. Puede incluso conseguirse mayor uniformidad con el aspersor a 2,2 m cuando el modelo radial de reparto de agua no es muy triangular.
- Los aspersores sectoriales deben trabajar con una sola boquilla, evitando así una excesiva acumulación de agua en las proximidades del aspersor.
- Para cultivos herbáceos extensivos, el marco más pequeño que se suele recomendar es el 12 m x 12 m y el más grande el 18 m x 18 m. Para estos marcos la presión media en el ramal porta-aspersores debe estar entre 250 y 350 kPa.
- Con el sistema de ramales móviles, se recomienda utilizar marcos de 12 m x 15 m o 12 m x 18 m para no tener que mover demasiadas veces los tubos, con dos boquillas en el aspersor (4 + 2,4 mm) y una presión media de 300 kPa. No obstante, en el marco 12m x 18m pueden obtenerse también valores altos de CU con una sola boquilla (4,8 mm).
- Para sistemas fijos en superficie se recomienda utilizar marcos de 12 m x 15 m en rectángulo o triángulo y 18 m x 15 m en triángulo, con dos boquillas en el as-

## El consumo de agua en la agricultura

persor (4,4 + 2,4 mm o 4,8 + 2,4 mm) y una presión media de 300 y 350 kPa respectivamente. Otro marco interesante es el 15 m x 15 m con boquillas 4,4 + 2,4 mm y presión media de 300 -350 kPa.

- Para sistemas fijos enterrados, que son los más interesantes si se riega de forma continuada la misma parcela, los marcos de riego más recomendables son 18 m x 15 m en triángulo y 15 m x 15 m o 18 m x 18 m en cuadrado o triángulo. No obstante para dar un número entero de pases de sembradora con espaciamiento entre líneas de 0,7 m por ejemplo, los 18 m suelen ser en realidad 17,5 m y los 15 m suelen ser 14 m. Para estos marcos, lo más recomendable es utilizar boquillas de 4,4 + 2,4 mm y 4,8 + 2,4 mm, a una presión media en ramal de 300 a 350 kPa, según el tamaño del marco, buscando una pluviosidad media del sistema en torno a 7 mm/h.

Por último, habría que destacar el hecho de que tanto la Administración Pública, encargada de la realización de obras o de la concesión de ayudas al regadío, como los usuarios particulares deberían exigir, antes de la compra del material de riego, la información técnica adecuada así como la correspondiente homologación o certificación del material. De la misma forma, antes de la entrega de la obra, debería exigirse una prueba de evaluación a la instalación para tener una idea de la uniformidad de reparto de agua que consigue. No hay que olvidar que no siempre la instalación más barata es la más conveniente.

### B) En riego con laterales autopropeulsados

- Se consigue normalmente mayor uniformidad de riego que con los sistemas estacionarios al ser menos afectados por el viento.
- No se han encontrado diferencias significativas en la uniformidad de reparto por factores tales como: tamaño del equipo, tipo de emisor, presión de trabajo o velocidad y dirección del viento, aunque los equipos pequeños (menores de unas 10 ha) son más afectados por el viento, sobre todo cuando este sopla en la misma dirección del lateral.
- Mejora la eficiencia de descarga (relación entre el agua que llega al suelo y el agua descargada) cuando el emisor se sitúa a menor altura (en torno a 1 m), con unas diferencias de alrededor del 5% respecto a la altura de 2,5 m, y con mayores diferencias (7%) respecto a la altura de 4 m. Las mejores eficiencias se han conseguido con el emisor Rotator a 2,5 m, con valores superiores del 90%.
- En general, la mejor uniformidad en la distribución de agua se consigue a 2,5 m de altura, aunque con pocas diferencias respecto a 4 m. Con los emisores Rotator y I-Wob se obtienen los mayores valores de coeficientes de uniformidad, superiores al 90%.
- Con Spray, la separación entre emisores debe estar en torno a 2 m para poder obtener buena uniformidad, debiendo solaparse más del 100% cada

emisor con el anterior y siguiente. En este caso es frecuente obtener una uniformidad de distribución más baja cuando no hay viento, al no entrecruzarse los chorritos que salen del emisor.

- La disposición de emisores más ventajosa para alcanzar un equilibrio entre pérdidas por evaporación y arrastre y uniformidad de riego parece ser situar los emisores a unos 2 m sobre el suelo, con una anchura mojada en torno a los 12-15 m, lo que requiere una presión de trabajo de 1,5 a 2 bar, o algo menor si no hay problemas de escorrentía. En estas condiciones pueden utilizarse separaciones entre emisores de 2,5 a 3 m, no debiendo superar en general los 5 -7 m con los emisores de mayor alcance como los Rotator.
- De los más de diez ensayos realizados hasta el momento para analizar el efecto sobre el cultivo (trigo, ajo, maíz y remolacha) de diferentes alturas del emisor sobre el suelo (2,5 m y 1 m) y tipo de emisor (rotator o spray), se ha podido deducir que, aunque con el rotator se alcanza mayor uniformidad de aplicación de agua en superficie que con el spray, no han aparecido diferencias significativas en la producción final del cultivo entre ambos tipos de emisores, aunque las diferencias si pueden ser significativas con la altura del emisor, sobre todo en los cultivos de porte bajo. La razón de la ausencia de diferencias en la producción con el tipo de emisor (rotator o spray) parece que puede estar en que para uniformidades de apli-

cación de agua en superficie con estos emisores superiores a 80-85 %, el incremento de uniformidad que produce la redistribución del agua amortigua las posibles diferencias en producción. No ocurre lo mismo con la altura del emisor, al reducirse de forma significativa las pérdidas por evaporación y arrastre al situar el emisor más próximo al suelo, quedando más agua disponible para el cultivo. Este efecto puede verse enmascarado si se aplica agua en exceso.

### 5.1. Factores que condicionan la uniformidad del riego

En la modernización de regadíos es importante identificar y valorar los distintos factores que condicionan la calidad del riego que se consigue antes y después de las actuaciones. Algunos factores que afectan a la uniformidad de reparto del agua tienden a compensarse en los sucesivos riegos, mientras que otros tienden a intensificar su efecto negativo.

A) Para el caso de equipos **pivote** pueden citarse entre los primeros, la falta de uniformidad en la velocidad de desplazamiento del equipo, y entre los segundos:

- El funcionamiento deficiente de algún emisor.
- Las diferencias en las condiciones de funcionamiento de los aspersores por cambios de elevación o pérdidas de carga.
- La existencia de escorrentía.

B) En **coberturas totales**, entre los factores que tienden a compensarse en los sucesivos riegos estarían la distorsión producida por el viento sin dirección dominante cuando se riega en bloques, y entre los que tienden a intensificarse:

- El funcionamiento deficiente de aspersores (por problemas en la rotación, en la homogeneidad de tamaños y tipos de boquillas, en la adecuada combinación presión-boquillas-marco de riego, en la inclinación del tubo portaaspersor, etc.).
  - Una diferencia de presión excesiva entre distintos puntos de la parcela (superior al 20 % de la presión media de los aspersores). Esto suele ser por un incorrecto diseño hidráulico de la instalación.
  - Un número inadecuado de aspersores funcionando en el bloque. Esto se presenta por ejemplo cuando se abren más válvulas de las consideradas en el diseño de la instalación.
- C) Para sistemas semifijos de ramales móviles tendríamos una situación semejante, con una mayor distorsión por el viento al regar con ramales independientes en lugar de en bloque. Entre los factores que tienden a acumular su efecto negativo sobre la uniformidad estarían además:
- Las diferencias en el caudal descargado por los aspersores como conse-

cuencia de las diferencias de cota en el terreno cuando un mismo lateral se mueve por topografías irregulares.

- La mala distribución del agua en los bordes de la parcela.
- Marco de riego no constante en toda la parcela, siendo relativamente frecuente cambiar el marco de riego cerca de los bordes de la parcela.

No podemos terminar este apartado sin comentar el sistema LEPA (Low Energy Precision Application) (Lyle y Bordovsky). Este realiza la aplicación de agua directamente sobre la superficie del suelo, bien mediante un borbotador o mediante una manga de arrastre, con un laboreo específico para proporcionar suficiente capacidad de almacenamiento superficial de agua. El LEPA se utiliza de forma que se riegan surcos alternos, pero podría utilizarse en todos los surcos con un coste adicional de infraestructura. El espaciamiento entre emisores suele ser de unos 1,5 a 2,0 m. dependiendo de la separación predominante entre filas de plantas. Lo ideal es que no exista tráfico de tractores en los surcos de riego para conseguir una compactación mínima y una tasa de infiltración máxima. La capacidad de almacenamiento superficial se incrementa realizando diques a lo largo de los surcos, dependiendo el espaciamiento entre los diques del diseño implementado, siendo común una distancia de 1,2 a 2,4 m. Este tipo de estructura puede almacenar entre 40 y 50 mm. de lluvia, frente al riego por surcos que sólo permite almacenar entre 20 y 25 mm. Las pequeñas

balsasetas pueden almacenar sólo entre 6 y 13 mm. de lluvia, y consecuentemente son menos útiles en sistemas LEPA, aunque puedan resultar más útiles en otros sistemas de aspersión.

Tampoco queremos dejar de hacer una breve referencia la contribución de la automatización al uso eficiente del agua en el regadío. El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la aparición de nuevas formas de manejo y control del riego, adaptadas al tipo de cultivo, extensión de la plantación, etc. Para el óptimo manejo del riego es conveniente disponer de sistemas automáticos de control, que pueden ayudar a conseguir mejoras sustanciales como: aumento de producción, reducción del uso de productos químicos, y sobre todo, frutos y plantas mucho más equilibradas en todos los sentidos, mayor eficiencia de riego, ahorro de mano de obra, agua y energía, control de operaciones anexas al riego (facturación del agua consumida), reducción de costes de instalación y mantenimiento (detección de fallos y la protección de los diferentes componentes del sistema de riego), flexibilidad total del sistema, control de situaciones anormales, facilidad en el registro de datos, etc.

La elección del nivel de automatización idóneo para cada caso debe hacerse siguiendo criterios técnico-económicos según las características de la explotación y las preferencias del agricultor. Estos niveles condicionan también la cualificación profesional del personal que la maneje y la dependencia de un servicio técnico que solucione los posibles problemas de la instalación.

## 7. Los servicios de asesoramiento en la gestión y uso del agua de riego

### 7.1. Objetivos del SIAR

La finalidad primordial de SIAR es convertirse en una herramienta capaz de atender las demandas de los agricultores en todos los temas relacionados con el manejo del agua y sistemas de riego, contribuyendo así a una utilización más eficiente de la misma. Esto llevará asociados beneficios de índole económico (reducción de los costes de explotación, mejora de los márgenes brutos y beneficios de las actividades agrícolas) y medioambientales (disminución del consumo energético, conservación de los recursos hídricos y reducción del impacto ambiental en las aguas y suelos). Para ello se plantean distintos objetivos básicos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Responder a las demandas tecnológicas de los regantes ante la consolidación y mejora de los regadíos.
- Asesorar a los regantes sobre el manejo del riego en función de la tecnología existente, del sistema utilizado, del estado del cultivo y de los suelos.
- Crear y difundir una base de datos de necesidades de agua de los principales cultivos a nivel local y suministrar a los agricultores las bases para una programación óptima del riego.
- Mejorar el medio ambiente

ligado a los regadíos y asegurar su adaptación a la normativa vigente.

- Apoyar la mejora en la gestión técnico-económica de las Comunidades de Regantes para favorecer el uso eficiente de los recursos agrarios, y principalmente del agua.
- Realizar actividades de formación continua a los regantes mediante cursos, visitas y jornadas técnicas.

Estos objetivos deben alcanzarse actuando de modo integrado con el agricultor; haciéndole partícipe de las soluciones ofrecidas, suministrándole una información que le sea útil, y contribuyendo, en la medida de lo posible, a complementar su formación en aquellos temas que le sean necesarios, de modo que el agricultor disponga de las suficientes herramientas para tomar las decisiones que le corresponde como empresario responsable de la gestión de su explotación.

Cabe destacar que este tipo de iniciativas contribuyen a preservar y mejorar el valor patrimonial de los recursos naturales, entre otros de los recursos hídricos, al:

- Poner en marcha herramientas de gestión, de información, de educación y de sensibilización adecuadas para realizar un uso racional del agua en el regadío y atender la demanda creciente, tratando de no producir un freno en las actividades económicas, pero contemplando el regadío como una actividad sostenible.

- Fomentar el intercambio de información y experiencias de buenas prácticas agrícolas que permitan disminuir, entre otros, la posible contaminación difusa de los regadíos por fertilizantes y otros agroquímicos, contribuyendo a la integración de políticas sectoriales.
- Contribuir a reducir el exceso de explotación hidrológica, tanto por insuficiencia de recursos como por exceso de demanda.
- Favorecer el acercamiento de los responsables de la gestión patrimonial y medioambiental del agua (Administraciones Públicas, Universidades, usuarios, etc).

Una de las primeras tareas del SIAR es seleccionar los agricultores colaboradores de entre los más innovadores de la zona, para que sirvan de demostración de la utilidad del servicio al resto. Dentro de sus explotaciones se seleccionarán las parcelas piloto, sobre las que se realizará el seguimiento de los cultivos que servirá de base para la estimación del consumo de agua y las recomendaciones de la programación de riegos.

En la figura 1 se representa un posible organigrama del conjunto de tareas a realizar por el SIAR.

La evaluación de las instalaciones de riego es otra tarea fundamental del SIAR. Sirve, por una parte, para iniciar la relación con los agricultores, implicándoles directamente en la realización de las pruebas para que conozcan el funcionamiento de

sus instalaciones, y por otra, suministran la información necesaria para poder aplicar la programación de riegos. Los resultados deberán poner de manifiesto las posibles deficiencias de diseño, funcionamiento y manejo de sus instalaciones, para tratar posteriormente de buscarles las soluciones más adecuadas según los condicionantes existentes.

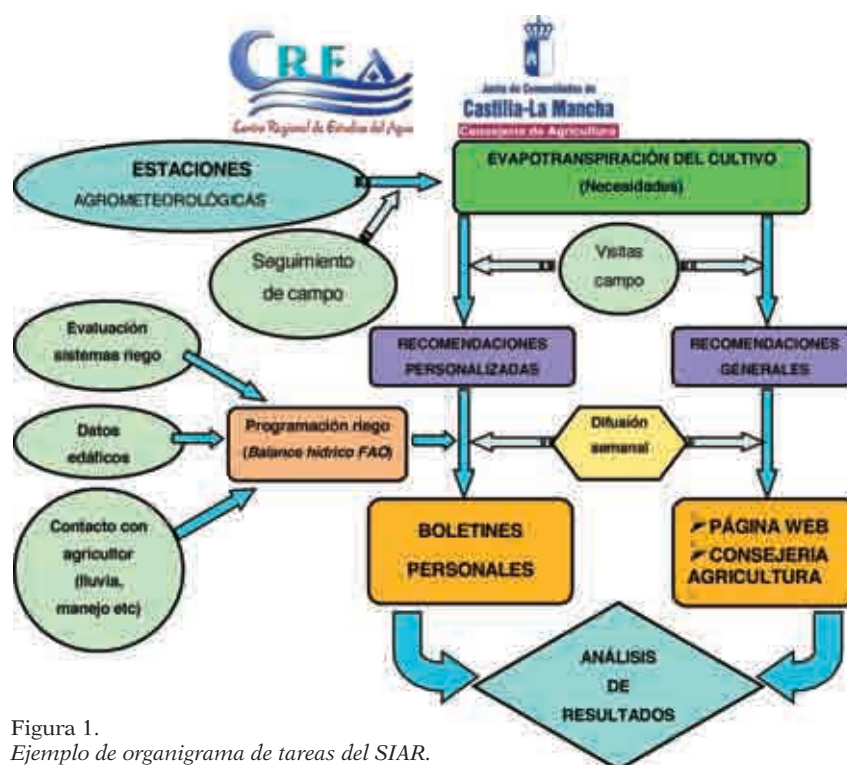


Figura 1. Ejemplo de organigrama de tareas del SIAR.

## Listado de Socios

### Fabricantes



ACTARIS CONTADORES, S.A.  
Camí de Can Pla amb Camí Ral, Parcela 8, Sector J  
Pol. Ind. El Congost. 08170 Montornés del Vallés  
Barcelona.  
935 653 600  
935 653 601  
www.actaris.com



ADASA SISTEMAS  
C Pedrosa B, 30-32  
08908 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona.  
932 640 602  
932 640 656  
www.adasasistemas.com



AMITECH SPAIN S.A.  
Pol. Ind. La Venta Nova, 91  
43894, Camarles. Tarragona  
977 470 777  
916 834 548  
www.amitechspain.com



BOMBAS ELÉCTRICAS, S.A.  
Ctra. de Mieres, s/n  
17820, Banyoles. Girona.  
972 588 000  
972 588 012  
www.espagroup.com



BOMBAS ERCOLLE MARELLI, S.R.L.  
Ctra. Madrid-Toledo, km. 30,8  
Apartado 32 45200 Illescas, Toledo - España  
925 511 200  
925 511 600  
www.marellipumps.com



BOMBAS IDEAL, S.A.  
P.I. Mediterráneo c/ Cid, 8  
46020 Massalfassar, Valencia - España  
96 140 21 43  
96 140 21 31  
www.bombas-ideal.com



CEPEX HOLDING, S.A.  
Polígono Industrial Congost, Parcela 6.  
Avda. Ramón Ciuirans, 40  
08530 La Garriga, Barcelona - España  
938 704 208  
93 870 98 11  
www.cepex.es



COMERCIAL AGRICOLA DE RIEGOS, S.L.  
Paraje Vistabella s/n  
30892 Librilla, Murcia - España  
968 65 83 26  
968 65 91 58  
www.agricoladeriegos.com



CONTAZARA, S.A.  
Ctra. de Castellón, s/n  
50720, Zaragoza  
976 500 691  
976 500 654  
www.contazara.es



EINAR, S.A.  
C de las Marismas, 7. Área Empresarial S-1.  
28320, Pinto. Madrid.  
916 213 070  
916 919 366  
www.einar.es



ELSTER IBERCONTA, S.A.  
C Alcalá, 95 6º D  
28009, Madrid.  
912 107 200  
912 107 231  
www.elstermetering.com



EXTRULINE SYSTEMS, S.L.  
Autovía del Mediterráneo km 567, salida 565  
30890, Puerto Lumbreras. Murcia.  
968 400 827  
968 401 023  
www.extruline.es

## Listado de socios de AFRE



FAGOR ELECTRÓNICA, S. COOP  
Barrio San Andrés S/N  
20500, Mondragón. Guipuzcoa.  
942 291 400  
942 200 921  
www.fagorelectronica.com

FAREL INSTRUMENTS, S.L.  
C Puerto Príncipe, 29, 1ª  
08027, Barcelona.  
935 725 250  
www.farel-i.com



HIDROCONTA, S.A.  
Ctra. Santa Carolina 60  
30012 MURCIA  
968 26 77 88  
968 34 11 49  
www.hidroconta.com



HIDROTEN, S.A.  
P.I. Plá Vallonga, c/7  
03113 Alicante  
965 114 282  
965 114 862  
www.hidrotén.es



INNOBO, S.L.  
P. I. La Rosaleda, nave 12  
12540 Vila-real, Castellón - España  
964 52 10 22  
964 53 56 76  
www.innobo.es



ITC, S.L.  
Mar Adriatic, 1. P.I. Torre del Rector. P.O. Box 60  
08130 Santa Perpetua de Mogoda, Barcelona  
935 443 040  
935 443 161  
www.itc.es



LLABERIA PLASTICS, S.L.  
Ctra. de Reus, Km 8  
43340 Momtbrí del Camp, Tarragona - España  
977 814 009  
977 814 043  
www.llaberiaplásticos.com



MACRAUT INGENIEROS, S.L.  
Paz Pardo, 37  
36214 Vigo, Vigo - España  
986 267 876  
986 267 875  
www.macraut.com



MONDRAGÓN SOLUCIONES, S.L.U.  
P. I. Mediterráneo - c/ La Fila, 5  
46550 Albuixech, Valencia - España  
96 141 54 09  
96 141 54 02  
www.mondragonsoluciones.com



MONDRAGÓN SOLUCIONES, S.L.U.  
P.I. La Estrella  
C/. Osa Menor, nave 6  
30700, Torre Pacheco. Murcia.



nutricontrol

NUTRICONTROL, S.L.  
P.I. Cabezo Beaza - c/ Bucarest, 26  
P.O. Box 2035  
30395 Cartagena. Murcia.  
968 123 900  
968 320 082  
www.privanutricontrol.com



OFICINA  
TÉCNICA  
DE RESINAS, S.A.

OFICINA TÉCNICA DE RESINAS, S.A.  
P. I. Valdecabañas - c/ Pico Almanzor, 27  
28500 Arganda del Rey, Madrid - España  
91 870 48 92  
91 870 18 92  
www.otrsa.com



PLASTMESUR, S.L.  
Monterrey, 17. P. I. San Luis  
29006 Málaga. Málaga - España  
952 313 844  
952 315 326  
www.plastmesur.com



PLOMIFERA CASTELLANA, S.L.  
P. I. Alparrache II, parcela 18  
28600 Navalcarnero, Madrid - España  
91 811 40 80  
91 811 40 65  
www.plomyplas.com

## Listado de socios de AFRE



POWER ELECTRONICS  
Leonardo da Vinci, 24-26. Parque Tecnológico  
46980 Paterna, Valencia - España  
902 402 070  
961 318 201  
www.power-electronics.com



RIEGOS AGRÍCOLAS ESPAÑOLES, S.A.  
Ctra. Santander, Km 14  
34419 Fuentes de Valdeperro, Palencia - España  
979 70 60 60  
979 70 61 90  
www.raesa.com



RIEGOS Y TECNOLOGÍAS, S.L.  
Ctra. Circunvalación, s/n  
30880, Águilas. Murcia.  
968 446 000  
www.ritec.es



RKD IRRIGACIÓN, S.L.  
P. I. La Mora, Paseo de la Acacia, 13  
47193 Cistérniga, Valladolid - España  
983 401 896  
983 401 897  
www.rkd.es



ROMUR AUTOMATISMOS S.L.  
c/ Sicilia 232, Entlo 1ª  
08013 Barcelona - España  
93 231 90 81  
93 231 90 81  
www.romur-tsol.com



RUEDAGUA, S.L.  
P. I. Los Olivares, Mancha Real, 16  
23009 Jaén, Jaén - España  
95 328 04 15  
95 328 07 38  
www.ruedagua.com



SAINT GOBAIN CANALIZACIÓN, S.A.  
Pº de la Castellana, 77 Planta 10ª  
28046 Madrid - España  
91 397 21 49  
91 397 21 47  
www.saint-gobin-canalizacion.com



SALEPLAS, S.L.  
Ctra. Toledo-Alcázar, km 66,400  
45710 Madridejos, Toledo - España  
925 46 14 09  
925 46 15 38  
www.saleplas.es



SENSUS METERING SYSTEMS  
Suissa, 35  
08917 Badalona, Barcelona - España  
934 601 064  
933 997 959  
www.sensus.com



SIBERLINE, S.A.  
P.I. El Pilero - Manzana 5, parc. 6 y 7  
P.O. Box 175  
41410 Carmona, Sevilla - España  
954 19 60 08  
954 19 61 31  
www.siberline.com



SISTEMA AZUD, S.A.  
P.I. Oeste - Avda. de las Américas P.6/6  
P.O. Box 147  
30820 Alcantarilla, Murcia - España  
968 80 84 02  
968 80 83 02  
www.azud.com



SISTEMAS DE FILTRADO  
Y TRATAMIENTO DE FLUIDOS, S.A.  
Pol. Ind. Armentera, parc. 87. Urgell, 23  
22400 Monzón, Huesca - España  
974 401 933  
974 417 809  
www.stf-filtros.com



SISTEMES ELECTRONICS PROGRES, S.A.  
Avda. Urgell, 23  
25250 Bellpuig, Lleida - España  
973 32 04 29  
973 33 72 97  
www.progres.es



TECNOFEED SISTEMAS, S.L.  
Avda. Laviaga Castillo, 41  
50100 La Almunia, Zaragoza - España  
976 812 982  
976 812 988  
www.tecnofeed.com



UNIRAIN, S.A.  
Pol. Ind. Carretera de la Isla C/ Río Viejo,  
Parcela 17. 41700, Dos Hermanas. Sevilla  
34 954 525 381  
34 954 673 770  
www.unirain.com

## Ingenierías



CINGRAL  
C Santa Cruz, 8 bajo  
50003, Zaragoza.  
976 201 462



Ingeniería de Sistemas ARS  
TÉCNE, S.A.  
C Pamplona, 92-94, 1º 1ª.  
08018, Barcelona.  
933 209 784



SIERRA CLARA, .A.  
C Santa Lucia, 6.  
06001, Badajoz.  
924 23 2451



EUROESTUDIOS  
C Castelló, 128  
28006, Madrid.  
915 903 546

## Instaladores



AHM, S.L  
Avda. Hispanidad, 2 -1º -1º.  
46600, Alzira. Valencia.  
962 405 667  
962 264 825

RIEGONTUR S.L.  
C Rosario, 31.  
02652, Ontur. Albacete.  
967 323 604

HIDRO-EM  
C Los Jardines, 1  
13640, Herencia. Ciudad Real.  
926 573 475



RIEGOS DE LEVANTE  
MURCIA,S.L.  
Ctra. Pozo Aledo, Km 4.  
30379, Torre Pacheco. Murcia.  
968 173 054  
www.riegoslm.com



J.F. RIEGOS S.L.  
C Rovira Roure, 17 - Entreplanta.  
25006, Lleida.  
973 243 416  
www.jfriegos.com



RIEGOS LOZANO, S.A  
Pol. Ind. Autovía de Andalucía,  
km. 171 13200, Manzanares.  
Ciudad Real.  
926 611359  
www.riegoslozano.com



REGOS DE CASTILLA Y LEÓN,  
S.A. (RICALSA)  
C/ Vázquez de Menchaca, 42.  
47008, Valladolid.  
983 472 000  
www.ricalsa.com

GESTION, ESTUDIOS, OBRAS Y  
PROYECTOS, S.A. (GEOPSA)  
C Pico de Almanzor, 29  
28500, Arganda del Rey. Madrid.  
91 8761192  
www.geopsa.es

NO TODAS LAS  
AYUDAS VIENEN  
DEL CIELO



**NUEVA  
LIBRETA  
AGRÍCOLA**



Trabajar en el campo es gratificante, pero también es duro, aunque desde hoy un poco menos. Llega la nueva Libreta Agrícola de Caja España, con todas las ventajas aunadas en un solo producto, para que todo sea más fácil y más rápido. Porque en Caja España sí pensamos en ti.

Además en cualquier oficina de Caja España o en  
Linea@España **902 365 024**  
24 HORAS  
[www.cajaespana.es](http://www.cajaespana.es)

**Caja España**  
Damos soluciones

