

## Resumen

El regadío español se va a enfrentar a nuevos condicionantes climatológicos, energéticos, sociales y medioambientales, que van a condicionar su productividad. Por ello, la optimización energética e hídrica del mismo es imprescindible.

La primera, condicionada por el consumo de agua, se puede lograr con diseños modernos, utilizando las nuevas tecnologías, con especial importancia del uso de variadores de frecuencia. La correcta contratación de las nuevas tarifas permitirá un importante ahorro económico.

La segunda requiere, utilizando las tecnologías más modernas, una correcta programación de los riegos, un seguimiento y evaluación de los mismos, para prevenir posibles cambios o deficiencias que disminuyen la producción. Para lograrlo es necesario un adecuado Servicio de Asesoramiento al Regante, con personal especializado, trabajando en las zonas regables, en estrecha colaboración con los regantes.

Con estas medidas no sólo se logrará la sostenibilidad, sino también la mejora económica de nuestros regadíos.

Guillermo  
Castañón

Dr. Ingeniero Agrónomo.  
Universidad Politécnica  
de Madrid.

## 1. Introducción y objetivos

En los próximos años el regadío español se va a enfrentar a una serie de nuevos condicionantes, además de los existentes en la actualidad. Entre éstos podemos destacar como más importantes la Política Agraria Comunitaria, los nuevos postulados de la Organización Mundial del Comercio para promover el libre intercambio de productos y el aumento de la sensibilidad medioambiental en todas las fases de la producción agraria.

De cara al futuro debemos añadir la Directiva Marco del Agua, la variación de las condiciones climáticas, sea cual sea su causa y el aumento del precio de la energía. Son factores que se deben tener muy en cuenta. Es evidente que van a tener una decisiva influencia en la producción del regadío, que debe ser muy competitiva en los mercados mundiales, siendo primordial reducir sus costes.

Para lograrlo existen una serie de actuaciones tecnológicas que es necesario aplicar en los regadíos. El Plan Nacional de Regadíos (1998) decía textualmente: "Un regadío no es conjunto de obras hidráulicas sino una empresa con fines económicos y sociales". En consecuencia, dichas actuaciones deben venir acompañadas por una serie de medidas para poder lograr dicho fin.

- Cambios institucionales, con participación más activa de los regantes, que son los directamente implicados, los que manejan el agua y los que mejor conocen los problemas existentes.
- Cambios de cultivos y de sus superficies, buscando la mayor productividad del agua por un lado, así como el respeto de la PAC y de los acuerdos comerciales mundiales, a los que no nos podemos sustraer. Los excedentes de ciertos productos pueden multiplicarse y se podría dar el caso de ser necesario eliminar ciertos regadíos tradicionales, por su baja rentabilidad.
- Regulación de la producción y mejora de la comercialización, con el fin de obtener los mejores precios de mercado, poniendo especial énfasis en la exportación de productos de alto precio, como es el caso actual de frutas y verduras.
- Utilización de nuevas tecnologías, para disminuir los costes de producción, sobre todo agua y energía, que son los que trataremos a continuación.

Además de dichas actuaciones y mejoras, la modernización de nuestros regadíos debe poner especial énfasis en buscar 2 objetivos:

- Incrementar la eficiencia en el uso del agua.
- Incrementar la eficiencia energética.

Tradicionalmente, desde hace años el primero de ellos viene siendo objeto de muchas investigaciones. No así el segundo, al que sólo se le da importancia desde hace poco tiempo. Actualmente es muy difícil separar el binomio agua-energía, pues en numerosos casos, desaladoras, pozos, etc., la obtención de la primera depende de la segunda

Según datos de COROMINAS (2009), el volumen del agua de riego por hectárea se ha reducido, desde 1950 hasta hoy, en un 21%, mientras que la energía aplicada al riego ha aumentado en un 1.800%. Es evidente que los aumentos del uso de energía pueden jugar, en muchos casos, un papel importante en el coste final del producto. Por ello, su reducción tiene suma importancia y empezaremos tratando este tema.

## 2. Optimización energética

Es evidente que la optimización energética del regadío es muy mejorable, siendo urgente tomar las medidas necesarias para conseguirlo. A este respecto conviene hacer unas consideraciones previas.

En el riego a presión el consumo de energía es importante. Según el *Plan Nacional de Regadíos – Horizonte 2008*, la agricultura consume el 3,5% del total nacional y de ese porcentaje, casi una cuarta parte, el 0,83%, 2.867 GW/h, corresponde a los bombeos del regadío. Por ello, el objetivo de reducción de energía tiene gran interés, tanto económica como ambientalmente.

Desde el punto de vista monetario, la reducción de la factura a pagar depende tanto del consumo efectuado como de la tarifa de precios de la energía elegida.

### 2.1. Tarifas eléctricas

Sobre este punto conviene hacer unas consideraciones previas. En primer lugar conviene recordar que la energía, en España, tiene un precio político, pues gran parte del mismo, como es bien conocido, son impuestos destinados a subvencionar diferentes partidas, entre las que destacan las compensaciones insulares y extrapeninsulares, las energías renovables, la moratoria nuclear, etc.

En segundo lugar, han cambiado por completo las tarifas eléctricas. El Real Decreto 871/2007 suprime, a partir del 1 de julio de 2008, las tarifas generales de alta tensión y a partir del 1 de julio de 2009 desaparece la tarifa regulada para suministros de baja tensión.

Las nuevas tarifas eléctricas, en vigor desde el 1 de enero de 2009 (ORDEN ITC/3801/2008 de 26 de diciembre, publicadas en el BOE nº 315 del miércoles 31 de diciembre de 2008), suponen un cambio total en el marco del sector eléctrico. Desaparecen las tarifas especiales de riego y las tradicionales bonificaciones por baja energía reactiva, se introducen penalizaciones para lograr aumentar la calidad de las instalaciones, se instaura un gran abanico de nuevas modalidades tarifarias y un largo número de otros cambios.

Todas estas novedades, buscando la liberalización del mercado, han posibilitado la entrada de nuevos operadores, sobre todo extranjeros. Como es lógico, todos ellos buscan aumentar rápidamente su cuota de mercado. Y para lograrlo ofrecen condiciones más ventajosas a sus posibles clientes.

No cabe duda, que la elección acertada de la tarifa va a suponer importantes ahorros económicos en cada instalación de riego.

En consecuencia, desde dicha fecha, cada usuario, bien individualmente o unido en asociaciones o comunidades, debe, en función de las características de su instalación (potencia, horario de uso, etc.), negociar con las diferentes compañías el contrato, hasta conseguir los mejores precios.

Un paso muy efectivo puede ser la negociación conjunta de varias comunidades, no sólo de regantes, sino también de diferentes usuarios de dicha energía pues, en conjunto, representan la contratación de grandes potencias, muy atractivas para las compañías eléctricas, por lo que pueden conseguir condiciones muy ventajosas. A este respecto, creemos que las juntas centrales de usuarios tienen un amplio campo de actuación.

No se puede descartar, en un futuro más o menos próximo, la compra de la energía en el mercado diario (OMEL) o incluso en el mercado de futuros (OMIP). Estas posibilidades requerirán condiciones especiales que, por el momento, no la hacen viable.

Sea cual sea la opción a elegir, para conseguir los mejores resultados, es necesario contar con un buen asesoramiento, pues la complejidad de dichas nuevas tarifas es grande, que sólo pueden aportar profesionales competentes.

Los regantes son conscientes de estos nuevos planteamientos y vienen reclamando, para disminuir los costes eléctricos, tres medidas:

- Aplicación de un IVA reducido del 7% en el suministro de electricidad para los regadíos, siguiendo el ejemplo italiano.
- Flexibilidad en la discriminación de potencia, modificando, al menos, dos veces al año, los contratos, para pagar por la potencia realmente registrada y no por la máxima contratada. La causa es que la necesidad de energía es máxima entre mayo y octubre (periodo de riegos) y mínima el resto del año.

Según datos de FENACORE, de junio de 2009 (cita textual): “el coste fijo por el término de potencia puede representar entre un 200 y más de un 40 por cien, al tener que pagar por un servicio que sólo utilizamos en periodos punta de máximas necesidades hídricas de los cultivos.”

- Un tipo de energía profesional para el sector o bien la devolución del importe del consumo eléctrico, tal como se hace actualmente para el gasóleo con el impuesto de hidrocarburos.

El 19 de mayo de 2009 el Congreso de los Diputados acordó la aplicación de un tipo de IVA reducido del 7% en el suministro de electricidad para los regadíos, de acuerdo con lo previsto en las directivas comunitarias del Impuesto sobre el Valor Añadido. Queda todavía la puesta en aplicación de dicho acuerdo, pero es un primer paso para disminuir el coste de la energía en el riego.

## 2.2. Disminución de las necesidades energéticas

Antes de analizar las nuevas tecnologías que se pueden y deben aplicar para disminuir las necesidades energéticas de los regadíos a presión, conviene efectuar dos consideraciones previas.

En primer lugar, queremos recordar que al aumentar la eficiencia en el uso del agua, es decir utilizar menos cantidad para la misma producción, la energía necesaria disminuirá, constituyendo un primer eslabón para lograr dicha optimización, sin olvidar las otras ventajas que conlleva. Por esta razón, trataremos a fondo esta cuestión.

En segundo lugar, debe quedar claro que el riego por gravedad es el método que necesita menos energía, pues salvo que sea necesario utilizar agua subterránea, su consumo puede ser nulo.

Después del Plan de Choque realizado los pasados años, existen todavía cerca de un millón de hectáreas en las que es posible que su transformación en riego a presión no sea una panacea segura, siendo necesario efectuar estudios al respecto. En muchos casos, estos riegos corresponden a cultivos que aguantan bien la distribución por turnos, con regantes adiestrados, que manejan muy bien el agua.

El coste de dicha transformación es mucho más elevado que la modernización del existente, debiendo añadir el aumento de coste energético anual y las mayores repercusiones medioambientales de dicho aumento de energía. Además hay que tener en cuenta la necesidad de adquirir material de riego en parcela, por parte del regante, lo que aumenta el coste del riego.

Se debe tener en cuenta que, con los avances tecnológicos actuales, el ahorro de agua comparando con la aspersión no es tan grande, sobre todo si el manejo de este método no es el más adecuado.

En este sentido existe el precedente de una región como California, considerada como un modelo del regadío moderno, donde una gran parte de la superficie de cultivos extensivos utiliza dicho método. Este hecho debería ser un antecedente a considerar, antes de acometer la transformación obligatoria hacia riegos a presión. Con el agravante de que los agricultores no son partidarios, en muchos casos, del cambio.

Dicha modernización comprende la nivelación por rayos laser, distribución del agua por tuberías de baja presión, balsas reguladoras, instalación, en las hijuelas, de compuertas automáticas o temporizadores para abrirlas o cerrarlas y válvulas o llaves neumáticas en las tuberías a baja presión, etc.

En general, permite el aumento de la dimensión de los canteros dentro de un tablar, lo que debe considerarse como mejora de riego por superficie. Esta medida puede que no aumente el rendimiento de las aplicaciones y además puede requerir un mayor caudal a introducir en el cantero, pero reduce la superficie pérdida en acequias y caballones, facilitando la mecanización y mejorando la productividad de la explotación.

Finalmente, la conservación de este método, fijará más población, evitando el conocido éxodo hacia las grandes urbes, lo que debe ser tenido en cuenta para el desarrollo rural. Este punto puede tener importancia en ciertas regiones en donde la despoblación actual de ciertas áreas es un grave problema.

Además, el cambio de método, aunque pueda mejorar la eficiencia o el rendimiento de las aplicaciones, podría no llevar asociado un ahorro de agua en la explotación. La razón estriba en que la sustitución, con mayores costes para el regante, puede llevar asociado un cambio de cultivos, buscando rentabilizar la inversión realizada. Así, algunas zonas con riego por superficie tienen sistemas productivos extensivos. En este caso, en periodo punta, hay superficies que no se

riegan, lo que reduce las necesidades de agua. Al cambiar de método, se puede reducir la superficie de esos cultivos, menos rentables pero con menos consumo de agua, y sustituirlos por otros, más rentables, pero con mayor consumo.

### 2.3. Correcto diseño

Para una buena optimización energética es necesario un correcto diseño de la red de tuberías y del sistema de bombeo.

En dicha red se deben utilizar tuberías con mínima rugosidad, para tener pérdidas de carga pequeñas, tanto en los tramos rectos como en los puntos singulares, utilizando para ello manguitos, acoples y uniones hidrodinámicas. Las diferentes herramientas necesarias, como llaves, válvulas, reguladores, contadores, etc. deben tener unos diámetros y condiciones de instalación que minimicen las inevitables pérdidas. El ahorro económico en alguno de estos puntos, imprescindibles para un buen control y manejo del riego, puede provocar problemas que repercutirán tanto en la producción agrícola como en la fiabilidad de la instalación, con los consiguientes perjuicios económicos.

Creemos importante recordar que en el diseño de elementos singulares de material plástico, en muchos casos, ha primado más el coste de inversión que el diseño hidrodinámico con objeto de reducir las pérdidas de energía. De esta forma, las pérdidas de carga localizadas que solían denominarse “menores” pasan a tener incluso más peso que las pérdidas de carga en los tramos uniformes. Elementos cada vez más necesarios y usados como filtros y elementos de regulación y control, tanto de presión como de caudal producen unas pérdidas de energía importantes.

La potencia del grupo de bombeo debe ser calculada con exactitud, por un buen profesional, sin necesidad de aplicar grandes coeficientes de seguridad, pues el sobredimensionamiento desperdicia energía. Debe decirse lo mismo al elegir las bombas necesarias, que deben trabajar en zonas de máximo rendimiento.

Tradicionalmente la regulación de la presión se efectuaba, en riegos a la demanda, bien mediante un depósito elevado o por un diseño del grupo de bombeo con varias bombas en paralelo, que entraban en funcionamiento según las necesidades de caudal. Estos sistemas necesitan la instalación de reguladores de presión y limitadores de caudal, para consumir el exceso de presión existente en las tomas, energía que se desperdicia.

El consumo de energía en una instalación de riego depende de las características de la red de tuberías, de la estación de bombeo proyectada y, además, del caudal demandado. Éste puede ser constante en un riego por turnos y muy variable en caso de una demanda libre, en que cada regante riega a su libre albedrío. En una gran red de riego, con frecuencia, un reducido número de bocas condiciona la altura total a la que se debe elevar toda el agua.

El riego a la demanda hace necesario disponer de mayores caudales, que permitan regar en cada momento a todos los regantes que lo deseen. Por ello, los diámetros de tuberías y el coste de las instalaciones son también mayores que en el caso de turnos. Para disminuir dichos costes se ha experimentado que los regantes no riegan todos al mismo tiempo, pudiéndose calcular la probabilidad de riego simultáneo (fórmula de la demanda para el cálculo de tuberías), buscando disminuir diámetros y, en consecuencia, inversión.

Con la salvedad de ciertos cultivos muy intensivos, se pueden introducir algunas condiciones a la demanda, para reducir los costes de instalación. Aunque las posibilidades son muchas, las más habituales pueden ser las siguientes:

- Obligación de regar en días pares o impares, con lo que los caudales pueden reducirse hasta la mitad.
- Limitación de caudal en las tomas, lo que obliga a mayor horario de riego.
- Máximo número de tomas en funcionamiento en cada subsector de riego.

Habitualmente, los regantes pueden solicitar, con antelación, el suministro del agua que necesitan, siendo necesario programar el horario de distribución a cada peticionario. El técnico encargado de este menester deberá tratar de complacer las demandas de la forma más económica, es decir tratando de minimizar los caudales y las presiones de trabajo, para reducir costes de energía. Para estos casos (SÁNCHEZ *et al.*, 2009), han preparado un algoritmo de cálculo para reducir la presión en la red, durante una jornada completa de riego, ordenando el horario de riego de los diferentes peticionarios, disminuyendo, de esta manera, la potencia necesaria. Desde la fecha de la publicación, con nuevos datos y estudios, se va mejorando dicho algoritmo.

Es de esperar que estas nuevas herramientas se vayan imponiendo, lo que permitirá mejorar las prestaciones y ahorrar energía. Finalmente, conviene recordar que el correcto diseño y utilización debe ir acompañado de un adecuado mantenimiento que, por su importancia, tratamos en el Apartado 3.3.4.

## 2.4. Utilización de convertidores de frecuencia

Actualmente, el empleo de convertidores de frecuencia en los sistemas de impulsión contribuye a independizar el consumo energético del caudal demandado. Estos aparatos permiten modificar la velocidad de rotación del motor, modificando la curva de rendimiento H,Q de las bombas, dando éstas el caudal demandado por la red, pero a la presión necesaria en cada instante, con el consiguiente ahorro energético.

Las principales ventajas de la utilización de este método se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Ahorro de energía, pues la velocidad del motor se ajusta a la demanda de cada momento. No olvidemos que la potencia está relacionada con el sumando de velocidad elevado al cubo.
- Reducción del número de arranques y paradas de las bombas.
- Menor coste en las redes y en las estaciones de bombeo en sistemas de protección contra transitorios hidráulicos, ya que se va bombeando según la demanda.
- En ciertos casos es posible disminuir el timbraje de las tuberías, pues no se producirán aumentos bruscos de la presión, que pudieran dañar dichas tuberías.

Además, se puede sectorizar fácilmente la instalación, aunque los caudales demandados en cada sector sean muy diferentes, lo que no es posible con depósitos elevados o grupos de bombeo tradicionales.

Por las ventajas que acabamos de describir, el uso de bombas de velocidad variable se va imponiendo, a pesar del elevado coste de los convertidores de frecuencia. Actualmente, al irse imponiendo dicho método, el aumento de ventas hace disminuir el precio de estos aparatos, haciéndolos cada vez más rentables.

El consumo de energía puede reducirse caso de adoptar el valor específico de presión a regular para cada situación de funcionamiento de la red, según las bocas de riego que se encuentren abiertas. Para ello, tiene interés la combinación de las técnicas de telecontrol, las de predicción del funcionamiento de redes con sus llaves automáticas de control y, por supuesto, las de análisis del funcionamiento de estaciones de bombeo.

Sin embargo, en la utilización de dichos elementos, quedan todavía aspectos que se deben mejorar. En primer lugar en las bombas con velocidad variable, y a diferencia con lo que ocurre con la altura de elevación, el rendimiento no se puede predecir con precisión aplicando las leyes de semejanza, debido principalmente a la disipación de energía en los convertidores de frecuencia (WALSKI *et al.*, 2003). Por esa razón, a efectos de cálculo, el rendimiento de un convertidor de frecuencia se suele considerar constante, con un valor de 0,9.

En segundo lugar, teniendo en cuenta el elevado rendimiento de los convertidores mecánicos en grandes instalaciones, con mucha menor disipación de energía que los eléctricos, sería conveniente estudiar la posibilidad de su uso.

En tercer lugar, hasta el momento los estudios efectuados sobre la necesidad de usar convertidores en todas las bombas, o sólo en algunas, cuando las elevaciones se hacen con varias bombas en paralelo, no han permitido dar resultados definitivos. Parece ser que, desde el punto de vista del ahorro energético, el interés de usar más de un convertidor depende de su rendimiento.

En estos tres puntos sería conveniente efectuar las pertinentes investigaciones o estudios, para lograr mejorar el ahorro energético de los bombeos.

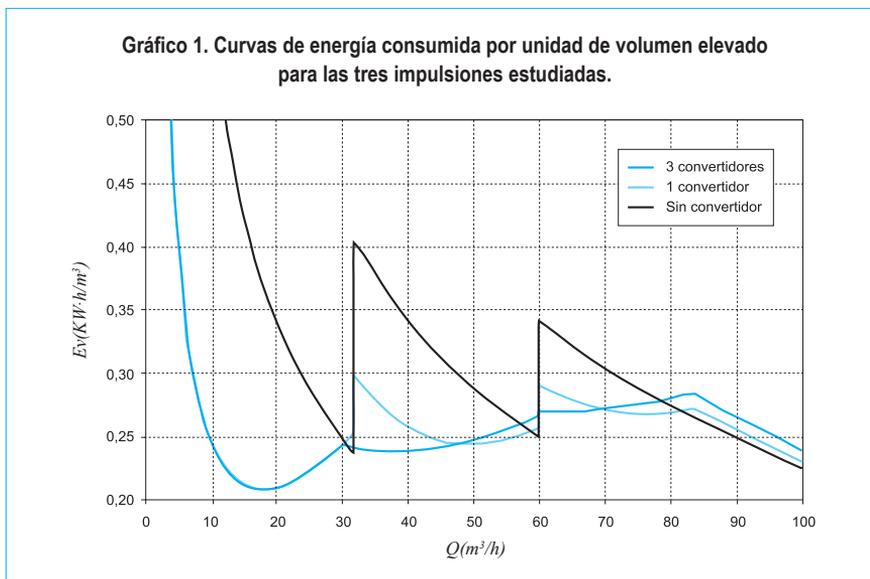
Como ejemplo de ahorro energético, en la Gráfico 1 se representan simultáneamente las curvas de  $EV(Q)$  para un caso estudiado por SÁNCHEZ *et al.* (2008). Se trata de una impulsión con 3 bombas en paralelo, que se ponen en marcha en función del caudal demandado, comparando los resultados energéticos en 3 casos siguientes:

1. Ninguna de las bombas dispone de convertidor de frecuencia.
2. Una de las bombas dispone de convertidor de frecuencia.
3. Las 3 bombas disponen de convertidos de frecuencia.

Se puede observar, en los tres casos estudiados, que el consumo de energía es elevado para caudales pequeños. El caudal por debajo del cual dicho consumo es sustancialmente elevado es menor cuando se cuenta con al menos una bomba de velocidad variable. Por esta razón, las estaciones de bombeo con una o varias bombas de velocidad variable tienen un rango de caudal de trabajo más amplio que las de sólo cuentan con bombas de velocidad constante.

Puede apreciarse que la variabilidad de la energía consumida es mayor en el caso de que la impulsión no cuente con convertidores de frecuencia. Puede decirse que el convertidor de frecuencia contribuye a hacer más uniforme el consumo de energía respecto del caudal. También se aprecia que, debido a la pérdida de energía en el propio convertidor, la energía por unidad de volumen para determinados valores de caudal, p. ej., alrededor de 80 m<sup>3</sup>/h, es mayor en la impulsión con tres convertidores de frecuencia que en la de un convertidor de frecuencia, y ésta es a su vez mayor que en la que no dispone de bomba alguna con convertidor.

Recordamos que la reducción de la energía consumida se logra mediante la adaptación la altura de elevación del bombeo a la que demanda la red mediante la modificación de las velocidades de rotación de las bombas. La regulación de esa rotación la suelen realizar los controladores PID de los convertidores de frecuencia. Éstos últimos, en caso de contar con la señal de un transductor de presión, caso cada vez más frecuente, pueden regular automáticamente la altura de elevación al valor de consigna introducido en la programación del controlador.



### 3. Mejora de la eficiencia del uso del agua

Como ya hemos dicho, la mejora del regadío y el ahorro de agua de riego es un objetivo primordial desde hace mucho tiempo. Baste recordar en los últimos años, para no extendernos con este tema, el *Plan Hidrológico Nacional* de 2001 y, posteriormente, su sustitución por el programa AGUA en 2004.

El uso eficiente del agua requiere la actuación en dos fases: la de proyecto, en la que se debe conseguir una instalación capaz ante situaciones futuras no perfectamente conocidas y la de operación o manejo, en la que se debe seleccionar y optimizar, la aplicación necesaria. No conviene confundir método ni uniformidad con eficiencia del uso del agua. El método y la instalación de riego deben decidirse más por las características de la explotación agraria y la orientación productiva que por el ahorro del agua. Las diferencias de rendimientos de riego dentro de un mismo método, con frecuencia, son más importantes que las diferencias entre métodos.

#### 3.1. Modernización y tecnificación del regadío

La modernización, remodelación y tecnificación de regadíos tiene una especial importancia, buscando el aumento de la eficiencia global del riego, para lograr ahorrar agua. Es de esperar que, por parte de todos se estudien y apliquen todas las ideas y medios necesarios para lograr dichos propósitos, dada la importancia del tema. Pero debe quedar bien claro que las ayudas para rehabilitar estructuras de riego no deben hacer diferencias entre los diferentes regadíos, según sean responsabilidad estatal, autonómica o local, evitando las discriminaciones que, a veces, se han producido.

Además, conviene tener en cuenta que dicha modernización es un paso imprescindible para poder llegar a cumplir los objetivos de la DMA, así como para mejorar el medio ambiente de las zonas regables. Además, según lo previsto, va a formar parte también del Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural, lo que parece lógico.

Las ayudas agroambientales existentes deben ser utilizadas para lograr simultáneamente mejorar la actividad agraria y el medio ambiente, corrigiendo, entre otros, las externalidades del mercado. Actualmente se puede decir que dichas ayudas se emplean, sobre todo, en proteger especies que se estiman amenaza-

das, tal vez por el protagonismo de ciertas asociaciones que promocionan dichas actuaciones. Pero debe quedar bien claro que, inevitablemente, tendrán que ser utilizadas para otros fines.

Las Confederaciones Hidrográficas, que son los organismos competentes en materia de aguas deben preocuparse, entre otros temas, del regante y de su problemática y de vigilar el buen uso del agua en los regadíos. Como dijo el ministro Borrell en el Seminario sobre Política Hidráulica, de la Universidad Menéndez y Pelayo en 1992: "Hay que lograr la transformación de las confederaciones hacia organismos más capaces de hacer frente a las tareas que tienen encomendadas."

Es evidente que para lograrlo son necesarios técnicos con amplios conocimientos, trabajando localmente, en contacto con los regantes, que son los que conocen mejor las posibles incidencias. Estas no se pueden solucionar desde los despachos, a veces a cientos de kilómetros de distancia. Los acuerdos, en ciertas zonas regables, permitiendo que los regantes intervengan en la toma de decisiones y en el manejo de las redes, han permitido mejorar los resultados del riego y ahorrar agua. Creemos que acciones como ésta se deben incrementar, con el fin de obtener los mejores resultados del riego, uniendo los esfuerzos de todos los implicados en dicho tema.

Para muchos expertos y estudiosos del tema parece claro que este punto es fundamental. Si no se dispone de órganos eficientes para gestionar debidamente las disponibilidades hídricas, se pone en peligro la posibilidad de acabar o, al menos, disminuir el actual problema del agua en España,

Desde el punto de vista hidrológico, el mejor aprovechamiento consiste en obtener un alto rendimiento en la utilización del agua, minimizando las tradicionales pérdidas en las redes de transporte y distribución, así como en la aplicación en parcela. Para ello es necesario:

- Un adecuado diseño de la zona regable, que permita ajustar el caudal hídrico a las demandas existentes, previendo el almacenamiento de los posibles sobrantes.
- Introducción de mejoras en los sistemas de riego que permitan aportar el agua en momento y cantidad requeridos por las plantas. Se aumenta así la productividad del cultivo, sin gastar más volúmenes de riego.

- Necesidad de un adecuado control de las operaciones hidráulicas, resaltando especialmente la importancia de la automatización en ciertas operaciones delicadas o muy repetitivas.

### 3.2. Automatización de las operaciones de riego

Debido a la importancia actual de este tema queremos hacer unas breves consideraciones al respecto.

Para obtener los máximos beneficios, conviene que vaya acompañada de un sistema de transmisión de datos. Es un hecho conocido que la automatización ha sido posible gracias a los avances producidos en la electrónica y la informática. Estas dos técnicas permiten conocer y procesar, con facilidad, multitud de datos de interés para el riego, consiguiendo mejorarlo.

La automatización empezó a adquirir importancia al generalizarse los riegos de alta frecuencia. Al mantener pequeñas tensiones de agua en el suelo durante el ciclo productivo, permiten, en igualdad de otras condiciones productivas, mejores producciones. Su mayor dificultad estriba en el crecimiento del costo de explotación al aumentar el número de riegos. La automatización resuelve en gran parte este problema, al disminuir las necesidades de mano de obra, facilitando la puesta en riego de una manera fiable y eficaz.

Pero no se debe considerar que la automatización tenga como fin exclusivo el ahorrar mano de obra, lo que puede ocurrir en ciertos casos. En muchos otros es necesaria para asegurar resultados correctos, debido al gran número de factores que intervienen y que es necesario no sólo conocer sino interpretar rápidamente para resolver los problemas que se van presentando, modificando las condiciones del riego, con los posibles perjuicios que pueden provocar.

La automatización presenta una serie de ventajas e inconvenientes que es necesario conocer, valorar y tener en cuenta si queremos sacar un completo provecho de su utilización.

- Facilita un buen manejo del riego, pues permite conocer la situación real en cada momento y detectar anomalías en el funcionamiento de la instalación.

- Reduce la mano de obra necesaria, proporcionalmente al grado de automatización y evita el error humano, sobre todo en operaciones muy repetitivas. Además, dicho error puede producir importantes perjuicios al cultivo.
- Evita problemas de horarios y días festivos, etc., evitando el estrés hídrico, perjudicial para las plantas.

Estos 3 puntos tienen especial importancia en ciertos casos de cultivos delicados y de situaciones críticas, no solo evitando pérdidas productivas, sino propiciando aumentos de cosecha y de calidad de la misma. Al mismo tiempo permite nuevas instalaciones en zonas de amplio éxodo rural.

- Cuando utiliza los parámetros de manejo: condiciones climáticas, humedad en suelo o planta, permite una mayor racionalización del riego, aportando el agua cuando la planta lo necesita, en las mejores condiciones. Se consigue una mayor eficiencia, lo que repercute en un ahorro de agua, de gran importancia en casi todas las regiones españolas. Para ello necesita unos conocimientos y una tecnología avanzados.

Los inconvenientes también existen, siendo el principal un mayor costo de los equipos, que en ciertas zonas o para ciertos cultivos pueden hacer inviable este sistema. Al mismo tiempo, para un correcto funcionamiento de los mismos, es necesario una mejor formación del regante, con el fin de obtener los mayores beneficios que esta nueva técnica puede aportarle.

Para que la automatización aporte todas las ventajas posibles es necesario el uso de instrumentación y tecnología debidamente adaptada a las necesidades exactas de cada caso. Esto requiere la existencia de empresas diseñadoras e instaladoras competentes y competitivas, que sepan aportar en cada caso la solución idónea, dentro de unas condiciones económicas aceptables. La automatización del riego es bastante sencilla, pues basta con conocer las presiones y caudales en cada toma y poder abrirla o cerrarla, con el fin de asegurar el tiempo de aplicación previsto.

La lectura automática de contadores no es ninguna prioridad, pues los regantes están en la parcela, vigilando la buena marcha del cultivo y dicha lectura no les suele causar ningún problema. Por esa misma razón, en muchos casos, no necesitan disponer de los más modernos y sofisticados sistemas para manejar a distancia las operaciones de riego. En resumen los programas de automatización no deben ser muy complejos, como los que quieren vender las empresas, con el fin de rentabilizar los que han preparado, destinados, en general, a industrias, con una

problemática mucho más complicada. El verdadero problema de la automatización es el mantenimiento de los aparatos y equipos de transmisión y de las redes de comunicación, que por un lado son diferentes según las empresas instaladoras y por otro, dichas empresas no disponen de personal in situ, debiendo desplazar sus operarios, lo que encarece la factura de mantenimiento.

Finalmente se debe tener en cuenta la necesidad de disponer de energía eléctrica de forma continua, para conocer la correcta información en todo momento y no interrumpir las operaciones de riego. Por esta razón las instalaciones automatizadas suelen disponer de baterías o placas solares, con el fin de paliar los posibles fallos en el suministro eléctrico, comunes en ciertas zonas, aunque, afortunadamente cada vez menos frecuentes.

El aumento de las ventas, las experiencias obtenidas en diferentes condiciones y las investigaciones que se vienen realizando sobre este tema permiten una disminución del coste de los aparatos. Al mismo tiempo se va consiguiendo una simplificación y mejora de los mismos, que repercute en un más fácil y simple manejo de las instalaciones de riego. Por ello, las perspectivas de futuro son buenas, permitiendo al sector del regadío enfrentarse en las debidas condiciones a un mercado mundial cada vez más competitivo.

Actualmente parece que la Administración está dispuesta a favorecer estas automatizaciones, con el fin de mejorar las aplicaciones de agua. Es de esperar que no se trate, únicamente, de una finalidad informática para conocer los consumos y poder cobrar cómodamente el agua utilizada, a tenor de la puesta en vigor de la Directiva Marco del Agua.

### **3.3. Manejo del riego**

Todas las obras de mejora, modernización, tecnificación y automatización deben completarse con un adecuado manejo del riego en parcela, aportando, en cada momento, la cantidad de agua que necesite la planta para obtener su producción potencial, logrando un riego de calidad, con alta eficiencia en el uso del agua.

Decía MERRIAM (1983): "Las bajas eficiencias no son culpa del método sino del manejo del riego". A veces se obtienen mejores eficiencias con un buen manejo de una instalación no muy bien diseñada que con un mal manejo de una instalación bien diseñada. Sirvan estas líneas para indicar la importancia de dicho manejo.

Es frecuente que en algunos ámbitos se asocie método de riego con eficiencia, atribuyendo a ésta valores fijos, sin tener en cuenta los parámetros que la hacen variar. Los principales se pueden considerar, como es bien sabido, el volumen de agua aportado para un periodo dado entre riegos y la uniformidad de distribución

En referencia al riego localizado, el más abundante en la zona almeriense, ya ha sucedido, en ciertas zonas, que las eficiencias de riego obtenidas con este método han sido más bajas que las obtenidas con el método tradicional. La causa era un mal manejo, pues los regantes no estaban habituados a éste nuevo método y no recibieron la asesoría correspondiente para su introducción a las nuevas técnicas.

Así, aunque resulte obvio, quizás convenga recordar que, en el riego por goteo, si la obturación de goteros es importante o, simplemente, si se aporta más cantidad de la necesaria (situaciones, ambas, más frecuentes de lo que sería de desear), el rendimiento de las aplicaciones puede ser inferior al que se obtenía, antes de la transformación, con el riego tradicional.

Las diferencias dentro de un método de riego pueden ser importantes. Para poder conocer las posibles variaciones de eficiencia de los distintos métodos de riego únicamente se cuenta con estudios específicos concretos. Con objeto de que sirvan de ilustración, en la Tabla 1 se recogen los resultados de uno de ellos en España y en la Tabla 2 de otro en California. Los altos coeficientes de variación CV del primer estudio o la desviación típica  $\sigma$  y los resultados del segundo, deberían servir para eliminar la automática relación que algunos parecen hacer entre sistema y rendimiento.

**Tabla 1. Relación entre el volumen necesario para evapotranspiración VEt y el volumen enviado para su satisfacción Vsu Estudio realizado en 38 zonas regables españolas, totalizando 0,64 Mha**

Método	$R = V_{Et} / v_{su}$	CV
Superficie	0,54	0,42
Presión	0,80	0,27

Fuente: KRINNER *et al.* (1994).

**Tabla 2.**  
**Resultados de evaluaciones de la eficiencia del riego en California**

Método	Evaluaciones	Ra	$\sigma$
Aspersión	164	0,69	0,13
Máquinas de riego	57	0,81	0,11
Aspersión bajo copa de árboles	28	0,81	0,18
Goteo	458	0,76	0,18
Surcos	157	0,66	0,14
Tablares	72	0,80	0,14

Fuente: HANSON *et al.* (1995).

Para lograr un buen manejo del riego, son necesarias las siguientes operaciones.

### 3.3.1. Programación del riego

Es el primer paso para obtener un riego de calidad, con un buen aprovechamiento del agua, sin malgastar tan preciado y escaso elemento. La programación debe determinar con exactitud cuando y cuanto hay que regar, de manera que se aporte en cada momento el agua que realmente necesita la planta, con el fin de obtener la producción prevista.

Se han hecho grandes avances en la programación de los riegos durante los últimos años, partiendo de las siguientes metodologías y tecnologías:

- Métodos para conocer y estimar la *Et* del cultivo.
- Balance de agua en el suelo.
- Indicadores de estrés hídrico, utilizando las más modernas herramientas.
- Estudios de funciones de producción.
- Modelos de simulación.

Como consecuencia se han desarrollado un gran número de métodos para determinar los aportes hídricos, que cada vez van siendo más utilizados. Los servicios de asesoramiento al regante tienen cada vez mayor importancia, a medida que se dispone de mayor cantidad de datos fiables, que permiten una exacta programación de riegos.

El nivel tecnológico del regante determina la elección del sistema para determinar la ya citada programación. En la actualidad se puede decir que los basados en el balance de agua en el suelo son los más utilizados.

1. Con baja tecnología se suelen utilizar calendarios de riego, según condiciones medias de suelos, clima y producciones previstas para los cultivos.
2. Un paso adelante es utilizar para la programación observaciones de diferente índole. Las más habituales usan datos climáticos, de estrés hídrico en las plantas, de cantidad de agua en el suelo y de crecimiento de hojas y tallos. Para ello se ha desarrollado una amplia gama de sensores.
3. Finalmente usar modelos de programación, según datos experimentales. Estos pueden ser en tiempo real o obtenerse de campañas anteriores.

En general, el uso de modelos se ha demostrado que suele ser de difícil utilización para los agricultores, salvo en ciertos casos de disposición de gran tecnología. En especial los modelos en tiempo real, debido a la dificultad de disponer y de manejar adecuadamente los datos.

A pesar de los adelantos conseguidos, sigue siendo necesario seguir las investigaciones, especialmente para ciertos sistemas de riego y situaciones especiales de falta de agua o de mala calidad de la misma.

### 3.3.2. Seguimiento de los riegos

Partiendo de un sistema de riego correctamente diseñado no es posible prever analíticamente, con exactitud, los resultados reales del riego, debido al gran número de factores que pueden influir. Muchos de ellos están fuera del campo del proyecto, o bien han modificado alguno de los parámetros iniciales. Entre los más habituales podemos señalar: cambios de cultivo o de variedad, marco o fecha de plantación, desgaste de equipos, roturas, etc. Para asegurar una correcta aplicación del agua en parcela es necesario efectuar un seguimiento del riego.

El regante que, como ya se ha dicho, debe conocer a fondo su instalación para poder obtener las mejores prestaciones de la misma, es el principal interesado en lograr un riego de calidad... Por ello debe efectuar un seguimiento de los riegos con el fin de:

- Confirmar que la programación es adecuada a las condiciones reales.
- Conocer posibles incidencias que obliguen a modificar el riego para;
- Evitar pérdidas productivas;
- Efectuar los necesarios trabajos de conservación y mantenimiento;
- Comprobar el buen estado de la instalación, efectuando las necesarias evaluaciones de riegos.

Este punto también debe ser comprobado por la Administración, que debe conocer exactamente la situación real. Es evidente, sin embargo, que estas comprobaciones no se pueden hacer desde los despachos. Por su gran importancia, repetimos que son necesarios técnicos cualificados, no sólo titulados sino con experiencia, trabajando localmente.

### 3.3.3. Evaluación del riego

La evaluación del riego permite conocer, o por lo menos estimar con buena aproximación, las aportaciones reales existentes para cada tiempo de aplicación, así como, en general, las pérdidas por filtración profunda. Las informaciones así obtenidas pueden ser utilizadas para cuantificar los excesivos o deficientes aportes y así poder modificarlos. Muchas veces será posible lograr un ahorro de costes, de gran importancia en la economía de la explotación, aunque éste no sea el fin principal de la evaluación. También servirá para mejorar nuestras futuras instalaciones y compararlas con otras en funcionamiento, buscando una mejor eficiencia en las condiciones específicas de campo.

Las evaluaciones son pruebas de campo que, generalmente, nos suelen indicar la uniformidad de distribución del agua, de principal importancia en una adecuada eficiencia de aplicación en parcela y deben servirnos para poder mejorar el riego. Pero, como ya hemos dicho, esta primera premisa debe ir acompañada por un adecuado manejo del riego, con el fin de conseguir una adecuada productividad del cultivo.

La aplicación del agua, prevista inicialmente con buena uniformidad, sufre una serie de variaciones con el paso del tiempo, el desgaste de las instalaciones y posibles deficiencias en el manejo. Estos cambios no se suelen advertir hasta que alcanzan cierta importancia y, en general, perjudican al cultivo aportando menos

agua de la necesaria. Por esta razón, una evaluación o seguimiento, que permita conocer los cambios que se pueden producir, tiene gran importancia para lograr mantener los parámetros previstos y la calidad del riego.

Simultáneamente se puede detectar cualquier funcionamiento defectuoso del sistema de distribución de agua, debido a posibles roturas, falta de presión y un largo etc. de otras causas, que se pueden determinar y localizar con bastante precisión, posibilitando un rápido arreglo de la anomalía y el retorno a las condiciones normales de servicio.

De los resultados obtenidos se puede deducir bien la necesidad de efectuar cambios en el manejo del riego o de modificar la instalación. En el primer caso se pueden efectuar sobre la marcha, mientras que en el segundo es necesario esperar, como mínimo, al final de la campaña, siempre y cuando las disponibilidades económicas lo permitan. Por lo general se tiende, por imperativos económicos a obviar los defectos del segundo caso, modificando el manejo del riego.

Las evaluaciones deben efectuarse en parcelas representativas del área a estudiar y, dentro de ellas, la toma de datos se efectuará en puntos también representativos del conjunto del riego. A veces es conveniente efectuar alguna medida complementaria para comprobación, especialmente en caso de disparidades, disminuyendo la posibilidad de errores, tanto experimentales como de toma de datos.

Deben efectuarse de manera periódica, salvo que el seguimiento de los riegos recomiende la realización inmediata. En general, requieren un trabajo de campo específico que, por su importancia e interés, está normalizado. Habitualmente no son realizadas por los regantes, ya que necesitan personal especializado, así como un tratamiento adecuado de los datos de campo, para obtener resultados que nos indiquen, con exactitud, como se está actuando.

### 3.3.4 Mantenimiento de los equipos y conservación de los sistemas

Todos los equipamientos y sistemas de cualquier actividad sufren desgastes y degradaciones que producen variaciones en sus prestaciones. Pueden, en caso de un deterioro progresivo, llegar a producir graves averías. Los destinados al riego no son una excepción.

Las labores de mantenimiento y conservación son imprescindibles para que no disminuya la calidad del riego. Generalmente se considera que mantenimiento y conservación son la misma función, pero la realidad es que son bastante diferentes, especialmente en casos de gran desarrollo tecnológico.

Según el diccionario, mantener es proveer del alimento necesario, es decir aportar los medios para poder funcionar normalmente y conservar es cuidar de su permanencia, es decir aportar los elementos para evitar su deterioro. Dos ejemplos típicos pueden facilitar su comprensión: mantenimiento es el cambio de aceite de un motor y conservación es el tratamiento anticorrosión de una pieza metálica.

Cuanto más sofisticado es el sistema empleado más necesarias son estas actuaciones, pues cualquier pequeña anomalía puede provocar grandes diferencias en el resultado previsto y las posibles averías resultar muy caras.

Es evidente que estas operaciones tienen un coste, razón por la cual, en ciertos casos, no se realizan, provocando, *a posteriori*, graves problemas debido a la disminución del rendimiento de riego. La consecuencia es, entre otras, un mayor despilfarro de agua, de la que estamos, en general, tan necesitados.

Es el caso típico de los regadíos tradicionales, con cánones de uso del agua pagados por hectárea. Muchas veces el bajo precio de los mismos no cubría los gastos de las necesarias reparaciones, por lo que éstas no se realizaban ni por parte de los usuarios ni, lo que es más grave, por parte de los organismos estatales competentes. En esas condiciones era difícil conseguir ahorrar agua.

El mantenimiento debe efectuarse de una manera periódica y rutinaria a lo largo de todo el año, incluida la temporada de riegos. Generalmente son operaciones no muy importantes, de poca duración, que no impiden seguir regando. Suelen hacerlas los usuarios y las comunidades de regantes.

Las operaciones de conservación, generalmente operaciones de mayor importancia, deben estar previstas y se realizan, generalmente, fuera del periodo de riegos. Tienen importancia en las infraestructuras, sobre todo en bombeos y redes de distribución y de riego.

Normalmente, en las redes principales y secundarias deben ser realizadas por los organismos de cuenca, especialmente en las obras de interés general del Estado, lo que exige que esas partidas sean incluidas en los correspondientes presupuestos, con el consiguiente papeleo administrativo.

En las redes terciarias, explotadas por usuarios o comunidades de regantes, corresponde a éstos su realización, con menos trabas administrativas. Por esta razón suelen estar mejor conservadas.

Se debe hacer especial hincapié en la revisión de las partes móviles de los sistemas de riego, que son las que más desgaste sufren y cuya vida útil es menor. Los sistemas auto propulsados deben ser revisados con mayor frecuencia, sin olvidar los aspersores, válvulas, reguladores, sensores y un largo etc. de otras herramientas.

De la misma manera, sería conveniente establecer una inspección técnica para que antes de la campaña de riego se realice una puesta a punto del funcionamiento de la red y, en especial, de sus elementos de regulación y control. En las redes a presión, los pilotos reguladores de presión y limitadores de caudal, presentes en cada acometida de regante, con frecuencia no están tarados adecuadamente o no funcionan, a veces simplemente por haber entrado aire en el circuito de control. Ésta podría ser supervisada, financiada y asistida total o en parte por organismos públicos.

Las bombas y estaciones de bombeo deben ser objeto de especial atención, para evitar que su deterioro aumente las necesidades energéticas. Por esta razón, de gran importancia, como hemos visto anteriormente, Europump (Asociación Europea de Fabricantes de Bombas), creó en 1997 un grupo de trabajo denominado *Enersave*, con el fin de optimizar los sistemas de bombeo. Para ello, recomienda un buen mantenimiento, que califica de preventivo, así como la necesidad de una vigilancia continua para evitar, sin perder tiempo, cualquier funcionamiento defectuoso.

Se deben efectuar observaciones diarias, para poder detectar ruidos extraños, cambios de temperatura, de caudal o de altura manométrica, etc., demostrativos de un mal funcionamiento, evitando que las anomalías vayan en aumento.

Anualmente, una vez acabada la campaña de riegos, efectuar inspecciones más completas, comprobando tolerancias en las alineaciones de los ejes y en el prensa estopas, niveles de desgaste de las diferentes piezas, especialmente de las móviles, así como cualquier otra revisión, especialmente la del bobinado del motor, cuando éste es eléctrico.

Como máximo, cada cinco años, desmontar y revisar por completo todo el grupo motobomba, así como los aparatos de control.

Con el fin de asegurar los costes de mantenimiento y conservación, se podría tener en cuenta, al igual que se hace en otros ámbitos, la posibilidad de extender la garantía de las obras e instalaciones por toda la vida útil del proyecto, de tal manera que los costes de conservación quedarían cubiertos, siempre que se realizasen las operaciones de mantenimiento oportunas y convenientes. Por lo que, en este caso, podría asegurarse el coste anual de la red en lo que a mantenimiento y conservación respecta. La valoración del coste de extensión de garantía debe abordarse con criterios como los que emplean en el ámbito de los seguros.

El cubrir el coste de conservación mediante un seguro es un aspecto que podría ser tenido en cuenta, ya que tiene interés desde dos puntos de vista. El primero consiste en que se obligaría a realizar el mantenimiento como condición imprescindible para que dicho seguro fuese efectivo y, el segundo, en que los costes de mantenimiento y conservación serían fijos, sin imprevistos.

### 3.3.5. Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR)

Conviene que quede claro que los esfuerzos que acabamos de indicar sólo darán todos sus frutos si el conjunto de las operaciones de riego se realizan en las mejores condiciones. Como el regante no tiene que conocer a fondo todos los puntos tratados, es conveniente que disponga de un asesoramiento, que debe aportarle los datos reales que son necesarios para un correcto funcionamiento de su instalación.

Dicho asesoramiento debe ser especializado y específico de cada explotación, siendo recomendable que esté documentado en observaciones y experiencias de campo.

Para cumplir a la perfección estas funciones, las principales actividades del SAR pueden resumirse en 2 grandes grupos:

#### **1. Formación e información**

Se incluyen las actividades siguientes:

- Programación de riegos.
- Manejo de los mismos.
- Uso adecuado de productos fertilizantes y sanitarios.

- Conservación y mantenimiento de las instalaciones.
- Estudio de tarifas de agua y electricidad.
- Divulgación de novedades técnicas.
- Formación del regante.

Éstas tres últimas van adquiriendo, actualmente, mayor importancia, debido a las innovaciones que, cada vez, se van imponiendo, pues permiten una mayor competitividad de la producción agrícola.

## 2. Seguimiento y control del riego

- Calidad del agua.
- Salinidad del suelo.
- Prácticas de riego.
- Evaluación de los riegos.

Todas estas informaciones deben aportarse a los regantes, bien individualmente o bien a las comunidades. En este último caso la transmisión suele ser mucho más fácil.

El SAR debe aportar a los usuarios de los regadíos, tanto de los rehabilitados como de los tradicionales, todos los datos necesarios para lograr una mayor eficiencia en las operaciones de riego. Para ello se debe informar de las necesidades de agua de los cultivos, de la mejor programación en función del método aplicado, de las necesidades de fertilización y un largo etc. de otros parámetros. Debería dar, así mismo, recomendaciones para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones y controlar las posibles deficiencias que puedan producirse.

La transmisión de todos estos datos debe efectuarse con tiempo suficiente para poder ser utilizados en el momento oportuno. Por ello, la comunicación debe ser fluida, facilitada actualmente por los grandes avances técnicos en esta materia: radio, módem, teléfono móvil, etc.

Conviene mencionar que para que el apoyo al regante fuese más efectivo, los técnicos del SAR deberían requerir información medida sobre las operaciones de riego. Es particularmente importante la información sobre la forma en la que se ha distribuido el volumen en cada comunidad de regantes. Aquí, podría surgir un

tema de controversia, que consiste en si estos servicios son de apoyo y actuarían cuando las comunidades de regantes los solicitaran, o son de vigilancia y apoyo y tendrían también autonomía propia. Sin duda, serían más efectivos en el segundo de los casos, así como más caros, debido a que deberían gestionar más cantidad de información.

Parece lógico que, además de asesorar, debería haber responsables que fijaran justificados objetivos anuales y planes de actuación para su consecución en sus zonas de influencia. Para lograr mayor eficacia en este cometido, el personal de los servicios de asesoría debería estar en estrecha colaboración con el de investigación, desarrollo e innovación. Como consecuencia, podrían compartir, en parte, instrumentación y parcelas piloto, buscando el mejor servicio al regante.

#### 4. Epílogo

Como hemos visto, la consecución de un regadío de calidad requiere una serie de actuaciones en las que deben implicarse todos los responsables, desde el más humilde regante hasta los máximos responsables de la Administración.

El esfuerzo que se debe realizar, con coordinación, permitirá alcanzar unos buenos resultados del riego, condicionados a la utilización de las nuevas tecnologías y a la existencia de unas estructuras especializadas, con personal adecuadamente preparado. Dichas estructuras, nacionales, autonómicas o locales deben ser conscientes de la importancia de su labor y conocer a fondo las innovaciones que se produzcan.

Pero debido a la multitud de variables de todo tipo que inciden en la determinación de las dosis y frecuencias óptimas de riego, este logro sólo será posible con actuaciones a pie de parcela. Debe quedar claro que es muy difícil extrapolar válidamente datos de cultivos, de terrenos, de parámetros climatológicos, etc., tratando de aprovecharlos en otras circunstancias o con otros condicionantes.

Todas estas actuaciones deben estar bien estudiadas, si se quiere lograr el resultado apetecido que, evidentemente, tendrá un coste, cuyo importe, muy inferior al beneficio que se va a obtener, debe estar previsto. Pequeños ahorros en estas partidas pueden hacer que se obtengan malos resultados. A este respecto conviene recordar el dicho popular del *chocolate del loro*.

En resumen, es la única forma de conseguir, en un futuro, un regadío sostenible que, al mismo tiempo, sea más competitivo a nivel mundial. Así mismo, los regantes verán aumentar la rentabilidad de su trabajo, fin primordial en toda actividad humana.

## Referencias bibliográficas

- > AGUILERA, F. (ed.) (2008), La nueva economía del agua.
- > ASTEE. Coord. Tanini, P. (2005), Les stations de pompage d'eau. Editions TEC-DOC. Paris.
- > BARRANCO, L. *et al.* (2009), Impacto del cambio climático en los recursos hídricos en España. Jornadas de ingeniería del agua. 27-28 de octubre. CEDEX. Madrid.
- > BOS, M.G. AND NUGTEREN, J. (1983), On irrigation efficiencies. ILRI. Wageningen. The Netherlands.
- > CASTAÑÓN, G. (2000), Ingeniería del riego: Utilización racional del agua. Paraninfo-Thompson Learning. Madrid.
- > CASTAÑÓN, G. (2008), Problemática del agua en el nuevo milenio. Revista de ACTA nº 49. pp 25-31.
- > CASTAÑÓN, G. (2008), El regadío del siglo XXI. Smagua. Zaragoza, marzo de 2008. Publicada en Tecnoambiente nº 182, pp. 39-45.
- > CASTAÑÓN, G. (2008), Modernización del riego en parcela. Conferencia Internacional de Energías Renovables y Tecnología del Agua. (CIERTA). Almería
- > CASTAÑÓN, G.; JUANA, L.; RODRIGUEZ, L. y SANCHEZ, R. (2008), Mejora del riego. Congreso Mundial de Ingenieros Agrónomos. Madrid.
- > CASTAÑÓN, G. (2009), Agua y regadío sostenible. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible. Fundación Cajamar, pp. 33-59.
- > CASTAÑÓN, G. (2009), Cómo...conocer, valorar, conservar y ahorrar agua. Creaciones Copyright. Madrid.
- > COROMINAS, J. (2009), Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. Jornadas de Ingeniería del Agua. 27-28 de Octubre. CEDEX. Madrid.

- > ESQUIROZ, O. PUIG, J. (2001), Optimización económica de instalaciones de riego en parcela. XIX Congreso nacional de Riegos. Zaragoza. 12-14 de junio de 2001.
- > ESTEVAN, A. NAREDO, J. M. (2004), Ideas y propuestas para una nueva política del agua en España. Bakeaz.
- > FENACORE (2009), La aplicación de un IVA reducido, casi una realidad. Boletín Intercuencias nº 20. Junio 2009.
- > FUNDACION ARGENTARIA (1997), La Economía del agua en España. Colección Economía y Naturaleza. Madrid.
- > HANSON, B. R. (1995), Practical potential irrigation efficiencies. Proceedings of the. Aug. 14-18, First International conference on Water Resources Engineering, San Antonio.
- > IDAE (2005), Ahorro y eficiencia energética en agricultura de regadío. Madrid.
- > IDAE (2008), Protocolo de auditoría energética en Comunidades de Regantes. Madrid. Ministerio de Industria, comercio y Turismo.
- > JUANA, L.; SÁNCHEZ, R.; RODRÍGUEZ-SINOBAS, L. y LAGUNA, F. (2009), "Probability of pressure deficit in on-demand branched networks and incorporation into design decisions". Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. Vol 135(2), pp. 185-199.
- > JUANA, L.; SÁNCHEZ, R.; RODRÍGUEZ, L. y CASTAÑÓN, G. (2008), "Proyecto de unidades de riego por goteo: Presión óptima y coste de la uniformidad". XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca. 24-26 de junio de 2008.
- > JUANA, L.; LAGUNA, F.; SANCHEZ, R.; GIL, M. y CASTAÑÓN, G. (2009), Criterios para el proyecto y la gestión de una red ramificada de riego a la demanda. Jornadas de ingeniería del agua. 27-28 de octubre. Cedex. Madrid.
- > KRINNER, W.; GARCÍA, A. y ESTRADA, F. (1994), "Method for Estimation Efficiency in Spanish Irrigation Systems". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Vol. 120(5), 979-986.
- > LAMO DE ESPINOSA, J. (2000), El regadío español en un mundo globalizado.
- > MAPA (2001), Plan Nacional de Regadíos: Horizonte 2008. Políticas y directrices. Madrid.

- > MERRIAM, J. L. y KELLER, J. (1983), *Farm Irrigation Systems Evaluation. A Guide for Management*. Utah State University. Utah.
- > PLANELLS, P.; CARRION, P.; ORTEGA, J. F.; MORENO, M. A. y TARJUELO, J. M. (2005), "Pumping Selection and Regulation for Water-Distribution Networks". *J. of Irrig. and Drainage Eng. ASCE* 131 (3): 273-81.
- > SANCHEZ, R.; JUANA, L.; LAGUNA, F.; CASTAÑÓN, G. y RODRIGUEZ, L. (2008), *Consumo de energía con bombas de velocidad variable*. XXVI Congreso Nacional de Riegos. Huesca, 24-26 de junio de 2008.
- > SANCHEZ, R.; JUANA, L.; LAGUNA, F.; GIL, M.; CASTAÑÓN, G. y RODRIGUEZ, L. (2009), *Organización de turnos para la optimización energética de redes colectivas de riego a presión*. Jornadas de ingeniería del agua. 27-28 de octubre. CEDEX. Madrid.
- > SANTOS PEREIRA, L. (2007), *Uso sustentavel da agua e convivencia com a escasez: revisitando conceitos e indicadores*. *Ingeniería del agua*. Vol 14. Nº 3, pp. 237-250.
- > STERN, A. (2007), *Informe Stern. La verdad sobre el cambio climático*. Paidós.
- > VEIGA, L. (2009), *Los problemas del agua en tiempos de cambio*. CUIDES. Fundación Cajamar. Almería. Abril 2009, pp.205-215.
- > WALSKI, T. *et al.* (2003), "Some Surprises in Estimating the Efficiency of Variable-Speed Pumps with the Pump Affinity Laws", *World Water and Environmental Resources Congress* 2003.

