

MARCO TÉCNICO A LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Alberto Losada
Universidad Politécnica de Madrid

1. Introducción

El desarrollo económico hace que el abanico de demandas del recurso natural agua sea cada vez más amplio y activo. A esta tendencia se contraponen el hecho de que la disponibilidad es limitada. Los consecuentes problemas relativos a su oferta van ligados a riesgos de que se agrave la creciente competencia entre sus usuarios. Por tratarse de un recurso esencial para la vida, estos efectos pueden trascender de ámbitos económicos, hasta el extremo de amenazar la propia supervivencia en extensas regiones, al menos en la forma que hoy la concebimos. Ante tales expectativas, no puede sorprender que la conciencia social imponga controles estrictos a sus usos. En particular, al uso para el *riego*¹, cuya importancia conviene relacionar con el volumen de agua que requiere y con sus impactos económico y ambiental.

En zonas de clima mediterráneo, como la mayor parte de España, el regadío representa un sector cuya supervivencia depende de una importante *dotación* de agua. Ésta puede ser del orden de 5.000 a 10.000 m³/(ha año). En algo más de tres millones de hectáreas bajo riego en toda España, la *demanda bruta* de agua alcanza así alrededor del 80% de la demanda que todos los diversos usos hacen gravitar sobre los recursos hídricos disponibles².

Sólo una fracción del agua utilizada por los *sistemas de riego* escapa a la atmósfera, por *evaporación* y *transpiración*. Otra fracción de ese agua que se destina a satisfacer tal *uso consuntivo* no llega a ser consumida, sino que se reintegra a los cursos naturales y puede quedar disponible para otros usos. Aunque las estimaciones al respecto son demasiado aventuradas y poco

¹ Ver glosario.

² Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT, 1993), *Plan Hidrológico Nacional*, Memoria.

generalizables, puede afirmarse que el regadío se comporta como sumidero de una parte importante de los recursos hídricos disponibles³.

La capacidad de la agricultura del riego para resistir los intereses de usuarios competitivos se relaciona con la importancia de la economía que sostiene; pero ésta, como la de todo el sector agrario, en general, parece ir cediendo algún terreno. Sigue teniendo cierta validez aquel argumento que fundamenta la importancia del regadío en una comparación de su producción con la del valor total cosechado, que suele ser reforzado haciendo destacar el pequeño porcentaje que la superficie regada representa respecto al total de todas las tierras cultivadas; pero relaciones de ese tipo pierden fuerza cuando no son ponderadas con la respuesta económica de cada unidad productiva. Así, se dan cifras, que se generalizan para toda España, apuntando a que sólo el 15% de su total cultivado lo está en regadío, pero que basta para producir cerca del 60% de la producción agrícola total⁴. Lógicamente, tales porcentajes no pueden significar un reconocimiento a la capacidad de todas las zonas regables para competir por el agua en un mercado libre en que este recurso sea un factor de producción más.

Otro hecho de reconocida importancia es que el agua es uno de los medios de transporte que más puede contribuir a preservar el ambiente natural; pero conviene contraponer esta observación con la de que su uso inapropiado puede deteriorarlo. A este respecto, y también con relación a la administración del agua de riego, muy ligada a la de diversos productos fertilizantes y fitosanitarios, debe destacarse que la fragilidad ambiental de los *dominios hidrográficos* naturales es muy sensible a su impacto.

En línea con las consideraciones indicadas, el regadío ha perdido el atractivo que tuvo antaño, hasta tiempos muy recientes, cuando aún se le consideraba punta de lanza para abrir caminos de redención al mundo rural. Al menos, en España. Por el contrario, debido al cambio de preocupaciones sociales, destinar al riego la mayor parte del agua disponible tiene hoy una imagen de despilfarro al que hay que poner freno.

A las observaciones arriba enunciadas se presta una atención que puede evolucionar con las circunstancias, y cabe esperar que las perspectivas actuales de los diversos usos del agua se modifiquen con los cambios tecnológicos, demográficos y, en general, económicos; pero también es razonable esperar que el futuro que les aguarda estará siempre muy condicionado por una sensibilidad social creciente a todo uso injustificado. Se hace pues indispensable que el regadío del futuro sepa responder adecuadamente a las limitaciones cada vez más estrechas impuestas a los regantes

³ KRINNER, W., A. GARCÍA, y F. ESTRADA (1994), «Method for Estimating Efficiency in Spanish Irrigation Systems», *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120 (5): 979-986.

⁴ Secretaría General de Desarrollo Rural y Conservación de la Naturaleza (1995), *Avance del Plan Nacional de Regadíos*, Memoria, MAPA.

por una escasez relativa de agua disponible. El conocimiento del marco técnico de los riegos tiene interés por cuanto condiciona dicha respuesta. En los apartados que siguen, se comenta la evolución que las técnicas de manejo del agua de riego han venido experimentando y los límites que su desarrollo actual sigue hoy imponiendo al control de su uso.

2. El ámbito hidrológico de las técnicas de riego

Los poros del suelo y el aire atmosférico intercambian vapor de agua por evaporación, más o menos contrapesada por alguna *condensación*. De estar el suelo en cultivo, a este proceso de transmisión directa hay que añadir el que, indirectamente, tiene lugar desde el suelo hacia la atmósfera, a través de las plantas, sostenido por sus actividades de transpiración. El concepto de *evapotranspiración* integra ambos procesos, y su empleo se justifica por la dificultad de evaluarlos separadamente⁵.

La *precipitación* (o lluvia), la *infiltración* y la *escorrentía* son procesos de transporte que, junto a los de evaporación y evapotranspiración, describen la actuación del agua en la naturaleza. Se condicionan recíprocamente, y su planteamiento integrado tiene un carácter cerrado que justifica el concepto de *ciclo del agua*⁶. Se deduce así que todas las aguas superficiales y subterráneas de la Tierra forman parte de un dominio hidrográfico común. Asimismo, que el agua es un recurso natural renovable, pero limitado.

Como todo proceso de transporte, el del vapor de agua debido a la evapotranspiración de un *campo de riego* ha de ser tenido en cuenta al establecer el principio de conservación de la materia en el sistema físico correspondiente al *suelo radical*, aprovechado por las raíces. Dicho principio se expresa por la ecuación de continuidad, que tiene una utilización muy generalizada en hidrología, con la denominación de *balance hídrico*. Su planteamiento, aparentemente simple, consiste en expresar el equilibrio de los procesos enunciados en el ciclo del agua: la precipitación, el flujo subterráneo asociado a la infiltración, la evapotranspiración y la escorrentía superficial. La cuantificación de dichos términos caracteriza hidrológicamente el sistema considerado.

Las condiciones naturales pueden significar una aportación insuficiente o irregular de agua para la transpiración de las plantas, sustentada por la absorción radical. En consecuencia, pueden limitar el crecimiento y

⁵ JENSEN, M. E., R. D. BURMAN y R. G. ALLEN (ed.), (1990), *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, Nueva York: American Society of Civil Engineers.

⁶ CHOW, V. T., D. R. MAIDMENT y L. W. MAYS (1988), *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Nueva York (traducción castellana: *Hidrología aplicada*, Bogotá: McGraw-Hill Latinoamericana, 1977).

desarrollo vegetales. Con la práctica del riego, el cultivador trata de aprovechar buenas condiciones de suelo, luz y temperatura para asegurar la producción de plantas cuyas necesidades hídricas superan la aportación natural bien por lluvias bien por *filtraciones*.

Mediante la infraestructura de los sistemas de riego, el agua atajada en alguna fase de su ciclo natural es conducida a su *red de distribución* y, desde sus *tomas*, aplicada a las tierras de labor. Por otra parte, la red de *avenamiento* toma el exceso de agua y la descarga fuera del dominio hidrográfico considerado.

La *explotación* de sistemas de riego condiciona el movimiento del agua en la naturaleza. La fracción que utilizan para fecundizar los cultivos escapa a la atmósfera por evaporación y transpiración y representa un *consumo* cuyo uso inmediato para otros fines no es posible. Dichos sistemas se comportan pues como sumideros de recursos hídricos disponibles. Por diversas razones, la aportación de agua en cabeza de los sistemas de riego difiere de la *demanda atmosférica* (o *neta*) en sus campos de cultivo. Ésta suele ser estimada utilizando diversas fórmulas con fuerte apoyo experimental, y los resultados del cálculo se utilizan como base para estimar un valor de demanda bruta. En todo caso, la *dotación real* que el regante utiliza incluye, junto al agua que se consume, una fracción que se reintegra al sistema hidrográfico general, como *retorno*.

La condición de disolvente confiere al agua líquida la capacidad para transportar sustancias cuya presencia controlada puede ser beneficiosa pero que, en caso contrario, pueden dañar el medio natural. En el regadío, al impacto de fertilizantes y productos fitosanitarios, se añade el de las sales disueltas en el agua de riego⁷. De aquí, el interés de técnicas que asocian el concepto del balance hídrico con el del *balance de solutos* diversos. Puesto que la evacuación de sales asociada con el consumo de agua es insignificante, el balance salino y de contaminantes sólo puede ser controlado por *filtración profunda* o a través de la red de avenamiento.

El cálculo de la demanda de agua por los cultivos de regadío (sea neta sea bruta) y la *programación* de sus riegos, es decir, decidir cuándo regar y cuánta agua aplicar, no tienen solución determinada precisa y simple⁸, como tampoco la tiene el de cómo regar (*métodos de riego* y criterios de *operación*). Por el contrario, como es el caso de otras labores agrícolas, las prácticas de riego se desarrollan en un medio cuyas condiciones físicas son complejas. En particular, la problemática hidrológica de los sistemas de riego hace difícil el estudio analítico de las fases del ciclo del agua en los

campos de cultivo, lo que viene a significar que su análisis racional no llega a dar respuesta definitiva a los problemas que plantea.

Evidentemente, la *planificación* de los riegos está condicionada por la oferta de recursos hídricos. No es objetivo de este trabajo el estudio de técnicas hidrológicas para evaluar la disponibilidad de los mismos o para incrementarla. En todo caso, el futuro siempre incierto de la evolución de dicha oferta está condicionado a su vez por criterios económicos impuestos por la legislación de aguas y por la planificación hidrológica. Por lo que se refiere a España, ni el Plan Hidrológico Nacional ni el Plan Agrario de Regadíos han sido definitivamente acotados. Uno y otro determinarán el impacto de la utilización de fuentes alternativas a las provistas por obras hidráulicas convencionales. A este respecto, no han pasado aún de una etapa incipiente las aplicaciones al riego de diversas técnicas de *desalación*, quizá por su coste. Sí parece ir ya encontrando un mayor campo la reutilización directa de aguas residuales⁹, aunque representan menos del 0,5% de la demanda total.

3. Las prácticas de riego en su contexto histórico

El desarrollo histórico agrícola muestra que los avances técnicos del riego han sido debidos, en gran medida, a la experiencia y, hasta tiempos relativamente recientes, no han recibido apoyos que merezcan otra consideración. Todavía, a diferencia de lo que ya es normal en la ciencia hidráulica moderna, cuyo carácter más racional sustenta el estudio de los procesos de transporte en las redes de riego, el estudio de los complejos fenómenos naturales relacionados con el riego sigue necesitando de aquel recurso. En particular, el estudio del movimiento del agua en el suelo y el del manejo del agua de riego en campos de cultivo, cuya tecnología está condicionada, en general, por límites económicos relativamente estrechos. Por todo ello, sus aplicaciones se han resistido a abandonar la condición de arte fundamentalmente empírico. Para centrar el estado de este arte, es ilustrativo describir cómo han venido desarrollándose técnicas para manejar el agua de riego¹⁰.

Desde antiguo, la lucha por la subsistencia ante condiciones climáticas adversas ha aguzado el ingenio humano en la búsqueda de técnicas para asegurar la disponibilidad de agua. Numerosos restos de sillería, ladrillo y mortero indican cómo prevaleció, durante siglos, el uso común de esos materiales para diversas obras e instalaciones hidráulicas (*presas* y cisternas

⁷ TANJJI, K. K. (ed.), (1990), «Agricultural Salinity Assessment and Management», American Society of Civil Engineers, *Manuals and Reports on Engineering Practice*, n.º 71, Nueva York: ASCE.

⁸ DOOREMBOS, J., y W. O. PRUITT (1979), «Las necesidades de agua de los cultivos», *Estudios FAO: Riego y Drenaje*, n.º 24, Roma. Ver también programa CROP-WAT.

⁹ MUJERIEGO, R. (1990), *Riego con agua residual municipal regenerada*, Universitat Politècnica de Catalunya.

¹⁰ AL-MUDAYNA (1991), *Historia de los regadíos en España*, Madrid: MAPA.

o aljibes; minas, cimbras y galerías, para pozos; canales o acequias y acueductos). Dijo Vitruvio que «de tres maneras se puede conducir el agua: por zanjas mediante obras de albañilería, por cañerías de barro o por tuberías de plomo...». Los sistemas de almacenamiento y transporte tradicionales sólo experimentarían cambios sensibles, ya avanzada la edad contemporánea, con el desarrollo de materiales como fundición, hormigón y fibrocemento; pero desde mucho antes, fue preciso ensanchar el *espacio hidráulico* dominado por redes de distribución en *sistemas por gravedad*. A las antiguas técnicas de *azudes* y norias de sangre, de viento e hidráulicas, vendrían a añadirse en el último siglo las bombas.

En cuanto a criterios para administrar el agua de riego, los de uso más generalizado también seguían siendo muy tradicionales aún en la segunda mitad del siglo actual. A este respecto, hay que observar que, a su salida de España, los árabes ya habían dejado constancia de una notable experiencia en el arte de gestionar los riegos¹¹. La operatividad de su distribución proporcional, con *partidores*, y la terminología aún actual propia de su modularización («filas», o *hilas*), traen reminiscencias de otras técnicas ya utilizadas desde entonces. Tampoco la práctica del riego *por turnos* desmerece de procedimientos de programación mantenidos hasta muy recientemente, basados en el criterio de que el agua retenida en el suelo entre unos supuestos límites era igualmente disponible para las plantas. Sólo con la aplicación de riegos ligeros y frecuentes, que serían económicamente viables con modernos *sistemas fijos*, se tendría la evidencia de resultados productivos incompatibles con la validez de ese criterio.

A la problemática propia de los sistemas de almacenamiento y distribución, el marco del campo de cultivo añade la del régimen hídrico en el medio físico suelo-clima en que crecen y se desarrollan las plantas. Un sistema de riego debe facilitar la aplicación eficiente del agua a dicho campo, haciendo posible su distribución uniforme y precisa. Cuando los riegos se aplican *por superficie* (surcos e inundación) la técnica casi universal hasta hace medio siglo, aún preponderante hoy, las dificultades para manejar el agua se agudizan, debido a que su *modulación* en sistemas abiertos por gravedad es complicada y a que el propio suelo, en los *canteros*, forma entonces parte del sistema de distribución. La consiguiente pérdida de control sobre el agua, por parte del regante, habría de esperar soluciones con técnicas de *explanación* o de *nivelación* de precisión, ya en los años setenta.

Parte de los problemas relativos al manejo de redes de riego sería aliviada con *sistemas a presión*. El consiguiente control de *pérdidas* durante etapas de almacenamiento, regulación y transporte habría de mejorar las técnicas de uso del agua. Por otra parte, dichos sistemas se prestan a la

automatización de su funcionamiento y, en particular, a la distribución de riegos *a la demanda*, con lo que la oportunidad para aplicar el agua en campo podría ser una decisión discrecional, programable, del regante¹².

Con los sistemas a presión, pudieron desarrollarse los riegos *por aspersión*, que comenzaron a implantarse extensivamente el segundo cuarto del presente siglo; pero, debido al efecto de los vientos, la aplicación del agua al propio campo de cultivo seguiría quedando fuera de la capacidad de control del usuario. Además, una gran fracción de suelo no cultivado habría de ser humedecida, produciendo pérdidas por evaporación. Finalmente, sería necesario aplicar *riegos* excesivos, en correspondencia con la falta de *uniformidad*, con el fin de producir una humectación suficiente.

En tiempos recientes, se han generalizado técnicas para la aplicación simultánea de agua de riego y sustancias disueltas o en suspensión, tanto fertilizantes (lo que justifica el término *fertiriego*) como productos fitosanitarios. Para su aplicación frecuente, es indispensable la utilización de sistemas a presión fijos, o con máquinas autotransportadas. Con servicio a la demanda, dichos sistemas ofrecen flexibilidad para aplicaciones ligeras y responder adecuadamente a la cambiante intensidad de demanda atmosférica. Mejoran así las perspectivas del riego automático, ya que la frecuencia de aplicaciones no implica incremento de mano de obra. El cultivo se beneficia de un régimen hídrico y de fertilizantes en el suelo radical con pequeñas oscilaciones, y se reducen los capítulos de escorrentía y filtración.

Para hacer aún más operativa y eficiente la gestión conjunta de agua y de fertilizantes sería preciso esperar a los *riegos localizados*, *por goteo* y por *microaspersión*. Uno y otro son aplicados con sistemas a presión fijos, que fueron económicamente competitivos gracias, sobre todo, al desarrollo de los plásticos.

En el momento de su aparición, no era imaginable la transformación que iban a producir los plásticos en la tecnología del riego, al hacer posible la fabricación de geomembranas, mallas, películas y conductos capaces de asegurar la estanqueidad de *balsas* de almacenamiento y regulación y redes de distribución; pero donde su impacto ha significado una más radical transformación de técnicas de riego ha sido en el propio campo del regadío, al hacer operativa la aplicación frecuente de riegos localizados, con un potencial difícilmente previsible, *a priori* para ajustar las operaciones de riego a las conveniencias del cultivo, por una parte, y para ahorrar agua, por otra. Y, precisamente, en una técnica, como todas las de riego, notablemente consumidora de agua.

¹¹ GLICK, T. F. (1988), *Regadío y sociedad en la Valencia medieval*, Valencia: Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Cultural y Educativa.

¹² BONNAL, C. (1963), *Manuel d'irrigation collective par aspersión*, OCDE, París (trad. cast. *Manual de Riego Colectivo por aspersión*, Conf. Hidrog. del Taio, 1969).

Los resultados funcionales sobresalientes de los riegos por goteo se relacionan con la posibilidad de aplicar el agua frecuente y discrecionalmente, mediante sistemas fijos consistentes en una densa red de tuberías con emisores de riego de pequeño gasto. Su aportación depende sólo de las condiciones de trabajo del sistema hidráulico de la red de distribución, y no de las condiciones edáficas o climáticas. En consecuencia, a diferencia de los riegos por superficie y por aspersión, la uniformidad del riego por goteo está sólo condicionada por la estructura y dimensionamiento del sistema, por la calidad de su material (ramales y boquillas, en particular), y por las variables de operación (presión en cabeza y tiempo de aplicación). Por otra parte, puesto que el suelo sólo se moja parcialmente, se reducen pérdidas por evaporación.

La técnica del riego por goteo ha mostrado una idoneidad para un tipo de agricultura muy competitiva, como ha quedado bien de manifiesto en regiones cuyo sector agrícola, tradicionalmente postergado, ha llegado a alcanzar, gracias a las mismas, una productividad notable. De hecho, su adecuación a circunstancias muy adversas quedó patente en tierras que difícilmente encontraban alternativas agrícolas viables. Fue en suelos ligeros y de poca calidad regados con aguas salinas donde, por primera vez, ya en la década de los sesenta del siglo actual, la implantación moderna de los riegos por goteo logró superar dificultades planteadas a riegos convencionales¹³. Hoy resulta fácil, *a posteriori*, analizar las razones de la espectacularidad de los resultados en cuanto a la gestión racional del agua de riego administrada por goteo; pero es probable que, sin los resultados proporcionados en campo con dichos sistemas, algunos planteamientos previos, erróneos, sobre programación de riegos hubieran requerido más tiempo y presentado más dificultades para ser superados. Dichos resultados han obligado a rechazar criterios fuertemente arraigados que trataban de dar respuesta excesivamente simple a las relaciones de producción de los cultivos, en relación con su medio físico.

También en relación con las técnicas de riego, los materiales plásticos han hecho viables otras técnicas complementarias propias de *cultivos forzados* en sistemas de producción semicontrolados. Excelentes unidades de referencia son diversas variantes de cultivo bajo *invernadero* cuyo uso está mostrando una notable expansión en la costa mediterránea¹⁴. Aquí, como en otras regiones del mundo cuyas condiciones ambientales naturales son particularmente extremas en lo que se refiere a suelos y aguas, esas instalaciones representan una aproximación notable hacia una gestión racional, flexible y programable de agua y fertilizantes. Las técnicas que lo consi-

guen se basan en proporcionar un cierto aislamiento al medio físico que rodea tanto a las raíces como a la parte aérea del cultivo:

- En primer lugar, las raíces reciben el agua y la fertilización aplicada por goteo a través de un suelo *enarenado*. Alternativamente a esta técnica se utilizan cajas o fundas de plástico para contener el suelo o algún sustrato o, simplemente, para cumplir sus funciones de sostén físico y de intercambio de agua y nutrientes. Es el caso de técnicas que, en esencia, llegan a reducirse al empleo de una lámina de solución nutritiva que se deja escuchar entre las raíces¹⁵. Cuando el agua de rechazo es recuperada, toda el agua distribuida por el sistema de riego es útil. En consecuencia, el aprovechamiento del agua y de los fertilizantes aplicados queda sujeto a un control difícilmente superable.

- En segundo lugar, se procura un ambiente semicontrolado alrededor de la parte aérea del cultivo, lo que tiene otro impacto notable en la conservación del agua: la atmósfera circundante queda semiconfinada, protegida frente a las condiciones ambientales exteriores mediante un cerramiento de plástico consistente en una placa, lámina o película. Al quedar limitado el efecto de las variables del exterior, tales como presión de vapor y vientos, dicho cerramiento controla los términos del balance hídrico relativos a la evapotranspiración.

La importancia del resultado conjunto de los modos de producción indicados queda reflejada en el escaso consumo de agua de la agricultura intensiva, muy productiva, que así puede practicarse.

Los medios técnicos disponibles contribuyen a intensificar la explotación de reservas hídricas a su alcance. A veces, hasta arriesgar la permanencia de la riqueza agrícola producida. Es el caso de comarcas donde el efecto multiplicador del agua ha significado un regadío tan productivo que induce a los regantes a maximizar esa explotación hasta límites incompatibles con los recursos hídricos de que se dispone¹⁶. Se da así la paradoja de que el progreso tecnológico lleva a situaciones incompatibles con un *desarrollo sostenible*. A las expectativas económicas generadas con los avances técnicos se contraponen la tendencia a la *sobreexplotación* de los recursos hídricos renovables, especialmente los subterráneos, y esta es la amenaza de la naturaleza agredida a la frágil sostenibilidad de la floreciente agricultura que contribuyen a crear.

La intensificación de la demanda de agua, bien pertrechada en la respuesta económica de un mercado favorable, hace difícil el debido control de

¹³ GOLDBERG, D., B. GORNAT y D. RIMON (1976), *Drip Irrigation: Principles, Design, and Agricultural Practices*, Israel: Drip Irrigation Scientific Pub.

¹⁴ LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y J. M. NAREDO (1996), *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*, Madrid: Fundación Argentina y Visor Dis., S. A.

¹⁵ SCHRODER, D. SWARZ y R. KUCHENBUCH (1995), «Comparison of Biomass Production of Tomatoes Grown in Two Closed Circulating Systems», *Gartenbauwissenschaft*, 60 (6). S. 294-297.

¹⁶ RAMÓN MORTE, A. (1995), *Tecnificación del regadío valenciano*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, Serie Estudios.

un equilibrio entre la utilización de los recursos renovables con su disponibilidad absolutamente limitada. Excesos como los apuntados son técnicamente evitables, pero las soluciones son costosas, a corto plazo. En términos no sólo económicos, sino también políticos. Aunque su solución trasciende de los límites de este trabajo, su referencia aquí está justificada por cuanto refuerza la necesidad de enfocar la agricultura del riego a criterios de *ahorro de agua*.

4. Programación de riegos

En mayor o menor grado, la puesta en riego de tierras de cultivo consideradas regables habrá requerido la construcción del sistema de riego: obras de captación, almacenamiento, regulación y transporte, así como redes de distribución y avenamiento, instalación de obras mecánicas complementarias y, finalmente, explanación y corte de los tableros de riego. El término *sistematización* se aplica a la ejecución de ese conjunto de obras.

El potencial que muchos sistemas de riego ofrecen para controlar el uso del agua no es, en sí mismo, garantía de que ésta es aprovechada debidamente. Lógicamente, su estructura funcional debe facilitar una aplicación flexible de los riegos, y éste puede ser un objetivo de la *reforma o modernización* de obras e instalaciones de sistemas tradicionales; pero los resultados de su explotación dependen también de los criterios adoptados para su manejo, es decir, de los métodos para distribuir los módulos disponibles y, muy en particular, de las técnicas para programar los riegos y aplicarlos a los campos de cultivo.

En principio, la frecuencia de riegos, la *dosis* o *lámina* adecuada a cada *tanda* y las variables de operación que definen un *calendario de riegos* (gasto y tiempo, en riegos por superficie, y presión y tiempo, en riegos a presión) serían estimadas en función de las condiciones previsibles de suelo, clima y cultivo. En la práctica, la problemática para detallar y ejecutar tales programas de riego es compleja. Por una parte, la variabilidad de circunstancias climáticas, edáficas, de cultivo y, en general, económicas hace que las respuestas a calendarios de riego preestablecidos sean difícilmente previsibles. Por otra parte, las estimaciones sobre dosis y frecuencia de riegos no pueden ser más que aproximadas, según se deduce de los criterios sobre los que se basa su cálculo. Y, en todo caso, estas decisiones vienen condicionadas por la capacidad de la red de distribución para atender las necesidades de los cultivos.

4.1. Demanda atmosférica de agua

El agua aplicada con los riegos que se infiltra en los canteros se redistribuye en el suelo y, en parte, filtra como agua líquida hacia horizontes profundos no aprovechados por las raíces. Al mismo tiempo, otra parte

pasa bien a la atmósfera, en fase de vapor, bien a formar parte de la planta, y una y otra fracción, juntas, representan el uso consuntivo, o agua que el sistema suelo-planta consume, irrecuperable.

El uso consuntivo de los cultivos durante el tiempo transcurrido desde el último riego es la base para determinar la aportación en que se va a materializar el riego siguiente, con el objetivo inmediato de limitar déficit con efectos negativos en la producción. Resulta fundamentalmente del consumo hídrico debido a la evapotranspiración real, pues la parte destinada a formar parte de la planta es comparativamente despreciable. Ahora bien, cuando la precipitación natural no produce la filtración profunda necesaria para el balance salino del suelo radical, debe aplicarse con el riego una aportación hídrica adicional que evite su salinización, para conservar su fertilidad. El *riego requerido* excede entonces a la demanda atmosférica de uso consuntivo, y este exceso constituye la llamada fracción de *lavado*.

La estimación de la evapotranspiración real se plantea en función del valor que puede esperarse en un cultivo dado en condiciones bien definidas (evapotranspiración de referencia). A tal efecto, se aplican fórmulas experimentales previamente contrastadas. En general, las condiciones de cultivo no son las tipificadas para la utilización directa de dichas fórmulas. Así, con suelo parcialmente cubierto, un cultivo no uniforme, una evaporación limitada, etc., resulta una evapotranspiración real que difiere de la de referencia. Para relacionar una y otra, se utilizan coeficientes de consuntivo del cultivo, que también han de ser determinados experimentalmente y cuya aplicación arriesga imprecisiones. Dichos coeficientes se refieren, específicamente, a cada cultivo y a sus estados de desarrollo, cuando éste no ha sido limitado por falta de agua y los riegos han sido aplicados con una frecuencia «normal».

El flujo del agua de transpiración desde el suelo a la atmósfera se produce con el transporte a través del suelo, la absorción por la raíz, el transporte a través del sistema hidrodinámico de la planta y la difusión de vapor a través de los estomas. Cada uno de los procesos enunciados puede constituirse en cuello que limita la intensidad del proceso conjunto, por debajo de la demanda atmosférica. Cuando este es el caso, se produce en la planta el llamado *estrés hídrico*, estado deficitario que anula en las células foliares su presión de turgencia. Con una presión foliar relativamente baja se manifiesta el *marchitamiento* (cierre de estomas). Queda entonces frenado el intercambio gaseoso de las hojas con la atmósfera, lo que repercute en la cantidad o calidad de cosecha.

Se suele admitir que la transpiración real de los cultivos es próxima a la máxima, bajo las condiciones hídricas «normales» con los riegos. Asimismo, que el estrés o la pérdida de turgencia que se produce con el marchitamiento reduce esa intensidad transpiratoria real hasta valores apreciablemente por debajo de los que la atmósfera demanda.

En cuanto a la evaporación, en una primera fase tras un riego que haya humedecido uniformemente un suelo muy profundo, el proceso es controlado por la demanda atmosférica. El hecho de que el suelo no presente una resistencia al transporte de agua puede significar una intensidad de evaporación próxima a la potencial (que se define para unas condiciones de referencia) y, por consiguiente, un coeficiente de cultivo próximo a la unidad. Lógicamente, este valor es afectado por el método de riego, puesto que también lo es la fracción de superficie mojada. En días subsiguientes, el estado hídrico del horizonte superficial del suelo, relativamente seco, y las características estructurales correspondientes condicionan el paso de agua a su través. En esta segunda fase, puesto que el foco de evaporación no puede sobrepasar los primeros centímetros en ese horizonte, la conductividad hidráulica y la tensión hídrica del mismo reducen la intensidad del flujo de vapor a la atmósfera. El coeficiente de cultivo muestra un decaimiento significativo.

Una curva típica de coeficientes de cultivo para plantas de ciclo anual muestra valores crecientes desde la siembra hasta la cobertura total. Se suele hacer referencia a un índice de área foliar y, con índices que corresponden a una cobertura efectiva, se alcanzan valores máximos de aquel coeficiente, próximos a la unidad. Éstos pueden mantenerse hasta que, hacia la fase de maduración, llega a aparecer una tendencia decreciente. Valores más pequeños son indicadores de que el sistema suelo-planta considerado ofrece una resistencia al transporte de agua inducido por la demanda atmosférica y la satisface sólo parcialmente.

En la práctica, se estiman *funciones de producción* que supuestamente determinan las respuestas de los cultivos, es decir, que relaciona la producción con el consumo hídrico. En todo caso, hay que observar que los estudios realizados para determinar relaciones de producción son planteados sobre bases empíricas. Por tanto, las estimaciones de los términos del balance hídrico que las aplican a un ámbito determinado deben ser interpretadas con reservas cuando los experimentos para aquellos estudios fueron realizados bajo condiciones específicas de cultivo, suelo y clima diferentes.

4.2. Función del suelo como medio de transporte de agua a la planta

La *retención* de agua por el suelo radical en sistemas agrícolas bien definidos es limitada, pero su función es fundamental para la alimentación de las plantas, pues regula la disponibilidad de aportaciones hídricas discontinuas, tanto las de origen natural como las aplicadas con los riegos. Parte de la misma es utilizable por las plantas, y es apropiado contabilizarla como volumen de *reserva*.

La capacidad productiva de un suelo agrícola puede ser limitada por una disponibilidad de agua escasa o excesiva, y las prácticas de riego y avenamiento tienen por finalidad mantener la relación aire/agua del suelo radical entre límites adecuados a las conveniencias del cultivo. La transmisión de agua limitada por una *tensión total* excesiva en el suelo, cuando éste está demasiado seco, aconseja una operación de riego. Paradójicamente, el déficit hídrico en las plantas puede también resultar de un exceso de agua en el suelo, pues las plantas se ahogan por la falta de aireación de sus raíces. Es la actividad radical aminorada la que limita entonces la intensidad de absorción, no obstante existir en el suelo un *potencial hidráulico* alto. Cabe esperar, en tales condiciones, que la respuesta del cultivo a técnicas de avenamiento sea positiva.

Lógicamente, el máximo contenido de agua en el suelo radical de un campo de cultivo se alcanza al finalizar la aplicación de un riego. Seguidamente, tiende a disminuir, conforme se manifiesta el proceso de evaporación y, en mayor o menor grado, la filtración en profundidad.

El *déficit hídrico* agrícola de un campo de riego, entre tandas de riego sucesivas, expresa la variación de la reserva hídrica en el suelo radical, durante el intervalo de tiempo considerado, por diferencia entre el agua consumida y las aportaciones netas a su dominio hidrográfico, por precipitación o condensación efectiva o por filtraciones en superficie o subsuperficiales. Conforme su valor aumenta, el cultivo encuentra una dificultad creciente para mantener el proceso de transpiración. En tanto no sea aplicado el riego siguiente, la tendencia persiste, y el riesgo de estados de estrés hídrico es cada vez mayor. El interés del regante es reponer el déficit con una programación que tenga en cuenta la capacidad de retención del suelo radical, pues ésta permite que los cultivos consuman de una manera continua, en respuesta a la demanda atmosférica, el agua que los riegos aportan con cierta discontinuidad.

El valor máximo de la dosis de riego está en correspondencia con el agua disponible que el suelo puede almacenar entre límites productivos apropiados para controlar el estrés. Se plantea al regante el problema de cuantificar el agua disponible para las plantas durante el período entre la aplicación del riego y el momento en que el crecimiento de la planta, o algún factor de calidad, deviene significativamente afectado por un suelo radical demasiado seco. La complejidad de esa determinación dificulta racionalizar la programación de los riegos y ha inducido a adoptar criterios simplificados. A estos efectos, es frecuente aproximar el volumen hídrico que el suelo puede almacenar y poner a disposición del cultivo aplicando un concepto de *reserva útil*, o intervalo de agua utilizable. Se plantea como sigue: una supuesta «capacidad de campo», o algún «equivalente de humedad» que represente la capacidad de retención eficaz de un suelo tras un riego abundante, vendría a significar el «límite superior» del agua utiliza-

ble. El llamado «límite productivo inferior» sería identificado suponiendo también que el correspondiente desequilibrio hídrico de los cultivos sólo depende del régimen hídrico del suelo, identificado ahora como «punto de marchitamiento».

El concepto de intervalo de agua igualmente utilizable, basado en la supuesta validez de los límites productivos indicados como «constantes» representativas de las situaciones extremas de agua disponible en el suelo, con independencia de la demanda atmosférica y de la propia actividad de la planta, simplifica demasiado la realidad hidrofísica del sistema suelo-planta atmósfera¹⁷. Por una parte, la evaporación produce una extracción de agua cuya intensidad irregular depende tanto del estado de agua del suelo como de la demanda atmosférica (impuesta por la radiación solar, humedad relativa y vientos). Por otra parte, la transpiración es afectada además por la actuación del cultivo, que se adapta a condiciones impuestas por el suelo y la atmósfera. La intensidad de transpiración que cada sistema suelo-planta puede sostener, sin que aparezca un marchitamiento o un estrés que frene su crecimiento o dañe su desarrollo, está limitada en función del estado del agua del suelo, de la demanda atmosférica y de la sensibilidad del cultivo. Por consiguiente, la dinámica del transporte de agua resultante a través de la planta puede repercutir significativamente en la producción, aun cuando el estado de agua del suelo quede comprendido entre los límites arriba mencionados.

De acuerdo con lo indicado, la estimación de supuestos límites productivos se basa en criterios que deben ser interpretados con reservas serias. En cuanto a las «constantes» comentadas, conviene añadir que no fueron pensadas para riegos localizados. Por todo ello, los criterios de programación suelen materializarse en decisiones que ponderan las circunstancias de cada caso. En general, se admite que sólo debe agotarse una «fracción disponible» del supuesto volumen de reserva: el agua aplicada en cada tanda de riego debe llevar a situaciones entre límites que varían en función de circunstancias relativas a suelo, atmósfera y cultivo.

Puede pues concluirse que el intervalo de agua utilizable por un cultivo dado, sin limitación productiva, tiene un carácter dinámico: aconseja limitar el agotamiento de la reserva de agua del suelo entre riegos consecutivos en función de la demanda atmosférica y de la sensibilidad de la producción del cultivo a situaciones de estrés. En la práctica, dicho límite recomendará la aplicación de riegos relativamente frecuentes, y posiblemente más ligeros, durante los períodos de demanda atmosférica fuerte; pero su valor va a depender, además, de condiciones impuestas por la explotación, en un marco económico dado. En particular, del grado de automatización de los

sistemas de riego y del coste de la mano de obra. A partir de las dosis adoptadas, se estimará la frecuencia de riegos precisa para enjugar los déficit sufridos durante intervalos de tiempo determinados.

4.3. Capacidad del sistema de riego

En el estudio de un plan de riego, es preciso destacar que sólo una parte del agua entregada en cabeza del sistema es *agua útil* en el campo de cultivo para satisfacer la demanda teórica de uso consuntivo y la fracción de lavado que conviene a la fertilidad del suelo radical. Esto ocurre porque no es posible atender este riego requerido sin que otra parte del agua utilizada se desvíe de esos objetivos. No sólo durante su transporte, regulación y distribución, sino también durante su aplicación, en los campos de riego.

En primer lugar, durante las operaciones de transporte y distribución en la red de riego, se produce evaporación, transpiración, desbordamientos, fugas, filtraciones y descargas operacionales.

En segundo lugar, en la práctica de riego en campo, cada operación da lugar a que la lámina infiltrada que recibe la tierra no sea uniforme. Por ello, el que todos los puntos del cantero reciban, como mínimo, la lámina requerida para la evapotranspiración y lavado obliga a una sobreaplicación. En la práctica, pueden diferenciarse dos zonas, según que la altura infiltrada tras el riego sea mayor o menor que la requerida. En la primera, el riego excesivo da lugar, en mayor o menor grado, a filtración profunda, o genera problemas de avenamiento que pueden perjudicar a la producción o dañar a la conservación del recurso suelo. En la segunda resulta un riego deficitario, que también puede ocasionar efectos inconvenientes. Por otra parte, puede producirse escorrentía¹⁸.

Siguiendo un criterio análogo al adoptado por redes de abastecimiento urbano, la relación entre las aportaciones en las tomas de riego y el agua derivada a tal fin en cabeza del sistema determina el *rendimiento de conducción*. Este resultado es función de la tecnología de las obras e instalaciones del sistema, del estado de las mismas y de su manejo durante las operaciones de manejo y distribución. Su conocimiento exige la realización de los oportunos aforos.

Con referencia al concepto de agua útil, y complementariamente al rendimiento de conducción, se define el *rendimiento de aplicación en campo* como la fracción que ese agua útil representa en relación con la recibida en cabeza de cantero. Su conocimiento obliga a trabajos de *evaluación técnica* en los propios tablares. Con objeto de abarcar todas las operaciones

¹⁸ A este respecto, ver «Diagramas de operación para riegos por superficie, aspersión y goteo», en Losada, A. (1992), *Riegos. Fundamentos hidrológicos. Métodos de aplicación*, Madrid: UPM.

¹⁷ STEWART, B. A., y NIELSEN, D. R. (1990), «Irrigation of Agricultural Crops», *Monograph*, n.º 30, Series Agronomy, American Society of Agronomy.

de riego (conducción y aplicación), suele considerarse el *rendimiento hídrico global* en las redes principal y terciaria y en los campos de riego. Sobre esta base, suele estimarse la demanda bruta de cada unidad de área beneficiada durante campañas de riego anuales¹⁹.

Conviene indicar que el planteamiento exclusivamente técnico de índices hídricos, como los anteriormente propuestos (rendimiento, o «eficiencia») no es totalmente satisfactorio. En primer lugar, las prácticas necesarias para una mejor conservación del agua pueden costar más que el agua ahorrada, cuando no llegan a apreciarse otros beneficios, y esto es particularmente cierto para profesionales de la economía, que consideran al agua de riego como un factor de producción en un proceso integrado que interrelaciona la utilización de otros recursos. La optimización de este proceso es para ellos el objetivo de referencia para justificar la eficacia del riego con criterios de *eficiencia económica*. A tal efecto, deben ser comparados con dicho objetivo todos los recursos utilizados y su incidencia en la productividad del cultivo. En segundo lugar, según se comentará más adelante, también deben compararse los conceptos de rendimiento arriba definidos con los de fracción de agua consumida y reutilizable, a efectos de una política de conservación de agua.

En cualquier caso, la dotación real utilizada por una *zona regable* consistirá, junto al uso consuntivo (con la fracción de evapotranspiración apropiada para el cultivo y la fracción complementaria que corresponde a las pérdidas consuntivas), también los retornos que resultan de todas las operaciones en cada uno de los elementos de su sistema de riego, es decir, las filtraciones y sobrantes producidos sea en el campo de cultivo sea en la red de transporte y distribución. Dicha dotación se suministra en el marco de una *concesión* que habrá sido asignada con referencia a la demanda bruta que conviene a los campos de riego en el *espacio hidráulico* a dominar por la red de distribución.

La dotación anual podrá asignarse en función de los recursos hídricos disponibles. Es decir, la dotación que se puede conceder a una superficie regable para el total de la campaña de riegos está condicionada por la capacidad de almacenamiento y regulación anual asegurada por sus sistemas de captación (superficiales o subterráneos). La inseguridad de garantizar la disponibilidad de agua suficiente para satisfacer la concesión puede significar episodios de fallo cuya probabilidad, en un determinado período, debe fundamentarse en términos estadísticos. A tal efecto, se establecen criterios de *garantía*²⁰.

¹⁹ El término se aplica a veces con un significado diferente (ver OM 23.128 del MOPT, de 16 de octubre de 1992, sobre «instrucciones y recomendaciones» para la elaboración de planes hidrológicos, «BOE» de 16 de octubre).

²⁰ ESTRADA, F., y LUJÁN, J. (1993), *Criterios de garantía en la planificación de regadíos*, CEDEX, MOPT, Madrid.

Con riegos de consumo reducido (también llamados *deficitarios*) se aplica una aportación relativamente escasa, inferior a la de referencia, con el fin de optimar el régimen en relación con los costes del riego imputables a los factores de producción agua, energía, mano de obra, etc. A veces, el consumo reducido viene impuesto por fallos en la oferta de recursos hídricos disponibles, que obligan a reducir la dotación real.

La intensidad con que se manifiesta el sumando de evapotranspiración es variable y, para dimensionar las redes de transporte y distribución, la capacidad de proyecto debe ser asignada en correspondencia no sólo con la dotación anual, sino también con la que corresponde al gasto máximo para el período entre aplicaciones de riego consecutivas.

El tiempo de riego disponible para aplicar una lámina de riego determinada es limitado, y su valor mínimo corresponde a la tanda en el *período punta*. Los excedentes de precipitación que escapan por escorrentía o filtración profunda no tienen una condición de utilidad inmediata para compensar el uso consuntivo correspondiente a este período. En todo caso, un clima de carácter xérico y, en particular, el hecho de que las lluvias puedan ser debidas a tormentas efímeras y mal distribuidas, recomiendan despreciar posibles aportaciones exteriores en el cálculo del déficit agrícola entonces producidas. Con tales supuestos, una dotación que baste para compensar el déficit pluviométrico durante el período punta puede ser necesaria y es más que suficiente para el resto de la campaña, y el cálculo de la capacidad del sistema de distribución puede hacerse partiendo de ese módulo. Con dicho requisito, toda tanda de riegos podrá ser completada antes de que llegue a agotarse el agua utilizable que el suelo retiene desde la aplicación anterior.

Se observa que, dado un consumo diario durante el período punta, la capacidad del sistema de distribución a proyectar es inversamente proporcional al porcentaje de tiempo efectivo para regar. En la práctica, se utiliza el término dotación de riego con la acepción de gasto unitario ficticio que debe aplicarse de manera continua, durante ese tiempo efectivo en el período punta, para proveer a cada unidad de superficie la aportación que requiere. En general, dicha dotación unitaria, o hidromódulo, se refiere a una hectárea. Cuanto mayor sea el porcentaje de tiempo de funcionamiento efectivo del sistema, en relación con la duración del período punta, menor será la dotación así requerida y, por tanto, menor la capacidad de transporte y distribución exigida. Esto ha de ser tenido en cuenta para justificar la conveniencia de un programa de riegos ajustado durante ese período punta, en el que debe evitarse que otras labores de cultivo interfieran con el tiempo disponible para los riegos. Durante el resto de la campaña, dicho funcionamiento no ha de ser tan continuo, y el programa de aplicación de los riegos será más desahogado.

4.4. Distribución del agua

Los métodos para la distribución del agua pueden significar un grado de imprecisión y rigidez al programar los riegos. Es el caso de grandes zonas de riego en las que se aplica el método tradicional para distribuir el agua, por turnos, pues éstos limitan el servicio del gasto administrado en los tablares. Con el fin de evitar que los cultivos lleguen a sufrir las consecuencias de calendarios de riego demasiado ajustados, la dotación prevista en la rotación de turnos suele prever consumos punta en exceso de los probables, y la programación de los riegos se hace considerando dosis prácticas de riego apropiadas para que no llegue a agotarse la fracción de agua utilizable en reserva.

Restricciones en el servicio por turnos impiden que el regante adopte libremente el programa de riegos que puede convenir a un régimen hídrico deseable en sus canteros y a criterios de aplicación acordes con el mejor uso del agua: frecuencia de tandas, gasto o presión en cabeza y tiempo de aplicación. En estas circunstancias, el regante siente la necesidad de ingeniar medios para aplicar los riegos en condiciones que faciliten su control. Con frecuencia, recurre a balsas con las que puede garantizar la autonomía necesaria para la aplicación discrecional de los riegos²¹. La programación de los riegos en la explotación puede así ser adaptada a las variables y difícilmente previsibles condiciones del régimen hídrico del sistema suelo-planta-atmósfera. Sin soluciones de ese tipo, el rendimiento de aplicación queda sujeto a la rigidez del régimen de explotación del sistema y, por tanto, a variables que desbordan la capacidad del regante en cada tablar de riego. Todas afectan al rendimiento hídrico global, por lo que no es conveniente disociar la utilización de los rendimientos de aplicación y de conducción del funcionamiento de sistemas de riego dados sometidos a un régimen de explotación bajo condiciones específicas concretas y determinadas. Por esto, deben considerarse con reservas «eficiencias» que, para cuantificar el uso del agua en sistemas de riego, aceptan una correspondencia genérica entre rendimientos hídricos y métodos de aplicación en cantero, sin considerar los condicionantes específicos impuestos por la administración de los riegos.

El régimen de los riegos no está condicionado por el método de distribución cuando ésta se hace a la demanda, o cuando los recursos hídricos son propios de los regantes. Con libertad para adoptar discrecionalmente el programa oportuno, las decisiones para aplicar los riegos pueden regirse entonces por criterios más racionales. Así, contabilizando el balance hídrico en el suelo radical con mediciones del contenido de agua o de su estado de tensión, o estimando su evolución en función de datos climáticos. Complementariamente, es útil la informa-

²¹ LÓPEZ-GÁLVEZ, J. y LOSADA, A. (1997), «Uso del agua de riego en Almería», en Varios Autores, *La economía del agua en España*, Madrid: Fundación Argentina y Visor Dis., S. A.

ción ofrecida por centros especializados sobre los valores diarios de evaporación o de evapotranspiración de referencia, medidos sobre dispositivos como tanques y *lisímetros*, o estimados utilizando relaciones apropiadas, de balance de energía u otras; asimismo, sobre previsiones meteorológicas a corto plazo. A partir de esa información, cuando las condiciones económicas lo permiten, la aplicación de los riegos se regula con programadores que pueden responder automáticamente a la información enviada por sensores. En cultivos intensivos, su uso va haciéndose cada vez más frecuente.

En general, las decisiones sobre aplicación de los riegos se rigen por criterios de productividad, sujetos a consideraciones que pueden pretender optimizar la producción con riegos deficitarios, minimizar costes del riego, facilitar otras labores o acomodar días y horarios al programa de distribución. Es normal que los programas de riego resultan de un compromiso entre criterios alternativos: por un lado, adoptar un período entre riegos corto, que puede significar un capítulo de pérdidas relativamente grandes por evaporación y sobrantes en la red de distribución, o largo, que podría tener consecuencias negativas en la producción del cultivo; por otro lado, aplicar dosis abundantes, que repondrían con creces el consumo de evapotranspiración, o limitadas (deficitarias) que reducirían la evapotranspiración y la filtración, aunque con efectos en la producción que deben ser estimados. A este respecto, conviene observar que un programa con aplicaciones relativamente frecuentes, a pesar de la posible disminución de cada aportación, aumenta el consumo de agua, por cuanto incrementa las pérdidas por evaporación (no recuperables). Asimismo, que un mayor número de riegos puede significar más sobrantes de la red de distribución y, con sistemas no automáticos, más mano de obra. Por el contrario, los sistemas de distribución a presión y fijos facilitan que aplicaciones sucesivas de agua sean realizadas con intervalos relativamente breves, sin que aumenten significativamente dichos requerimientos. La capacidad de reserva de agua utilizable en el suelo pierde entonces interés, a efectos de fijar el máximo recomendable para dichos intervalos. El suelo actúa aún como apoyo para las raíces, pero disminuye su importancia como intermediario en el suministro de agua. Además, la aplicación de riegos frecuentes evita condiciones hídricas extremas, tanto en saturación como en subsaturación, y la puesta de cultivos sensibles puede ser notable, especialmente bajo condiciones de suelo con retentividad escasa.

4.5. Uso, consumo y conservación de agua

Los principios del balance hídrico sugieren criterios para fundamentar las prácticas de riego e interpretar el significado de la utilización del agua en términos de uso y consumo. Conviene precisar los capítulos correspon-

dientes en ámbitos hidrográficos bien definidos de sistemas de riego, puesto que el concepto de ahorro se refiere a actuaciones para evitar su consumo excesivo. En cuanto a la idea de pérdida asociada a conceptos de rendimiento, normal por otra parte en el campo de la ingeniería, debe ser matizada al aplicarla a los campos de la hidrología y de la gestión del agua. En efecto, la propia idea de ciclo del agua desaconseja calificar sistemáticamente como pérdida al agua no evaporada²².

En el ámbito hidrográfico de un regadío, se ha distinguido el gasto irrecuperable de agua producido durante su gestión, que es el flujo de agua que se consume como vapor. En parte, este uso consuntivo es útil, para la evapotranspiración de los cultivos, y reporta beneficio, y en parte es perdido, bien por evaporación desde el propio sistema de riego considerado bien por transpiración de plantas sin interés productivo o, incluso, indeseadas. Su relación con toda el agua que el sistema de riego utiliza representa la fracción que no es recuperable. La fracción complementaria, que puede representar un orden de magnitud comparable a la anterior, escapa, superficialmente o a través de acuíferos, del control a que pudo estar sometida dentro del sistema durante las operaciones de almacenamiento, transporte, regulación, distribución y aplicación.

El calificativo de pérdida no puede aplicarse con un valor absoluto cuando se refiere al agua que, no siendo consumida por evapotranspiración, retorna al dominio hidrográfico general y puede reutilizarse. Puede ser el caso del flujo por filtraciones, fugas, descargas y escorrentías. Así, el agua que filtra en profundidad, bien de la red de distribución bien de la zona radical de los cultivos, que retorna al flujo superficial directamente o a través de caños (drenes) o de pozos que captan el flujo subterráneo. Asimismo, la que, a través de *azarbes*, desagua y se reincorpora a la red fluvial.

Evidentemente, dicha condición como pérdida depende del ámbito espacial considerado en la estructura de la cuenca que se quiera analizar. Asimismo, del ámbito temporal. En efecto, los flujos que se incorporan a los ríos o a los acuíferos subterráneos tienen una disponibilidad con desfases temporales variados. En cuanto a los sobrantes como rebosamiento de alivio de las acequias y escorrentía de cola de los tablares, éstos vuelven a la red fluvial en cuestión de horas o pocos días, mientras que el flujo subterráneo es más lento, por lo que la disponibilidad del filtrado a acuíferos profundos puede retrasarse meses. En cualquier caso, con el desfase correspondiente, los flujos de retorno pueden suponer parte o todo el suministro de algún sistema de riego aguas abajo. En particular, es tradicional que aguas sobrantes de un regadío a cota relativamente alta sean recuperadas para el riego de un dominio exterior, aguas abajo.

²² Ver MATEOS, L., E. FERRERES y A. LOSADA (1996), *Eficiencia del riego y modernización de regadíos*, XIV Congreso Nacional de Riegos, Almería.

De lo anterior, se desprende que el concepto de pérdida y, por tanto, el de rendimiento no puede tener el mismo significado físico a escala de campo que a la de otras diversas partes del sistema de explotación (finca, zona regable de comunidad de regantes, o cuenca), lo que puede aliviar la carga de responsabilidades del usuario regante. Así, convendrá cuantificar en qué forma el rendimiento conjunto de varias unidades hidrográficas supera al individual. En todo caso, un rendimiento bajo en un determinado ámbito obliga a una capacidad de conducción relativamente alta, lo que puede repercutir en dificultades de manejo y en costes; pero se deduce, además, que un bajo rendimiento hídrico no implica, necesariamente, un juicio negativo en cuanto a la conservación (ahorro) de recursos naturales. En primer lugar, puesto que una agricultura permanente exige una conservación adecuada del suelo, el agua evacuada por filtración profunda no debe ser considerada como pérdida cuando con ella se evita una salinización secundaria del mismo. En segundo lugar, gran parte del agua que filtra o escurre vuelve como retorno a la fase de utilización posible en el ciclo de los recursos hídricos. Para clarificar las ideas comentadas, Willardson *et al.* han propuesto una terminología que se basa en que la fracción de agua que no se consume en la operación del riego fluye subterránea o superficialmente y, en la mayoría de los casos, vuelve a ser utilizable²³. El concepto de fracción consumida, junto al complementario de fracción reutilizable, permite así aclarar algunas ideas sobre el ahorro potencial de agua de riego y sobre cuáles deben ser las líneas de inversión en la modernización de los regadíos.

En definitiva, ahorro, dentro de un sistema de riego dado, equivale a reducir la fracción de dotación real que, por no conseguir el objetivo esperado, representa las pérdidas sufridas por dicho sistema. Éstas son, junto a la evaporación desde diversos elementos del mismo, la transpiración de plantas sin interés productivo. En cuanto a la fracción complementaria que escapa durante las operaciones de almacenamiento, transporte, distribución y aplicación, se trata de los retornos, potencialmente recuperables. Por tanto, el rendimiento de un sistema hidrográfico complejo, que integra un conjunto de sistemas de riego, puede superar el rendimiento de cada una de sus unidades. Dentro de una política de conservación de agua, también es de interés destacar que las medidas que impulsan mejores rendimientos de riego en un sistema dado, por la vía de aumentar la fracción consumida, no significan un ahorro en un dominio hidrográfico exterior, del que forma parte²⁴.

²³ WILLARDSON, L. S., R. G. ALLEN y H. D. FREDERIKSEN (1994), *Elimination of irrigation efficiencies*, 13 Tech. Conf. USCID. Denver, CO. p 17.

²⁴ HUFFAKER, R. G., y N. K. WHITTLESEY (1995), «Agricultural Water Conservation Legislation, Will it Save Water?», *Choices*, cuarto trimestre.

5. Explotación de sistemas de riego

5.1. Decisiones que afectan al uso del agua de riego

En la gestión del regadío, conviene definir ámbitos de actuación dentro de posibles estrategias con el objetivo de conservar agua y que afectan a la respuesta productiva del cultivo²⁵. Los resultados a obtener con la explotación un sistema de riego son función de la capacidad de sus obras e instalaciones para controlar el transporte y la distribución desde su captación hasta la entrega a las tomas; pero, según ya quedó indicado, dependen también del manejo de que es objeto la red de riego. Sobre ambas bases, las decisiones que afectan al uso del agua pueden ser estructuradas en los cuatro planos que siguen: mejora de infraestructura del sistema, adopción de cultivos en correspondencia con el agua disponible, demanda de agua a la red de distribución, para optimar la producción, y aplicación de los riegos con criterios de operación adecuados a los requerimientos en los tableros de cultivo.

En primer lugar, las decisiones sobre infraestructura de sistemas de riego están condicionadas por su disponibilidad y por su coste marginal. Los efectos de esta oferta condicionan la planificación con que se puede pretender el abandono de regadíos *infradotados* o viejos, o su *consolidación* (por *rehabilitación* o modernización de sus sistemas de riego, o, tal vez, simplemente reformando los que no fueron bien planificados, proyectados o ejecutados) o, incluso, acometer más transformaciones. Pueden aconsejar obras que afectan a la disponibilidad de recursos, bien por aumentarlos bien por facilitar un ahorro, al reducir sobrantes o pérdidas. Es el caso de las que mejoran la infraestructura de captación, almacenamiento, transporte, regulación y distribución (presas, pozos, balsas y conductos). Asimismo, el de las relativas a la sistematización de los tableros: redimensionamiento de canteros, red de avenamiento e instalaciones de recuperación.

En segundo lugar, existe una dependencia entre uso de agua y decisiones de cultivo: el coste esperado del agua (en teoría, función de la dotación disponible), junto a los coeficientes de cultivo en las funciones agronómicas de producción y a condiciones de mercado (precios esperados de la cosecha y de otros factores de producción), sugieren estimaciones de rentabilidad que, en el contexto socioeconómico, orientan la selección de cultivos.

En tercer lugar, los objetivos de producción afectan al régimen hídrico que conviene al cultivo y, por tanto, aconsejan decisiones para demandar agua, es decir, para adoptar programas de riegos cuya cuantía y momento se adecúan a las condiciones ambientales durante la campaña. Una dificultad

tad que condiciona esa programación de la distribución y entrega de agua se refiere a que intervienen demasiadas variables del riego en la producción del cultivo: no sólo la aportación total, sino también el número de tandas con que se aplica y, por consiguiente, la lámina aplicada por cada riego y la frecuencia de sucesivas aplicaciones. Por ello, esas decisiones, como las que se comentan a continuación, exigen un seguimiento de campo.

Finalmente, el balance hídrico en campo (consumo de agua y sobrantes) es afectado por decisiones relativas a la aplicación de los riegos. Es función de las variables que determinan los resultados de cada operación de riego en canteros físicamente determinados por sus características geométricas, edáficas y de cultivo. Esas variables de operación son, junto al tiempo de aplicación del riego, la presión (en riegos por aspersión y localizados) y el módulo (en riegos por superficie). Su selección puede ser fundamentada en la hidráulica de los riegos, pero el conocimiento preciso del resultado de la aplicación del agua en campo exige una evaluación, con trabajos experimentales que se comentan en el apartado que sigue. En todo caso, estimada mediante modelos u obtenida experimentalmente, la función de distribución de la lámina de riego es el punto de partida para evaluar objetivamente las consecuencias de haber adoptado criterios apropiados o no a las condiciones hídricas en el suelo previas a cada riego y a las exigidas por el cultivo.

5.2. Evaluación técnica de los riegos

Los responsables de explotación de los sistemas de riego aspiran a organizar el funcionamiento de la red de distribución de forma que los regantes puedan disponer en sus tomas, durante el tiempo apropiado, del gasto adecuado al riego de la tierra atendida. Ahora bien, los resultados técnicos de los riegos, tanto como sus efectos productivos, dependen de los criterios de programación y de aplicación de los riegos y, puesto que las relaciones funcionales son complejas y, en general, no es posible predecir analíticamente, con la aproximación deseable, los resultados de los criterios de operación previstos, es decir, la determinación de las variables dependientes que caracterizan los riegos, todo análisis que aspire a cuantificarlos *a priori*, teniendo en cuenta tanto la conservación de los recursos edáficos e hídricos como el crecimiento y desarrollo de los cultivos está sujeto a supuestos teóricos de difícil comprobación. Consecuentemente, las previsiones de cálculo sólo pueden tener el carácter de estimaciones meramente orientativas, y las decisiones de los regantes están sujetas a una notable indeterminación.

En la práctica del riego, la falta de precisión en las estimaciones sobre el uso real del agua y sobre sus efectos productivos sólo podrá ser subsa-

²⁵ SMALL, L. E., y CARRUTHERS, I. (1991). *Farmer-financed Irrigation. The economic Reform*, Cambridge Univ. Press.

nada, parcialmente, mediante pruebas en campo. Se justifica así el interés en la evaluación técnica de operaciones de riegos, con la realización de ensayos *in situ*, en unidades operacionales representativas²⁶.

Con la realización de pruebas de evaluación, se pretenden varios objetivos. En primer lugar, apreciar el grado de aptitud que los criterios de operación adoptados presentan para la práctica de programas de riego y métodos de aplicación dados. En segundo lugar, habida cuenta de que las condiciones del sistema de distribución y de los sectores en que éste se subdivide restringen los programas de riego aplicables, se contribuye a poner en evidencia las limitaciones de que dicho sistema puede adolecer en relación con la distribución de los riegos. En definitiva, a partir de de dichas evaluaciones, se determinan los resultados en sistemas de conducción y distribución y en campo, bajo las condiciones específicas dadas. A raíz de sus resultados, debidamente interpretados, se puede fundamentar la reforma de los programas de riego, dentro del margen de flexibilidad propio del sistema de riego y del método de distribución del agua. En su caso, si las variables de operación quedan bajo el control del regante, se podrán realizar los cambios oportunos.

A veces, el conocimiento que proporcionan las evaluaciones de campo sólo puede fundamentar cambios en el funcionamiento del sistema de riego, que se traducen en simples reajustes del programa de riegos o del método de distribución. Otras veces, se llega a justificar la viabilidad y conveniencia de rehabilitar el proyecto original o, incluso, de reformar el sistema. Este es el caso de que, al efecto de responder adecuadamente a los resultados de los trabajos de evaluación, se haga necesario mejorar su capacidad para modular la entrega del agua en la forma conveniente a los requerimientos en cantero. La repercusión de tales cambios en variables económicas que inciden significativamente en la productividad podrá ser oportunamente estimada.

Algunas comunidades de regantes, o los propios usuarios, son ya asesorados mediante programas de asistencia técnica relacionados con el uso del agua²⁷. Con este apoyo, la administración de un sistema de riego podrá ajustar con más precisión programas para la operación eficaz de los riegos servidos por cada una de sus tomas y contribuir así a la explotación global óptima de su regadío, dentro del marco físico considerado.

Sobre la base de evaluar la repercusión de los riegos en la utilización eficiente de recursos, será posible racionalizar la explotación del regadío, optimando criterios de manejo y, en su caso, justificar prioridades en la política de regadíos. Las correspondientes actuaciones podrán ser fundamentadas,

²⁶ LOSADA, A., J. ROLDÁN, M. ALCAIDE, L. JUANA y E. CAMACHO (1992), *Ensayos de hidráulica aplicada al riego*, 7/92 Apuntes, Junta de Andalucía.

²⁷ Es el caso de programas de asesoramiento de riegos ejecutados por empresas suministradoras de equipos de riego, por organismos de cuenca o por consejerías de agricultura, a veces con la colaboración de centros de investigación públicos o privados.

mejor que con planes más o menos desacostumbrados, en la información suministrada por campañas sistemáticas de evaluación de los recursos movilizables por el propio riego y, en particular, de los recursos hídricos que se consumen o retornan, así como de las respuestas productivas de los cultivos. Todo ello, en el marco de la economía del regadío, del desarrollo rural y de una política ambiental. Se reconocería así la importancia del cometido que debe corresponder a los servicios de explotación de los organismos de cuenca.

9. Conclusiones

Crecientes restricciones en el agua disponible imponen al regadío el uso de la estrictamente necesaria, dentro de una estrategia de conservación de recursos que preserve el medio natural. A tal fin, los conocimientos científicos y los medios tecnológicos con que hoy cuenta la gestión del agua en los sistemas de riego ofrecen a sus usuarios medios para un control preciso; pero su aplicación tropieza con algunas dificultades cuya solución desborda el marco puramente técnico.

El progreso tecnológico que hizo posible la distribución localizada del agua de riego hacia los años sesenta vino a añadirse a otros anteriormente observados en materias de bombeo desde acuíferos profundos, de transporte de agua a presión y de distribución a la demanda. También ha sido notable el desarrollo experimentado en materia de programación y automatización de operaciones de riego. Técnicas como las enunciadas han abierto el camino a que el regante disponga de sistemas de riego con la flexibilidad necesaria para administrar a voluntad el agua. Aunque con menor impacto, también han enriquecido el potencial de los sistemas tradicionales para modernizar su explotación. Las expectativas así generadas y las que también ofrecen otros avances recientes en técnicas de cultivos de riego son notables. Por todo ello, en un marco puramente técnico, se dispone de medios depurados para la programación y el seguimiento de los riegos hacia tomas de decisión adecuadas a la utilización correcta del agua en campo.

El contrapunto a optimismos desmedidos viene significado porque el aprovechamiento de las técnicas de evaluación a practicar exige laboriosos trabajos de campo, con la participación de personal especializado. El consiguiente coste ha significado que no haya sido aún debidamente consiguado el funcionamiento sostenido de servicios de asistencia técnica, ni por los propios regantes ni por la administración. En el actual contexto económico, social y administrativo, es evidente que no se ha encontrado aún incentivo suficiente en las hipotéticas ventajas de ese asesoramiento.

La conclusión anterior tiene particular vigencia en los sistemas de riego tradicionales. Si sus regantes ya encuentran dificultades para sostener su mantenimiento y, muchas más, para invertir en su rehabilitación, más

aún las han de encontrar para asumir costes de programas de asistencia en técnicas de programación y manejo que, por otra parte, no son operativos en sistemas anticuados. En efecto, la capacidad para que los regantes decidan sobre la aplicación de los riegos (variables de operación) está condicionada por las características del sistema de riego (más o menos automatizado) y, sobre todo, por la flexibilidad en los métodos para distribuir la concesión autorizada. Los criterios proporcionados para orientar decisiones sobre el uso del agua sólo podrán ser realmente útiles si el personal que gestiona el sistema de distribución y, en particular, el propio regante tienen capacidad discrecional para controlar las prácticas de riego. Este no es el caso, por lo demás frecuente en muchas zonas regables administradas por el Estado, en que el agua es entregada con un servicio por turnos o, a lo más, por una demanda restringida. De aquí, la conveniencia de modernizar sus métodos de distribución de agua para que ofrezcan al regante un mayor grado de libertad para programar y aplicar sus riegos. Ahora bien, un programa de obras de rehabilitación o modernización no es suficiente. Además, se hace necesario promover actuaciones hacia técnicas racionales de ahorro, lo que es costoso. El regante no siempre está suficientemente incentivado para ello. Al menos, no parece ver una clara compensación económica en función del agua ahorrada. En cuanto a la administración pública, su pesada burocracia no es adecuada para ejercer responsabilidades de ese tipo, que requieren seguimiento más estrecho y próximo que el que le viene prestando. Si, no obstante, se reconoce al ahorro de agua su importancia social, parece obligado impulsar una renovación de órganos técnicos y administrativos que facilite la ejecución de oportunos programas de asistencia técnica a los regantes.

En definitiva, las actuaciones propuestas para evitar la utilización de agua de riego en exceso plantea dificultades. Puede concluirse que el problema técnico queda enmarcado en términos sociales o económicos, puesto que la demanda de agua para riego se enmarca en criterios condicionales de vieja tradición y, al mismo tiempo, se enfrenta a una difícil competencia por parte de sectores no agrícolas. En esta tesitura, el interés de técnicas potencialmente útiles para racionalizar el uso del agua de riego puede depender de la flexibilidad para transferir el derecho concesional. Este es un tema que desborda el marco técnico de este trabajo, pero es importante relacionar uno y otro. En todo caso, la Administración pública debe reconocer que aumentar la disponibilidad real de agua obliga a invertir en la búsqueda, sea de fuentes por métodos convencionales, sea de recursos alternativos: desalando, reciclando o ahorrando. Y, sobre todo, a tutelar con un justificado seguimiento y fiscalización la explotación de los recursos actualmente disponibles.

GLOSARIO

abastecimiento [*en alta, en baja*]. Ver *distribución* [*en alta, en baja*].

acequero. Vigilante o guarda que supervisa el desarrollo de la campaña de riegos, mediante el control del cumplimiento de los turnos de riego, la distribución del agua o la apertura y cierre de compuertas.

acuífero. Formación geológica (capa, vena o zona) que contiene agua o la ha contenido y es capaz de transmitirla. La administración los delimita dentro de las *unidades hidrogeológicas*. Ver *sobreexplotación*.

agroambiental. Aplícase a medidas de acompañamiento a la reforma de la PAC establecidas por el Consejo de la Unión Europea con el fin de apoyar métodos de producción agraria compatibles con la protección y la conservación del espacio natural.

agua [*útil*]. Ver *reserva*, *lámina* requerida.

ahorro [*de agua*]. Actuación para evitar un *consumo* excesivo.

alberca. Depósito artificial de agua, con muros de fábrica, para *riego*.

álveo. Cavidad del cauce superficial.

arqueta [*de rotura de presión*]. Arca para anular la presión del agua que descarga en ella.

asamblea [*de usuarios*]. Uno de los órganos de gestión de los *organismos de cuencas*, integrada por todos aquellos usuarios que forman parte de las *Juntas de Explotación*. Tienen por finalidad coordinar la explotación de las obras hidráulicas y de los recursos de agua en toda la cuenca, sin menoscabo del régimen concesional y derechos de los usuarios.

asociación [*de regantes*]. Uniones voluntarias de propietarios o explotadores agrícolas para gestionar conjuntamente obras o instalaciones de regadío (depósitos, balsas o redes de distribución) con agua de origen subterráneo.

avenamiento Técnica por la que se da salida a la excesiva humedad de los terrenos, por medio de zanjas y cañerías. También indica el punto o puntos por donde afloran a la superficie las aguas de forma natural.

azarbe. Cauce a donde van a parar *sobrantes* o *filtraciones* de los *riegos*.

azud. Presa hecha en los ríos a fin de tomar agua para regar, a cuyo efecto retiene la corriente, elevando su nivel hasta la cota necesaria para la obra de *toma*. Aquí se deriva una acequia cuyo trazado mantiene cotas apropiadas para dominar el *espacio hidráulico* del regadío al que van destinadas las aguas.

balance [hidrico-salino]. Equilibrio entre las aportaciones de agua y sales entrantes, las que se almacenan y la salientes, en un *dominio hidrográfico* dado, como expresión del principio de conservación de la materia.

balance [ofertademandade recursos hídricos]. Equilibrio entre la disponibilidad y las necesidades de agua.

balsa. Depósito natural o artificial de dimensiones normalmente reducidas que suele estar revestido con algún tipo de material con fines de impermeabilización: hormigón, plástico, asfalto.

boca [de acometida]. Abertura (*boca de riego*) en una *red a presión* en la cual se enchufa uno o varios conductos para distribuir el agua a las *tomas de regante*. El conjunto suele encontrarse dentro de una arqueta.

cabeza [de riego]. Conjunto de diversas instalaciones en el origen de un *sistema de riego*, para controlar la aplicación de agua y sustancias en solución.

cabecera [riegos de]. Dícese de los riegos que tienen su toma en la parte alta de las cuencas y cuya explotación influye decisivamente en la de los usos aguas abajo.

calendario [de riegos]. Tabla o registro que recoge previsiones sobre *operaciones de riego* (tiempos y otros datos) en tierras determinadas.

campo [de riego]. Tierra de regadío. Ver *cantero*, *tablar*.

canon [de derivación]. Ingreso público que debe satisfacer el titular de la concesión de aguas con destino a la financiación de las obras.

canon [de ocupación o utilización]. Pago por la ocupación o utilización de terrenos de dominio público necesarios para llevar a cabo la concesión.

canon [de regulación]. Ingreso de la Administración hidráulica que se recauda de los beneficiarios de una obra hidráulica de regulación en función del caudal de su aprovechamiento respectivo y de los gastos anuales de explotación y mantenimiento.

canon [de vertidos]. Grava a vertidos autorizados.

cantero. Superficie de tierra de labor delimitada para facilitar la operación de riego independizándola de la superficie colindante. Ver *dominio hidrográfico*.

capacidad [de un sistema de riego]. Volumen de agua que puede ser manejado por el *sistema de riego* (de almacenamiento, de conducción, de regulación, de distribución, etc.), durante el tiempo que media entre dos aportaciones sucesivas en el *período punta*, de forma que toda *tanda* podrá ser completada antes de que llegue a agotarse la *reserva útil* que el suelo retiene desde el *riego* anterior. Ver *retención*.

cesión [parcial]. Transmisión, mediante título administrativo o meramente de hecho, consentida por la administración concedente, de una parte de los caudales concedidos o de los derechos sobre los mismos.

cesión [temporal]. Cesión de caudales entre usuarios consentida o promovida por la administración, en situaciones de sequía y normalmente sin ningún título administrativo.

ciclo del agua [o hidroológico]. Circulación del agua en el *dominio hidrográfico* terrestre por *evaporación* y *evapotranspiración* (desde masas de agua libre y desde superficies húmedas, hacia la atmósfera) y por *condensación* y *precipitación* desde las nubes, de vuelta hacia masas superficiales). Este agua que precipita puede hacer camino por *escorrentía* directa, desde montañas y valles, hacia ríos, lagos y mares, pero también puede hacerlo indirectamente, previa *infiltración*, integrándose en la que ya escurre tras su paso a través de poros, vanos o resquicios de *acuíferos* que alimentan manantiales.

colador. Coladero en que se cuela el agua de *riego*, para retener las materias que arrastra. Ver *filtro*.

comisión [de desembalse]. Uno de los órganos de los *organismos de cuenca*, al que corresponde deliberar y formular propuestas sobre el régimen adecuado de llenado y vaciado de los embalses y acuíferos de la cuenca, atendidos los derechos concesionales de los diferentes usuarios.

comunero [de comunidad de regantes]. Persona que comparte determinados derechos en una comunidad de regantes o usuarios.

comunidad [de regantes]. Uno de los tipos de *comunidad de usuarios*, constituida por todos los usuarios con derecho a utilizar un determinado cauce de aguas otorgadas por la administración hidráulica, destinadas al riego de fincas situadas en una zona o superficie de terreno delimitada y que pertenecen a los *comuneros*. No se trata de una agrupación para la utilización de agua simplemente, sino de una asociación de cotitulares de aprovechamientos de aguas públicas y titulares de tierras a las que se han otorgado aquellos aprovechamientos para el riego conjunto y la explotación independiente de sus fincas.

comunidad [de usuarios]. Entidad de tipo corporativo, adscrita al *organismo de cuenca*, que se caracteriza por asociar a personas con intereses

comunes en el uso del agua y otros bienes del dominio público hidráulico. Están obligados a constituirse como tales las personas que, de forma colectiva, utilicen la misma toma de aguas o concesión. Cuando el agua está destinada al riego de fincas se denomina *comunidad de regantes*.

concesión [de aguas]. Otorgamiento gubernativo que autoriza el volumen de agua que un *sistema de riego* podrá aportar y distribuir a su *zona regable*, durante un tiempo prefijado. Ver *dotación*, *garantía*.

condensación. Paso de vapor de agua atmosférico a la fase líquida, sobre la superficie del cultivo.

conducción. Ver *red*.

confederación hidrográfica. Denominación que da la Ley de Aguas a los distintos organismos de cuenca administradores del dominio público hidráulico, en los territorios de las cuencas que discurren por más de una Comunidad Autónoma.

Consejo Nacional del Agua. Órgano consultivo superior en la materia, adscrito al Ministerio de Medio Ambiente a través de la Secretaría del Estado de Aguas y Costas. En él están representados la Administración del Estado y las de las Comunidades Autónomas, los organismos de cuenca y las organizaciones profesionales y económicas de ámbito nacional más representativas en relación con los distintos usos del agua.

conservación. Ver *mantenimiento*.

consolidación. Conjunto de medidas o actuaciones establecidas destinadas a asegurar la continuidad de funcionamiento de un *sistema de riego*.

consumo [de agua]. Gasto irrecuperable, por cambio de estado (paso a vapor) del agua inducido por los usos. Ver *ahorro*, *uso consuntivo*.

cooperativas [de usuarios]. Sociedades que, con capital variable, asocian, en régimen de libre adhesión y baja voluntaria, a personas que tienen interés o necesidades socio-económicas comunes, para cuya satisfacción y al servicio de la comunidad desarrollan actividades empresariales. Se denominan de consumidores y usuarios cuando asocian a personas físicas que tienen por objeto procurar, en las mejores condiciones de calidad, información y precio, bienes y servicios para el consumo o uso de los socios.

cuenca [hidrográfica]. Territorio cuyas aguas afluyen todas al mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único. Le corresponde un *dominio hidrográfico* que, en términos administrativos, se integra en un organismo de cuenca que, como unidad de gestión, puede comprender varias cuencas hidrográficas.

cultivo [forzado]. Cultivo intensivo sometido a técnicas especiales para incrementar el rendimiento, generalmente aislando de las condiciones agroclimáticas naturales.

cuota. Aportación monetaria que ha de satisfacer cada comunero o socio de una agrupación de riegos para atender a los gastos comunes de la sociedad. En determinadas agrupaciones se diferencia entre la cuota por unidad de superficie, que contribuye a gastos generales y de mantenimiento, y los pagos directos por el uso del agua, que atiende a los gastos de explotación.

déficit [hídrico]. Disminución de la *reserva hídrica* en el *suelo radical* de una *superficie cubierta vegetal*, durante un intervalo de tiempo dado, como consecuencia de las aportaciones netas a su *dominio hidrográfico*, por *uso consuntivo*, *precipitación o condensación efectiva*, *infiltración superficial* o *filtración profunda*. También se aplica a situaciones de un *sistema de riego* cuando no es posible atender a su *demanda* durante un tiempo determinado, agotadas todas sus posibilidades hídricas.

demanda [de un regadío]. Intensidad de *consumo* de agua inducida por la atmósfera en los *campos* de un regadío. El *uso* consuntivo resultante se produce como un fenómeno continuo, pues la *capacidad* de retención del *suelo radical* permite que los cultivos consuman de una manera continua la *reserva útil* del agua que los *riegos* aportan con cierta discontinuidad. En la práctica, la *demanda* bruta que el *sistema de riego* debe destinar para saldar el *déficit hídrico* de esa *demanda* atmosférica (a veces llamada neta o teórica) integra, junto a ésta, los sumandos de *pérdidas y retornos*. Ver *dotación*.

demanda [económica]. Cantidad de agua requerida por los usuarios a un precio determinado.

demanda [planificación]. En España se ha generalizado la utilización del término *demanda* para designar a las necesidades de agua, calculadas con determinados parámetros técnicos, para satisfacer los usos con independencia de los precios.

demanda [riego a la]. Método de distribución del agua por el que los regantes tienen libertad para adoptar discrecionalmente el programa oportuno.

demanial. Perteneciente al dominio público. Dicese de los bienes de propiedad del Estado y, en nuestro caso, a los que integran el dominio público hidráulico. Ver *dominio público*.

depósito [regulador]. *Balsa* para ajustar la distribución del agua a la *demanda* de los cultivos.