

urbanos. No obstante, las apuestas territoriales si que serían particularmente complicadas en zonas concretas en la costa del Levante y del Sur de España donde ya existe una importante competición entre la agricultura de regadío (más o menos intensiva) y el turismo, ambos con usos de alta estacionalidad precisamente en los meses en los que el recurso es más escaso.

La conclusión final podría ser que en España el agua no es tan abundante como para que no se apliquen en su administración los criterios de economicidad que se utilizan respecto de los demás bienes que siempre, también, se consideran escasos.

Bibliografía

- AGUILERA, F. (1994), Dirección General de Calidad de las Aguas (1995), *Proyecto Ardku*, MOPTMA.
- DOMÍNGUEZ, J. M.^a (1995), *Gestión de la demanda en Regadíos*, sin publicar.
- FISTER, F. (1995), «The Economics of Water Dispute Resolution, project Evelutari and Management: An Application in the Middle East», presentado en el «Simposio del Agua» en Estocolmo, agosto 1995.
- GARRIDO, A. (1995), *Análisis sobre la Asignación de Agua vía Mercados. Aplicación a los regadíos del valle del Guadalquivir*.
- MAPA (1995), *Avance del Plan Nacional de Regadíos*.
- MARTÍNEZ CEBOLLA, C., y ZORIO BLANCO, V. (1990), «Concesiones administrativas: doctrina del Consejo de Estado y del Tribunal Supremo» en *Revisión de Obras Públicas*, diciembre 1990.
- MOPTMA, (1993), *Memoria del Plan Hidrológico Nacional*, capítulo 5.
- NAREDO, J. M. (1995), «Problemática de la Economía del Agua en España», presentado en el Seminario sobre «La Economía del agua en España», Sevilla, 1995 y publicado en el presente volumen.
- NERA (1995), *Establecimiento del Mercado del Agua*.
- SANTAFÉ, J. M. (1995), *Aguas subterráneas y Desarrollo sostenible. Administración y gestión del Recurso*, sin publicar.
- SANTAFÉ, J. M. (1995), Conferencia de clausura del Curso «Noel Llopis de Hidrogeología».
- SUMPSI VIÑAS y colaboradores (1995), *Estudio sobre la economía del agua y la competitividad de los regadíos Españoles*, Universidad Politécnica de Madrid.
- VILLARROYA ALDEA, C. (1995), *Tramitación Administrativa en concesión de agua*, sin publicar.
- VILLARROYA ALDEA, C. (1994), *Problemática Jurídico-Administrativa de los Aprovechamientos Hidroeléctricos*.
- VILLARROYA ALDEA, C. (1994), «Gestión y Legislación de Aguas subterráneas y superficiales», ponencia presentada en el «II Seminario de Ciencia, Tecnología y Cultura del Agua», Oviedo, 1994.

USO DEL AGUA DE RIEGO EN ALMERÍA

José López-Gálvez
Universidad de Almería

Alberto Losada
Universidad Politécnica de Madrid

1. Resumen

Los autores observan que el carácter escaso del factor de producción agua, bien evidenciado con la sequía, no está correspondido por el de que su precio sea libre. Destacan que, por el contrario, se trata de un bien de dominio público fuertemente sujeto a disposiciones legales que pretenden regular su utilización, sin lograrlo, y que falsan su precio. Resulta así que el agricultor, que paga relativamente poco por el agua, no está suficientemente incentivado en su ahorro. Relacionan con el hecho observado la situación paradójica que viene resultando en gran parte del levante español y, en particular, en Almería: avances tecnológicos como los relacionados con el bombeo en pozos profundos y con la aplicación de técnicas de riego por goteo muy eficientes vienen intensificando la sobreexplotación de acuíferos, hasta el punto de arriesgar la permanencia de la floreciente agricultura allí en desarrollo. Esta situación no ha sido aún debidamente resuelta por la administración del agua.

2. Introducción

Tradicionalmente, la aplicación de recursos técnicos y económicos a la ejecución de proyectos de ingeniería ha bastado para satisfacer demandas crecientes de agua por parte de abastecimientos, regadío y usos industriales; pero el desarrollo económico-social ya logrado significa demandas que desbordan los límites de la oferta potencial de recursos hídricos, si se mantienen los hábitos tradicionales para gestionar el agua disponible. El déficit actualmente sufrido podrá ser enjugado promoviendo cambios sustanciales en los métodos practicados para procurarla y administrarla.

Son demasiado frecuentes las obras destinadas a captación o transporte de recursos hídricos que no han podido cumplir la misión para la que fueron proyectadas: junto a los pobres resultados de presas que no dieron cumplida satisfacción a su objetivo principal de almacenar agua (la de Benínar, por ejemplo) o de canales que no llegaron a trasvasar los caudales considerados para justificar su construcción (el Tajo-Segura, por ejemplo), también resulta patético que la capacidad para alumbrar aguas desde acuíferos, a profundidades prácticamente ilimitadas, esté significando la sobreexplotación de la reserva natural que siempre han ofrecido. Así, se conocen numerosos ejemplos de pozos que antaño fueron generosos para saciar la sed de nuestros abuelos, o la de sus huertos, pero que no han resistido la codicia desmedida de sus descendientes, que hemos llegado a agotarlos o a reducir la calidad de sus aguas, cada vez más salinas. A esta alarmante realidad, se superpone el hecho de que las técnicas de desalación y depuración no han encontrado aún el marco económico adecuado para una solución eficaz. Un resultado es que el desequilibrio entre oferta y demanda de recursos hídricos tiende a agudizarse y a originar conflictos sociales de consecuencias impredecibles. A veces, llega a provocar luchas que desbordan fronteras entre estados.

Ya en los días que corren, y limitándonos al caso español, la situación causada por la sequía que comenzó a sentirse en la década de los setenta, aún activa, ha sido calificada, no sin cierta intención exculpatoria, de catástrofe «natural»¹; pero no sólo la parquedad de las lluvias —fenómeno por otra parte usual en España— contribuye a la gravedad con que llegan a plantearse los conflictos que ocasiona el agua entre comunidades autónomas y en la ciudadanía. También, la forma de gestionar el agua disponible cuando, como es el caso, su ordenamiento «no natural», es decir, debido a la voluntad del hombre, no es el conveniente. A este respecto, hay que observar que el hecho cierto de que la presión de sus usos sea cada vez más intensa no ha de abocar, necesariamente, en que aumente la frecuencia de emergencias como las actuales, agravadas sin duda por el cúmulo de imprevisiones que han resultado ante la falta de un plan de respuesta a sequías.

La situación descrita se resume por el hecho de que los recursos hídricos disponibles no son suficientes para satisfacer las demandas actuales, al menos en la forma que tenemos planteada su gestión. Todos hemos venido así a reconocer lo que, desde hace ya muchos años, era preámbulo obligado de cualquier estudio sobre su uso: **el agua es un recurso escaso.**

¹ Se mantiene desde hace al menos diecisiete años, y ha sido respondida por el «Boletín Oficial del Estado» con «medidas excepcionales» que ya comenzaron a ser tomadas con motivo de «las especiales condiciones climatológicas de sequía mantenidas desde 1978» (ver Decreto-Ley 18/1981 y Ley 15/1984).

Impulsar el incremento de agua disponible mediante procedimientos técnicos respetuosos con el medio natural es pues un objetivo a perseguir por una política de aguas auténtica; pero la elaboración de criterios para racionalizar su gestión es una tarea complementaria ineludible, y la responsabilidad para dictar y exigir el cumplimiento de normas justas y necesarias lo es también. Una *lex dura, sed lex*, es ya urgente.

El presente trabajo comienza justificando el interés de tratar aquí el uso del agua en agricultura. Tras una presentación de su problemática general, se describen prácticas de riego que se vienen aplicando en sistemas de cultivo propios de la comarca Poniente de Almería, en el Campo de Dalías, cuya importancia actual, económica y social, es bien reconocida. Se estudia la gestión del agua por comunidades de regantes que representan bien dicha comarca y, en particular, su uso en los sistemas de cultivo propios de sus invernaderos, para los cuales se establecen sendos balances físico y económico. Se termina con una reflexión sobre la sostenibilidad técnico-económica de la comarca, tratando de sensibilizar sobre la fragilidad debida a la incontrolada extracción de agua que, no sólo para riego, se viene haciendo desde sus acuíferos.

3. Gestión del agua en el regadío

La demanda total de recursos hídricos en España es de unos 30.000 hm³/año. El balance resultante arroja un déficit hídrico crónico que ha sido evaluado en 3.000 hm³/año. La sensibilidad social a esa limitación es creciente. Es pues lógico que la legislación española reconozca al agua la condición de dominio público y contemple una **planificación hidrológica** con la que se espera «conseguir la mejor satisfacción de las demandas de agua...», protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos, en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales².

La legislación española reconoce el carácter prioritario de los usos de agua urbanos, frente a los agrícolas; pero en España, en términos cuantitativos, la pérdida de control del agua destinada al regadío es más importante. En primer lugar, porque se trata del sector que más agua usa, como reconoce el anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional³, al considerar que dicho sector demanda el 80% de los usos consuntivos. En segundo lugar, porque, mientras los cultivos consumen aproximadamente sólo la mitad del agua que se les destina, el resto no llega a cumplir ese objetivo, o lo cumple deficientemente. Aunque las cifras que se manejan son muy

² Ley 29/1985.

³ Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional, 1993.

variadas, así lo hacen observar las estimaciones recogidas por dicho documento y por las disposiciones vigentes⁴. Se comprende pues que el dramatismo con que han llegado a manifestarse en España las limitaciones de agua esté muy relacionado con su uso en el regadío. Y, en particular, que los objetivos sobre impacto ambiental y economía del agua arriba señalados estén muy condicionados por el ahorro potencial de agua en el regadío mediante la explotación racional de los recursos hídricos allí disponibles.

3.1. Ahorro

El consumo de agua es el gasto irrecuperable producido durante su gestión. El concepto de ahorro se refiere a actuaciones para evitar un consumo excesivo en sistemas hidrográficos (cuencas o sistemas de explotación) cuyo ámbito debe estar bien delimitado.

Con referencia a sistemas de riego, el agua atajada en alguna fase de su ciclo natural es almacenada, transportada y distribuida a las tierras de labor, donde el regante la aplica. Se dice que ese conjunto de operaciones para aplicar a los cultivos el agua que se toma en otra parte es técnicamente eficaz si produce los efectos esperados. Uno de éstos es asegurar la productividad del regadío. Otro, controlar la fracción de agua útil, en relación con la manejada por el sistema considerado.

Con criterios no bien precisables, la técnica del riego califica como agua útil sólo una parte del agua aplicada al campo: la *fracción requerida y utilizada por la evapotranspiración del cultivo (Et)*, para satisfacer el objetivo inmediato de limitar déficit con efectos de estrés hídrico en su producción, y por el lavado del suelo fértil, para conservar su calidad. Por consiguiente, ahorrar equivale a reducir la fracción de agua no útil, y se define el **rendimiento de aplicación en campo, Ra** como la fracción representada por el agua útil, en relación con la recibida en cabeza de cantero o unidad de riego. La fracción complementaria, que no llega a conseguir el objetivo esperado, representa las pérdidas sufridas por dicho sistema.

Las ideas generales que anteceden fundamentan la aplicación de técnicas de **balance hídrico** sobre utilización del agua por los cultivos (ver figura 3.1). Aunque los diferentes sumandos que lo integran no pueden ser cuantificados con la precisión deseable, su simple planteamiento esquemático sugiere procedimientos de evaluación de campo que, de llevarse a

⁴ Ver Orden del Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente de 24-9-1992 («BOE» de 16 de octubre).

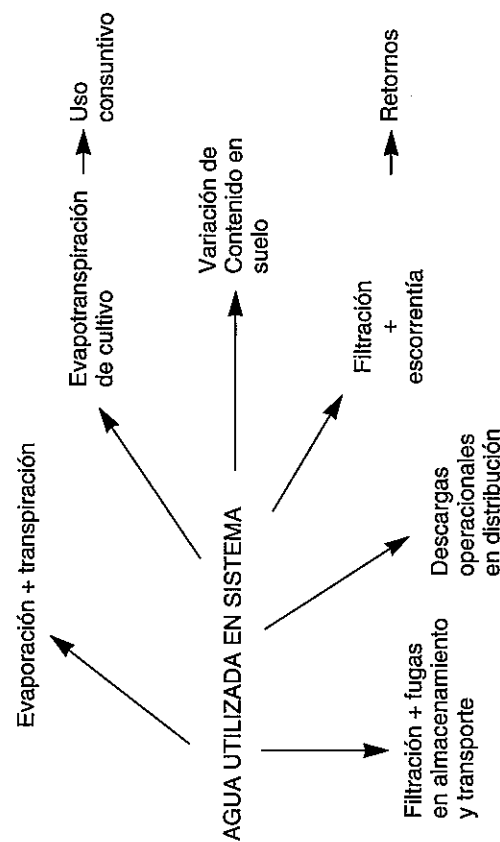
⁵ El concepto de evapotranspiración se refiere tanto al agua de evaporación desde el suelo como a la transpirada a través de los estomas en la parte aérea de las plantas y suele ser identificado como uso consuntivo útil en cuanto a que contribuye a satisfacer una función de los cultivos necesaria para producir.

cabo sistemáticamente, podrían proporcionar un importante archivo de datos sobre la realidad del regadío; pero este no es aún el caso del regadío español.

Figura 3.1

BALANCE HÍDRICO EN SISTEMA DE RIEGO

CONDUCCIÓN EN SISTEMA: APLICACIÓN EN CAMPO:



Una primera dificultad que plantea la cuantificación de posibles ahorros se refiere a que no hay una correspondencia biunívoca entre la supuesta agua útil y la producción. Por una parte, la producción depende del régimen hídrico que resulta al desarrollar programas de riegos dados, es decir, al adoptar decisiones sobre cuantía, momento y forma de aplicarlos: no es igualmente adecuada una misma aportación total cuando varía el número de tandas con que se aplica y, por consiguiente, la lámina aplicada por cada riego y el intervalo de tiempo que separa sucesivas aplicaciones⁶. Por otra parte, una fracción del agua no consumida por Et puede significar alguna otra utilidad que desaconseja su consideración como pérdidas, y su recuperación, por tanto, no significa un mayor ahorro. Es el caso de usos que, aun trascendiendo a los aspectos puramente productivos,

⁶ Los resultados experimentales hacen patente la conveniencia de aplicar riegos frecuentes y ligeros (practicables con modernos sistemas de distribución fijos) con el fin de mantener un contenido hídrico relativamente alto en el suelo radical de muchos cultivos sensibles al estrés hídrico, como mejor alternativa a las mayores oscilaciones propias de riegos infrecuentes y abundantes (propios de sistemas tradicionales).

contribuyen al mantenimiento de ecosistemas (lavado, por ejemplo, cuestión tampoco fácil de precisar en términos cuantitativos). Finalmente, la recuperación de agua para el sistema de riego que la utilizó significa un ahorro interno, pero si es recuperada para un sistema exterior, como **retorno**, el mayor ahorro debe ser referido al conjunto de los sistemas ahora considerados, que podrá constituir un sistema de orden superior.

3.2. Pérdidas en sistemas de transporte

Un objetivo de las operaciones de transporte y distribución del agua en redes de riego es controlar la fracción del agua desviada y entregada en las tomas de riego, en relación con la desembalsada o derivada a tal fin en cabeza de sistema. Aunque no es tan simple como parece, dicha idea puede ayudar a evaluar técnicamente algunas operaciones de riego, *en el supuesto de que se realicen los oportunos afloros*⁷.

Referida al transporte de agua, con un carácter complementario al del rendimiento de aplicación arriba definido, y siguiendo un criterio análogo al adoptado por redes de abastecimiento urbano, la relación entre las aportaciones en cola y en cabeza determinan el **rendimiento de conducción**, Rc. La calidad del resultado se hace así corresponder con los factores técnicos implicados en la ejecución de dicha operación de riego: tecnología de obras e instalaciones del sistema, estado del mismo, mano de obra empleada, etc.

En correspondencia con su antigüedad, la mayoría de las redes de riego en España han sido sistematizadas, por gravedad, con acequias. En muchos casos, suelen haber sufrido una gestión que ha motivado la mala conservación de sus obras e instalaciones. Como consecuencia, el agua es conducida y distribuida sin el debido control ni aforo. Ni existe un adecuado registro de afloros ni los servicios de exploración disponen de datos de evaluación de sus sistemas de riego. La lamentable realidad es que tanto los desembalses en cabecera, como los volúmenes distribuidos raramente existen completos y fiables. Muy frecuentemente, el agua es aplicada por superficie a tablares con canteros inadecuadamente sistematizados donde, como es de esperar, la humectación del suelo radical no es controlada. Aunque puede temerse, por tanto, una fracción relativamente pequeña de agua útil, tampoco existen suficientes registros significativos.

⁷ Otras interrogantes de carácter económico habrán de ser superadas con el oportuno análisis, en el contexto económico-social específico de cada sistema. Ver concepto de «eficiencia económica» en SMALL, L., y CARRUTHERS, I. (1991), *Farmer-financed Irrigation*, Cambridge.

En el cuadro 3.1 aparecen algunos resultados de Rc en diversas zonas regables españolas donde se encontraron suficientes datos disponibles⁸. Comparan con el volumen desembalsado en cabeza del canal principal el volumen suministrado a la red de distribución «registrado en muy pocos casos», allí donde los «canales con medidas de caudal disponían de revestimiento de hormigón y estaban bien conservados». El hecho de que esta condición sea raramente satisfecha vino a significar que las cifras expuestas, relativamente altas, no fueran juzgadas representativas. La fracción correspondiente a la *evaporación teórica* desde esos canales fue estimada con un valor medio del 0,005, por lo que se dedujo que el mayor capítulo de pérdidas correspondería a filtración, fugas y operacionales.

Cuadro 3.1

RENDIMIENTO DE CONDUCCIÓN

Sistema de riego	Longitud de canal (km)	Años con registros	Rc
Cinca	90	1	0,91
Orellana	114	4	0,90
Tajo-Segura (margen dcha.)	121	7	0,91
Tajo-Segura (margen izq.)	170	7	0,92
Zújar	95	5	0,87

Ante la falta de registros fiables, los autores arriba citados han abordado la problemática real considerando volúmenes de desembalse registrados en 38 zonas y estimando para su superficie regada valores de su *demanda neta*⁹. Fueron así calculados los correspondientes valores de la llamada *ratio demanda neta/dembalse*. El valor medio para zonas de riego por gravedad ha resultado ser 0,54 y para riego a presión 0,80. Valores próximos a la unidad, *suponiendo pérdidas totales inevitables de un 20%*, fueron interpretados en el sentido de que un 20% de las zonas sufrieron déficit hídrico. Por otra parte, al considerar un valor medio de 0,60, se dedujo que las pérdidas hídricas medias en las zonas analizadas fueron, al menos, el 40% del desembalse. El cuadro 3.2 recoge una muestra de dicha información.

⁸ KRINNER, W., GARCÍA, A., y ESTRADA, F. (1994), «Method for estimating efficiency in spanish irrigation systems», *Jour. of Irrigation and Drainage Engng.*, 120 (5): 979-986.

⁹ Estos valores fueron obtenidos por métodos que estiman la evaporación máxima, calculada según la fórmula de Penman-Monteith, y la lluvia efectiva, atendiendo a la retención hídrica en el suelo radical.

Al conjunto de los sistemas de riego estudiados correspondieron unos valores medios de dotación y de ratio de 8.500 m³/(ha/año) y de 0,60, respectivamente. Cifras con el carácter de las citadas se han utilizado para justificar **tomas de decisión para conservar agua**, relativas a política de rehabilitación y modernización de sistemas de riego¹⁰.

Cuadro 3.2

DEMANDA NETA/DESEMBALE

Sistema	Dotación m ³ /(ha/año)	Distribución	Ratio
Genil-Cabra	3.634	A presión	1,27
Ac. Real Júcar	19.565	Por gravedad	0,28
Almanzora	12.658	Por gravedad	0,31

3.3. Manejo del agua en campos de cultivo

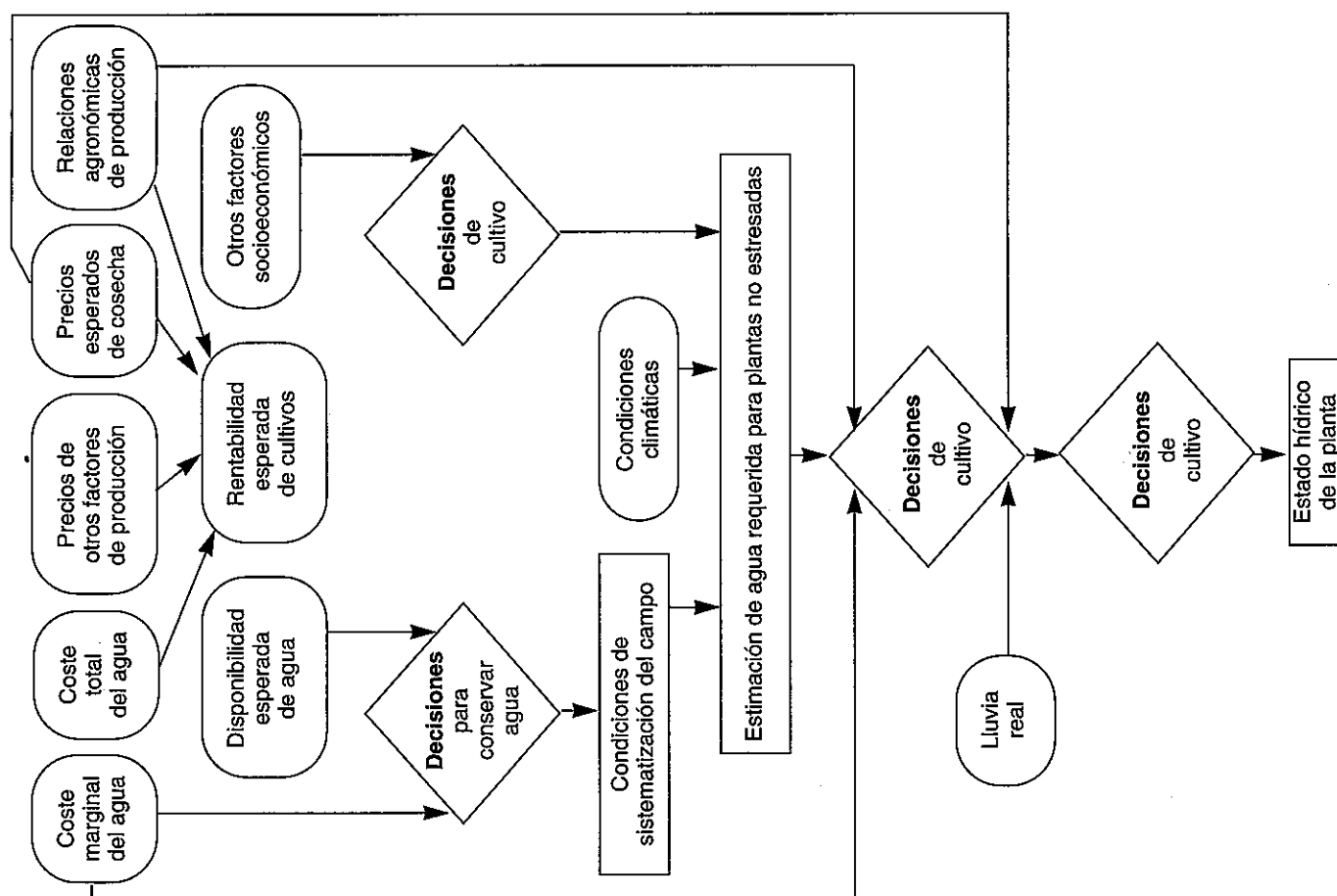
El aprovechamiento del agua en un sistema de riego bien delimitado no se basa sólo en las técnicas para su almacenamiento, transporte y distribución. Implica, además, y sobre todo, técnicas para su aplicación a los campos de cultivo. Unas y otras deben ser integradas en programas de actuación propios de organismos de riego y regantes, con el fin de facilitar sus **tomas de decisión para optimizar la producción y el uso del agua**: selección de cultivos apropiados al agua disponible, demanda de agua y aplicación de los riegos. El diagrama adjunto, adaptado de Small y Carruthers, muestra los tres niveles de decisión indicados (ver figura 3.2).

Teóricamente, los criterios de ahorro en campo podrían ser basados en el análisis de los términos del balance hídrico, debidamente fundamentados en la hidráulica de los métodos de riego y en **funciones de producción**; ahora bien, dada la complejidad del medio físico real y la variabilidad de los requerimientos del cultivo, el gasto apropiado y la programación de su aplicación son difícilmente previsibles. Tampoco es fácil determinar la dotación de Et que separa lo excesivo de lo deficitario ni ajustar en términos prácticos el servicio de esa dotación a la intensidad del proceso de Et que responde a la producción óptima. Los diferentes resulta-

¹⁰ Para un análisis sobre la conveniencia de ahorrar agua en el regadío, en relación con la alternativa de construir más obras, ver: RUIZ, J. M. (1993), *La situación de los recursos hídricos en España*, 1992, Ed. Apóstrofe. Asimismo, del mismo autor (1994), *25 propuestas para mejorar el Plan Hidrológico Nacional*, CIP.

Figura 3.2

DECISIONES QUE AFECTAN AL USO DEL AGUA DE RIEGO



dos productivos de un cultivo, bajo condiciones dadas, al que se aplica una misma aportación con distintos calendarios, hacen que deban plantearse serias reservas a criterios de manejo que no tengan en cuenta la diversidad de variables implicadas.

En general, las relaciones entre producción y consumo hídrico son estimadas a base de una información empírica previa sobre los términos del balance hídrico en unas condiciones de referencia. Numerosos estudios así planteados deben ser interpretados con reservas, porque utilizan conclusiones extraídas de experimentos realizados bajo condiciones de cultivo, suelo y clima muy específicas y, sobre todo, cuando parten de datos limitados no suficientemente interpretados. Por otra parte, hay que observar que la respuesta de índices productivos a déficit hídricos moderados, en relación con unos requisitos de referencia, puede ser positiva. El llamado **riego deficitario** (también llamado parcial u óptimo) se fundamenta en la aplicación deliberada de una aportación de riego inferior a la de referencia. En términos económicos, podría pretenderse que la posible reducción de producción fuera acompañada por la de los costes del riego imputables a los factores de producción agua, energía, mano de obra, etc. Asimismo, que el agua no utilizada fuera destinada a usos alternativos, y que los costes de oportunidad del agua, debidamente valorada, compensaran la menor producción.

Por todo ello, el conocimiento preciso sobre la utilización del agua exige laboriosos trabajos de **evaluación de aplicación de los riegos en campo**, y el objetivo de ahorrar agua debe ponderar tanto las decisiones de operación de los riegos, como las complejas funciones de producción que determinan la respuesta del cultivo. Sin trabajos experimentales *ad hoc*, es difícil calibrar esos efectos del manejo del agua de riego sobre la producción, sobre la evolución del suelo, sobre el rendimiento de utilización del agua de riego y, en definitiva, sobre el aprovechamiento de la misma.

Sintetizando algunas de las ideas expuestas, sólo una fracción del agua aplicada por los riegos es consumida y, por tanto, no es recuperable: en parte es útil, para la evapotranspiración de los cultivos, y en parte es perdida, bien por evaporación desde el propio sistema de riego, bien por transpiración de plantas sin interés productivo. Otra fracción, que puede representar un orden de magnitud comparable a las anteriores, escapa, superficialmente o a través de acuíferos, del control a que pudo estar sometida durante las operaciones de almacenamiento, regulación, distribución y aplicación. Esta última parte integra los retornos¹¹. En definitiva,

¹¹ Interesa destacar que los retornos son potencialmente recuperables, lo que explica que el rendimiento global de un sistema hidrográfico complejo, que integra un conjunto de sistemas de riego, pueda superar el rendimiento de cada una de sus unidades. A título ilustrativo, tiene interés recoger unas cifras de balance hídrico relativas al conjunto de los regadíos de EE.UU. en 1975 (Economic

sería **riego útil** el que satisface la demanda de evapotranspiración y de lavado, mientras que serían pérdidas las aportaciones que se desvían de esa misión durante las operaciones de conducción (evaporación, transpiración, desbordamientos, fugas, filtraciones y descargas operacionales, en canales) y aplicación (filtración profunda y escorrentía, en campos de riego).

Con objeto de abarcar todas las operaciones de riego (conducción y aplicación), se utiliza a veces el concepto de **rendimiento global**. Sobre esta base, es razonable estimar que el volumen total de recursos hídricos que escapan del control de los sistemas de riego en España, sin llegar a beneficiar los cultivos, puede superar los 10.000 hm³/año. Aunque parte retorna a los cursos naturales, acuíferos y ríos, unos 5.000 hm³/año no son recuperables, magnitud que es del mismo orden que la de todas las otras demandas de la población española, que no llegan a alcanzar 6.000 hm³/año.

3.4. Racionalización de los riegos

El desarrollo científico recientemente experimentado por los riegos ha sido notable en lo que se refiere a un mejor conocimiento de agronomía y, en particular, al del agua requerida por los cultivos. El desarrollo tecnológico también ha significado una notable contribución al poner en el mercado materiales y equipos que han sustentado, dentro de límites económicos razonables, técnicas de riego que han transformado muchos planteamientos previos. Hoy es posible sistematizar campos de riego de forma que la aplicación del agua (frecuencia, gasto, presión de servicio y duración del riego) pueda ser controlada. La viabilidad económica de utilizar elementos de almacenamiento, transporte y distribución que permiten aplicar el agua *in situ*, en el momento apropiado y con buena uniformidad y rendimiento, hacen que el control del régimen hídrico del suelo sea posible. Se han puesto a punto técnicas de riegos por superficie (gracias a la maquinaria para sistematizar tierras y a los modelos informáticos), por aspersión (gracias a sistemas autopropeulsados) y localizados (gracias a los plásticos). Los proyectos de riego pueden ser mejor orientados para el cumplimiento de criterios de funcionalidad establecidos (condiciones de sistematización y capacidad para controlar aplicaciones de riego con déficit

Research Service, 1975, citado por PLAYÁN, E. [1994], en «Eficiencia en el aprovechamiento del agua por el regadío», *Agricultura de regadío*, Huesca): de 100 unidades de agua tomadas por el sistema de riegos, 77 pasan a los campos y se descomponen en 41 de evapotranspiración y 36 de pérdidas. Las 23 restantes se pierden en la red de distribución. Del total de 59 unidades perdidas, sólo retornan 46, mientras que 13 son detraídas por uso consuntivo no beneficioso. Cabe entonces hablar de un rendimiento de aplicación (en campo) de $41/77=0,53$; de un rendimiento de conducción (durante la distribución) de $77/100=0,77$; de un rendimiento global (en sistema de riego) de $41/100=0,41$ y de un rendimiento en cuenta hidrográfica de $41/(100-46)=0,76$.

y rendimiento de aplicación determinados). Por otra parte, la automatización de los sistemas de riego se abre paso con el desarrollo de equipos programables y controladores. Asimismo, de modelos matemáticos cuyos parámetros podrán ser conocidos con creciente precisión a través de procesos de calibración permanente. No obstante los progresos mencionados, aún queda mucho por hacer para gestionar racionalmente los escasos recursos hídricos disponibles.

Las actuaciones para ahorrar agua se basan en técnicas que evalúan los capítulos de pérdidas y en técnicas que, debidamente controladas las operaciones de riego, tratan de reducirlas. Toda evaluación de campo obliga a medir. Evaluada la magnitud del agua útil, el técnico de riego podría compararla con las aportaciones en cabeza del sistema de transporte y distribución, o en toma de regante, las cuales han de ser medidas¹². El conocimiento adquirido mediante la oportuna evaluación en campo de las prácticas de riego podrá mejorar criterios de producción del cultivo, orientando las decisiones discrecionales del agricultor; pero dicho conocimiento podrá ser realmente útil cuando no sólo el personal que gestiona el sistema de distribución, sino también el agricultor tienen capacidad para controlar las operaciones de riego. Esto conlleva dificultades técnicas que deben ser superadas en forma apropiada a las condiciones del propio sistema de riego y a las de los campos de cultivo. En la práctica, la posibilidad y conveniencia de aplicar las conclusiones de esos trabajos a las circunstancias propias de cada cultivo depende de las características del sistema de riego (más o menos automatizado) y, sobre todo, de la capacidad del regante para controlar la programación y aplicación de sus riegos, es decir, de los métodos empleados para distribuir la concesión autorizada y de los criterios de operación a adoptar (tiempo de aplicación, presión y módulo de riego). En todo caso, la ventaja potencial de sistemas de riego con servicio a la demanda sólo es realmente aprovechada cuando los riegos, realizadas las oportunas evaluaciones de campo, son programados conforme a criterios que atiendan a los resultados de las mismas, así como a funciones de producción debidamente calibradas.

La interpretación de funciones de producción contribuye a orientar prácticas de riego hacia criterios de manejo del agua que optimicen la productividad de los cultivos. Ahora bien, la *rigidez administrativa de los sistemas de riego* limita en los mismos el interés práctico de técnicas agronómicas potencialmente útiles para racionalizar la utilización del agua de riego. Por el contrario, la *flexibilidad para programar y ejecutar los riegos* ofrece

¹² Evidentemente, el desconocimiento de cualquiera de los sumandos enuncia impide cerrar el balance. En consecuencia, sólo con trabajos de evaluación en sistemas de riego en campo será posible el cierre de los balances hídricos en cuencas hidrográficas. No hacerlos deja abiertas interrogantes importantes, en términos tanto cuantitativos como de calidad de aguas.

al regante la oportunidad de optimizar el régimen de su aplicación. La programación y aplicación discrecional, o a la demanda, de los riegos en una explotación puede ser orientada de acuerdo con la evolución del régimen hídrico. El grado de autonomía disponible permite al regante seleccionar programas de riego, con libertad para adaptarlos a las cambiantes y difícilmente previsibles condiciones del sistema suelo-planta-atmósfera. En tal caso, podrá controlar la aplicación del riego y lograr las ventajas que puede proporcionar la utilización racional del agua por los cultivos. El régimen hídrico sería estimado en función de criterios fundamentados en evaluaciones de campo y de datos sobre la intensidad diaria de la evapotranspiración, que habría de ser calculada a partir de medidas en centros experimentales adecuados, representativos de cada comarca de riego. En razón a todo ello, los métodos de distribución del agua de riego que ofrecen libertad al regante son objeto de un interés creciente. En todo caso, cuando, como es frecuente, el agua no es entregada a la demanda, el regante queda obligado a ingeniar medios para aplicar los riegos en condiciones que faciliten su control. Es el caso de las balsas con las que puede garantizar la autonomía necesaria para la aplicación discrecional de los riegos con un servicio de agua por turnos¹³.

El conocimiento de funciones de producción relativas al factor agua y de su interacción con otros factores de producción ha adquirido un interés renovado en tiempos recientes, en razón al creciente control que el regante puede ejercer sobre el agua gracias a la modernización de los sistemas de riego. No obstante, el número de variables independientes implicadas no parece hacer posible una aproximación analítica que determine el proceso de producción. La necesidad de experimentar *in situ* es evidente. Cuando las condiciones de suelo, climáticas, etc., difieren de las consideradas experimentalmente, las reservas apuntadas sólo podrán ser disipadas por estudios adicionales de interpretación delicada. La investigación aquí necesaria está abierta, pero la utilidad de una asistencia técnica basada en un seguimiento próximo es ya evidente. Ahora bien, las técnicas de evaluación y ahorro son de aplicación costosa, y se produce entonces, al promoverlas, un complicado círculo vicioso.

El carácter evidente del agua, como factor de producción escaso, no está correspondido por el de que su precio sea libre. Por el contrario, se trata de un bien de dominio público fuertemente sujeto a disposiciones legales que regulan su utilización y que, por tanto, falsean su precio. En consecuencia, el agricultor, que paga poco por él, no está interesado en su ahorro. Este problema se plantea en el contexto de que el agua de riego no presenta facilidades para ser aforada. La falta o desatención de instalacio-

¹³ Según se verá, esta solución se aplica en el entorno de Almería.

nes de aforo implica que la medida del agua administrada y su cobro por volumen sean una excepción. Como consecuencia, la explotación de los sistemas de riego no suele cargar sus costes de mantenimiento sobre el pago del agua consumida. Se restringe pues la caracterización del agua como factor de producción¹⁴. Genera problemas financieros que, a su vez, provocan deficiencias de mantenimiento en los sistemas de riego. Resulta así un deterioro de sus obras e instalaciones y, consiguientemente, se producen importantes pérdidas de agua e inseguridad en su provisión. En definitiva, ruina e ineficiencia en los métodos para su servicio y aplicación.

Dadas las dificultades para tarificar el agua de riego servida por sistemas por gravedad en zonas tradicionales promovidas por el Estado, la contribución de los regantes a los gastos de explotación se hace en función sólo de la superficie regada; pero, por razones de coste histórico y de inflación, esto ha venido a significar unas 10.000 a 15.000 pra/(ha/año) en concepto de canon y tarifa de riego. Tan exigua cantidad hace que todos, administradores y regantes, pierdan motivación para el seguimiento de su posible reinversión. En las redes controladas por el Estado, es decir, por las confederaciones hidrográficas, suele resultar un relativo abandono. La única solución al dilema planteado radica en la realización de programas de modernización de sistemas de riego, de asesoramiento de regantes y, en el caso de redes administradas por el Estado, de una profunda reforma de los servicios de explotación de las confederaciones hidrográficas implicadas, con vistas a racionalizar la gestión del agua de riego.

En el seno de una economía de mercado, puede ser difícil compatibilizar los intereses afectados: junto a los del agricultor, los sociales. A este efecto, es de interés observar que el agua despilfarrada sin coste aparente (al menos, para el usuario), tiene, sin embargo, un *coste social*. En efecto, es posible que el consumo excesivo sólo pudiera ser evitado mejorando la administración del agua, costeando equipos, servicios y asesoramiento técnico. No invertir en tales capítulos aparece como un ahorro para el usuario; pero también equivale a admitir una *externalidad* que el cuerpo social, en general, ha de pagar. En efecto, existen otras demandas de agua (sin que se haga sentir su posible efecto en costes de oportunidad), y el no ahorro de la ya disponible obliga a la búsqueda de nuevos recursos alternativos que sólo serán encontrados a un mayor coste.

Cabe suponer que la mala utilización del agua en las grandes zonas regables sea imputable a técnicas y criterios de manejo de riego inadecuadamente aplicados por los regantes, por lo que son razonables objetivos de rigor como los pretendidos por la legislación¹⁵. Pero es indudable que la

defectuosa gestión de los sistemas de riego se debe tanto a la actuación de los regantes como a la pasividad de los servicios de explotación de las confederaciones hidrográficas. No se observa que éstas hayan mostrado la suficiente sensibilidad al desarrollo científico y tecnológico experimentado durante los últimos treinta años. De esto es ejemplo una reciente disposición «por la que se aprueban las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los Planes Hidrológicos de cuencas intercomunitarias: ... «se detallarán las dotaciones netas...», se tendrán en cuenta las eficiencias de riego existentes en cada sistema en explotación... y garantías» cuya referencia es la satisfacción de una demanda que establece; da normas «generales» con precisiones aparentemente suficientes, pero no sustentadas por criterios racionales (ver O.M., nota n.º 4). Desgraciadamente, este defectuoso planteamiento se encuentra también en el análisis que fundamenta criterios de consumo utilizados con motivo del proyectado Plan Hidrológico Nacional¹⁶. Por esto, se justifican las reservas con que, frecuentemente, las comunidades de regantes se ven obligadas a aceptar las competencias y responsabilidades de policía asignadas a las confederaciones hidrográficas por la legislación. Y, porque el agua no se valora, también se justifica el talante pasivo de las propias comunidades cuando, como ya se indicó, las externalidades son pagadas por la sociedad.

Por todo ello, es preciso promover cambios que hagan posible la *gestión racional del agua de riego*. Sobre todo, con disposiciones cuyo cumplimiento pueda ser fiscalizado por los servicios de explotación de los organismos de cuenca. La financiación correcta del servicio de aguas de riego en grandes zonas regables aconseja un replanteamiento de la distribución de responsabilidades entre organismos de cuenca y comunidades de regantes. Es necesario, por una parte, procurar la autonomía de financiación de las comunidades, impulsando la participación activa de sus regantes. Por otra, es preciso internalizar costes nunca asumidos por los regantes. Al concienciarse éstos sobre el coste de conservar el agua, reconocerían la necesidad de integrar auténticos servicios de asistencia técnica que sistemáticamente desarrollen actividades de campo como las más arriba indicadas.

4. El regadío en Almería

Conocer todas y cada una de las zonas regadas, es, sin duda, un objetivo cuya extensión y detalle deben ser ponderados en razón a la utilidad que del mismo se espera y a las dificultades para alcanzarlo, en coste y tiempo. La pretensión a que aspiran estudios de «Caracterización de rega-

¹⁴ Esta circunstancia económica quedará patente en el balance monetario de los invernaderos de Almería.

¹⁵ Real Decreto 531/1992.

¹⁶ Ver capítulo 2.3.2, MOPTMA (1994), «El ahorro de agua», en *Análisis de escenarios*, Plan Hidrológico Nacional.

díos» destinados a fundamentar el Plan Hidrológico Nacional contemplado por la Ley de Aguas de 1985 es tarea, además de costosa, demasiado ambiciosa para la capacidad de los medios hoy disponibles que pueden articular su realización (empresas consultoras, datos proporcionados por la administración y tiempo). Sin embargo, una información con aspiraciones más modestas, fundamentada en la proximidad física y el seguimiento a zonas regadas puede significar un razonable equilibrio entre objetivos económicos y medios, para, al menos, fundamentar un diagnóstico razonable y objetivo sobre la problemática a abordar. Es lo que viene haciendo la Estación Experimental «Las Palmerillas» en relación con EL REGADÍO EN EL CAMPO DE DALÍAS¹⁷. Las líneas que siguen resumen observaciones derivadas de dichos trabajos y destacan riesgos que hay que afrontar, detectados durante la ejecución de los mismos y que deben ser atendidos ya e inexorablemente, ante el retraso que viene sufriendo la aprobación del plan citado.

4.1. Antecedentes

El área del Poniente de Almería constituye un pie de monte de unos 10 km de ancho y 30 de longitud, al Oeste de la capital, entre los 2°33' y los 2°54' de longitud Oeste y delimitado al Norte por la Sierra de Gádor y al Sur por el mar Mediterráneo. El medio natural muestra tendencia a la desertización, y su desarrollo agrícola estaba detenido, aun a principios de los años sesenta, debido a que las prácticas agrarias convencionales encontraban condiciones edafoclimáticas extremadamente hostiles: a la mala calidad de sus suelos se añaden vientos fuertes y frecuentes y la extrema escasez e irregularidad de lluvias, determinante de sus pocos recursos hídricos superficiales. No obstante, el difícil aprovechamiento agrícola de sus tierras está condicionado también por temperaturas relativamente suaves y por una insolación excelente. Sobre esta base, una síntesis afortunada de antiguas prácticas de cultivo y diversas innovaciones técnicas hicieron posible el paso de una agricultura muy primitiva hasta llegar a la que actualmente caracteriza a la zona, con un avanzado grado de tecnificación. Allí se encuentra casi el 90% de los invernaderos de la provincia de Almería. Una importante fracción corresponde al llamado Campo de Dalías (en la zona de El Ejido), lo que, junto a sus características geográficas muy representativas de gran parte del SE español, justifica que sea tomado como referencia frecuente.

Las ramblas constituyen el sello característico de la red hidrográfica superficial de toda la costa almeriense y, en particular, del área conside-

¹⁷ Ver LOSADA, A., y LÓPEZ-GÁLVEZ, J. (1995), *Gestión del regadío en el Campo de Dalías: Las comunidades Sol y Arena y Sol-Poniente*, Almería.

rada. Su escaso potencial para asegurar una aportación regular explica el interés para promover la traída de aguas de otras áreas vecinas. Por contraste, hay que observar la abundancia de recursos hídricos subterráneos; sin embargo, hasta muy recientemente, ya en la década de los cuarenta, no se promoverían extracciones de cierta importancia. Los alumbamientos cuyo desarrollo sistemático ha venido a significar la transformación agraria de Almería (especialmente, en el Campo de Dalías), con su puesta en riego, correspondieron al Ministerio de Agricultura, a través del Instituto Nacional de Colonización (posteriormente, Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario). El agua bombeada desde los acuíferos sería, en principio, distribuida mediante sistemas por gravedad, desde acequias, y aplicada en eras, con riego «a pie».

Hacia 1955, se comienza a practicar el enarenado, técnica que habría de repercutir en el incremento del cultivo de hortalizas (sobre todo, tomate) para los mercados nacional y de exportación. El éxito obtenido hizo necesaria la explotación de nuevos pozos.

Hacia 1965, se dejaron ver las primeras balsas, o albercas, construidas a iniciativa particular de mampostería y cuya finalidad era flexibilizar el manejo del agua por los regantes. También por entonces, se construirían en plan experimental los primeros «invernaderos», denominación que se sigue aplicando a los cobertizos de plástico sostenidos por un entramado de materiales ligeros. Anteriormente, los cultivos de hortalizas en suelo enarenado sólo eran protegidos con setos cortavientos.

A partir de 1970, las extracciones de agua fueron de mayor gasto, y tendría lugar la expansión generalizada de los invernaderos; ahora bien, como secuela de una sobreexplotación de acuíferos, que había comenzado en fecha no bien determinada, fue detectado un descenso del nivel piezométrico de los pozos, y pudo ya observarse que la calidad de aguas de las extracciones más antiguas empeoraba progresivamente. Estos problemas serían relacionados más adelante con un posible fenómeno de intrusión marina¹⁸. Se modificarían, en consecuencia, las previsiones de proyectos iniciales, relativas a utilizar sólo agua de pozos, y se consideraría el suministro de recursos hídricos superficiales del embalse de Benínar.

La introducción del riego por goteo, con sistemas a presión, tiene lugar mediada la década de los setenta. Su expansión, ininterrumpida desde entonces, se hace no sólo a costa del riego tradicional a pie, sino también gracias al agua ahorrada con los mejores rendimientos ahora posibles; también, porque se usan recursos adicionales, por nuevos o más intensos alumbamientos. En todo caso, hay que observar que el desarrollo

¹⁸ Ver Instituto Geológico y Minero de España (1982), *Estudio Hidrogeológico del Campo de Dalías (Almería)*.

de dicha técnica, junto a la de los invernaderos, no hubiese sido posible sin el mejoramiento conseguido en las propiedades del plástico, para la aplicación de riegos de alta frecuencia, en el primer caso, y para su adecuación como material de cerramiento, en el segundo.

Es de interés hacer notar una situación paradójica que viene resultando en gran parte del levante español como consecuencia de la escasez de recursos hídricos: avances tecnológicos como los relacionados con la aplicación de técnicas muy eficientes (bombeo en pozos profundos, cultivo bajo plástico y riego por goteo) vienen intensificando la sobreexplotación de acuíferos¹⁹.

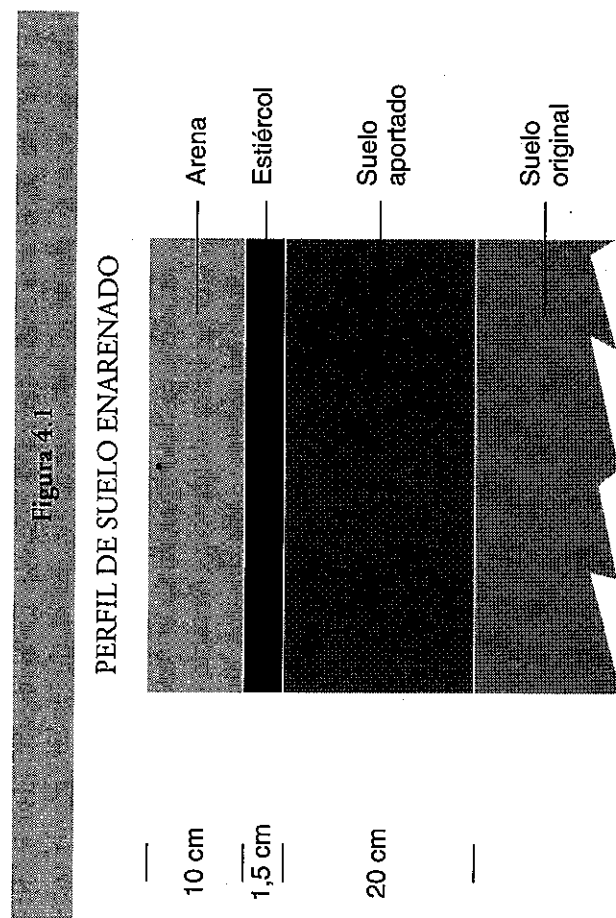
4.2. Sistema de cultivo

La intensa transformación a que han sido sometidos los suelos naturales desaconseja otra clasificación que la impuesta por horizontes antrópicos, por lo que sólo tiene valor práctico la descripción de las actuaciones que han venido a desarrollar el suelo artificial, en general enarenado, tanto «en calles», es decir, a cielo abierto, como bajo plástico (ver figura 4.1).

Con la preparación del suelo enarenado se palió el factor limitante suelo. Dicha técnica incluye, además de las labores iniciales de desfonde y nivelación, el aporte de una capa de tierra vegetal de unos 20 cm de espesor que se mezcla con 5 kg de estiércol por metro cuadrado de suelo, dada la necesidad de disponer de un sustrato para reserva de agua y nutrientes²⁰. A continuación, se aplica otra capa de unos 2 cm de estiércol y, finalmente, se añaden unos 10 cm de arena de playa. Se configura así un suelo con cuatro estratos claramente diferenciados, tanto desde el punto de vista físico como químico. Los efectos beneficiosos duran entre tres y cinco años, pasados los cuales se realiza la operación de retranqueo consistente en levantar la capa de arena para reponer la totalidad del estiércol.

¹⁹ En 1980, el Instituto Geológico y Minero de España (ahora Instituto Tecnológico y Geominero) reanudaría una serie de estudios específicos destinados a identificar una intrusión marina, hipótesis que acabaría confirmándose. En 1984, en respuesta a esta evidencia de sobreexplotación, se dictan las primeras disposiciones legales que limitan la expansión del regadío. Es el caso del Decreto 117/84, de 2 de mayo, de la Junta de Andalucía, que regula los alumbramientos y las captaciones, y de la Ley 15/1984, de 24 de mayo, de ámbito nacional, «para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos escasos a consecuencia de la prolongada sequía». Vigente ya la Ley de Aguas de 1985, y al amparo de su artículo 56, el RD 2618/86, de 24 de diciembre, declaró provisionalmente sobreexplotado los acuíferos del Campo de Dalías, estableciéndose condicionantes para la ejecución o modificación de obras de alumbramiento y la exigencia de autorización para la implantación o ampliación de cualquier superficie de regadío.

²⁰ Con la llegada de sistemas de riego por goteo fijos, aptos para aplicaciones de alta frecuencia, esa operación pierde parte de su interés, y actualmente casi no se realiza.



La técnica de cultivo enarenado ofrece ventajas significativas. En primer lugar, consigue un buen rendimiento del agua de riego, al evitar pérdidas por evaporación y permitir el empleo de aguas salinas. Además, la importante aportación de estiércol amortigua las deficiencias que los programas de fertilización puedan producir a los cultivos.

Ya se indicó que a la técnica del cultivo enarenado, que se empezó a utilizar en la zona durante los años cincuenta, se añadió en los años sesenta la del uso de invernaderos, el principal avance técnico experimentado por el sistema de cultivo junto al del riego por goteo, que se incorporaría ya en los setenta. Dichos invernaderos se construyen conforme al tipo conocido como «parral de Almería», consistente en un cobertizo sostenido por una estructura de postes y alambre inspirada en la utilizada, desde el siglo XVIII, por los productores de uva de mesa (parraleros) para guiar este cultivo. El material de cerramiento es película plástica flexible de polietileno, que se coloca entre dos mallas de alambre soportadas por postes de madera, ahora en fase de sustitución por acero galvanizado. La forma de la cubierta solía ser plana o de poca pendiente, lo que hacía necesario perforar el plástico, para evacuar el agua de lluvia. En cuanto a la altura, empezó siendo inferior a 2 m. Actualmente, la tendencia es realizar construcciones con bastante pendiente, para mejorar las condiciones de radiación, siendo normal la altura en laterales de 3 m, hecho que mejora las condiciones ambientales y facilita el desarrollo de variedades de crecimiento indeterminado mediante la práctica del tutorado.

Las investigaciones realizadas en la Estación Experimental «Las Palmeras» han puesto de manifiesto que la función de los invernaderos consiste, por una parte, en la menor demanda evapotranspirativa, así como en un aumento de la integral térmica diaria, consiguiendo mayor precocidad de los cultivos. Por otra parte, desempeñan un importante papel como cortavientos, con la consiguiente incidencia favorable sobre la calidad de los frutos. Todo ello es practicable gracias a dos características principales: fácil manejo y bajo coste. Una y otra inciden tanto en su viabilidad técnica como en su interés económico, ya que no requieren en el invernadero mano de obra con especial cualificación.

Los principales cultivos de la zona son: pimiento (corto y largo), tomate de crecimiento indeterminado, pepino (corto y largo), judía verde (crecimiento indeterminado y determinado), sandía, melón, berenjena y calabacín. El calendario de cultivo suele ser: pimiento a cultivar en otoño (junio o julio a enero o febrero) y en invierno (julio o agosto a febrero o abril); tomate a cultivar en otoño (agosto a enero o febrero), invierno (agosto o septiembre a mayo o junio) y primavera (enero o febrero a junio); pepino a cultivar en otoño (agosto o septiembre a enero o febrero) y primavera (enero o febrero a mayo o junio). La judía verde no tiene un ciclo determinado, siendo a estos efectos un cultivo comodín dentro de la rotación. En cuanto a la sandía y el melón, se cultivan en primavera (enero o febrero a mayo o junio) y la berenjena, en invierno (agosto a mayo). El calabacín, al igual que la judía, es un cultivo comodín. Las técnicas de protección de cultivos siguen normas de aplicación generales para plantas de invernadero. Las cosechas se sitúan muy por debajo del potencial productivo del material vegetal empleado; sin embargo, el rendimiento financiero es alto, debido a la utilización de una tecnología propia, con un bajo coste de inversión de capital y del alto rendimiento del factor trabajo. A este respecto, hay que tener presente que las pequeñas explotaciones que componen este sistema productivo utilizan fundamentalmente la mano de obra familiar, propia.

4.3. Sistema de riego

Las redes de riego se ajustan a planteamientos que es posible generalizar, a partir de los adoptados por algunas comunidades de regantes. Así, los sistemas de riego que éstas administran suelen disponer de instalaciones de captación consistentes en perforaciones con grupos de bombeo sumergidos y en las casetas de transformación correspondientes²¹. Su des-

carga vierte directamente a una red de transporte y distribución, por acequias o por tuberías a baja presión, que atiende un regadío cuya superficie recibe el agua por gravedad, a partir de determinadas cotas. Resulta así un sistema complejo de conductos principales, tuberías de interconexión y acequias o canalillas de distribución secundaria, hasta las fincas. Las acequias e hijuelas de esas redes principal y secundaria son, en general, de sección rectangular, construidas de hormigón o de fábrica, con compuertas de chapa en los puntos de seccionamiento y toma, a veces entubadas. Las tomas vierten a balsas de regulación con una capacidad que ronda los 300 a 500 m³/ha.

Más allá de cada balsa, una red terciaria conduce y distribuye el agua de riego dentro de cada explotación. La cabeza de este sistema, propio de los agricultores, suele componerse de los siguientes elementos:

- Bomba: predominan las accionadas por electricidad, frente a los grupos de gasolina, en franco retroceso.
- Filtros y coladores. Normalmente, estos últimos son de anillas, con posibilidad de autolimpieza o de limpieza a mano, pero todavía suelen verse algunos de malla, cada vez más en desuso. Van situados antes de la entrada a la tubería principal.
- Cubas, donde se realiza la mezcla para tratamientos, con una capacidad variable, de 50 a 100 l. Es frecuente utilizar fertilizadores que suelen disponer de un tanque, con una capacidad entre 70 a 1.000 l, en derivación, o de una abonadora accionada por venturi, aunque también se utilizan bombas inyectoras. Recientemente, están adquiriendo creciente importancia los equipos dosificadores controlados por programas desde ordenador.
- De la cabeza del sistema, parte la tubería principal, de PVC o de PE, y a ésta va conectada la red ramificada de la explotación. De las ramificaciones correspondientes, se derivan las tuberías porta-ramales de cada unidad.

- Ramales porta-gotero, para distribuir el agua al pie de cada planta. Los más empleados son de 12 ó 16 mm de diámetro, normalmente con goteros interlínea cada 0,5 m. Los goteros suelen ser de un gasto que oscila entre los 3 y 4 l/h.

Las redes administradas por otras comunidades fueron concebidas con la pretensión de facilitar un servicio flexible del agua de riego (ver apdo. 3.4). Es el caso de la red a presión de la comunidad «Sol Poniente», a cuyas arquetas de rotura de presión la Confederación Hidrográfica del Sur entrega el agua tomada en el embalse de Benínar²². Desde dichas arquetas,

²² La comunidad se sirvió inicialmente, como fuente primaria de suministro de agua, en el embalse de Benínar, sobre el que ha sido otorgada una concesión; pero la disponibilidad de esta aportación es algo incierta, y últimamente utiliza pozos, para evitar la inseguridad de ese suministro.

²¹ Es el caso de la comunidad «Sol y Arena», cuya red se encuentra en proceso de modernización, con acequias principales en fase de entubamiento y con depósitos de regulación en cola de las mismas.

el agua va entubada hasta embalses o depósitos de regulación, a cuya salida la comunidad tiene colocados unos contadores, interpuestos en las tuberías principales. Éstas forman mallas con nudos de cruce y desviación de aguas. De las tuberías principales salen los ramales, que se distribuyen sistemáticamente por toda la superficie de la comunidad, debidamente independizados de las tuberías principales por medio de llaves de paso que permiten un control a la distribución. Sobre las tuberías y ramales de distribución principales, se encuentran las bocas de acometida, con capacidad para alimentar 3 ha y que disponen de contador. En ellas se sitúan las tomas de regante, y el conjunto se encuentra dentro de una arqueta. Es aquí donde finaliza la propiedad de la comunidad. Las instalaciones de riego particulares de cada usuario nacen pues a partir de las bocas, donde ellos mismos suelen conectar sistemas de tuberías que disponen de contadores propios, situados dentro de los invernaderos. Por tanto, éstos, junto a los elementos de una explotación estándar de riego por goteo, disponen en cabeza de un contador, o llave volumétrica, reguladora de presión y limitadora de gasto. Este es el contador suministrado por la comunidad y propiedad del agricultor.

Al margen de las reformas indicadas, hay que observar que la comunidad Sol y Arena ha considerado oportuno afrontar importantes reformas. A la ejecución del entubamiento en curso del canal de su sector IV, habrá de seguir el de la red secundaria, para distribución del agua a la demanda.²³

En todo caso, los campos de cultivo que constituyen cada explotación se agrupan en uno o varios sectores, cada uno de los cuales, a su vez, se compone de una o de un número reducido de unidades de cultivo, con

²³ Así, ha estimado que la infraestructura de riego con que cuenta en la actualidad precisaría, más que una rehabilitación, una reforma profunda, conforme a un detallado plan de actuación. El trazado actual de sus redes principales y secundarias (incluso las ya entubadas) es el mismo que el construido, de origen, por el IRYDA. En cuanto a su fábrica, estaría muy deteriorada y no sería funcional. Las tareas de mantenimiento y conservación correspondientes no habrían sido suficientes, y las reparaciones efectuadas en algunos tramos sólo habrían servido para solventar la situación temporalmente. Por otra parte, además del deterioro de la red de distribución del agua y las consecuentes pérdidas por filtración, se han aducido problemas derivados del transporte a cielo abierto: pérdidas por evaporación, contaminación de las aguas por vertidos incontrolados, crecimiento de algas y plantas que alterarían significativamente las condiciones de la corriente dificultando el control del caudal, enturbiamiento por acción del viento y de las lluvias, acumulación de depósitos de tierra y dispersión de enfermedades. A todo ello, se añadirían dificultades para controlar el aprovechamiento ilegal de las aguas. Otros problemas serían consecuencia de la necesidad de realizar el servicio por turnos, lo que implica para el agricultor la necesidad de planificar sus futuros riegos con una semana como mínimo de antelación, así como la incomodidad de estar pendiente para recibir el agua, sea de noche o de día. También se habría considerado el esfuerzo económico y material necesario para contar con un buen embalse y para la gestión posterior del agua, con carácter ya particular. Por otra parte, no se evitaría, en general, que esa lámina libre suponga un incremento importante de las pérdidas por evaporación. Por último, se añadiría una observación, en relación con el coste del agua: puesto que la fuente principal de abastecimiento de la comunidad está constituida por pozos muy profundos, la energía eléctrica para su elevación supone un gasto considerable. Éste sería incrementado por la ausencia de capacidad reguladora del sistema principal, que obliga a la comunidad Sol y Arena a bombear incluso cuando más cara es la energía.

riego simultáneo. Estas unidades ocupan un invernadero o fracción, y su sistema de riego se compone de una tubería portarramales con una serie de ramales portagoteros, paralelos y equidistantes, que siguen las líneas de cultivo.

4.4. Gestión del agua

Las comunidades suelen administrar autónomamente los servicios de explotación de sus sistemas de riego.

En sistemas abiertos y a baja presión, las entregas de agua se hacen por turnos, en tandas semanales. En los quijeros de las acequias principales se localizan las tajaderas que abren el paso hacia las canalillas, y el turno es allí impuestro conforme al debido cumplimiento de algunos requisitos operativos.²⁴ El servicio de agua que pasa a las canalillas para ser distribuida a varios regantes empieza por las fincas situadas en cabeza, a mayor cota, y se desciende hasta llegar a la última, que será la servida por la toma a cota inferior. El agua se va «cortando» por cada agricultor, una vez pasado el turno de riego del anterior. El corte del último significa el cese de una tanda y el cierre de la tajadera, hasta el comienzo de la siguiente. El servicio se factura por horas.²⁵

El método de gestión descrito puede significar que se tarde en recibir el agua entre siete y diez días, desde que se pidió. El agua así repartida era aplicada «a pie» a los campos de cultivo; pero el goteo viene sustituyendo dicho método de riego, hasta haber llegado a convertirse en el método de aplicación por excelencia en la zona. Existe todavía entre un 10% y un 15%, aproximadamente, de superficie con riego a pie.

La adaptación al riego por goteo ha hecho necesario dotar de mayor flexibilidad a los calendarios de riego, y esto es lo que el regante ha resuelto con las balsas, o albercas, de regulación interpuestas en el curso del agua, tras las tajaderas de toma. La presencia de balsas destaca así hoy como elemento básico del sistema en finca, característico de la explotación agraria correspondiente.²⁶

²⁴ El suministro medio tiende a ser modulado en 50 l/s y, para conseguirlo, el relojero se rige por marcas que existen en las acequias, indicadoras del calado correspondiente a ese gasto. Para que se pueda suministrar gasto suficiente, se ha de producir el llamado «embote», que supone el cierre de compuertas transversales, a lo largo del canal principal, de forma que, impidiéndose el paso del agua, se mantengan los calados convenientes. Aliviaderos con la coronación a la altura conveniente evitan el riesgo de desbordamiento lateral y vierten los sobrantes hacia acequias destinadas a usuarios aguas abajo.

²⁵ Anualmente se interrumpe el suministro de agua por un período de quince días en el mes de julio. Durante este tiempo, se realizan operaciones cuya mayor dificultad aconseja evitar que la red esté transportando agua. Es el caso de las tareas de reparación y limpieza de canales y canalillas.

²⁶ La construcción de las balsas suele ser de hormigón o de tierra con recubrimiento de caucho, o de butilo, o de PVC. Su forma suele adaptarse a un volumen cilíndrico, o de prismatide, con planta de sección rectangular o trapezoidal, siempre buscando la forma del terreno. La techumbre varía, y existen balsas descubiertas, cerradas o semicerradas con malla o plástico negro.

El esfuerzo económico para construir sus balsas, realizado por los propios comuneros, se compensa en cuanto que éstos ven facilitada la autogestión del uso del agua almacenada, durante el tiempo entre turnos. Por este procedimiento, partiendo de una infraestructura de riego y de una metodología para distribuir el agua pensada y proyectada para riegos por inundación y por surcos, se hace posible adoptar las nuevas técnicas de riego por goteo: el agua se sigue suministrando al agricultor por medio del sistema descrito, distribuida por turnos; pero, en los puntos de toma, en lugar de ser aplicada directamente a los campos de cultivo, pasa a ser almacenada en las balsas mencionadas, que permiten su regulación, para su utilización posterior, a discreción, previa impulsión a sistemas «a presión» (ver apdo. anterior)²⁷.

En cuanto a criterios aplicados por los regantes para el riego de sus cultivos, la casística es muy variada. En todo caso, existen modelos que estiman con precisión razonable el potencial de rendimientos de riego en campo, en general muy alto, como corresponde a la elevada uniformidad con que se aplican los riegos²⁸.

La frecuencia de los riegos depende de los cultivos considerados, de la época del año, del clima y, la mayoría de las veces, de los hábitos y costumbres del agricultor, o de recomendaciones de su servicio técnico. En general, se suele regar cada uno o dos días, en verano, y cada tres o cuatro días, en invierno. El tiempo de riego medio viene a ser de veinticinco a treinta minutos, con goteros cuya capacidad es de unos 3 l/h y que son instalados con una densidad de dos por m². Durante su aplicación, se practica la *fertirrigación*²⁹.

En cuanto al sistema de riego de la totalidad de los agricultores de la comunidad de Sol Poniente es por goteo. Por lo que respecta a la distribución del agua, ya se indicó que el servicio es a la demanda. Se hace mediante llaves en cabeza de la explotación donde debe disponerse de una presión entre 3 y 6,5 atmósferas³⁰. La comunidad controla la gestión del

²⁷ La modernización que así se ha podido producir en el manejo u operación de los riegos en finca ha tenido como protagonista al agricultor. Se estima que, durante el período 1981/1986, éste ha realizado inversiones que superan los 1.000 millones de pesetas por año en la mencionada transformación en finca, de sistemas a pie por sistemas a presión.

²⁸ Programa de investigación en curso en la Estación Experimental «Las Palmerillas».

²⁹ A este efecto, los agricultores suelen establecer tres fases: durante la primera, con una duración entre cinco y diez minutos, se procede al llenado de las tuberías y, a continuación, se inicia la segunda fase, que consiste en la introducción de los fertilizantes, durante unos veinte minutos, lo que viene a ser normalmente el 80% del tiempo de riego; durante la tercera fase, se aplica agua sola.

³⁰ Usualmente, se empleaban, como aún en la comunidad Sol y Arena, balsas de regulación, pero de entre las instalaciones de las explotaciones, se observa cómo la balsa va perdiendo su papel, a medida que el agricultor va tomando confianza en el nuevo sistema a la demanda. El abandono progresivo de las balsas es aún más significativo porque las nuevas construcciones o inversiones ya no condicionan a la balsa como una parte de la misma. También desaparece en cabeza del sistema la tradicional bomba impulsora, ya que el agua llega a los campos a la presión indicada, por lo que las instalaciones de riego no necesitan bombear agua.

suministro a través de las lecturas de los contadores en las tomas de campo de los usuarios, pero lo hace también, cada tres meses, con el contador de su propiedad, situado en las bocas de acometida³¹.

4.5. Costes y producción

El cuadro 4.1 muestra el orden de magnitud de diferentes capítulos que pueden constituir el **inmovilizado fijo**. Se observa que la inversión requerida para iniciar el cultivo asciende a unos 27 millones de pesetas por hectárea. En la partida de infraestructura de riego, se ha incluido la electrificación, el sistema de conducción, la red de canalillas y la construcción de la alberca o balsa. El coste de esta última representa la mitad de la partida

Cuadro 4.1

IMPORTE DE LA INVERSIÓN (10⁶ ptas/ha)

Concepto	Mínimo	Máximo	Medio	%
Compra de tierra ³²	4,0	10,0	7,0	25,8
Desmonte y nivelación	0,5	1,5	1,0	3,7
Enarenado	2,2	5,2	3,7	13,7
Invernadero	5,0	11,0	9,0	33,2
Infraestructura de riego	3,3	5,0	4,0	14,8
Sistema de goteo	1,0	3,3	1,5	5,5
Obras complementarias	0,6	1,1	0,9	3,3
Total	16,6	36,1	27,1	100

³¹ La comunidad realiza la facturación del trimestre sobre la lectura del contador en toma del usuario. Si esta lectura no se ha podido tomar, por estar ausente el propietario y el contador resultar inaccesible, la facturación se realiza sobre la lectura del contador situado en boca, descontando de la lectura los volúmenes utilizados por el resto de usuarios conectados. A la lectura que resulta se le suele aplicar unos coeficientes correctores, ya que se detectan diferencias entre el contador de la comunidad y el colocado en la llave de los usuarios. Estas diferencias pueden oscilar en torno al 10%. En caso de que se compruebe que la lectura obtenida por este procedimiento ha sido muy superior a la que marcaba el contador del usuario, no se le vuelve a facturar hasta que alcance el volumen que se le facturó. Como norma general, siempre prevalece la lectura del contador del usuario.

³² Se observa que el coste de la tierra es desproporcionado para el que podría corresponder a la casi nula calidad del suelo. Esta aparente incoherencia se explica cuando se considera que la tierra en cuestión va asociada a un título de propiedad de agua. A una hectárea pueden corresponder dos a cinco *horas de agua* que, en la jerga local, quiere decir horas al mes a razón de 50 l/s, es decir, 360 a 900 m³/(ha/mes). En términos económicos, conviene precisar que la propiedad de una hora puede significar una inversión de 500.000 pta, la cual sólo da el derecho de uso, pero no es aún suficiente para ejercerlo. Esto implica, además, sostener los gastos de explotación impuestos por la comunidad de regantes, que pueden ser del orden de 3.600 pta/h, es decir, unas 20 pta/h a razón de 50 l/s. Alternativamente, el riego de tierras de secano obliga a contratar la compra de horas de servicio de agua de riego.

en cuestión, que no incluye el sistema de riego. A éste, corresponden la instalación de bombeo y de la red de tuberías terciarias, desde la cabeza del sistema hasta los portarriales y ramales de goteo. En su conjunto, la partida de infraestructura de riego más la del sistema de riego por goteo vienen a costar unos 5,5 millones de pesetas por hectárea, lo que representa el 20,3% del total de la inversión. Caso de utilizar sustratos y de disponer de agua a la demanda con suficiente presión, no se precisan las inversiones para enarenado ni para alberca (a la que corresponde un coste de 2,6 millones de pesetas por hectárea). Se reducen entonces dichas inversiones en unos cinco millones de pesetas. En contrapartida, el coste del sustrato puede significar del orden de 1,3 a 1,8 millones de pesetas.

El cuadro 4.2 desglosa el capítulo de gastos corrientes en gastos de cultivo, generales imputables a la campaña, de mano de obra, amortizaciones y agua, de la campaña 1994-1995.

Cuadro 4.2

GASTOS CORRIENTES Y AMORTIZACIONES

Especificación	Valores extremos (10 ⁶ ptas/ha)	
	Mínimo	Máximo
Gastos de cultivo	1,00	2,00
Gastos imputables a la campaña	0,80	1,30
Mano de obra	1,00	2,00
Amortizaciones	0,80	1,20
Agua	0,08	0,20

Los gastos de cultivo contemplan la compra de semillas, de fertilizantes y de agua, junto a otros gastos atribuibles al cultivo, excluida la mano de obra, con un total que se sitúa en torno a 1,3 millones pta/ha. Esta cuantía, que no alcanza el 50% del total de gastos corrientes, representa un porcentaje relativamente moderado, por comparación con la que le corresponde con cultivos menos intensivos. Al agua, a razón de 5.000 m³/(ha/año) y 20 pta/m³, corresponde menos del 8% de estos gastos.

Los gastos generales incluyen la reposición del plástico (cada dos años) y la operación de retranqueo (cada dos años), además de la desinfección del suelo, el mantenimiento del invernadero y el interés del capital circulante. En su conjunto, estos gastos suponen del orden de 1 millón pta/ha. La mano de obra es uno de los capítulos más importantes de la partida de gastos. Oscila entre uno y dos millones pta/ha. Los indicadores económicos (tales como el valor actual neto o la tasa interna de rendimiento) son muy sensibles a la

variación de este sumando³³. Conviene destacar que, desglosado del total de gastos corrientes, el gasto del agua representa menos del 4%.

Del seguimiento efectuado a una serie de explotaciones representativas, se obtuvieron las cifras registradas en el cuadro 4.3. Se deduce que los ingresos brutos se movieron en una banda entre 5 y 10 millones de pta/(ha/año).

Cuadro 4.3

PRODUCCIÓN Y PRECIOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS (CAMPAÑA 1994-1995)

Alternativas anuales	10 ⁴ kg/ha	pta/kg
Judía de enrame (O)	3-5	30-400
Judía de enrame (P)	4-6	30-600
Pimiento corto	4-8	20-350
Sandía o	3-10	5-75
Melón	2-5	10-300
Pepino holandés	7-14	15-250
Sandía o	3-10	5-75
Melón	2-5	10-300
Pimiento	4-8	20-175
Tomate	6-20	15-175
Berenjena	6-16	15-375

O: ciclo de otoño.

P: id. de primavera.

En los dos esquemas adjuntos, se han representado datos tomados en una explotación comercial, durante la campaña 1994-95, con cultivos de pimiento (trasplantado el 25 de julio y arrancado el 19 de febrero) y de melón (trasplantado el 22 de febrero y arrancado el 9 de junio). Corresponde el primero a términos físicos y el segundo a términos monetarios (ver figuras 4.2 y 4.3, respectivamente). En cada sistema de cultivo, se representan las entradas (insumos) y salidas (cosecha y residuos). Los residuos de cosecha se han valorado al coste actual que el ayuntamiento de El Ejido cobra por llevarlos al vertedero.

³³ Ver LÓPEZ-GÁLVEZ, J., CARREÑO, J. S., NAREDO, J. M., y CASTILLA, N. (1993), «Análisis técnico-económico de estructuras alternativas al invernadero de cubierta plana parral-Almería», *Inv. Agr., Prod. y Prot. Vegetales*, 8 (3).

Figura 4.2

BALANCE FÍSICO EN INVERNADERO

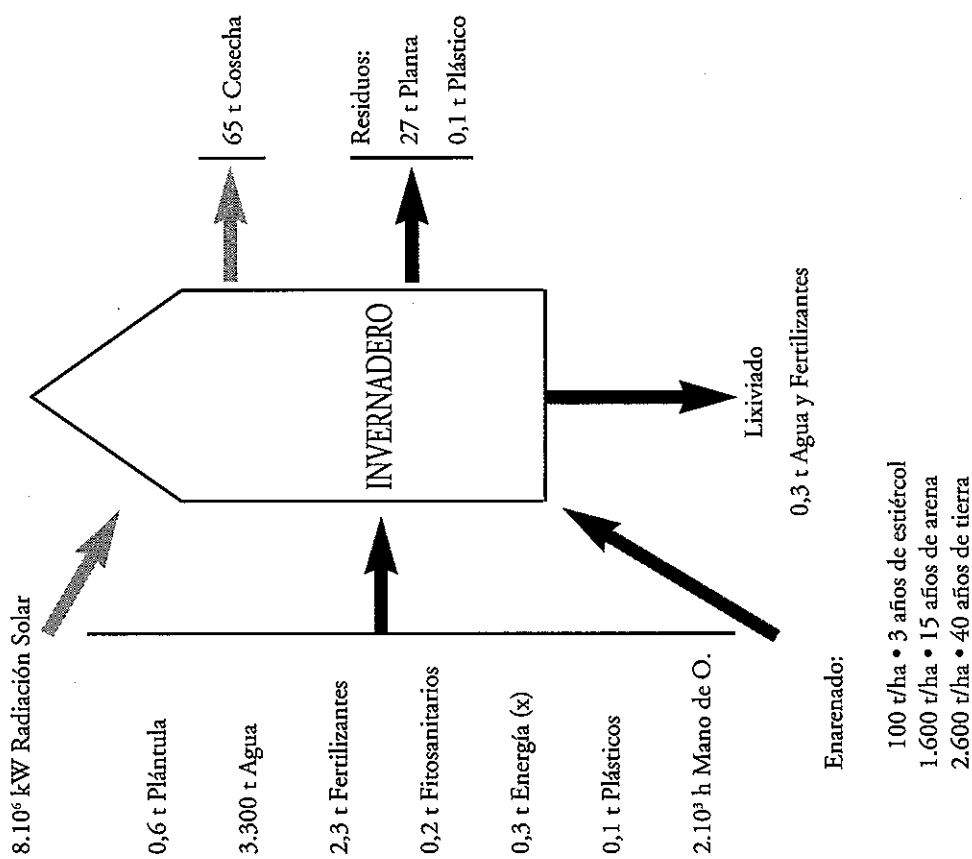
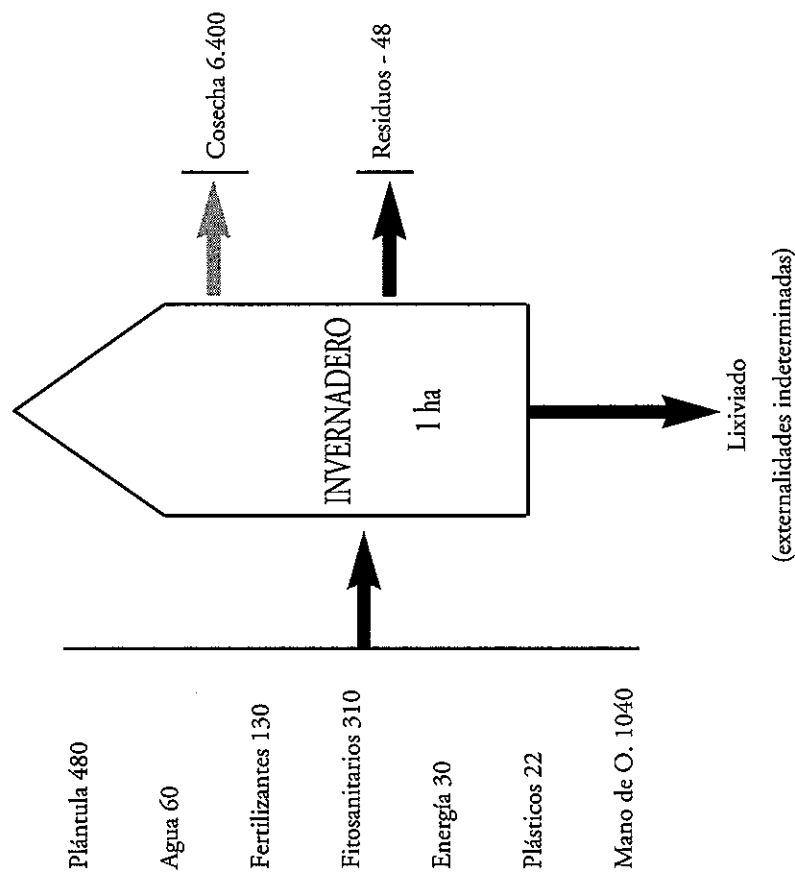


Figura 4.3

BALANCE MONETARIO DE INVERNADERO. (10³ ptas, campaña 94/95)



4.6. Sostenibilidad

Se ha mostrado cómo en la costa de Almería se ha experimentado un notable desarrollo materializado en el paso de un regadío marginal a una de las agriculturas más prósperas de la Tierra. Fundamentalmente, ello ha sido posible porque las técnicas de cultivo y las de manejo del agua en campo se han reformado y modernizado. Los regantes utilizan semidiscrecionalmente el agua de sus redes, con una modulación que ha podido pasar de los 20 l/s que servía el INC o IRYDA, por turnos, cuando gestionaba las áreas que contribuyó a transformar, al módulo de unos 50 l/s que actualmente se distribuye por comunidades de regantes bien por turnos (pero para ser almacenada por los regantes en sus propias balsas), bien a la demanda (más o menos restringida).

Como aspectos negativos de la transformación señalada, hay que indicar, en primer lugar, el carácter incontrolado de la expansión que ha experimentado el regadío, siendo patente la ininterrumpida invasión del terreno natural por parte de la superficie irrigada. Pero lo que es realmente grave es que ello ha sido posible gracias no sólo al agua ahorrada con el mejoramiento de técnicas de cultivo, sino también al incremento de la que viene siendo abundante por procedimientos que pueden haber desbordado el marco legal impuesto por la administración. Es decir, la expansión de riqueza se está haciendo a costa de un desmedido uso de los recursos hídricos disponibles.

Las restricciones impuestas por las disposiciones legales no han resuelto el objetivo último de controlar las extracciones de los acuíferos, aunque sí llegaron a suponer la congelación de algún proyecto oficial de puesta en riego. La iniciativa privada tomaría el relevo en el alumbramiento desde acuíferos profundos para regar tierras dentro de las correspondientes zonas. El desarrollo incontrolado del regadío no parece haber encontrado aún el deseado freno por parte de la administración pública, en cuanto a la ordenación racional del alumbramiento y uso de recursos hídricos subterráneos. Aunque no se dispone de un censo preciso de la superficie de la zona organizada en comunidades de regantes, cabe estimar que una importante superficie adicional a la reconocida oficialmente está en proceso de transformación o ha sido ya transformada.

La falta de control de operaciones de extracción de agua en el Campo de Dalías hace imposible evitar la sobreexplotación de acuíferos capaz de producir intrusión marina. A este respecto, hay que observar que la experiencia administrativa en materia de aguas de riego ha puesto en evidencia que la magnitud y complejidad de las tareas encomendadas a los servicios de explotación del regadío de las confederaciones hidrográficas no ha convalidado el necesario control en el uso de un recurso tan escaso, con usos competitivos y tan indispensable como el agua. La situación resulta agravada ante el hecho de que no se ha rellenado debidamente el hueco de competencias anteriormente encomendadas al Instituto Geológico y Minero, al IRYDA o a servicios de Extensión Agraria. La administración pública parece haber declinado el rigor que, según la legislación vigente, se quiere aplicar al uso racional del agua y, en particular a la destinada al regadío.

La actual situación del Campo de Dalías requiere disponer de información sobre disponibilidad de agua y su utilización para conocer el balance hídrico. La necesidad de controlar el balance salino por su influencia en la contaminación de suelos y de acuíferos, también es evidente. Con el objetivo de proporcionar datos experimentales útiles para la solución definitiva al problema de la sobreexplotación de los acuíferos, así como con el fin de abrir cauces para que la agricultura real se beneficie de avances técnicos a disposición de los regantes, diversas actuaciones deben ser acometidas sin demora:

1. Intensificar el seguimiento de los acuíferos, por lo que respecta tanto a su realimentación y a la calidad de sus aguas como a su explotación.

2. Asistir técnicamente a los regantes en cuanto al desarrollo y aplicación de criterios de riego científicamente orientados hacia balances hídricos y salinos adecuados a la producción del cultivo y, necesariamente, a la sostenibilidad del suelo o sustrato y del propio acuífero.

3. Impulsar acciones legales que flexibilicen el manejo del agua en el regadío, por las comunidades de regantes, al tiempo de asegurar su uso racional.

Conviene estudiar la conveniencia y viabilidad de delegar algunas funciones de explotación de aguas de riego sobre las comunidades de regantes, a fin de que éstas puedan disponer de capacidad de autogestión y de autofinanciación que compense las deficiencias de que viene adoleciendo la administración pública. Al efecto de establecer criterios, métodos y prácticas para administrar, distribuir y aplicar el agua de riego, las actividades de asistencia arriba enunciadas deben contar con servicios técnicos adecuados, lo que exigirá una reestructuración de los servicios tradicionales. En todo caso, las responsabilidades a depositar exigirán, sin lugar a dudas, un grado de profesionalización mayor que con el que actualmente cuentan. Y, desde luego, dada la delicada misión del dominio público hidráulico en cuestión, los límites a la autogestión, bajo la tutela del Estado, deben quedar muy cuidada y detalladamente establecidos.

Es obvio que abordar las tareas indicadas sin disponer de un conocimiento detallado de la situación que realmente vive el regadío hará que el cometido sea no sólo arduo, sino también poco sistematizable y operativo. Conseguir ese conocimiento es pues una tarea ineludible, previa a la realización de las arriba enunciadas.

Por todo ello, se propone, en primer lugar, la realización de estudios de zonas regables que informen sobre el ordenamiento de las aguas que se les destinan: análisis de sus estatutos, descripción de sus sistemas de riego y de la estructura del regadío, régimen de administración del agua y análisis financiero. En segundo lugar, sobre la información analizada, fundamentar marcos técnico, legal y administrativo adecuados a los objetivos arriba señalados.

5. Conclusiones

Situaciones de escasez de agua como la actualmente vivida ayudan a tomar conciencia de que la gestión del agua destinada al regadío ha de ir aparejada con la aplicación de criterios para racionalizar su uso. Tales criterios deben asociar objetivos de ahorro (lo que equivale a aumentar la

oferta disponible de recursos hídricos), **rendimiento productivo** (facilitando la capacidad de pago de los costes relativamente altos que el ahorro precisa) y **control ambiental** (puesto que todo uso de agua para riego implica un impacto no sólo por la erosión imputable a escorrentías, sino porque el agua del suelo constituye el único medio de transporte de sales y productos fitosanitarios). Para todo ello, se hace necesario, por una parte, un mejor conocimiento de la **demanda hídrica de los cultivos**, y de los **métodos para satisfacerla**; por otra, rehabilitar o modernizar los sistemas de riego, con el apoyo de estaciones de ensayo que desarrollen y controlen el cumplimiento de normas de control. Asimismo, un **seguimiento de la utilización del agua en los sistemas de riego y en los campos de cultivo**, procurando la información pertinente a los términos del balance hídrico relativos al riego, tanto a escala de grandes sistemas como de unidades de cultivo. El seguimiento del balance hídrico del suelo, necesario para mejorar el rendimiento del agua de riego, es fundamental también para controlar su **balance salino** y, por tanto, los procesos de contaminación de suelos y de acuíferos. Para todo ello, se precisa desarrollar una intensa, laboriosa y permanente actividad evaluando riegos, lo que conlleva la exigencia de medir en campo diversas variables significativas. Queda justificada así la conveniencia de desarrollar programas de asistencia técnica, y de reestructurar y revitalizar el concepto y funciones de estaciones experimentales que atiendan servicios de asesoramiento de riegos.

El control de la distribución de los riegos es condición necesaria para definir y aplicar criterios que pretendan optimizar resultados, con el fin de ahorrar agua; pero su ejercicio requiere importantes costes y no es simple. Por una parte, conviene considerar factores relacionados con la estructura, características y régimen de mantenimiento y operaciones del propio sistema de riego. Lógicamente, el manejo del mismo condiciona la distribución de la lámina de agua a los campos de cultivo. Los costes que se reconocen al agua no son el reflejo de los que deberían corresponderle, en primer lugar, por tratarse del recurso fundamental para mantener el desarrollo económico y hacer posible la protección ambiental; en segundo lugar, por su escasez, y, finalmente, pero no con menos importancia, por las inversiones y gastos que exige el ponerla disponible. El agua representa un porcentaje mínimo de los gastos de cultivo, y, en consecuencia, los regantes no son sensibles al pequeño ahorro adicional que podría resultar de esfuerzos para mejorar el rendimiento del uso del agua en campo.

Por otra parte, también interviene el régimen hídrico del suelo y, en particular, el agua consumida en evapotranspiración, tanto como la no utilizada y, por tanto, devuelta a los cursos naturales. Tantos condicionantes dependen, a su vez, de numerosos factores que interaccionan y que pueden no estar sujetos a control. Hay que temer, en particular, que la variabilidad de factores edáficos y climáticos dificulte la aplicación de hipótesis

relaciones de producción de cada cultivo. Consecuencia de tantas dificultades a la metódica atención que requiere la explotación de los riegos es que la viabilidad de las prácticas de control presente importantes interrogantes. Además, se añade el hecho de que la tutela de la administración del dominio público hidráulico es competencia de un ministerio inadecuado para fiscalizar la explotación de los sistemas de riego. Todo ello contribuye a explicar por qué no se ha encontrado aún la forma adecuada de evitar el despilfarro del agua que utilizan, reducir el consumo hídrico de los cultivos y optimizar la producción, al tiempo de garantizar la conservación ambiental que dé permanencia a un regadío sostenible.

Por todo ello, la necesidad de controlar y, menos aún, medir el uso de agua no es aún sentida en términos satisfactorios.

Se reconoce el impulso de disposiciones legales que promueven la **rehabilitación y modernización de sistemas de riego antiguos**, atendiendo a objetivos de flexibilidad de manejo; pero, además, **convendría potenciar la autonomía de gestión a ofrecer a las comunidades de regantes**. Complementariamente, habría que facilitarles asistencia técnica. No sólo por lo que respecta a programas para aplicar y evaluar los riegos, sino también para contribuir al correcto funcionamiento de obras y equipos con tecnología complicada y, sobre todo, para capacitar a dichas comunidades a responder en forma adecuada a la compleja problemática del *dominio público del agua*. En cualquier caso, una administración pública activa debería garantizar la protección de dicho dominio ante el riesgo de que comunidades de regantes técnicamente desasistidas pretendieran asumir excesivas responsabilidades en el mismo, sin las debidas garantías.

La confluencia de condiciones climáticas favorables y de avances tecnológicos ha significado que la **realidad agraria actual del Campo de Dalías ha superado todas las previsiones** cuando, hacia 1950, se planificó el desarrollo agrario de la zona. El proceso entonces iniciado con el aprovechamiento de sistemas de alumbramiento y distribución del agua ha impulsado una agricultura de riego cada vez más intensiva, sostenida hasta ahora por los avances experimentados en materia de transformación de suelos, de técnicas de cultivo y de explotación de acuíferos.

Nuevas técnicas de transporte, distribución y aplicación del agua hacen que el riego se aplique en los campos de cultivo con rendimientos muy estimables, en relación con lo que es posible esperar del escaso valor económico que se reconoce al agua; sin embargo, su aplicación no va acompañada de una disminución del gasto de agua en la zona, sino al contrario, lo que es debido al crecimiento incontrolado de la superficie regada. Por otra parte, no hay control de operaciones de extracción de agua, para evitar la sobreexplotación de acuíferos capaz de producir intrusión marina.

Para desarrollar una política de ahorro de agua, o su uso con el mayor rendimiento posible, es preciso:

1. Cuantificar el recurso. Una premisa a tener presente es que la cantidad de agua existente, renovable y utilizable, es limitada, como lo impone el ciclo del agua, ya que las soluciones técnicas que se apuntan para incrementar el agua disponible, modificando artificialmente el desarrollo natural del ciclo (con procesos de desalación, depuración y reutilización de aguas residuales, lluvia artificial, etc.) son de aplicación asimismo limitada, o de costo excesivo, o ambas cosas.

2. Conocida el agua disponible, se precisa una gestión racional con el apoyo de técnicas disciplinares de hidrología, ingeniería y economía. Una labor fundamental de las unidades administrativas competentes será la de aportar información que permita desbrozar el oscurantismo actual. La Administración deberá cuantificar y proporcionar los datos pertinentes sobre disponibilidad y usos del agua, así como sobre sus costes y precios. Éstos deberán ser la base para el cálculo económico y la justificación social de los proyectos a desarrollar.

En definitiva, se hace necesario ordenar la administración de las aguas de forma que, en el marco de las condiciones hidrológicas naturales, desparezca la amenaza a la que, durante demasiado tiempo y recurrentemente, se alude con la denominación pseudodisculpante de «pertinaz sequía».

LA DESALACIÓN DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA

Fernando Ojeda

Planta desalinizadora «Salinas», Las Palmas de Gran Canaria

La desalación de aguas salobres y marinas se ha extendido por las Islas Canarias, hasta hacer de ellas uno de los territorios con más experiencia sobre el tema. Sin embargo, la desalación sigue teniendo defensores y detractores que enarbolan cifras de costes extremadamente dispares. El texto que sigue trata de ofrecer información objetiva sobre la viabilidad técnica y económica de la desalación, apoyándose para ello en una experiencia concreta, la que brinda la planta desaladora «Las Salinas», en la isla de Gran Canaria. El hecho de que esta planta se hay insatado para abastecer a 500 hectáreas de cultivo de regadío mediante desalación de agua marina y de que lleve haciéndolo ya de forma ininterrumpida durante ocho años (sin subvenciones), muestra que la desalación es una alternativa real de abastecimiento que alcanza incluso a los cultivos agrarios.

A continuación se presenta, de forma clara y escueta, la información técnica y económica relativa a este experiencia. Hay que advertir, no obstante, que el avanzado perfeccionamiento técnico de la planta en cuestión hace que los datos de costes aquí reseñados informen más sobre las posibilidades reales de esta técnica que sobre la realidad de un sector cuyo abanico de instalaciones, formas de gestión y costes ofrece gran amplitud.

La isla de Gran Canaria padece una sobreexplotación de las aguas subterráneas que, unida al problema de la intrusión marina, y la escasez de agua embalsada dibujaba a mediados de los 80 un panorama sombrío para la agricultura de exportación.

En 1986, *Juliano Bonny Gómez, S. A.*, decide la desalación de agua de mar con objeto de conseguir una cantidad y calidad de agua adecuada para los cultivos de *tomates, pepinos, habichuelas y pimientos* y que en el mercado del agua brillaba por su ausencia. Con esto queremos decir que sin la desalinizadora, el segmento productivo de estas hortalizas hubiese desaparecido de la empresa. Sólo tendríamos el tomate capaz de aguantar aguas salobres y no las otras hortalizas que demandan otra calidad de agua de contenido menos salino.

En 1987 arranca «Las Salinas», planta desaladora de ósmosis inversa, con una producción nominal de 2.000 m³/día y una calidad de 600 microsiemens equivalente a cerca de 300 ppm de sales totales. Producción que se conseguía con 4 módulos cada uno de ellos con 8 tb,s x 6 Mb,s TFC-2021 SS de Fluid Systems UOP.

Captación

El agua de alimentación se obtiene a través de un pozo playero que a la larga ha sido uno de los elementos diferenciadores de la planta a nivel mundial, por su extraordinaria calidad.

Las bombas de alta presión, al principio, tienen el extremo líquido fabricado en una aleación de níquel, bronce, aluminio, que procede de una compañía de bombas tradicional en el suministro de empresas petrolíferas.

Pretratamiento

Se dosifica 4 ppm de ácido sulfúrico, para ajuste de pH, y Bisulfito sódico 25 ppm, como reductor.

La construcción de la planta se realiza con medios propios adaptando un diseño de una ingeniería de EE.UU. y contactando directamente con el fabricante de membranas y con el de bombas de presión. El primero es *Fluid Systems* (Compañía del grupo UOP, actualmente de *ANGLIA* multinacional británica) con su membrana espiral, y el segundo *UNIÓN PUMP Co.* de Michigan.

Hay que decir que Juliano Bonny Gómez, S. A., cuenta con una dilatada experiencia en uso y reparación de toda clase de maquinarias y además cuenta con taller propio y personal preparado para la construcción y explotación de pozos. Es decir, que realmente no partimos de cero, al ser una empresa con determinada infraestructura hidráulica.

Quizá sea este el momento de que hablemos un poco de la ósmosis inversa ya que este fue el sistema de desalación elegido.

Por supuesto, en los prolegómenos de buscar una alternativa a la sequía evaluamos otros sistemas presentes en el mercado: MSE, ED (por aquel entonces no existía EDR) y MVC. Incluso existía un pequeño prototipo de planta solar con colectores parabólicos, de 50 m³/d de AUXINI.

El consumo energético específico nos llevo rápidamente al sistema de ósmosis inversa, avalado por experiencias prácticas en las islas aunque con aguas salobres. Planta de los Moriscos, 1978; planta de D. Sebastián Mayor, 1979.

El tipo de membranas es el que utiliza la configuración de empaquetamiento en forma de espiral cada elemento consiste en dos capas de membranas para soportar altas presiones de trabajo y posee un canal para el flujo de salida.

Estas dos capas están convenientemente selladas por tres lados para prevenir la contaminación del agua conducto. El cuarto lado está sellado a un tubo de plástico hueco el cual tiene perforaciones en su superficie con el fin de permitir la salida del agua producida o desalinizada.

Las dos capas de membranas así unidas se enrollan en espiral alrededor del tubo central y con la colocación intermedia de una malla que separa las superficies de las membranas opuestas.

Membrana espiral

La configuración con arrollamiento en espiral ofrece un gran número de ventajas como son:

- Gran área de superficie de membranas por unidad de volumen.
- Un conveniente y simple diseño y configuración del tubo de presión el cual permite un montaje compacto en las instalaciones de la planta.
- Flexibilidad y facilidad en la instalación y en la reposición de elementos.
- Conexión de seis elementos en serie en cada tubo de presión.

Para aumentar el grado de empaquetamiento (una mayor cantidad de membranas por unidad de volumen) y hacer uso de manera más eficiente del caudal de alimentación, varios de estos elementos se pueden conectar en serie. Así, cada elemento de membrana es equipada con un sello periférico y metido dentro de tubos de presión. En nuestro caso se montarán un conjunto de seis tubos de presión. Los seis elementos son conectados en serie con cada tubo de presión, y dispuestos de un cierre periférico y colocado uno a continuación del otro dentro del tubo de presión, constituyendo un ensamblaje completo de seis elementos en cada tubo de presión.

En 1989 se produce por un lado la ampliación de la planta y por otro el acondicionamiento de la misma para tratar aguas salobres. Las membranas TFC-2021 SS se implementa con las TFC-2031-HF magnum de 1,5 m.

El aumento de la capacidad de producción se obtiene, por un lado elevando el número de tubos de los módulos 1, 2, 3 y 4 desde 8 a 10 tubos, con el consiguiente aumento de diámetro de pistón de la bomba de alta presión, de 3 1/4 a 3 1/2 y de otro con la instalación en tres naves anexas de otros 4 módulos de 9 tubos en disposición de tándem vertical.

El acondicionamiento para tratar aguas salobres consiste en el montaje de módulos de 12 tubos cada uno, en arreglo 8/4 y la construcción de un aljibe comunicado con un pequeño pozo de transferencia en donde trabajan dos bombas sumergibles axiales, que nos dan una presión media de 28-32 kg/cm², con lo cual se pueden utilizar membranas usadas de alta presión para afinar el agua producto obtenida de la planta de aguar, y cuya calidad se va deteriorando con el paso del tiempo, dilatando así el intervalo entre recargas de membranas, con una mayor rentabilidad.

En la actualidad, «Las Salinas» AGUAMAR se compone de ocho módulos con una capacidad total nominal de 6.000 m³/d de agua producto y calidad media de 250 ppm.

Cuatro módulos tienen el extremo de agua de la bomba en acero SS-316-L y pistones de 3 1/2" y los otros cuatro lo tienen en acero Duplex y pistones de diámetro 3 3/4".

El personal que la atiende directamente consta de un jefe de planta y cinco maquinistas, en turnos de dos personas.

En apoyo del mismo se encuentra personal de mayor cualificación que realiza otras tareas en el resto de la empresa.

La recuperación de la planta está en una media del 44%.

COSTE ENERGÉTICO

	<i>kWh/m³</i>
- Bomba de alta presión con ahorrador de energía (turbo-charger)	3
- Bomba de transferencia desde el pozo de agua de mar	0,26
- Bomba dosificadora	0,04
- Bomba centrífuga de elevación a cota +130 m	0,7
TOTAL	4,00

CUADRO DE POTENCIAS INSTALADAS

<i>Bomba</i>	<i>Tiempo funcionamiento (h)</i>	<i>Potencia instalada (kW)</i>	<i>Porcentaje sobre la potencia instalada (%)</i>
B.A.P. (s)	24	882	72,5
B.T. (s)	24	132	11
B.E. 2.	20	153	12,5
B.E. 1.	8	37	3
CONSUMO AUXILIAR	24	10	1

COSTE MONETARIO

El coste del m³ osciló entre 62 y 70 pta (pta de 1995) incluido bombeo a cota de 130 m.

DESGLOSE DE COSTES MONETARIOS

ENERGÍA	63,5 %
PERSONAL	13,5 %
MANTENIMIENTO	9 %
AMORTIZACIÓN	10,0 %
LABORATORIO	0,5 %
PRIMAS E IMPUESTOS, SEGUROS	2 %
PRODUCTOS QUÍMICOS LIMPIEZA	0,0 %
MEMBRANAS	0,3 %
HEXAMETAFOSFATO	1,2 %
VARIOS	

Conclusiones

A) La elección de una buena ubicación del pozo playero, desde el punto de vista geológico, a la larga redundará en una operación sin problemas en el agua de alimentación. Tanto en caudal como en la caracterización química, física y biológica del agua y esto significa un ahorro en los filtros de cartucho, productos químicos de pretratamiento, biocidas, etc.

B) Para plantas de tamaño mediano, con módulos de producción máximo de 1.200 m³/d, las bombas de desplazamiento positivo se muestran como las más eficientes desde el punto de vista mecánico y con un mantenimiento simple. Las reparaciones son fáciles de realizar.

C) Empleo de recuperadores de energía, lo que en nuestro caso nos ha llevado a conseguir un consumo de 3 kWh/m³, con ahorros del 25% con relación al consumo energético ordinario.

D) También es importante seleccionar aceros de alta calidad resistentes a la corrosión tipo SMO 254, cronifer 1925 hMo, etc.

E) Es fundamental una disciplinada toma de datos diaria por parte de los operarios de la planta, con especial atención a los siguientes parámetros: flujo de productos, presión de alimentación, pH y temperatura del agua de mar en la alimentación.

F) El cuidado de los aspectos arriba mencionados favoreció la eficiencia física de la planta y rebajó sus costes monetarios, que oscilaron entre 62 y 70 pesetas de 1995 por m³ de agua desalada con la calidad media indicada (250 ppm).

G. La concepción del sistema «captación -desalación- bombeo al punto de distribución», de modo que se empleen métodos y materiales

ya experimentados en la zona, elección del tipo de pozo, bomba de captación, membranas usadas en el lugar sin problemas, etc., redundan en favor de la economía y la operatividad de la planta al adaptarse a los conocimientos y saber hacer de los hombres del campo. En definitiva, si la instalación se diseña con gran complejidad y controles sofisticados, no tendrá futuro. En cuanto a la división de la producción total en módulos, ésta no es caprichosa sino que responde al tamaño de los equipos disponibles y a la flexibilidad de producción a que estamos dispuestos.

Glosario

- Auxini.—Empresa de ingeniería del INI.
 B.A.P.—Bomba de alta presión: impulsa el agua de mar a gran presión a través de las membranas.
 B.E.—Bomba de elevación para distribución del agua.
 B.T.—Bomba de transferencia desde el pozo hasta la B.A.P.
 ED.—Electrodialisis.
 EDR.—Electrodialisis reversible.
 Grupo UOP.—UOP Fluid Systems, nombre de una compañía.
 kWh/m³.—Consumo de energía por m³ de agua producida.
 Mb's.—Plural de membranas abreviado.
 microsiemen.—Medida de la conductividad eléctrica del agua, que se relaciona directamente con su contenido en sales: 1 microsiemen = 0,64 ppm (o mg/l).
 MSF.—Multi etapa flash.
 MVC.—Compresión mecánica de vapor.
 osmosis inversa.—Sistema de desalación con empleo de alta presión para vencer la presión osmótica natural del agua de mar mediante una cantidad neta que hace pasar el agua a través de las membranas y rechaza las sales disueltas en un gran porcentaje.
 pozo playero.—Captación de agua de mar mediante sondeo o pozo cercanos a la orilla del mar.
 ppm.—Partes por millón; expresa los miligramos de una sustancia (en este caso las sales) contenida en un litro de agua.
 recuperación.—Porcentaje de agua producto sobre el total de alimentación.
 Tb's.—Plural de tubos abreviado.
 TFC-2021SS.—Modelo de membrana marca Fluid-Systems.
 TFC-2031hf.—Modelo de membrana marca Fluid Systems.
 turbocargador.—Recuperador de energía hidráulica mediante una turbina y bomba.
 3 1/2".—Tres pulgadas y media.

UN EJEMPLO DE INVERSIÓN AHORRADORA DE AGUA: LA REMODELACIÓN DE LA ACEQUIA REAL DEL JÚCAR

Esteve Tomás Torrens
 Presidente de la Confederación Hidrográfica del Júcar

Agradezco a la Fundación Argentaria la oportunidad que brinda a la Confederación Hidrográfica del Júcar de exponer la política de GESTIÓN DEL AGUA COMO RECURSO, a través de un proyecto concreto, la remodelación de la Acequia Real del Júcar.

Hubiésemos podido exponer otros ejemplos de inversión ahorradora del agua, en un territorio donde la gestión del recurso agua cuenta con una gran tradición.

En el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar se piensa poco en las grandes obras. Tan sólo quedan pendientes dos o tres pequeños embalses de laminación de avenidas y uno de 16 hm³ en el río Alfambra, en Teruel, para atender necesidades de abastecimiento y de regadío.

Existe unanimidad en los siguientes aspectos:

1. Mejorar el regadío existente, especialmente el tradicional.
2. Instalar riegos localizados.
3. Optimizar el uso del recurso. Los regantes ya lo practican en un 60%, y como hombre mediterráneo sabe que «el agua es la/su riqueza más apreciada, más querida y más deseada» y que «ahora es escasa y, tal vez, mañana lo será todavía más».
4. Por eso moderniza sus infraestructuras de regadío, o construye un circuito de rebombeo en el arrozal, o crea circuitos cerrados de utilización e intercambio de aguas limpias para usos de boca y aguas depuradas para regadío.

En Valencia ha sonado la hora del riego tradicional, el que hemos de modernizar, rejuvenecer y recuperar para ganar en eficiencia, liberar caudales y ganar en calidad.

Hablar sobre la Acequia Real del Júcar en Sevilla requiere, tal vez, hacer una referencia previa al río Júcar e introducir el marco físico y socioeconómico de la misma.

He estructurado mi comunicación en las siguientes partes:

1. Presentación del río: el Júcar.
2. Los embalses del río.
3. Los paisajes.
4. El pasado y el presente de la Acequia Real del Júcar.
5. Diagnóstico de la situación actual.
6. Las propuestas de reforma: el futuro inmediato.

El Júcar: el río

Dice el profesor Miguel Gual Camarena, autor del trabajo «ESTUDIO HISTÓRICO GEOGRÁFICO SOBRE LA ACEQUIA REAL DEL JÚCAR», publicado por la Institución Alfonso El Magnánimo, de la Diputación Provincial de Valencia (1979), que así como el río Nilo es un don de Egipto, al que esta nación debe su vida y su existencia, podríamos decir que la Comarca de la Ribera es un don del Júcar, a la que proporciona el agua y con ella la vida y la riqueza, ya que por su clima estepario, casi semidesértico, sería una de las zonas más inhóspitas y pobres de España.

Contemplando la agricultura de la Comarca de la Ribera del Júcar, comarca de la provincia de Valencia regada por el río Júcar, con su variedad de cultivos, en especial los naranjos, los arrozales, los policultivos de la huerta de Valencia, puede verse en toda su integridad la lucha del hombre con la naturaleza, hasta llegar a ponerla a su servicio.

La historia de la Acequia Real del Júcar es un ejemplo vivo de lo que comentamos: lucha del hombre para conseguir utilizar las aguas del río Júcar, para lo que ha intentado, a lo largo de la historia, dominarlo y amansarlo. Tarea nada fácil, pues a menudo, el Júcar, «El devastador» se ha rebelado ante el intento del hombre de controlarlo, provocando graves inundaciones, la más reciente la de 1982.

El río Júcar, origen y razón de ser de la Acequia Real, es el más caudaloso de los ríos levantinos y el sexto en longitud de la península, tras el Tajo, Duero, Guadiana, Ebro y Guadalquivir.

Nace en uno de los principales centros de dispersión de aguas, en los Montes Universales, dentro de la Serranía de Cuenca, donde nacen también el Tajo, Turia y Cabriel, entre otros, a 1.839 metros sobre el nivel del mar.

Desciende hacia la región litoral, aprovechando los declives que van de los bordes de la Meseta hasta el mar, de gran interés para los aprovechamientos hidroeléctricos.

El Júcar discurre por tres diferentes regiones geográficas: la ibérica, la manchega y la costera.

Pasa por Cuenca y Albacete, penetra en la provincia de Valencia por Jalance, donde recoge las aguas del Reconque o río de Ayora; ya en el Valle de Cofrentes recibe a su más caudaloso afluente, el río Cabriel.

Ya en la zona litoral, riega la Ribera Alta y la Ribera Baja del Júcar, formando amplios meandros y recibiendo los ríos de Escalona, Sellent, Albaída, Ojos y Magro. Tras pasar por Alzira, Algemesí, Sueca y Cullera desemboca en el Mediterráneo después de un recorrido de más de medio millar de kilómetros.

En la Ribera Alta el sistema de regadíos se sirve de las acequias de Escalona y Carcaixent, en la margen derecha, y de la Acequia Real del Júcar que, tras regar la margen izquierda del Júcar, se dirige hacia el Norte, fertilizando las tierras comprendidas entre el Magro y la Vega de Valencia. Las acequias de la Ribera Alta toman las aguas del Júcar a la salida de la garganta donde se ubica la Presa de Tous.

Las acequias de la Ribera Baja (tres de Sueca, la de Cuatro Pueblos y dos de Cullera) derivan de los azudes de Sueca y Cullera, situadas muy aguas abajo del sistema. Por tanto, aprovechan los importantes retornos de riego de la Ribera Alta, el caudal que aporta una serie de manantiales y el acuífero de la Ribera y los sobrantes de los ríos Albaída y Magro. El riego de la Ribera Baja no puede desligarse de la problemática del arrozal y de las zonas húmedas.

Los embalses de la cuenca del río Júcar

El más antiguo es el de *almansa*, de 2,3 hm³, sobre el río Escalona, en Albacete, cuya construcción se inició en 1384, finalizada en el siglo XVI. Está considerada como la más antigua presa de mampostería de Europa. Su altura de presa es de 20,69 metros. Está construido sobre roca y revestido de gruesas piedras talladas. Hoy está prácticamente cubierto de fango. La Confederación Hidrográfica del Júcar está estudiando un proyecto para su rehabilitación, pendiente de información pública.

El más importante es el de *Alarcón*, sobre el Júcar, en el trayecto entre Cuenca y Albacete, con una capacidad de embalse de 1.112 hm³, altura sobre cimientos de 66,5 metros y una longitud en coronación de 311 metros, sobre la que pasa la carretera de Madrid a Valencia.

El embalse de Contreras, en el *Cabriel*, por su coronación pasa igualmente la carretera de Madrid-Valencia, tiene una capacidad de 874 hm³.

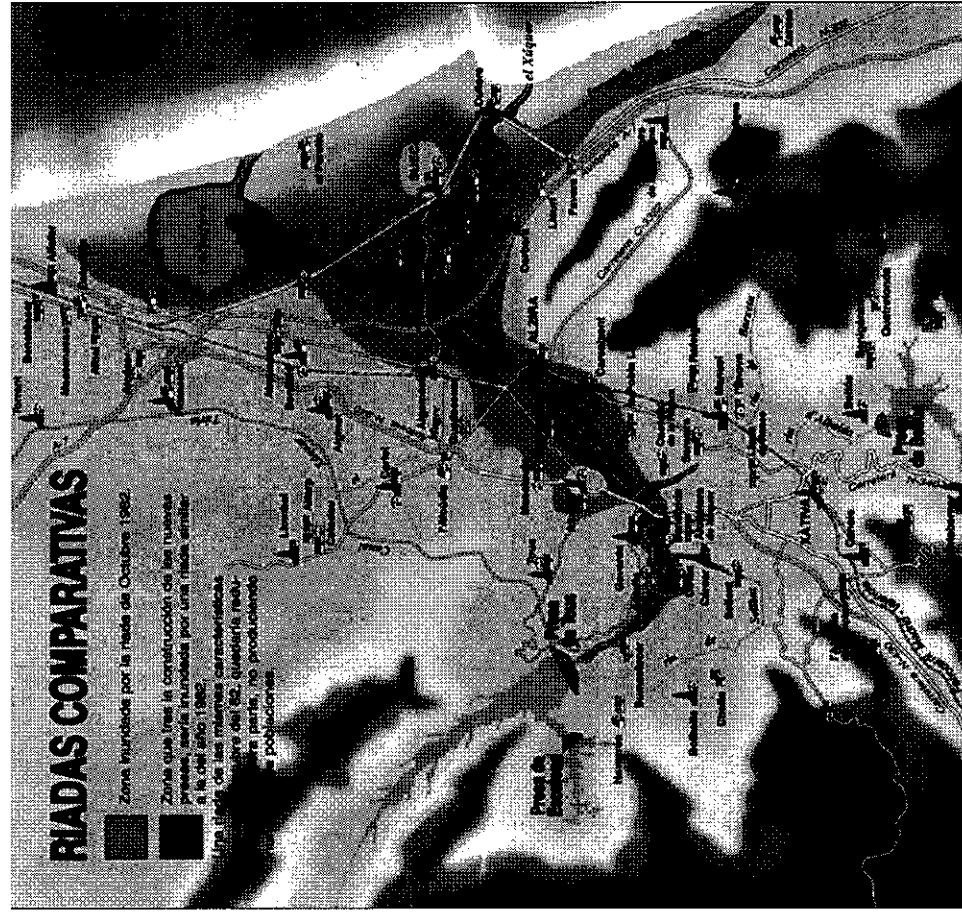
Embalse de La Toba, sobre el Júcar, antes de pasar por Cuenca, y por lo tanto situado antes que el de Alarcón. Su capacidad es de 9,7 hm³.

Embalse de Forata, sobre el curso alto del río Magro, con una capacidad de 37 hm³.

Embalses del Complejo hidroeléctrico de Cortes (*El Molinar*, *Cortes II*, *La Muela* y *El Naranjero*) con una capacidad de embalse de 171 hm³.

Finalmente, los más recientes embalses de *Escalona*, *Tous*, *Bellús*, diseñados y contruidos en la concepción del Plan General de Defensas contra avenidas, después de las inundaciones de 1982, que garantizan el suministro de agua potable a Valencia y su área metropolitana y los regadíos del Canal Júcar-Túria.

La función de estos últimos es servir como presas de laminación de avenidas, y sus efectos pueden reflejarse en la imagen que sigue.



PRESA DE TOUS

Características generales

Objetivo fundamental: Laminación de avenidas.

Otros objetivos: Garantía de suministro de caudales para abastecimiento al Área Metropolitana de Valencia.

Riegos del Canal Júcar-Túria y comarca de la Ribera.

Producción de energía eléctrica mediante dos centrales ubicadas a pie de presa.

Emplazamiento: Sobre la antigua presa de Tous.

Accesos: Desde Alberic, por Tous, o por Antella.

Presa

Tipo: Escollera con núcleo de arcilla.

Volumen total de la presa: 7.730.000 m³.

Volumen escollera: 5.830.000 m³.

Volumen filtros: 660.000 m³.

Volumen núcleo: 1.240.000 m³.

Volumen total de excavaciones: 5.600.000 m³.

Volumen total de hormigones: 750.000 m³.

Superficie encofrada: 250.000 m².

Acero en armaduras: 12.000.000 kg.

Longitud de galerías: 5.700 m.

Cota de coronación: 162,50 m.s.n.m.

Cota de máximo embalse normal: 130,00 m.s.n.m.

Altura de la presa sobre cimientos: 135,50 m.

Longitud de coronación: 1.025 m.

Volumen de máximo embalse normal: 340,40 hm³.

Volumen de máximo embalse: 700,00 hm³.

Superficie máximo embalse normal: 980 ha.

Órganos de desagüe

Aliviadero: Labio fijo sin compuertas. *Ancho:* 75 m.

Capacidad máxima de desagüe: 19.700 m³/s.

Desagüe intermedio: 4 conductos provistos de compuerta de seguridad tipo Bureau y de regulación tipo Taintor.

Capacidad máxima de desagüe: 1.170 m³/s.

Toma de agua: *Capacidad máxima de toma:* 120 m³/s.

Desagüe de fondo: *Capacidad máxima de desagüe:* 370 m³/s.

PRESA DE ESCALONA

Características generales

Finalidad: Crear un embalse para contener y laminar las avenidas del río Escalona para limitar los riesgos de inundaciones en la cuenca media y baja del Júcar.

Emplazamiento: Aprox., 4 km. Aguas arriba de la confluencia de los ríos Escalona y Júcar.

Accesos: Desde Navarrés y desde la futura presa de Tous.

Presa

Tipo: Arco gravedad.

Volumen de hormigones: 400.000 m³.

Cota de coronación: 191,15 m.s.n.m.

Altura de la presa: 80 m.

Longitud de coronación: 300 m.

Volumen de máx. embalse extraordinario: 143 hm³.

Volumen de máx. embalse normal: 7 hm³.

Órganos de desagüe

Aliviadero: Tipo labio fijo.

Capacidad de desagüe: 7.850 m³/s.

Longitud de aliviadero: 120 m.

Cota de aliviadero: 182,50 m.s.n.m.

PRESA DE BELLÚS

Características generales

Finalidad: Crear un embalse para contener y laminar las avenidas del río Albaída, limitando los riesgos de inundación en la Ribera del Júcar. Asimismo, regular las aportaciones del río para su aprovechamiento.

Emplazamiento: Río Albaída en término municipal de Bellús y Benignim.

Accesos: Desde C.N. 340 en t.m. de Bellús.

Presa

Tipo: Hormigón de gravedad planta recta.

Volumen de hormigones: 220.000 m³.

Cota de coronación: 164 m.s.n.m.

Altura de la presa: 46 m.

Longitud de coronación: 725 m.

Volumen de máximo embalse extraordinario: 140 hm³.

Volumen de máximo embalse normal: 69 hm³.

Órganos de desagüe

Aliviadero: Mixto de labio fijo, compuertas y potente desagüe de fondo.

Long. aliviadero de labio fijo a cota: 16,048 m.

Long. Aliviadero con compuertas cota: 155,516 m.

Capacidad máxima de desagüe: 2.780 m³/s.

Los paisajes del río Júcar

Junto a estas grandes construcciones de embalses, saltos de aguas y aprovechamientos hidroeléctricos y agrícolas de la Cuenca del Júcar está el paisaje natural, que en la segunda mitad del siglo XX describía así Antonio Martorell, uno de los autores de escritos sobre el río Júcar, en su obra «Visita a los ríos Júcar y Cabriel», tras girar una detenida visita a la zona:

«Difícil sería dar una idea de las bellezas panorámicas, geológicas y de vegetación que ofrece el dilatadísimo y accidentado Valle del Júcar: los más empinados riscos, las más altas cortaduras, las escalonadas series de montañas, los sombríos, poderosos y dilatados bosques, las estrechísimas sendas suspendidas sobre horrosos abismos, los rápidos, las cascadas y lagunas y otros muchos objetos de atónita admiración, eran variados espectáculos que llevaban nuestro ánimo suspenso de maravilla en maravilla, viendo por todas partes y en todos los momentos las marcas o señales indelebles de la incontrastable acción de las grandes fuerzas naturales.»

También el río Júcar ha inspirado a grandes artistas, como es el caso de Fernando Zóbel, pintor, grabador y dibujante español, nacido en Manila en 1924. En 1963 funda el Museo de Arte Abstracto Español de Cuenca. En el verano de 1971, Fernando Zóbel inició un proyecto sobre el espectacular paisaje de la Hoz del Río Júcar a su paso por la ciudad de Cuenca, en el que nos va transformando, a través de su pintura, la realidad del paisaje en una configuración abstracta.

El pasado 20 de abril celebramos el 60 aniversario de la Confederación Hidrográfica del Júcar, con la realización de múltiples actividades, desde la celebración de un ciclo de conferencias especializadas, a la puesta en marcha de nuevos sistemas, con nuevas tecnologías, para mejorar el control de la calidad de las aguas de nuestros ríos; sin olvidar la campaña audiovisual,

la Semana del Agua, de sensibilización al ciudadano de la importancia de este bien escaso, de la necesidad de usarlo correctamente. Pero la celebración más entrañable fue, sin duda, la exposición de Zóbel sobre el río Júcar, en el marco incomparable del Museo San Pío V de Valencia.

Es Fernando Zóbel el hombre que amó profundamente al río Júcar, y que quiso immortalizar, desde una configuración abstracta, sus luces, sus colores y sus paisajes a su paso por la ciudad de Cuenca.

El Júcar, un río útil como pocos, incansable generador de riqueza y bienestar a la vez que rebelde y causante de infortunios a sus ribereños, se transformó, en las manos de Fernando Zóbel, en arte y, a través de sus pinturas, en permanente gozo de luz y colores para quien las contempla.

La Acequia Real del Júcar: pasado y presente

Los orígenes de la Acequia Real del Júcar

La Acequia Real del Júcar cuenta con más de 700 años de historia.

La construcción de la Acequia Real del Júcar se inicia durante el reinado de Jaime I de Aragón.

Refiere el rey D. Jaime, en su crónica, la capitulación de Alzira. Los historiadores, siguiendo el itinerario real, sitúan esta efemérides en el año 1242.

La tarea fundamental del monarca, después de la conquista, era atraer poblaciones y asentadas, para lo que necesitaba explotar las riquezas de las tierras colonizadas. Para ello era fundamental la creación de la Acequia Real.

Sin negar el precedente de algunas tierras regadas en la zona antes del siglo XIII, su escasa entidad permite considerar la construcción de la Acequia Real como la creación del primer gran sistema de riego existente en la Ribera del Júcar.

La construcción de la Acequia por Jaime I

El proyecto inicial ya contemplaba la conducción de aguas desde Antella a Almussafes como recogen las Ordenanzas de 1273, iniciativa que no logró hacerse efectiva hasta finales del siglo XVIII.

Inicialmente, la Acequia Real se llamó Acequia Real de Alzira y se construyó entre 1258, unos 16 años después de la ocupación de la zona, y 1269. Documentos de 1260 recogen el nombre de dos de los directores de las obras de construcción del canal, el maestro Bonfill y Arnaldo Vidal. La existencia del azud de Antella está documentada desde 1270; y en 1273 la

infraestructura de riego debía estar ya operativa, fecha de promulgación de unas «Ordenanzas» para la organización institucional de la Acequia.

La financiación del proyecto corrió a costa del monarca, quien puso en marcha diversos recursos para obtener los fondos necesarios. Sin embargo esto es una verdad a medias, puesto que la colaboración económica de los propietarios agrícolas beneficiados con la implantación del riego no debió ser desdeñable, sino fundamental. Jaime I ordena a los propietarios de la zona del primer tramo que iba a ser puesto en riego que contribuyan a cubrir los gastos de tráida de las aguas del Júcar, bajo pena de perder el derecho a regarlas.

El monarca se limitó a construir la acequia madre, mientras que los propietarios que optaban al riego costearon todas las arterias secundarias para llevar el agua desde el canal principal hasta sus campos.

La ejecución del proyecto se realizó en diversas fases, llevando las aguas del río Júcar desde el azud de Antella hasta el actual término de Algemesí, a ambos lados del río Magro, que exigió la construcción del cano o conducto subterráneo (sifón) bajo la rambla de Algemesí.

Como hemos dicho, el proyecto inicial de construcción de la Acequia Real del Júcar pretendía llevar agua de este río hasta los límites de la albufera, quedando su realización inconclusa más allá de Algemesí, debido a la concurrencia de varios factores negativos (grandes sublevaciones sarracenas y la muerte de Jaime I). Pero, poseer tierras de regadío significaba, mientras el trigo fue la cosecha dominante en las huertas, obtener unos rendimientos superiores a los del secano y, lo que era más importante, cosechas mucho más seguras. De esta manera, la sequía de finales del siglo XIV, motivó la autorización del rey Martín I para prolongar la Acequia Real, intento que quedó frustrado. Posteriormente, la crisis de subsistencia de la década de 1760, con fuerte subida del precio de los granos y el corolario del hambre, alentaron la ampliación ejecutada por el duque de Híjar. Pero disponer de riego significó mucho más desde el punto de vista socioeconómico: la capacidad de poder optar por ciertas vías de desarrollo agrario que no estaban al alcance de las áreas de secano, afirmando cosechas como la caña de azúcar en tiempos medievales, el maíz desde comienzos del siglo XVII, el arroz, hortalizas o ciertos frutales (como el naranjo desde fines del siglo XVIII).

Estas ventajas llegaban a ser tan considerables en estas zonas de temperaturas suaves que se traducían en un valor de la tierra de regadío muy superior a la secana, habitualmente entre tres y cinco veces mayor.

Aunque el privilegio del rey Martín I no llegó a tener un efecto inmediato, su virtualidad operativa se manifestó cuatro siglos más tarde, ya que no fue otra la base legal a que se acogió el duque de Híjar para solicitar y lograr que se le otorgasen las obras de ampliación de la Acequia Real del Júcar en el último tercio del siglo XVIII, ateniéndose a lo dispuesto por

Martín I en 1404. La única limitación al concesionario consistía, como era habitual en el derecho hidráulico de la Corona de Aragón, en que todo lo que se innovara fuera «sin lesión ni daño de ésta (Alzira) ni de los demás que riegan de dicha Acequia».

La Acequia Real del Júcar: presente

Podemos afirmar que la Acequia Real del Júcar modifica en sentido positivo el paisaje natural de la ribera del Júcar, no sólo a lo largo de los 54 kilómetros de recorrido de la acequia madre y de los incontables de su red de brazales, sino también a través de las 21.172 hectáreas que riega, en la variada gama de sus cultivos (naranjales, arrozales y hortalizas).

La Comunidad Valenciana cuenta con importantísimas instituciones históricas en materia de riegos. Sin duda, el Tribunal de las Aguas es una de estas instituciones, que goza de un gran prestigio nacional e internacional, y cuyo derecho consuetudinario supone la pervivencia del derecho civil valenciano en materia de aguas. Pero la Acequia Real del Júcar constituye el mayor perímetro del regadío tradicional valenciano, con una gran trascendencia económica y social.

La zona regada por la Acequia Real es de 21.172 ha, y por cultivos tenemos la siguiente distribución:

Huerta	4.116 ha (19,44%)
Cítricos	13.837 ha (65,36%)
Arrozal	3.219 ha (15,20%)

La zona regada está repartida entre veinte términos municipales contando con más de 200.000 títulos de propiedad.

Desde el punto de vista histórico, para hacernos una idea aproximada de la entidad del canal basta con considerar que en 1.673 beneficiaba a una superficie de más de 4.000 ha, y que durante los mejores años del siglo XIX llegaban a irrigarse hasta unas 14.000 ha.

La Acequia Real del Júcar toma sus aguas del azud de Antella. El histórico azud —muchas veces reconstruido— era una gran obra de ingeniería, desgraciadamente arrasada por la crecida de 1982 y la rotura de la presa de Tous. Con posterioridad, el azud ha sido reconstruido en su aspecto original y modernizado su posición y estructura. En la Casa del Rey, la acequia puede derivar con comodidad su caudal máximo (42 m³/s). En la práctica, todo el caudal ordinario del río puede ser derivado por la acequia sin problemas.

La acequia sigue el valle fluvial por la izquierda, apoyándose en la montaña de Gavarda, hasta girar en dirección norte, entrando al término

municipal de Alberic. En Gavarda se halla el derramador que devuelve al Júcar los caudales que no caben aguas abajo. Hasta el término de Alberic salen del cajero pequeñas tomas directas o «fesas» por ambas márgenes, izquierda y derecha.

A continuación, en un breve trechó toman sus aguas tres importantes brazales o fesas:

- La fesa de Algolejes riega la parte antigua al Júcar hasta Benimuslem.
- La fesa Nova de Alzira riega 1.250 ha en términos de Alzira y Benimuslem.

- La fesa o Dantell de Alberic atiende los terrenos deprimidos que rodean el cerro sobre el que se asienta Alberic.

La Acequia Real sigue en dirección norte por el término de Alberic y la Garrofera de Alzira. En este trayecto, la acequia va ligeramente sobrelevada sobre el terreno, de modo que, por gravedad y con acequia llena, también riegan zonas significativas a la izquierda del canal. Por la derecha una serie de fesas de mediana extensión tras atender varias unidades de riego, vierten sobrantes al río Verde.

La fesa de Anguilera aprovecha en parte el trazado medieval de la Acequia Real, rodeando la montaña de Massalavés. Para dar nivel a la acequia existe en este punto las compuertas de la Anguilera.

En el tramo siguiente, el trazado del canal principal coincide con las cortas efectuadas el siglo XVIII en término de Guadassuar (La Garrofera) y que circundan Montortal por el oeste.

Más adelante, poco antes de cruzar el canal principal la CN-340, toma sus aguas la fesa Vella de Alzira que abarca 1.134 ha en término de Guadassuar y Alzira.

La Acequia Real entre Alcudia y el sifón de la Rambla de Carlet o Algemesi («Cano de Guadassuar») circula por terrenos elevados, que antaño regaban norias.

En la actualidad, el cano de Guadassuar ha sido sustituido por un sifón moderno construido hace veinte años, paralelo al antiguo que se conserva. Dicho sifón tiene una capacidad de 18 m³/s, menos de la mitad de la capacidad en toma, cuando la superficie dominada a partir de este punto es el 65% del total.

Tras el cano, la Acequia Real alimenta la fesa de Algemesi, que, durante 500 años, fue la última en regar el entorno del pueblo y de la antigua alquería de Cotes. Ahora Cotes dispone de fesa propia. Los retornos de Algemesi se dirigen hacia el área de arrozal en la Albufera, al este de Sollana.

Poco después, la Acequia Real sirve a la Acequia de Albalat.

La acequia de Sollana riega el sudeste del término municipal y después los arrozales al Este del casco urbano.

En los términos de Alginet y Benifaïó derivan de la Acequia Real una serie de fesas medianas.

Al salir del término de Benifaïó, la Acequia Real cruza el barranco del Tramasser y deriva por la derecha la fesa del Romaní. Dicha fesa atiende a la mayor parte del término de Almussafes, la pedanía del Romaní y Sollana.

En el último tramo la Acequia Real reduce sección y atraviesa Picasent, Silla, Alcàsser, Beniparrell y Albal donde muere en el barranco de Albal y, a través de él, desagua en la Albufera.

La situación socioeconómica

La situación socioeconómica dentro del perímetro de la Acequia Real no es homogénea. El área comprendida entre el río Júcar y Valencia capital cada vez gravita más alrededor de la capital, no sólo administrativamente sino, sobre todo, por el cambio sociológico en todas las poblaciones al norte de Alberic. El perímetro de la Acequia Real a pasos agigantados, se está integrando en un gran espacio socioeconómico: Valencia y su área metropolitana. Muchos habitantes de Algemesí, Benifaïó o Alberic trabajan en ella y viceversa. Tan solo Antella y Gavarda escapan, de momento, a la integración.

Si analizamos por áreas, los pueblos de Antella y Gavarda tienen una agricultura a tiempo completo, con predominio de cítricos, y muchas propiedades foráneas de riegos mixtos, y consecuentemente un paulatino envejecimiento de la población agraria.

El primer sector de la Acequia Real, es decir las tierras que componen el mayor núcleo medieval del riego en la Ribera, más frías y parceladas, sujetas a las inundaciones, se han venido depreciando frente al entorno.

En el perímetro medieval regado de la Acequia Real las expectativas económicas y comerciales contribuyeron a expandir la citricultura, sobre todo en Alzira, mientras en el sector occidental se consolidaron frutales y cítricos. La paulatina industrialización de Alzira y de las poblaciones a lo largo de la CN-340 ha sido simultánea con la aparición de la agricultura a tiempo parcial, dominante en Alzira y menos implantada en Alcudia y Alberic.

En los pueblos de la segunda sección de la Acequia Real hasta Silla, el regadío sólo cuenta con 200 años y se desarrolló sobre secanos con grandes propiedades. No obstante había pequeños riegos medievales en el entorno de fuentes y de los núcleos urbanos. Por ello, en los alrededores de los pueblos donde poseían sus tierras los labradores dedicados a los cultivos de la huerta existe una mayor parcelación de la propiedad, intensiva en mano de obra. Por contra, en las partes más alejadas de los pueblos, existen mayores

propiedades de los lugareños más acomodados o de terratenientes que viven en Valencia capital. Esta oposición del parcelario es muy palpable entre Benifaïó y Algemesí.

Sin embargo los grandes propietarios no han abandonado la zona y, como no son agricultores, introdujeron el cultivo del naranjo en las parcelas mayores, sobre todo en Algemesí. Los cultivos de huerta han subsistido en el entorno de Alginet, Almussafes, Benifaïó y Sollana. La organización de potentes estructuras cooperativas en la zona favoreció la consolidación de una agricultura intensiva cada vez más competitiva en dichos municipios. Es más, ante la crisis de la citricultura, esta horticultura ha empezado a ocupar fincas grandes, antaño de naranjos, hoy arrancados. La agricultura a tiempo completo sobrevive en un sector muy importante de la población.

A su vez, la fuerte industrialización del sector Norte y la vecindad al área metropolitana ha impulsado, también, que este sector de la población pase a agricultura a tiempo parcial, sobre todo los jóvenes en los municipios más arborizados.

Por su parte, Sollana y Albalat participan de la cultura de la Acequia Real del Júcar y son socialmente similares a Sueca. El arrozal, que sólo da ocupación cuatro meses al año, la citricultura en Albalat, y la proximidad a Valencia en el caso de Sollana, han ampliado a estos pueblos la agricultura a tiempo parcial. En la Acequia Real del Júcar, fuertemente mecanizada, existen propiedades próximas a la Albufera de propietarios urbanos afincados en Valencia.

El sector final de la Acequia Real (Silla, Albal, Alcàsser y Beniparrell) siempre han participado de las características de la Comarca de L'Horta Sud (de la huerta de Valencia) y sigue sus mismos procesos. La importante industrialización y masiva inmigración de la población no agrícola marcan una superposición cultural característica en dicha comarca. Los agricultores a tiempo completo subsisten, envejeciendo y dedicados a los cultivos de huerta, pero esperando que el proceso urbanizador convierta sus tierras en solares. Sus hijos han abandonado la agricultura como actividad principal.

La organización administrativa actual

Desde la concesión Real de Jaime I de Aragón, la administración de la Acequia Real se ha ido adaptando a contextos cambiantes. Lógicamente es una organización con el prestigio de siete siglos de gestión. La Acequia Real es tal vez la asociación más importante y el principal elemento de cohesión de estos pueblos de la Ribera. Además de ser un factor económico importante, se ha convertido por razón de su antigüedad en un signo de identidad cultural en la Ribera.

Su estructura organizativa se manifiesta en la Junta General, donde tienen asiento varios vocales, dos o cuatro, en función de la superficie, por cada pueblo regado, que eligen a la Junta de Gobierno y a su presidente. Los vocales de cada pueblo deben ser, unos, residentes, y otros, foráneos. El sistema permite la entrada en la Junta a propietarios, residentes en la ciudad de Valencia o en otras poblaciones, no necesariamente agricultores profesionales. Para ser vocal, se debe ser titular de 30 hanegadas como mínimo (aproximadamente 2,5 ha), en el municipio por el que se ha de ser elegido. Esta cifra, hasta época reciente, era muy alta, pero una reciente reforma de las Ordenanzas ha facilitado la agrupación de pequeños propietarios para mejorar su representación.

La Acequia Real dispone de sede social en Valencia. Desde esta se administra y representa a la Comunidad de Regantes y al canal principal. En cada pueblo, una Junta local y un Jurado de Riegos repite la estructura de representantes locales y foráneos.

Su presidente, don Vicente Tortosa La-Casta, es también vicepresidente de la Junta de Gobierno de la C.H.J., vicepresidente 1º de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes y representante de los usuarios del Júcar en el Consejo Nacional del Agua.

Diagnóstico de la situación actual de la Acequia Real del Júcar

1. Eficacia en el uso del agua.

El volumen derivado por la Acequia Real del Júcar en un año medio es de 538,34 hm³.

VOLUMEN DERIVADO POR LA ACEQUIA REAL DEL JÚCAR

	Año Medio	Año 93	Año 94	Año 95
Hasta 30 septiembre	—	340,14	294,97	184,96
Todo el año	538,34	386,30	307,09	—

Los datos, sin embargo, relativos a necesidades hídricas de los cultivos y al agua aplicada en parcelas, de acuerdo con el Estudio de Modernización de la Red de Distribución de la Acequia Real del Júcar, que se cita en la bibliografía referenciada, son los siguientes:

- Consumo de agua por los cultivos en un año medio: 110,02 hm³/año.
- Volumen aplicado en parcela: 202,72 hm³/año.

Esto conduce a las siguientes dotaciones medias:

Cítricos	7.200 m³/ha/año.
Huerta	10.800 m³/ha/año.
Arrozal	18.000 m³/ha/año.

Globalizando ahora las cifras anteriores se tienen los siguientes coeficientes de eficiencia.

Eficiencia de aplicación	$e_a = 110,02 / 202,72 = 0,54$
Eficiencia de conducción y distribución	$e_{cd} = 202,72 / 538,34 = 0,376$
Eficiencia Global	$e_a \cdot e_{cd} = 0,2$

La eficiencia global del sistema de riego de la ACEQUIA REAL DEL JÚCAR es en la actualidad de 0,20, lo que puede calificarse como muy baja. El factor de eficiencia más influyente es el correspondiente a las conducciones, cuyo valor es de 0,37.

2. Las causas esenciales de la reducida eficiencia de las conducciones son:

- Carencia de capacidad de regulación interna y de elementos de sostenimiento de niveles de agua en el Canal Principal y Acequias Importantes.
- En menor medida, hay también pérdidas de eficiencia por infiltración en el terreno causada por la falta de revestimiento de las paredes de amplios tramos de las conducciones principales y de la red de distribución.
- Los defectos estructurales que impiden ofrecer una mejor calidad se localizan en la falta de capacidad hidráulica de algunos tramos del Canal Principal y Acequias Importantes, que actúan como «cuellos de botella».
- Las operaciones de control y explotación del sistema son enteramente manuales, lo que hace difícil el ajuste continuo de los caudales suministrados a cada zona de riego, incluso con un intenso trabajo de operaciones en las tomas de agua del Canal Principal.

Propuesta de reformas: el futuro

Opción A) El Estudio de Modernización de la Red de Distribución de la Acequia Real del Júcar; referenciado en la bibliografía, propone las propuestas que, en resumen, son las siguientes:

- Se propone un conjunto de actuaciones destinadas a elevar la eficiencia de la red de conducciones a 0,68, con lo que la eficiencia global del sistema ascendería a 0,37. La mejora de eficiencia se podría traducir en una *reducción del volumen actualmente conducido por el sistema superior a los 200 hm³/año*. Sin embargo, deben ponderarse los efectos medioambientales para definir el volumen total.

2. Se propone también actuaciones de mejora de calidad de servicio, con especial repercusión en las zonas más deficientes en la actualidad.

3. Las actuaciones más significativas, con las que se atiende a los objetivos indicados, se localizan en el Canal Principal:

- Balsa de regulación en un punto intermedio.
- Revestimiento de tramos en tierra.
- El sostén de niveles en la ARJ se realiza mediante dos tipos de elementos:

Vertederos Picos de Pato, que garantizan los niveles en los tramos de aguas arriba sin obstaculizar en exceso el desagüe del Canal en régimen de máximo caudal circulante.

Compuertas accionadas automáticamente, de modo que abren o cierran lo suficiente para garantizar los niveles de aguas arriba.

Otras medidas propuestas, para solucionar los defectos estructurales ya señalados:

- a) Ampliación de capacidad en los sifones de Alginet y Guadassuar.
- b) Sistema automático de regulación y control.
- c) Unificación de tomas dispersas.
- d) Obras complementarias derivadas de las actuaciones básicas y de mejora del servicio de explotación.

4. En las acequias importantes se proponen actuaciones semejantes a las del Canal Principal, aunque de menor envergadura y variedad. Las más significativas son:

- Revestimiento de cajeros.
- Vertederos «pico de pato».
- Automatización de compuertas de toma.

5. En la red de acequias de distribución las actuaciones propuestas se concretan en la generalización del revestimiento y en la reparación de los ramales que se encuentran en mal estado, con posibles sustituciones por tuberías a baja presión.

6. El coste estimado de la inversión de las actuaciones propuestas asciende a 7.693,7 millones de pesetas, distribuidos en los diferentes ámbitos del sistema:

Canal Principal (Acequia Real del Júcar)	2.752,21 mill. de pta
Acequias Importantes	1.941,46 mill. de pta
Red de distribución	3.000,00 mill. de pta

El coste resulta muy inferior al de cualquier otra fuente alternativa de recursos hidráulicos regulados que pueda contemplarse. En conjunto, el coste unitario resulta de 2,06 pta/m³. Las actuaciones en el Canal Principal son las de mayor rendimiento económico en este sentido, con un coste unitario de 1,15 pta/m³ y en la red de distribución a 7,50 pta/m³.

7. Arrendiendo tanto al rendimiento económico de las actuaciones como a la mejora de la calidad de servicio, se propone una implantación en dos fases.

Primera Fase: Canal Principal y Acequias Importantes: 4.693,67 mill. de pta.

Segunda Fase: Red de Distribución: 3.000,00 mill. de pta.

8. Se considera que las actuaciones propuestas tienen, por sí mismas, un efecto poco significativo en el medio ambiente hidráulico en el que se encuadra la ACEQUIA REAL DEL JÚCAR. Sin embargo, posibilitan el control del caudal que canaliza la ACEQUIA REAL DEL JÚCAR y una rigurosa asignación a los usos que se establezcan.

Opción B) Propuesta para el riego conjunto del Canal Júcar-Turía y de la Acequia Real del Júcar.

El ingeniero don Miguel Sanchis González ha presentado a la Confederación Hidrográfica del Júcar una alternativa al estudio anterior, que se basa en la existencia de un gran canal, el Canal Júcar-Turía, que transcurre contiguo al de la Acequia Real del Júcar.

La presente propuesta está en estos momentos en estudio por parte de las Comunidades de Regantes afectadas y por los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, por lo que se propone como mero ejercicio intelectual que puede enriquecer el debate.

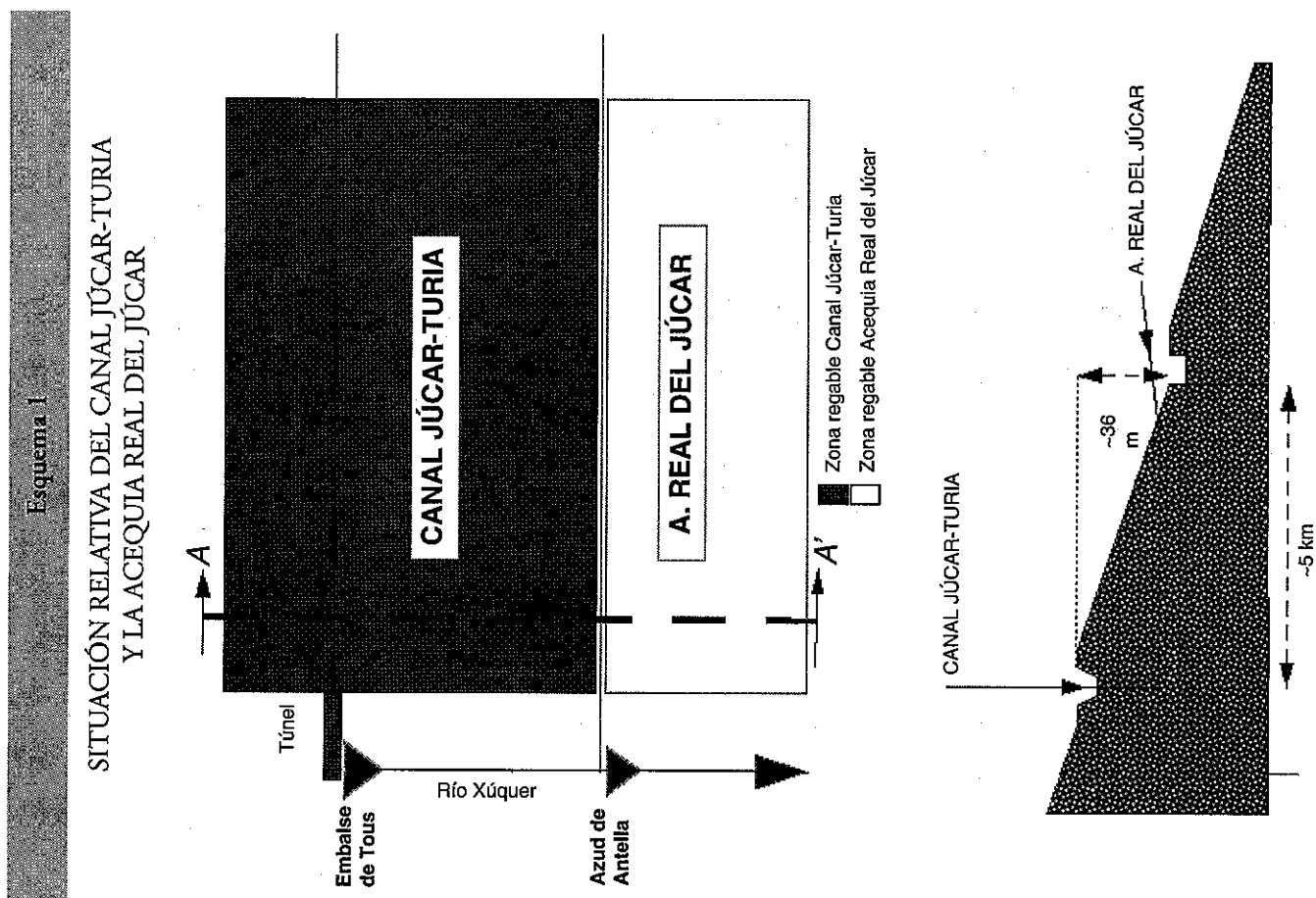
La idea básica y nuclear de la Alternativa que se propone es la de conectar la gestión hidráulica de la Acequia Real del Júcar con la del Canal Júcar-Turía.

El Canal Júcar-Turía fue puesto en explotación normal en el año 1981; a partir de esta fecha sus usuarios se han ido agrupando en Comunidades de Regantes de las cuales están ya consolidadas y con unas ordenanzas aprobadas las trece correspondientes a su margen derecha, y en vías de formación las 7 correspondientes a su margen izquierda:

La situación actual del CANAL JÚCAR-TURÍA puede resumirse en los siguientes datos:

- Toma: Del embalse de Tous a cota 76,77 m.
- Longitud: 60 km (los primeros 5.354 metros en túnel).
- Sección del túnel 20,44 m²
- Pendiente túnel: De la cota 76,77 a la 73,55.
- Cotas: Entre 76,77 m y 52,72 m.
- Cota media: 64,24 m.
- Caudal derivable: 32 m³/s.
- Zona regable: 30.325 Ha.

Con la conexión de la gestión hidráulica de los dos canales, se crea un sistema único con reglas de explotación, gestión y mantenimiento conjuntas sobre la base de las siguientes realidades (ver Esquema 1):



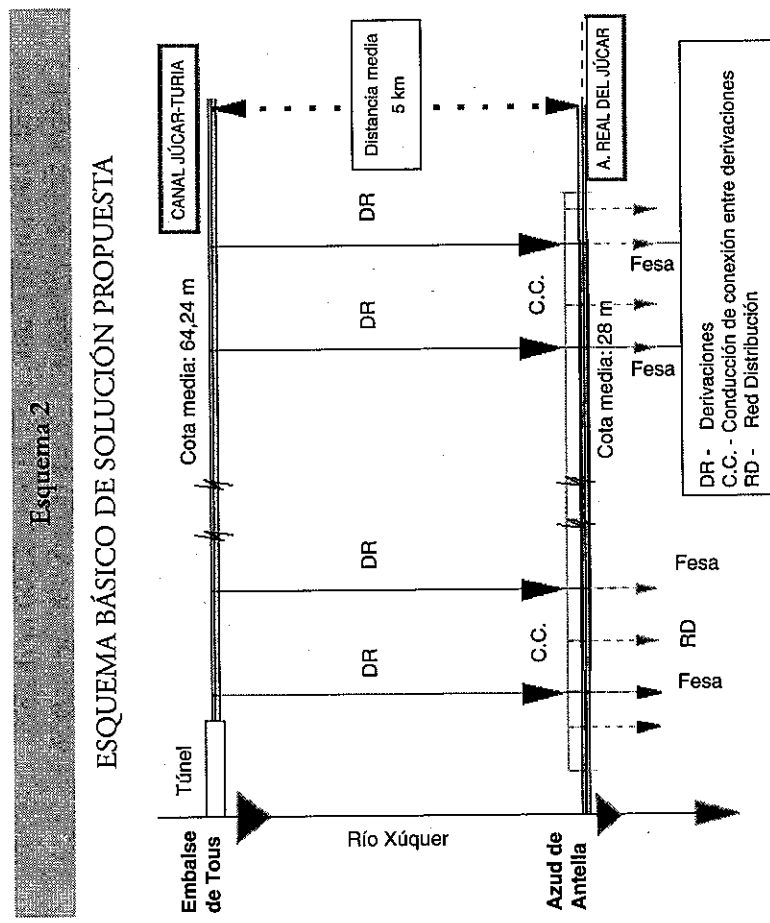
Contigüidad geográfica de las zonas regables.
Trazado casi paralelo del Canal Júcar-Turcia y de la Acequia Real con una distancia media en planta entre ambos de sólo 5 km y con una diferencia media de cotas de 36 m.

Utilización de las mismas fuentes de recursos tanto superficiales como subterráneos.

Idéntica filosofía agrícola de los usuarios.

Esquema de solución y viabilidad

El esquema de la solución (esquema 2) que se describe con más detalle en el epígrafe siguiente consiste en abastecer las demandas de la zona regable de la Acequia Real del Júcar desde el Canal Júcar-Turcia. Para ello se derivarían de éste un cierto número de conducciones forzadas dirigidas hacia las «fesas» o tomas más importantes de la actual Acequia Real del Júcar, interconectando estas conducciones forzadas entre sí por sus extremos inferiores mediante otra conducción, también forzada, de trazado sensiblemente paralelo al de la actual Acequia Real del Júcar y que constituiría la cabecera para la distribución de agua de su zona regable.



Los volúmenes necesarios para abastecer las demandas propias del Canal Júcar-Turía y las de la zona regable de la Acequia Real del Júcar se derivarían, por tanto, por el Canal Júcar-Turía habida cuenta de que éste tiene capacidad portante suficiente para ello.

Del balance sobre la base de la futura utilización de los volúmenes derivados por el Canal Iúcar-Turía, se llega a unas cifras que encajan perfectamente con los niveles de demandas que deberían satisfacerse desde el mismo. En efecto:

- Capacidad portante máxima: 37 m³/s.
- Abastecimiento agua Valencia: 6 m³/s.
- Zona regable propia del canal: 10 m³/s.
- Conducción Turia-Sagunto: 1 m³/s. 17 m³/s.
- Disponibilidad para otras demandas 20 m³/s.

Veamos ahora el caudal punta en cabecera necesario para abastecer la zona regable actual de la Acequia Real del Júcar, con las dotaciones del P. H. de la Cuenca del Júcar.

HIPÓTESIS I

HIPÓTESIS II

Dotaciones (P.H.N.):

Huerta 8.400 m ³ /ha/año	Huerta 6.300 m ³ /ha/año
Cítricos 5.500 m ³ /ha/año	Cítricos 5.000 m ³ /ha/año
Arrozal. 12.500 m ³ /ha/año	Arrozal 12.500 m ³ /ha/año

Bajo este supuesto, se tendría una necesidad de derivación anual de unos $216 \text{ hm}^3/\text{año}$, con un aborro de 322 hm^3 , teniendo en cuenta que el volumen derivado por la Acequia Real del Júcar en un año medio es de 538 hm^3 .

Estableciéndose una limitación horaria para el riego de cítricos y huerta de 20 horas al día y de aportación continua las 24 horas del día para el arrozal, el caudal a derivar no sobrepasa los 15,7 m³/s en el mes de mayor demanda, que es el mes de julio.

Nótese que la Disponibilidad del Canal Júcar-Turía es de 20 m³/s, cifra que no llega a alcanzarse en el mes de mayor demanda.

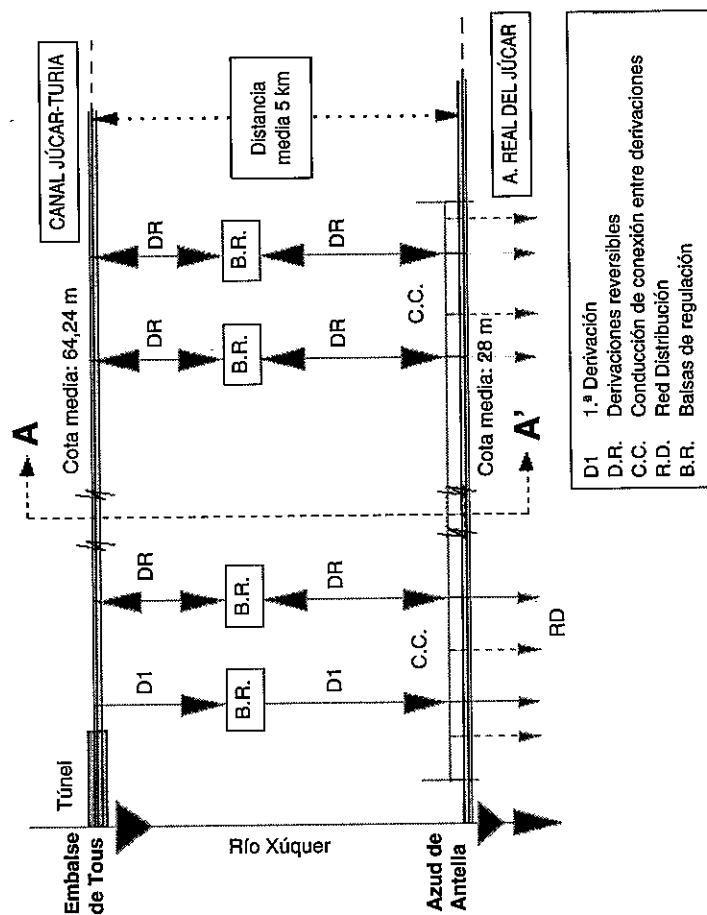
En resumen, comparando estos resultados con los de la capacidad portante del Canal Júcar-Turía y teniendo en cuenta las cifras de demandas a abastecer desde el mismo se concluye que, efectivamente, el canal es capaz de abastecer los caudales de las mismas más los correspondientes a la zona regable de la Acequia Real del Júcar incluso en los meses de mayores demandas.

Funcionamiento

- La derivación de los recursos totales correspondientes al Canal Júcar-Turía y a la zona regable de la Acequia Real del Júcar, se produciría en la toma del canal en la Presa de Tous. En la actualidad la Acequia Real del Júcar toma sus aguas desde el Azud de Antella.
- Los caudales correspondientes a la zona regable de la Acequia Real del Júcar se derivarían del Canal Júcar-Turía incorporándose, a través de las derivaciones (D1 en el esquema), a las balsas de regulación (B.R. en el esquema). Esos caudales, opcionalmente, podrían ser turbinados para la producción de energía.
- Desde las balsas de regulación se produciría la alimentación del conducto paralelo a la Acequia Real del Júcar (C.C. en el esquema) con presión suficiente para distribuir el agua a las zonas que se vayan transformando a riego localizado y, obviamente, a todas las demás. Estas balsas funcionarían, además, como chimeneas de equilibrio.

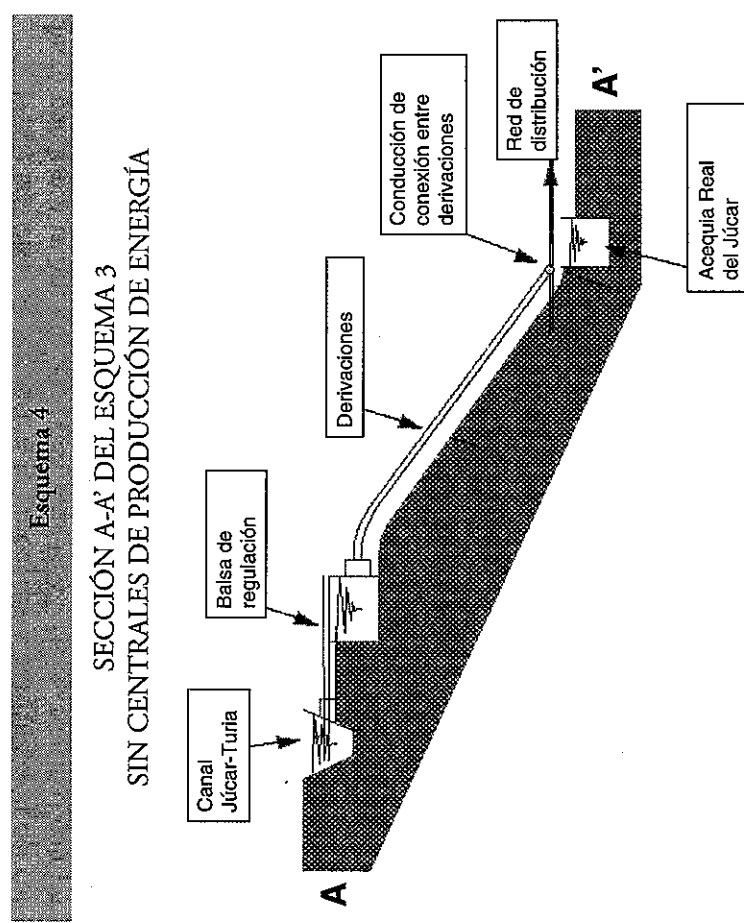
Esquema 3

ESQUEMA DE DETALLE DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA



– En caso de roturas de la conducción forzada paralela a la Acequia Real del Júcar, de las derivaciones ó del propio Canal Júcar-Turía la reversibilidad de las conexiones, mediante elementos de elevación permitiría circuitos alternativos de suministro (D.R. en el esquema) para parte de las demandas, y especialmente para la de aguas potables de Valencia y su Area Metropolitana.

– Los posibles recursos subterráneos extraídos de la zona se incorporarían a las redes secundarias, al Canal Júcar-Turía o se aplicarían en su lugar de extracción dependiendo de la situación geográfica de las extracciones. El Esquema 4 resume lo que hemos dicho.



Viabilidad

– La solución es, obviamente, viable desde un punto de vista constructivo.

– La capacidad del Canal permite derivar los caudales punta de demanda propios del Canal Júcar-Turía más los caudales punta de demanda de la zona regable de la Acequia Real del Júcar como se ha visto anteriormente.

– La diferencia de cotas medias entre el trazado del Canal J-T y el de la conducción principal de la Acequia Real del Júcar (36 m) permite hacer llegar los recursos a la zona regable de la A.R.J. con presión suficiente para hacer viable con poca infraestructura adicional, salvo la de distribución, la transformación en riego localizado de los cultivos susceptibles de ello.

Presupuesto

El coste de la solución propuesta, sin producción de energía es de 3.000 millones de pesetas, cifra similar a la de la Opción A, con costes unitarios similares, muy inferiores en los dos casos a los de cualquier otra fuente alternativa de recursos hídricos regulados que pueda contemplarse.

Para finalizar esta exposición, haré una breve reseña de cómo se relaciona con la situación y la política hidráulica en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

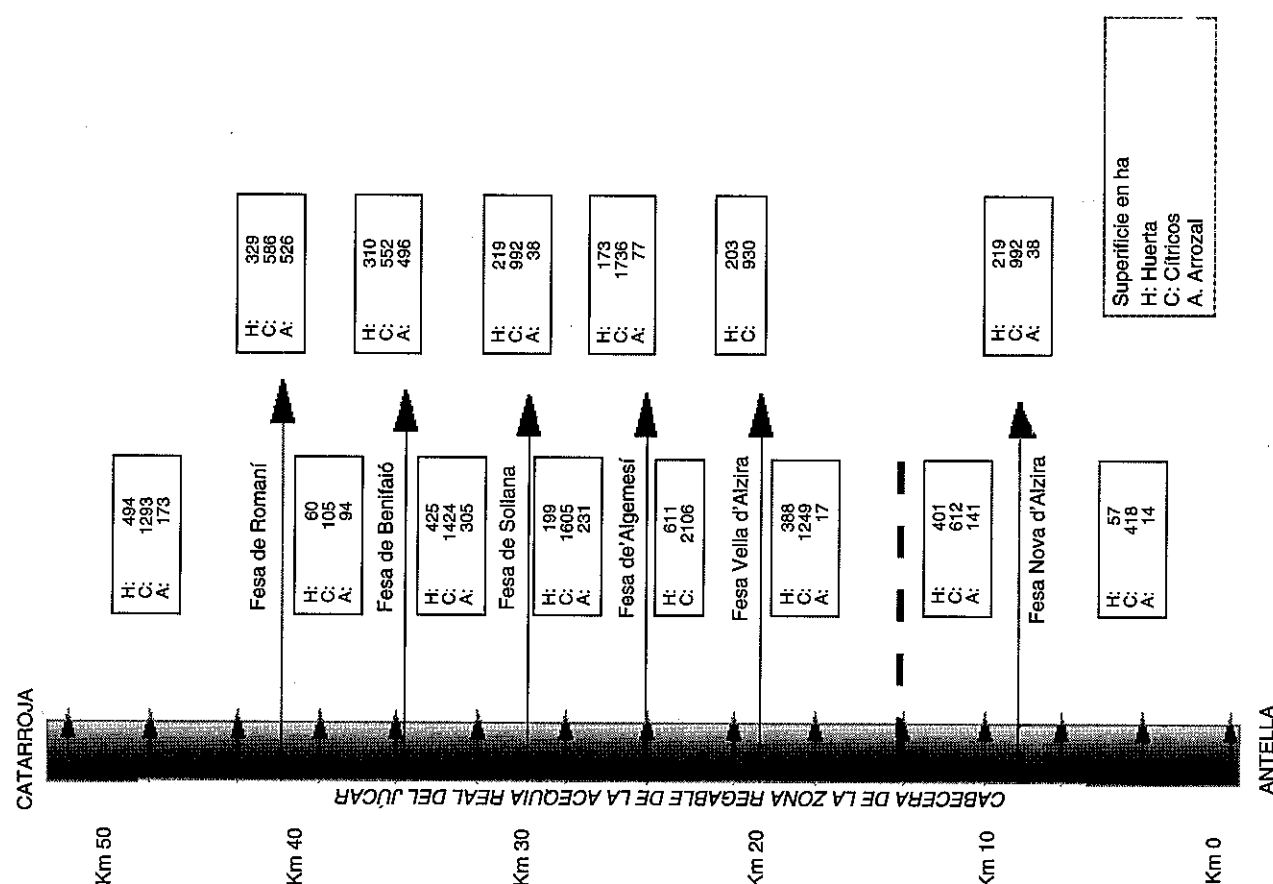
La Cuenca de la Confederación Hidrográfica del Júcar presenta un balance hídrico muy equilibrado. No obstante, el pequeño superávit actual, cuantificado en EL PLAN HIDROLÓGICO DEL JÚCAR en 360,35 hm³, enmascara determinados déficits de los distintos Sistemas de Exploración en los que se divide la Cuenca del Júcar. Así mismo el citado PLAN diagnostica una tendencia al agotamiento de este superávit en el horizonte del medio-largo plazo.

Esta especial situación de equilibrio inestable del balance hídrico coloca a la Confederación Hidrográfica del Júcar en una posición peculiar en relación a la política hidráulica a aplicar en el ámbito de su territorio, donde el binomio GESTIÓN DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS VERDUNO el binomio GESTIÓN DEL AGUA COMO RECURSO deben tener, igualmente, su punto de equilibrio. En efecto: los aspectos de la gestión del agua como recurso, deben ser contemplados en su expresión máxima y que se traducen en la mejor utilización posible de todos los recursos disponibles, considerándose la gestión de las obras hidráulicas como un instrumento al servicio de la primera.

Un ejemplo, que podríamos exponer, es el que acabo de desarrollar en esta ponencia: «Un ejemplo de inversión ahorradora de agua: la remodelación de la Acequia Real del Júcar», cuya tesis fundamental ha sido el ahorro del agua mediante la remodelación/modernización de sus instalaciones, con un coste más eficiente a cualquier alternativa de recursos hidráulicos regulados, y como solución al reequilibrio interno de sistemas de explotación, dentro de la Cuenca. En efecto:

1. Las dos soluciones comentadas permiten un ahorro que sobradamente se pueden cuantificar en 200 hm³, descontado el caudal ecológico de aportes al mantenimiento del Parque Natural de la Albufera de Valencia.

SUPERFICIES REGADAS POR CADA FESA IMPORTANTE Y POR TRAMOS ENTRE ELLAS



2. Esto permitirá el reequilibrio interno, destinándose, según el proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar, 100 hm³ a la cuenca del Vinalopó, en Alicante, y 100 hm³ para las necesidades de La Mancha.

3. La mejor utilización de los recursos propios nos sitúa en una posición razonable para que el desequilibrio que se apunta como tendencia pueda ser atendido mediante caudales externos, en el futuro.

Para ello en la ponencia se proponen dos soluciones alternativas. La primera atiende la propia realidad institucional, mejorando evidentemente los aspectos estructurales y de gestión del agua. La segunda se propone como ejercicio intelectual que puede abrir un debate, tal vez superador e integrador, de esta gran institución del regadío tradicional valenciano, que es la Acequia Real del Júcar, conectando la gestión hidráulica de ésta con la del Canal Júcar-Turía, creando un sistema único con reglas de explotación, gestión y mantenimiento conjuntas.

Previamente a todo ello he efectuado una descripción del Río: EL JÚCAR, de sus embalses, de su paisaje, del pasado y presente de la Acequia Real del Júcar, y por último de su futuro en la línea que acabo de exponer.

Bibliografía

- ABAD, V., *Historia de la Naranja, Levante: El Mercantil Valenciano*. Confederación Hidrográfica del Júcar (1995), *Modernización de Regadíos*. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, *Estudio de Modernización de la Red de Distribución de la Acequia Real del Júcar*.
- GONZÁLEZ SANCHIS, M., *Estudio de viabilidad técnico-económica del riego conjunto desde el Canal Júcar-Turía de las actuales zonas regables de la Acequia Real del Júcar y del Canal Júcar-Turía*.
- GUAL CAMARENA, M. (1979), *Estudio Histórico-Geográfico sobre la Acequia Real del Júcar*, Institución Alfonso el Magnánimo.
- MARZO, J. B., MATEU, J. F. y ROMERO, J., *Regadíos Históricos Valencianos*, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1992), *Historia y constitución de las Comunidades de Regantes de las Riberas del Júcar (Valencia)*.
- PERIS ALBENTOSA, T., *Regadío, Producción y Poder en la Ribera del Xàquer*, Confederación Hidrográfica del Júcar y Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports.
- TASSO YZQUIERDO, R. (1989), *Historia, descripción y actuación de la Acequia Real del Júcar*, Valencia.

MESA REDONDA SOBRE LA ECONOMÍA DEL AGUA
EN ANDALUCÍA

PROBLEMÁTICA DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN ESPAÑA

José Luis Blanco
Viceconsejero de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

El agua: cantidad y calidad

Hasta ahora en la Unión Europea y, por tanto, en España se ha asignado siempre una importancia enorme a la preservación de la calidad de los recursos en agua. Desde el inicio de la política ambiental de las Comunidades Europeas, a inicios de los setenta, se ha desarrollado un cuerpo importante de legislación ya transpuestas a la normativa española. Hay normativas que fijan objetivos de calidad para usos específicos tales como aguas de baño, aguas para la cría de moluscos, aguas aptas para la vida de los peces y agua potable. Hay otras que establecen normas sobre emisiones de agentes contaminantes al medio ambiente acuático.

Es cada vez más evidente que ninguna política de calidad del agua puede ser acertada sin abordar a la vez la cantidad. Por ejemplo, el efecto de emisiones en un río dependerá del caudal del río. Si éste es bajo, el efecto de la emisión será mucho más alto. Por otra parte, la disponibilidad de distintas cantidades de agua para diversos usos, tales como consumo humano e irrigación, depende fundamentalmente de la calidad del recurso básico, el agua. En Andalucía es donde se pone de relieve este vínculo entre la cantidad y la calidad del agua de manera más alarmante cuando uno compara la situación de escasez crónica de agua que existe en la misma con otras regiones de la Unión Europea e incluso con otras regiones del Estado español.

En este sentido, en la reciente reunión de ministros de Medio Ambiente de la Unión Europea se ha propuesto y acordado que las cuestiones de gestión de la cantidad pueden y deben abordarse a nivel de la misma para lo cual deberá hacerse a través de una *directiva marco* del agua como recurso. Esta directiva se aplicaría a las aguas superficiales y subterráneas y en ella se reflejaría una serie de principios, basados en el Tratado, sobre los que la legislación comunitaria debería basarse. Entre ellos, el de

«quien contamina paga» y el de que el daño sea rectificado en la fuente misma, que son la base de toda política existente del agua y serán la base para cualquier política futura.

El agua dentro del Plan Andaluz de Medio Ambiente

El Plan Andaluz de Medio Ambiente pretende llegar a un diagnóstico objetivo de la situación ambiental de la Comunidad Autónoma sobre el que fundamentar las necesidades reales de la misma para, posteriormente, articular un conjunto de políticas específicas y líneas de actuación que atiendan a la progresiva satisfacción de dichas necesidades.

El hecho, antes citado, de que no hay política efectiva del agua si ésta además de la calidad no aborda la cantidad se pone de manifiesto claramente en nuestra comunidad. Este es el sentido que recoge el Plan Andaluz de Medio Ambiente 1995/2000 respecto al recurso agua.

Andalucía sufre, de manera periódica, situaciones de sequía climatológica provocando problemas de escasez de agua que se ven agravados a su vez por el continuo aumento de la demanda que se ha experimentado en las últimas décadas y por el progresivo deterioro de la calidad.

El Plan recoge el objetivo general, los objetivos específicos y las medidas para alcanzarlos.

Como objetivo general de la Planificación sobre el Agua: establecer un modelo hidrológico sostenible, apoyado en el uso eficiente del agua disponible y en una elevación notable de la calidad de la misma. Como objetivos intermedios están:

- Lograr un equilibrio sostenible entre la disponibilidad del recurso agua y su demanda, adaptándolo a las condiciones de la región andaluza y racionalizando el consumo de los diferentes sectores productivos. Los objetivos específicos que recoge el Plan para alcanzar éste:
 - Reducir en 10 puntos porcentuales las pérdidas de agua en abastecimiento urbano (2000).
 - Reducir un 10% el consumo total de agua en los riegos agrícolas (2000).
 - Aumentar el porcentaje de superficie regada con sistemas ahorradores (goteo, p. ej.) en 15 puntos porcentuales (2000).
 - Optimizar las fuentes de aprovisionamiento.
- Conservar la calidad de las aguas no contaminadas y mejorar la de aquellas que lo están que se deberá conseguir a través de los siguientes objetivos específicos:
 - Establecer sistemas de prevención para el mantenimiento de la calidad.

- Depuración de los vertidos de aguas residuales.
- Reducción de la contaminación ocasionada por las actividades productivas.
- Reutilización de las aguas residuales.

Las aguas litorales

La mejora del espacio del litoral es para la Comunidad Autónoma de Andalucía un objetivo primordial de interés económico y ambiental, objetivo que es recogido en la Ley 7/94, de Protección Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía y en el Plan Andaluz de Medio Ambiente. Por tanto, la mejora de la calidad de las aguas litorales constituye, sin duda, y, entre otros, un objetivo esencial de ambos.

El Plan Andaluz de Medio Ambiente recoge las medidas a aplicar para alcanzar dos objetivos específicos:

- Vigilar y controlar el total de los vertidos de aguas residuales realizados a las aguas marinas y
- Mejorar la calidad de éstas fijando objetivos de calidad.

El marco jurídico es el establecido por la propia Ley de Protección Ambiental y el Reglamento de la Calidad de las Aguas Litorales próximo a ser aprobado. Éste pretende recoger y en muchos aspectos profundizar y ampliar lo establecido en la legislación vigente en materia de vertidos desde tierra al mar y el control de calidad de las aguas. Entre los aspectos más importantes regulados están:

- Vertidos: autorizaciones de vertido, procedimiento de tramitación de las mismas, límites máximos permitidos, control y vigilancia, etc.
- El establecimiento de los objetivos de calidad en las zonas directamente afectadas por los vertidos, vigilancia y control de los mismos y de los objetivos establecidos para diferentes usos por la legislación vigente. En las labores de control y vigilancia colaborarán los órganos de la Administración autonómica con competencia en el litoral, a fin de garantizar, mediante una actuación global, la calidad de vida y el mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales del litoral andaluz.
- El canon de vertido, con carácter progresivo y finalista, permitiendo, por un lado, la asignación equitativa de cargas en razón del daño causado y, por otro, su aplicación al objetivo de corrección para el saneamiento y mejora de la calidad de las aguas marinas.

LA ECONOMÍA DEL AGUA EN ESPAÑA

Julián Díaz Ortega

Director General de Obras Hidráulicas. Junta de Andalucía

Por considerarlo de una gran claridad expositiva, creemos interesante reproducir literalmente el párrafo introductorio al artículo «El Agua: problemas y oportunidades» que el Ministro Borrell firmaba en la revista *Temas para el debate* de julio de 1995.

«Cada día es más evidente que el agua no es un bien gratuito que cae del cielo, sino un recurso escaso y difícil de gestionar, que estamos obligados a proteger, ahorrar y compartir. En España, el agua es, sin duda, uno de nuestros más complejos problemas, el más precioso recurso natural y el mayor condicionante del desarrollo equilibrado del territorio. La larga y dura sequía que nos afecta no hace sino reflejar, agravándolos, los problemas estructurales del agua en España, cuya solución, desde la perspectiva económica, social, ecológica y territorial, constituye una gran oportunidad para una acción política progresista capaz de evitar los oportunismos políticos irracionales e insolidarios.»

Usos o demandas del agua

Según las estimaciones que se hacían en el Anteproyecto de ley de Plan Hidrológico Nacional¹, la demanda de agua se ajustaría al esquema que aparece en la página siguiente.

El abastecimiento urbano (14-17%) integra los consumos domésticos riegos de calles, parques y jardines y el consumo industrial asociado. Tiene prioridad sobre los demás consumos y sus exigencias de calidad y garantía de suministro son muy elevadas.

La demanda industrial (6-7%), prácticamente mantiene su cuota de consumo en el período estudiado. Requiere niveles de garantía altos y sus requisitos respecto a la calidad son muy variables.

¹ El PHN no ha sido aprobado todavía por las Cortes Generales, que consideraron necesaria la elaboración previa de los Planes Hidrológicos de Cuenca y el Plan Nacional de Regadío.

DEMANDAS

Año	Abto urbano		Consultivos				Agraria		Otras		Total
	hmt ³ /año	%	Industrial		%		hmt ³ /año	%	hmt ³ /año	%	
1992	4.301	14	1.944	6	24.245	80	30.494	6.598	37.092		
2002	5.209	16	2.185	6	25.981	78	33.375	7.157	40.532		
2012	6.285	17	2.429	7	27.637	76	36.351	7.327	43.678		

El riego agrícola (80-76%), aunque porcentualmente tiene tendencia al descenso, es con mucho el máximo demandante de agua. Exige una capacidad de regulación muy alta ya que su consumo coincide normalmente con la época de menor registro pluviométrico. Está considerado, en general, en segundo lugar en el orden de usos prioritarios después del abastecimiento urbano, y es el primero en resentirse en tiempos de escasez como los actuales.

El epígrafe «OTRAS DEMANDAS» incluye las medio-ambientales, refrigeración, agricultura, etc..., pero no las hidroeléctricas.

El agua como problema

El problema básico del agua en España podemos definirlo como «el no ajuste natural de las demandas, en cantidad y calidad, a las disponibilidades del recurso, tanto espacial como temporalmente».

Esto es, una especie de ecuación algebraica con dos variables bastante complejas para la que aceptamos de entrada que no existe una solución global concreta, sino más bien una serie de soluciones parciales conformadas por todas las medidas encaminadas a equilibrar o armonizar ambas variables.

Posibles actuaciones

Las posibles medidas a acometer para aproximarnos a la solución del problema, las podemos agrupar en dos bloques claramente delimitados:

- A) Ahorro de recursos.
- B) Incremento de recursos.

A) Ahorro

El ahorro de recursos se puede lograr a través de las siguientes medidas:

A.1. Desarrollando políticas de contención de las demandas:

- Concienciación del usuario mediante campañas publicitarias.
- No creando o favoreciendo demagógicamente expectativas de consumo que no sea posible garantizar.-
- En determinadas zonas habrá que recuperar o reducir antiguas concesiones mediante pactos o compensando derechos.
- Revisión del actual régimen económico-financiero del agua.

A.2. *Mejora y modernización de la gestión* tanto de los abastecimientos urbanos (promoviendo unidades de gestión bien dimensionadas), como en los regadíos (sistemas de riego por goteo y empleo de técnicas agronómicas economizadoras de agua) y en los consumos industriales (utilización de procesos de fabricación adecuados, recirculación de agua, etc.)

A.3. *Previsión y renovación sistemática de las conducciones* tanto en alta como en el interior de las ciudades. Si bien, reducir a cero las pérdidas, es poco menos que imposible, entre otros motivos, porque en muchos casos estaremos sencillamente ante consumos no tarifados, existe un amplio margen para trabajar en esta línea.

Aunque hay que hacer lo posible por ahorrar en cada una de las diferentes demandas, es claro que, dada la estructura de consumo en España, un ahorro del 20% en el agua de riego, supone tanto como todo el consumo doméstico.

De cualquier forma, es preciso tener los pies en el suelo sobre la cantidad real que nos puede deparar la política de ahorro. Recientes estudios llevados a cabo por la Dirección General de obras Hidráulicas del MOPMA, estiman el posible ahorro neto en regadíos y abastecimientos urbanos en torno al 6%.

Por otra parte, para ahorrar 1 m³/año se estima necesaria una inversión de 500 pta, cifra muy superior (4-6 veces) al coste marginal de regulación de los recursos superficiales o explotación del agua de los acuíferos subterráneos.

B) Incrementos de recursos

El incremento de los recursos hídricos se puede conseguir a través de las siguientes medidas:

B.1. Aprovechamientos hidrogeológicos

Los acuíferos subterráneos constituyen verdaderos embalses que se llenan por la infiltración natural del agua de lluvia, o por recarga artificial,

práctica obligada en zonas de escasa pluviometría y sistemática sobreexplotación. De los 505.000 km² de España, el 33% son terrenos permeables definidos en 444 Unidades Hidrológicas.

Se puede estimar que un tercio del total de los recursos hídricos disponibles², algo más de 15.000 hm³/año, proceden de aprovechamientos hidrogeológicos. Su uso, como soporte de una potente economía agraria en el litoral mediterráneo, exige una utilización racional evitando sobreexplotación, contaminaciones e intrusiones marinas.

Si bien es muy elevado el porcentaje de recursos subterráneos aprovechados (directos y asociados a la descarga natural) sobre el total de los recursos renovables subterráneos (80%), aún se podría incrementar el mismo. Sin embargo, en muchos casos, la viabilidad técnico-económica de la actuación, imposibilitaría su concreción. Además, en las zonas más deficitarias, La Mancha y Levante (desde Castellón a Almería), la sobreexplotación actual de los recursos subterráneos supera los 1.000 hm³/año, por lo que este déficit sólo puede ser corregido mediante la transferencia de recursos externos.

No obstante lo anterior, puntualmente, y con destino al abastecimiento urbano, las aguas subterráneas suponen un recurso de indudable valor estratégico. Gracias a ellas se ha podido atender con ciertos niveles de satisfacción los consumos de importantes núcleos de población en Andalucía: Granada (100%), Jaén (100%), Campo de Gibraltar (90%), Zona Gaditana (80%), Costa del Sol (100%), Málaga (85%)...

B.2. Reutilización

El agua residual urbana, debidamente depurada, constituye un incremento neto de recursos hídricos. Si bien hay que matizar que como recurso nuevo, solamente se podría contabilizar el de las zonas costeras que vierten directamente al mar, porque los vertidos de las ciudades del interior se reutilizan naturalmente desde siempre.

Una vez llevadas a cabo todas las infraestructuras previstas en el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración, la reutilización de las aguas residuales depuradas en las zonas costeras se estima que incrementará los recursos hídricos disponibles en un 2% aproximadamente.

B.3. Desalación

La desalación del agua del mar, recurso prácticamente inagotable, podría ser la garantía definitiva para atender todas las demandas, si no

² Estos recursos incluyen las superficies y subterráneos garantizados.

fuera por su elevado coste (125-150 pta/m³). Hoy por hoy, ese coste únicamente puede pagarlo el abastecimiento urbano y algunos cultivos agrícolas de primor y sólo en circunstancias extremas.

El conjunto de plantas desaladoras instaladas y en proceso de construcción podrían incrementar los recursos hídricos entre 1 y 2%.

B.4. Regulación y transferencias de recursos hídricos superficiales

Si para toda España los recursos hídricos totales en el horizonte de 1992 rondaban los 55.000 hm³/año³, y la demanda global se situaba, en ese mismo horizonte, alrededor de los 37.000 hm³/año, cabría concluir que disponemos de un excedente neto de unos 18.000 hm³/año. Sin embargo, la cruda realidad contradice esta teórica situación satisfactoria. Por un lado, tenemos la persistente sequía que invalida los datos estadísticos medios, y por otro, la heterogénea distribución de los recursos y las demandas.

Aplicando las medidas de ahorro enunciadas y optimizando los aprovechamientos hidrogeológicos, la reutilización y la desalación, aún quedaríamos muy lejos de poder, como era nuestro objetivo armonizar demandas y recursos en el transcurso del tiempo y en todo el territorio español.

Para cumplir con la primera parte de nuestros objetivos, es preciso incrementar nuestra capacidad de regulación de los recursos superficiales (pasar del 42% actual al 48%) en las cuencas del Duero y Ebro fundamentalmente, pero también aquí, en Andalucía, en el Guadalquivir (Úbeda la Vieja, Breña II, Arenoso, Melonares), en el Guadiana (La Colada, Andévalo, Sanlúcar, Alcolea, La Coronada, Tinto, Jarama, Blanco, Corumjoso) y en el Sur (Hozgarganta, Genal, Grande, Orívar, Trévez).

La segunda parte exige trasvases desde las cuencas hidrográficas excedentarias a las deficitarias, buscando la mayor eficiencia económica y social para el conjunto de la sociedad española. Actualmente se están trasvasando entre 500 y 600 hm³/año y habría que llegar, según estimaciones del MOPTMA, a los 3.200-3.300 hm³/año.

Conclusiones

Como anunciábamos al principio, el tema es bastante complejo. Para abordarlo con mayores probabilidades de éxito, no me resisto a enunciar

³ Esta cifra incluye los recursos superficiales regulados, las aguas subterráneas, las reutilizadas, las desaladas y los retornos que en los regadíos es aproximadamente el 20% y en los consumos domésticos del 80%.

las líneas de trabajo en las que, a mi juicio, es preciso intensificar los esfuerzos:

I. Hay que conseguir una mayor sensibilización y una valoración correcta por parte de la sociedad acerca de lo que suponen los recursos hidráulicos para su desarrollo y bienestar.

II. Si la política de infraestructura requiere fuertes inversiones, estimo casi más decisivo y determinante la posterior gestión. Podríamos asistir a un gran despilfarro económico si no se disponen de los órganos de gestión responsables que exploten y administren con suficiencia técnica, administrativa y financiera las costosas infraestructuras.

III. Es preciso contar con profesionales capacitados en todos los niveles académicos para sacar la mayor rentabilidad a las instalaciones y como garantía de su correcto funcionamiento.

En este epígrafe hay que resaltar el interés en potenciar los departamentos universitarios relacionados con el agua, así como los centros de investigación específicos con nuestro incipiente CENTA en el que tantas esperanzas tenemos depositadas.

IV. En todas las tomas de decisión que supongan inversiones de cierta importancia, hay que introducir criterios debidamente ponderados de eficiencia económica.

Igualmente, la política de transferencias entre cuencas o entre usos alternativos no puede ser arbitraria, debe estar suficientemente fundada y llevar consigo las oportunas medidas compensatorias.

V. Es de suma necesidad y casi condición «sine qua non», que, sin menoscabo de la debida coordinación institucional, se ubiquen con acierto y claridad las responsabilidades de las distintas organizaciones y administraciones públicas concurrentes:

- Comunidades de Regantes y/o de Usuarios.
- Corporaciones Locales (Ayuntamientos y Diputaciones).
- Comunidades Autónomas.
- Administración General del Estado (Confederaciones Hidrográficas).

VI. En coherencia, y complementando el anterior epígrafe, sería muy conveniente que, para facilitar la siempre deseable objetividad, se pudiera garantizar a los responsables últimos de la prestación del servicio de abastecimiento, los municipios, una dotación básica por habitante (con los coeficientes correctores que sean precisos), con la calidad suficiente y a un único precio.

A partir de ahí, la buena o mala gestión de cada Ayuntamiento, Consorcio o mancomunidad sería responsable de las diferentes tarifas e incluso de las dotaciones netas que llegasen a cada abonado.

LA ECONOMÍA DEL AGUA EN ANDALUCÍA

Cristóbal Huertas

Director General de Desarrollo Rural y Actuaciones Estructurales.
Junta de Andalucía

Andalucía padece, en todas sus cuencas hidrográficas (salvo en la del Guadiana II), un déficit estructural de agua que se cifra en 972 hm³/año.

CUENCA	SUPERFICIE REGADA hm ² /año	DÉFICIT-SUPERÁVIT hm ³ /año
Guadalquivir	443	-527
Guadalete-Barbate	34	-75
Sur	152	-370
Segura	7	
Subtotal	636	-972
Guadiana	16	+111
Total	652	-861

Para equilibrar los balances hídricos se puede actuar sobre los dos componentes básicos que determinan este déficit: incrementar la oferta y/o reducir la demanda del recurso. Me voy a referir a ellos y únicamente, desde los aspectos que más afectan a los regadíos andaluces:

1. El incremento de la oferta se consigue principalmente con nuevas aportaciones, mediante la ejecución de nuevos *embalses* y de *trasmases* procedentes de cuencas externas. Ambas medidas son necesarias y urgentes, y desde la Consejería de Agricultura y Pesca se están apoyando sin titubeos. Pero ambas requieren importantes inversiones y tiempo, por cuanto es necesaria su aprobación mediante Ley, y adecuación para que el impacto ambiental sea mínimo. En el caso de los trasmases, se exige su inclusión y aprobación en el Plan Hidrológico Nacional, lo cual necesita un pacto de primera magnitud entre los distintos grupos políticos y Administraciones

que, al ser difícil, va a suponer un retraso en su puesta en funcionamiento, adicional al necesario para la ejecución de las obras correspondientes.

Otra medida que incrementará las disponibilidades del recurso es la *reutilización de las aguas residuales depuradas* para regadíos. Si bien es cierto que cuantitativamente esta medida no va a suponer un gran incremento de las disponibilidades globales de agua, no obstante y singularmente, para determinadas zonas de nuestro litoral Atlántico y Mediterráneo, con agricultura intensiva y de productos de primor, puede corregir de una manera importante el déficit y ser su salvación ante la imposibilidad, cada vez es más palpable, de disponer a corto plazo de los recursos complementarios necesarios para consolidar el regadío y su sistema productivo. Por otra parte, estas medidas tienen un interés adicional al aprovechar aguas que se pierden en el mar y que contaminan nuestras playas.

Ahora bien, la utilización de las aguas residuales depuradas exige, por una parte, una coordinación de las Administraciones interesadas: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente; Consejería de Obras Públicas y Transportes; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y Consejería de Agricultura y Pesca entre sí y con las Comunidades de Regantes y Corporaciones locales, para planificar, dirigir y financiar las inversiones hacia las zonas con necesidades más acuciantes y cultivos rentables capaces de absorber los mayores costes, que indudablemente habrán de soportar.

Por otra parte, se exige poner a punto la investigación y la normativa precisas sobre los contenidos y límites admisibles de contaminantes y sus implicaciones para la salud y, especialmente, la adecuación del sistema de aplicación del agua a las plantas. Es evidente que hasta tanto no se instalen sistemas de depuración terciaria (ozonización) la utilización de aguas residuales hay que hacerla con extrema prudencia y, sobre todo, limitar su uso en cultivos en los que su aplicación no suponga riesgos para la salud: industriales, arbóreos (cítricos, olivar, subtropicales) y mediante sistemas de máxima eficiencia.

Durante 1995 se han realizado los primeros ensayos en la planta de ozonización de aguas residuales de Almería, que entrará en funcionamiento a pleno rendimiento en la recientemente iniciada campaña de productos hortícolas de invierno en la vega baja del Andarax, garantizando el suministro de agua a dichos cultivos con una calidad biológica del agua apta para las especies cultivadas de consumo en fresco en la zona.

Conscientes de la importancia para algunas zonas costeras andaluzas, especialmente en Cádiz, Málaga, Granada y Almería, en donde existen concentraciones de población productoras de importantes volúmenes de aguas residuales que ahora van directamente al mar, que a su vez disponen de cultivos capaces de soportar los costes derivados de su conservación y funcionamiento, la Consejería de Agricultura y Pesca, en colaboración con

la de Obras Públicas y el MOPTMA, está poniendo en marcha un programa de aprovechamiento de aguas residuales depuradas para regadíos, consistente, esencialmente, en la conexión de los EDAR con las redes de riego de las Comunidades de Regantes. La idea es coordinar y priorizar las actuaciones, concentrando los recursos financieros disponibles en las zonas antes indicadas. Estas actuaciones se van a enmarcar en un Programa Operativo que será presentado ante las autoridades nacionales y comunitarias a fin de obtener el máximo posible de fondos al amparo de la Iniciativa aprobada en el Consejo de Ministros de Agricultura de la Unión Europea celebrado recientemente en Burgos.

Este camino y estas medidas ya han sido iniciadas por el IARA, con el importante proyecto anteriormente indicado, de aprovechamiento de aguas residuales de Almería para el riego del Bajo Andarax y con los iniciados para la conexión de la EDAR de Sanlúcar de Barrameda con la red de riego de la zona de Monte Algaida, en Cádiz, y las obras de conexión de la Depuradora de El Puerto de Santa María con la red de distribución de la zona regable Costa Noroeste que están a punto de comenzar.

La utilización de *desaladoras* para adecuar la calidad del agua a las exigencias mínimas de los cultivos requiere altos costes de inversión y costes de funcionamiento lo que dificulta su instalación, salvo, tal vez, en determinadas zonas de litoral con cultivos de alta rentabilidad que permita hacer frente a dichos costes.

2. Actualmente, y como consecuencia de la imperiosa necesidad de minimizar los déficit en los balances a corto plazo, el componente de *reducción de demandas*, ya sea transitoria o permanente, adquiere especial relevancia. Al representar la demanda de regadío casi el 80% del total, es en este campo donde es necesario y posible actuar de manera más inmediata, aunque también se requiera un importante volumen de recursos financieros. El abanico de posibilidades se podría resumir en la conjunción de alguna o varias de las medidas que se indican a continuación.

La modernización de los regadíos andaluces es una de las medidas en la que todos los sectores implicados están de acuerdo que hay que intensificar. Se ha evaluado el potencial de ahorro de agua en *modernización y mejora de los regadíos* andaluces en 550 hm³/año (ver Anexo). Teniendo en cuenta que los dos tercios de nuestros regadíos (aprox. 400.000 ha) tienen infraestructuras con más de veinte años de antigüedad, las obras necesarias para su mejora y modernización podrían requerir inversiones por un montante de 200.000 millones de pesetas, que habrán de aportar los agricultores con el apoyo de las distintas Administraciones públicas.

Las cifras que se barajan ponen de manifiesto, una vez más, que sin poner en común los esfuerzos, tanto de las Administraciones Públicas competentes (MOPTMA y Confederaciones Hidrográficas, MAPA y Consejería de Agricultura y Pesca) como de las Comunidades de Regantes

y usuarios en general será imposible conseguir a medio plazo un ahorro apreciable del recurso.

Por parte de la Consejería de Agricultura y Pesca —a través del IARA— ya se vienen destinando fondos importantes a estas medidas. Así en los últimos años se han declarado, por parte de la Consejería de Agricultura y Pesca, las siguientes *COMARCAS DE MEJORA DE REGADÍOS*:

Comarcas	Obras ejecutadas o en ejecución (millones pta)	Obras pendientes (miles de millones pta)	Superficie a mejorar (miles ha)
Andarax	3.648	2,9	8,9
Almanzora	392	10,9	22,5
Poniente	1.287	20,8	18,2
La Contraviesa	1.286	1,7	1,5
Guadix	398	0,6	18,3
Baza-Huescar	60	3,5	15,3
Axarquía-Estre	447	1,9	1,4
Periana	301	0,7	0,6
Totales	7.819	43,0	86,6

Por otra parte, el 11 de abril de 1995, el Consejo de Gobierno, a propuesta del consejo de Agricultura y Pesca, aprobó el Decreto 97/95, por el que se establecen ayudas para favorecer el ahorro de los regadíos en Andalucía, que ha sido puesto en marcha por Orden de 1 de agosto, y al que en la convocatoria cerrada el pasado 31 de octubre se han acogido las Comunidades de Regantes y particulares con proyectos que se acercan a los 8.000 millones de pesetas. Entre otras novedades, esta normativa exige la instalación de instrumentos de medición y control del consumo, priorizando las solicitudes en función del mayor ahorro de agua.

Paralelamente a lo ya señalado, es necesario acometer a corto y medio plazo medidas y actuaciones que permitan adecuar las pautas de comportamiento de los distintos agentes a la realidad actual.

En primer lugar, se considera imprescindible acometer la reforma del *régimen económico y financiero* del agua, es decir, ir a una política tarifaria del agua que, garantizando la viabilidad de nuestros distintos regadíos, sea disuasoria del despilfarro y garantizadora de un uso eficiente. Actualmente, el agua es prácticamente gratuita, ya que los usuarios tan sólo abonan una parte pequeña de las amortizaciones y los gastos de conservación y mantenimiento de las obras. Si tenemos en cuenta que el pensamiento de la sociedad actual obliga a que el concepto de solidaridad tenga su traducción en términos económicos, obtenemos, por tanto, que los usuarios carecen de la más mínima motivación de ahorrar un bien natural muy

escaso. La sequía actual ha puesto de manifiesto la necesidad de avanzar hacia planteamientos más realistas y más concretamente hacia lo que ha venido a denominarse el «*mercado del agua*». Actualmente, ya nadie cuestiona el pago de tarifas y cánones por volumen de agua consumida. Pero para ello se requiere su control y, consecuentemente, la instalación de los instrumentos de medición correspondientes, que por el número y dispersión de parcelas en el campo constituye una dificultad importante para su puesta en marcha con éxito. Pero esta dificultad no debe impedir que entre las Confederaciones Hidrográficas y las Comunidades de Regantes se avance hacia la consecución de ese objetivo que consideramos como uno de los más eficaces para el ahorro de agua.

Finalmente, añadir que existen otros aspectos o medidas, algunas de ellas importantes, que coadyuvan al ahorro de agua. Para no alargar esta intervención debo señalar, a modo de cita, la *mejora y modernización de la gestión integral* del agua, tanto en alta como en baja, hasta su distribución en parcela; la formación de los regantes para el mejor manejo del agua; la cesión parcial y transitoria de recursos, mediante compensación, entre concesionarios, etc.

Hasta este punto, he enumerado las medidas posibles para corregir los déficit hídricos actuales. Considero necesario realizar una reflexión acerca de los riegos actuales que carecen aún, o que se encuentran en trámite, de concesión administrativa de agua. Sin representar una fracción importante de las demandas a nivel global, dan lugar a desequilibrios locales en los balances de agua que hipotecan a los riegos de mayor antigüedad en los que se han realizado unas inversiones inicialmente rentables, tomando como referencia la disponibilidad de agua. Apoyamos la búsqueda de una solución definitiva del problema atendiendo al interés general, pero también la adopción, por parte de las Confederaciones Hidrográficas, de las medidas drásticas que impidan, en lo sucesivo, la repetición del problema.

AHORRO NETO DE AGUA POSIBLE EN LA MEJORA Y MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS

Antigüedad de las zonas regables (años)	Superficie regada según antigüedad (miles ha)	Sistema de riego	Superficie regada en cada sistema (miles ha)	Dotación neta (m³/ha)	Ahorro neto posible (m³/ha)
<10	119	Gravedad			
		Aspersión	44	5.250	400
		Localizado	75	4.250	250
10-20	130	Gravedad	30	6.250	750
		Aspersión	80	5.750	550
		Localizado	20	4.750	500
20-30	152	Gravedad	90	6.750	1.000
		Aspersión	62	6.000	750
		Localizado			
>30	251	Gravedad	251	7.250	1.200
		Aspersión			
		Localizado			
Total	652	Media ponderada		6.275	844

LA GESTIÓN EMPRESARIAL DEL AGUA

Juan López Martos

Jefe de Planificación. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

Noelia Rodríguez Ferrero

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

Introducción

Desde el año 1991 toda Andalucía está viviendo un período de sequía de extrema dureza, de modo especial en el extremo oriental de la cuenca del Guadalquivir. No obstante, debemos recordar que los períodos de sequía son una constante de nuestro clima, si bien la mayor repercusión social de los mismos y su menor período de frecuencia (81-82 a 83-84, 88-89, 91-92 a 94-95), se debe tanto a la propia disminución de las precipitaciones como al incremento del consumo para todo tipo de usos. Así, sin olvidar el importantísimo incremento del consumo urbano, podemos decir que en la cuenca del Guadalquivir se ha pasado de regar unas 75.000 ha en 1920 a más de 500.000 ha en la actualidad. Esto ha sido posible sin duda por la construcción de embalses y por el aprovechamiento de acuíferos, pero ha conllevado también en los últimos años una disminución acusada en la garantía del suministro, lo cual incide de forma notablemente negativa en una explotación económica como es el regadío.

Por lo que respecta a la cuenca del Guadalquivir estos períodos de sequía acarrear graves consecuencias para todos los usuarios del agua y especialmente para el principal de ellos, el regadío, que consume en la actualidad, datos cerrados en 1992 el 79% del total. Como ejemplo de lo que decimos, en las campañas de riego de los años 1983, 1984, 1989, 1992 y 1993, el agua suministrada desde los embalses de regulación, para este uso, sufrió fuertes descensos, mientras que en los años 1994 y 1995 ha sido prácticamente nula. Todo ello por lo que hace referencia a los regadíos que se nutren fundamentalmente desde los distintos sistemas de regulación que posee la cuenca.

Paralelamente otros usos del agua se han visto perturbados, entre ellos, claro está, el abastecimiento urbano, con fuertes restricciones en 1983 y

asimismo en la actualidad; aunque cabe señalar que pese a la mayor dureza del presente período de sequía con respecto al de 1981-1983, las repercusiones en este ámbito están siendo ahora menores, dadas las medidas dispuestas como consecuencia de la experiencia anterior, no sólo en relación con la construcción de nuevas instalaciones, sino también por la mejora de los sistemas de gestión del recurso.

Asimismo se ven gravemente afectados los ecosistemas fluviales y también los acuíferos, que ven aumentados sus puntos de extracción, como acciones de emergencia, sin que todos éstos se clausuren una vez superado el período seco, con la grave consecuencia de la sobreexplotación de los mismos.

La demanda de agua, sus características

Con el lanzamiento de la planificación hidrológica, el término demanda de agua se usa cada vez con mayor profusión, si bien hemos de observar, que en nuestro caso, en España (salvo en Canarias) tal término no tiene pleno sentido económico, puesto que el agua es un bien que no tiene precio y, por tanto, difícilmente cabe hablar de demanda. No obstante esto no quiere decir que el agua sea gratuita, puesto que los usuarios sufren un coste, en forma de tarifas y cánones, que en la mayor parte de los casos y para el mayor volumen consumido, caso del regadío no depende de la cantidad usada.

Este hecho hace que la relación coste abonado por m^3 de agua usado pueda oscilar en una misma zona regable desde 0,33 pta/ m^3 en 1984 a infinito en 1995, y para un mismo año 1991 en la cuenca del Guadalquivir desde 1,04 pta/ m^3 , en una zona regable, hasta 9,05 pta/ m^3 en otra zona distinta; datos referidos a los cánones y tarifas facturados por el organismo de cuenca. Parece lógico recordar la distinta situación de otro factor importante para la producción, la energía eléctrica, con precios y disponibilidad análogos en toda la España peninsular.

Al margen de las consideraciones económicas anteriores, la demanda de agua, tal como es entendida normalmente, debe cumplir unas condiciones relativas a: cantidad, calidad y oportunidad. Es decir, hay que responder a las preguntas ¿cuánto?, ¿cómo? y ¿cuándo?

La respuesta a las preguntas anteriores es bien diferente según el uso que se trate, abastecimiento urbano, regadío o industrial, por citar en primer lugar los más tradicionales, o recreativo y ecológico; si bien este último es una prioridad del propio curso fluvial no siempre tenida en cuenta de manera suficiente.

Aunque los parámetros para medir la cantidad y calidad del agua sean bien distintos, estas dos características están íntimamente ligadas, por la

trascendencia que tienen los procesos de dilución para combatir la contaminación, especialmente la de condición difusa, cuyo tratamiento específico ofrece mayor dificultad.

Por lo que respecta a la oportunidad, es también esencial, sobre todo para el principal demandante, en todas las cuencas españolas y desde luego en el Guadalquivir, el regadío. Téngase en cuenta que, generalmente, el uso agrario del agua se concentra en el verano, de mayo a septiembre, época con escasas precipitaciones y consecuentemente con aportaciones mínimas de nuestros ríos. Caso distinto es la agricultura de tipo mediterráneo de toda la orla costera andaluza.

Para superar la irregular distribución temporal de nuestras lluvias, España tiene una larga tradición de construcción de embalses, algunos como Proserpina y Cornalbo son de época romana, que guardan el agua del invierno para el verano y de los años lluviosos o menos secos a los más secos. Así pues, tenemos embalses de ciclo anual y de ciclo hiperanual, existiendo la gestión racional del recurso el tener siempre presentes tales características de los embalses disponibles en cada caso.

Debe prestarse atención especial a este respecto a los acuíferos, auténticos embalses naturales, que tienen unas reservas generalmente muy superiores a los recursos renovables, que son los realmente aprovechables, si queremos conservar la posibilidad de uso de los acuíferos a lo largo del tiempo.

La consideración que estas características han merecido al regante han evolucionado con el paso del tiempo, debido al progreso de las técnicas de riego y a la exigencia de los mercados en cuanto a calidad de los productos. Así pues, en un principio primaba sobre las demás condiciones la cantidad de agua, con escasa atención a la calidad; hoy se atiende fundamentalmente a la calidad, esencial para el buen funcionamiento de los sistemas modernos y también a la oportunidad, aun a costa, por lo que respecta a esta última, de sacrificar parcialmente la cantidad. Esta idea final, aun no está suficientemente comprendida por muchos usuarios regantes, sobre todo en los más antiguos y especialmente en los de carácter tradicional.

La satisfacción de la demanda

Como ya hemos dicho anteriormente, hay en la cuenca del Guadalquivir tres usos principales: riego, abastecimiento e hidroeléctrico, si bien este último se limita prácticamente a aprovechar los caudales fluyentes en los ríos no regulados y los desembalses que para otros usos, fundamentalmente el riego, se hacen desde los embalses de regulación.

Así pues, seguidamente, comentaremos los problemas de satisfacción de la demanda que vienen sufriendo tanto los regadíos como el abastecimiento urbano.

En el caso del abastecimiento urbano, son sobradamente conocidas las restricciones que se padecen con cierta periodicidad, especialmente graves los dos últimos años y muy significativos en otros, como es el caso del grupo de ciudades en torno a la Bahía de Cádiz con fuertes restricciones desde 1991, lo que expresa el carácter estructural del problema.

Por lo que respecta al regadío, de todos es conocida la resolución de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, aprobada en la primavera de este mismo año, prohibiendo el riego en la cuenca, asimismo hemos citado anteriormente la serie de años con deficiencias en la dotación del riego, deficiencias extremas ya en los años 93, 94 y 95.

Es muy necesario abordar este problema recurrente, con frecuencia cada vez más corta y que tiene otros componentes además de la disminución de las precipitaciones, característica tradicional de nuestro clima. Se trata en definitiva de lograr una garantía de suministro para el agua, que haga viable desde el punto de vista económico, nuestras explotaciones agrarias y al mismo tiempo evitar las restricciones a la población.

La forma más tradicional de abordar este problema ha sido, en nuestro país, la de incrementar los recursos disponibles, bien regulando nuestros ríos con embalses, bien aprovechando cada vez más los acuíferos, cuando los conocimientos hidrogeológicos y las técnicas de bombeo han progresado suficientemente.

Hasta ahora ha sido poco frecuente volver los ojos hacia algo, que se ha dado en llamar «water conservation», que incluye acciones diversas tales como: reutilización, depuración, modernización de sistemas, técnicas de gestión, etc. Sin embargo, cada vez es más necesario combinar acciones de ambos tipos, sobre todo si se tiene en cuenta que, cada vez es más difícil encontrar nuevos emplazamientos viables para embalses, en la cuenca del Guadalquivir apenas si quedan media docena de acciones posibles en este ámbito. Estas obras son cada vez más caras y cada vez son más contestadas socialmente sus externalidades tanto de carácter ambiental como social.

No podemos dejar de referirnos también a unas infraestructuras hidráulicas importantes e imprescindibles en algunos casos, los trasvases de agua de unas cuencas a otras. Se trata de obras que están siendo discutidas con más sentimiento que razón, lo cual es el peor método para llegar a alguna conclusión satisfactoria. Parece necesario para obtener algún progreso situar la cuestión en su verdadero ámbito. Se discuten estas obras sobre todo desde el punto de vista hidroológico y ecológico, cuando los problemas que subyacen son de carácter económico y territorial.

Así pues, la complejidad tanto técnica como socioeconómica de estas obras obliga a tener en cuenta, a la hora de proyectarlas, la garantía y seguridad de suministro del recurso a todos los afectados, tanto de la cuenca cedente como de la cuenca receptora. Por otra parte sería conveniente debatir al margen del régimen económico-financiero que establece la Ley

de Aguas, si debiera considerarse una compensación por parte de los receptores del recurso hacia los cedentes del mismo.

Se debe señalar, por otra parte, que son obras que nuestro país ha venido haciendo desde su primera historia, ahí están para probarlo el monumental Acueducto de Segovia, y el Canal del Cella en Teruel, entre otras.

La gestión del agua

Dejando al margen otras acciones enumeradas al hablar con anterioridad de la conservación del agua, es importante la gestión del recurso, que en nuestro país se hace de acuerdo con las previsiones legales con la participación de los usuarios.

Hay que plantear una cuestión previa, hablar del agua como objeto de gestión empresarial, encierra una contradicción en los términos, puesto que el agua no está considerada en nuestro país un bien económico.

La gestión del agua tiene un carácter administrativo y sólo los suministros concretos a una empresa concreta agraria, industrial o dedicada al abastecimiento urbano; pueden gestionarse con criterios de coste y escasez, que son los apropiados para una gestión económica o empresarial del agua.

Lo que pudiéramos llamar gestión del agua en alta se lleva a cabo, casi exclusivamente para las aguas superficiales reguladas, en el marco de las Confederaciones Hidrográficas, por medio de las Comisiones de desembalse, y las Juntas de Explotación, órganos en los que participan los usuarios y que, en el caso del Guadalquivir funcionan con regularidad, aun en los períodos de bonanza pluviométrica.

Se ve ya una primera necesidad de atender, de prestar mayor atención, casi se parte de cero, a las aguas subterráneas integrantes del dominio público hidráulico, y a las superficiales no reguladas, que tan importante papel juegan en la conservación del propio dominio público hidráulico y de los ecosistemas fluviales.

Por lo que respecta a la gestión del agua regulada, cabe hacer una consideración importante; es necesario tener muy en cuenta la hiperanualidad de nuestros embalses, por ello no puede usarse toda el agua acumulada en los cortos períodos de lluvia otoño y primavera en el verano. La importancia de lo que decimos puede ponerse de manifiesto con los datos siguientes extraídos de las memorias de las zonas regables de promoción pública, por lo general, en la cuenca del Guadalquivir (ver cuadro 1).

No obstante parece difícil resolver esta cuestión abordándola siempre sin tener en cuenta consideraciones económicas elementales, tales como la productividad del agua o la valoración de los proyectos de inversión mediante las técnicas de análisis coste-beneficio.

Cuadro 1
SUMINISTRO DE AGUA A ZONAS REGABLES
DEL GUADALQUIVIR

Denominación	Superficie ha	Dotación media		Dotación año 93 m³/ha	Dotación media período 88-93 m³/ha	Dotación neta para una alternativa regadío	
		período 88-92 m³/ha	período 88-93 m³/ha			regadío m³/ha¹	m³/ha¹
Bajo Guadalquivir	54.050	4.774	3.987	52	3.987	5.629	5.629
Guadalquivir	7.535	6.111	5.093	0	5.093	4.670	4.670
Vegas Altas Jaén	2.517	5.842	5.268	2.394	5.268	3.249	3.249
Bembézar	15.376	7.964	6.687	302	6.687	5.034	5.034
Rumblar	5.172	6.650	5.949	2.446	5.949	4.419	4.419
Vílar	11.749	8.208	6.888	289	6.888	4.894	4.894
Salado Morón	1.823	6.785	6.145	2.946	6.145	5.228	5.228

Fuente: Elaboración propia a partir de las «Memorias de zonas regables» y del «Plan Hidrológico» ambos de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Parece necesario un nuevo enfoque para la gestión del agua, cuyo suministro requiere hoy, a la vez, seguridad y flexibilidad.

La seguridad se requiere tanto desde el punto de vista hidrológico como jurídico, para lo que es necesario contar con infraestructuras físicas y con una estructura legal. En nuestro país disponemos de instrumentos aceptables en los dos campos, pero es necesario mejorarlos, sobre todo el jurídico, puesto que en cierto modo la seguridad y la flexibilidad están contrapuestas.

En la parte peninsular de España el agua se adquiere generalmente mediante concesiones que se otorgan a través de un sistema excesivamente rígido. En este sentido no creemos que el mecanismo de mercado pueda ser un mecanismo adecuado, puesto que en el uso del agua, hay una gran cantidad de agentes indirectos, cuyos intereses difícilmente pueden ser tenidos en cuenta en una transacción mercantil que sea viable socialmente y poco costosa económicamente.

No obstante es necesario buscar caminos para flexibilizar nuestro sistema concesional, quizá pudiera ser uno el de cambio de usos del agua, mediante las compensaciones correspondientes tutelados por los organismos de Cuenca. En este sentido parece conveniente explorar las posibilidades

¹ Se han obtenido estos valores partiendo de las alternativas reales de cultivos de regadío en años normales, que figuran en las memorias de exploración de las zonas regables, y aplicando a éstas las necesidades de los distintos cultivos según el método

des que permite nuestra legislación de aguas, sobre todo el tratamiento especial para épocas de sequía.

Conclusión

La respuesta tradicional a la escasez de agua ha sido la aportación de nuevos recursos mediante soluciones de carácter ingenieril, construcción de embalses, aprovechamiento de acuíferos y trasvases. Hoy, en esta misma línea de aportar nuevos recursos, son mejor aceptadas socialmente las técnicas de conservación del agua.

Ambos modelos tienen el mismo riesgo, el de ser insuficientes ante la demanda creciente e incesante de recurso hídrico; por ello, parece imprescindible explorar nuevas vías para encontrar soluciones, entre las que podrían estar: la introducción de los parámetros económicos más elementales en la relación del usuario con el agua y la flexibilización de nuestro sistema concesional.

NOTA SOBRE LOS AUTORES

FEDERICO AGUILERA KLINK. Catedrático de Economía Aplicada en la Universidad de La Laguna (Tenerife), donde enseña desde hace diez años economía de los recursos naturales. Realizó estudios de postgrado en economía agraria en Montpellier (Francia) y ha sido investigador visitante en la Universidad de Arizona. Autor de varios libros y artículos sobre economía del agua y economía de los recursos naturales, algunos de ellos con especial referencia a Canarias.

ANTONIO ESTEVAN ESTEVAN. Ingeniero industrial, trabaja como consultor en el grupo GEA 21. Es miembro del Observatorio Europeo de Desarrollo Rural. Ha colaborado en numerosas instituciones españolas, europeas e internacionales, siendo autor de varios libros y artículos.

JOSÉ MARÍA GASCÓ MONTES. Catedrático de Edafología de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha realizado numerosos trabajos sobre la temática general de los recursos naturales y ha dirigido, junto a José Manuel Naredo, el proyecto *Las Cuentas del agua*, cuyo resumen está en curso de publicación en el Ministerio de Medio Ambiente.

BERNARDO LÓPEZ-CAMACHO. Entre 1970 y 1993 trabajó en el Ministerio de Obras Públicas, siendo director del Servicio Geológico de Obras Públicas, subdirector general de Planificación Hidrológica y secretario general del Consejo Nacional del Agua. Asimismo, ha sido profesor de doctorado de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. En la actualidad es jefe del Departamento de Aguas Subterráneas del Canal de Isabel II, presidente del Curso Internacional de Hidrogeología para graduados «Noel Llopis» de la Universidad Complutense, vicepresidente del Club del Agua Subterránea y secretario del Foro del Agua.

JOSÉ LÓPEZ-GÁLVEZ. Doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 1986 hasta 1996 ha sido Ingeniero Jefe de la Estación Experimental «Las Palmerillas» (Almería). Ha publicado más de cuarenta trabajos de investigación y divulgación en revistas nacionales y extranjeras, presentando diversos trabajos en congresos nacionales e interna-

cionales y participando como director en distintos cursos y seminarios. En la actualidad, trabaja en mejorar los parámetros ambientales del invernadero y en incrementar el rendimiento del agua (programa en realización en Dunia Export, S.A.). Asimismo, es profesor asociado en la Universidad de Almería y presidente del Comité Español de Plásticos para la Agricultura.

ALBERTO LOSADA VILLASANTE. Doctor Ingeniero Agrónomo, es catedrático de Ingeniería Hidráulica en la Universidad Politécnica de Madrid, donde dirige trabajos de investigación sobre aforos en acequias y sobre métodos de riego. Asimismo, enseña hidráulica aplicada a los riegos, principios y prácticas de riegos y drenajes, métodos de aplicación de riego y proyecto de sistemas de elevación, distribución y avenamiento.

JOSEFINA MAESTU UNTURBE. Es directora asociada de ECO-TEC Research and Consulting Ltd., Gabinete de Investigación y Consultoría en Economía y Medio Ambiente. Ha trabajado para el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, el Instituto del Territorio y el Urbanismo y la Dirección General de Calidad de las Aguas. Es autora de varias publicaciones editadas por la Administración y ponencias presentadas en conferencias internacionales.

JOSÉ MANUEL NAREDO PÉREZ. Doctor en Ciencias Económicas y Estadístico Facultativo. Cuenta con una larga experiencia en estudios macroeconómicos que combinan reflexiones de fondo sobre los fundamentos de la ciencia económica con análisis concretos sobre el funcionamiento de los sistemas agrarios, urbanos e industriales y sobre su relación con los recursos naturales. Actualmente trabaja como director del Programa «Economía y Naturaleza» de la Fundación Argentaria.

FERNANDO OJEDA PÉREZ. Ingeniero Industrial y Máster en Desalación y en Gestión de Empresas. En la actualidad es director de la Planta Desalinizadora «Salinas» de Las Palmas de Gran Canaria e investiga, entre otras cosas, sobre las aplicaciones de la energía eólica a plantas de desalación.

ESTEVE TOMÁS TORRENS. Ingeniero Agrónomo, presidió la Confederación Hidrográfica del Júcar de octubre de 1993 a 1996. Fue diputado en el Parlamento de Cataluña, donde presidió, durante tres legislaturas, la Comisión de Política Territorial y Obras Públicas. Asimismo, fue Concejal de Urbanismo y director de Ordenación Territorial en la Diputación de Barcelona. Ha sido ponente en diversas leyes de regulación de infraestructuras hidráulicas y protección del medio ambiente. En la actualidad es presidente del Zoo de Barcelona.

Participantes en la Mesa Redonda Institucional

JOSÉ LUIS BLANCO ROMERO. Consejero de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía desde marzo de 1996. Con anterioridad desempeñó, entre otros, los cargos de vicesecretario de la Consejería de Medio Ambiente (cargo que ostentaba en la fecha de celebración del Seminario) y presidente de la Agencia de Medio Ambiente.

JULIÁN DÍAZ ORTEGA. Director general de Obras Hidráulicas de la Junta de Andalucía y responsable de la Planificación Hidrológica en Andalucía.

CRISTÓBAL HUERTAS HUESO. En la actualidad es coordinador de la viceconsejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Durante la celebración del Seminario ostentaba el cargo de Director General de Desarrollo Rural y Actuaciones Estructurales dentro de la Consejería de Agricultura y Pesca.

JUAN LÓPEZ MARTOS. Jefe de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.