

Casos de estudio: **ahorro de agua en los regadíos de Aragón¹**

Enrique Playán², José María Faci³, José Caveró², Farida Dechmi² y Sergio Lecina²

1. Resumen

En esta ponencia se comienza discutiendo las posibilidades de ahorro de agua en la agricultura. Se concluye que sólo es posible ahorrar agua si se disminuye la intensidad de los cultivos o su extensión. Por ello, se opta por la "conservación" de agua, un concepto que implica el ahorro de agua regulada. Se comentan cinco casos de estudio de zonas regables en Aragón. En Almodóvar (un regadío tradicional), la eficiencia de riego está en torno al 50%, y las posibilidades de conservación de agua son elevadas. En Quinto (un regadío de hace diez años) la eficiencia de riego parece estar por encima del 80%, lo que viene a confirmar la expectativa de conservación de agua en los regadíos tradicionales. En Monegros II, un regadío de reciente implantación, se obtienen eficiencias muy altas y la contaminación por sales y nitratos es mínima. En la Comunidad de regantes V de Bardenas, la medida de caudal en acequias, la reutilización de agua y la informatización de la gestión están dando importantes resultados. En la Comunidad de la Virgen de la Corona, una factura inteligente ayuda a los agricultores a conservar agua y a optimizar la producción. En el último apartado de este trabajo se discuten las posibilidades de conservar agua mediante la mejora de la gestión y la mejora de las infraestructuras de riego.

¹ Ponencia presentada en la 5ª Conferencia Internacional "Nuevas Fuentes de Suministro de Agua". Valencia, 24-25 Noviembre de 1999.

² Laboratorio de Agronomía y Medio Ambiente (CSIC-DGA), Dpto. genética y producción vegetal. Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apdo. 202. 50080 Zaragoza. Tel. 976 576511. Email: playan@eead.csic.es, jcavero@eead.csic.es, farida@eead.csic.es, lecina@eead.csic.es

³ Laboratorio de Agronomía y Medio Ambiente (CSIC-DGA), Unidad de Suelos y Riegos. Servicio de Investigación Agroalimentaria, DGA. Apdo. 727, 50080 Zaragoza. Tel. 976 576411. Email: faci@syrsig.mizar.csic.es

2. Ahorro y conservación de agua

En las últimas décadas muchas zonas del mundo con climas mediterráneos se han visto abocadas a situaciones de creciente escasez de agua. El crecimiento y el desarrollo de la sociedad suelen ser las causas primarias del problema, aunque éste se manifiesta de formas muy diversas. Una de las percepciones más comunes es que la agricultura de regadío toma una parte demasiado grande de los recursos disponibles y que además la usa de una manera muy poco eficiente. Esta es la razón por la que los ojos de la sociedad a menudo se vuelven hacia el regadío cuando el agua escasea. Para poder analizar el efecto sobre los recursos hídricos de una mejora en los regadíos es necesario primero crear un vocabulario común. Esto es lo que se aborda en los siguientes párrafos.

Cuando se analizan los posibles usos del agua es frecuente distinguir entre usos consuntivos y usos no consuntivos. Como es fácil entender, la diferencia entre ambos estriba en si durante el uso el agua es consumida o no⁴. El regadío supone una mezcla de ambos usos. Así, la evapotranspiración de los cultivos es un uso consuntivo, ya que el agua es evaporada y desaparece de la cuenca. Sin embargo, las pérdidas de las conducciones y las pérdidas que se producen en el campo son no consuntivas, porque este agua permanece en la cuenca y aparecerá en un desagüe o en un río. Una característica muy importante de los usos no consuntivos es que son compatibles entre sí. Por el contrario, los usos consuntivos no son compatibles con ningún otro uso posterior. De manera general se acepta que una pequeña parte de las pérdidas de agua durante el riego son consuntivas. Esto es debido a que este agua puede alcanzar acuíferos profundos, no explotables, o a que este agua se evapora desde superficies libres o alimenta a la vegetación natural de los humedales.

Esta distinción entre usos consuntivos y no consuntivos puede parecer trivial, pero está en el centro de una viva discusión acerca de las implicaciones del uso del agua en la agricultura. Particularmente, está muy relacionada con la eficiencia de riego. La

⁴ Un uso es consuntivo cuando hace que el agua desaparezca de la cuenca. La mayoría de los usos consuntivos mandan el agua a la atmósfera en forma de vapor. También se consideran consuntivos los usos que degradan gravemente la calidad del agua y los que la sitúan en zonas inaccesibles, como acuíferos muy profundos o muy salinos.

definición más actual de eficiencia de riego es la propuesta por Burt y col.⁵ en 1997. En la siguiente ecuación se presenta una simplificación de su propuesta:

$$\text{Eficiencia de riego} = \frac{\text{Volumen de agua evapotranspirada por los cultivos}}{\text{Volumen de agua usada para regar}} 100 \quad [1]$$

Las pérdidas de agua de riego (la diferencia entre 100 y la eficiencia de riego) son muy mayoritariamente no consuntivas, y constituyen lo que con frecuencia se denominan "retornos de riego", ya que este volumen de agua vuelve a los cauces naturales. Cuando se propone ahorrar agua en la agricultura generalmente se apunta a la necesidad de aumentar la eficiencia de riego. Al hacerlo, lo que se busca es disminuir las pérdidas de agua de riego. Lamentablemente, esto no supone un ahorro real de agua en la cuenca, ya que la evapotranspiración de los cultivos será la misma, con lo que el uso consuntivo en la cuenca es el mismo, y los recursos de agua disponibles para otros usos no cambian.

Este análisis, con ser importante, no deja de ser simplista. Cuando se plantea la necesidad de ahorrar agua, lo que en realidad se quiere decir es que se desea ahorrar agua regulada. Esta diferencia, que parece sutil, tiene una gran relevancia en la discusión social: lo importante no es la cantidad de agua de que se dispone en una cuenca, sino la cantidad que se puede regular de manera que tengamos garantía de su suministro en el momento adecuado. El agua regulada se encuentra en los embalses o en los acuíferos explotables. Para dejar clara la distinción entre ahorro de agua y ahorro de agua regulada, con frecuencia se ha usado el término "conservación" de agua para referirse al ahorro de agua regulada. La conservación de agua se presenta como una alternativa al aumento de la regulación de los recursos hídricos⁶. Cuando se han agotado en una zona las vías de la conservación y la regulación, la única posibilidad está en el ahorro de agua. Para ahorrar agua lo que hay que hacer es disminuir los usos

⁵ La referencia completa es : Burt, C. M., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., Solomon, K. H., Bliesner, R. D., A., H. L., Howell, T. A., Eisenhauer, D. E., 1997. *Irrigation performance measures: efficiency and uniformity*. *J. Irrig. Drain. Div., ASCE*, 123(6),423-442. Para el lector interesado en estos temas, se recomienda una discusión a este artículo: Merriam, J. L., 1999. *Irrigation performance measures: efficiency and uniformity*. *J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE*, March/April,97-103.

⁶ En el apartado 4 se discuten algunos aspectos de la relación entre conservación de agua y necesidades de regulación, así como la relación entre modernización de regadíos y usos consuntivos.

consuntivos, que en zonas semiáridas y áridas son mayoritariamente debidos a la evapotranspiración de los cultivos. Así pues, las soluciones que suponen un auténtico ahorro de agua son cambiar los cultivos de regadío por otros que consuman menos agua y reducir la superficie regada.

3. Casos de Estudio

En el Laboratorio de Agronomía y Medio Ambiente del CSIC y la Diputación General de Aragón se vienen realizando trabajos de investigación para conocer la eficiencia de riego actual de distintas zonas regables y para conocer el efecto sobre el uso del agua de las actuaciones de modernización de regadíos. En este capítulo se van a presentar datos de cinco zonas cuyas peculiaridades se suman para aproximar una visión de conjunto del regadío aragonés. El marco físico elegido para los estudios que se presentan es en general la comunidad de regantes, ya que ésta es la unidad espacial en la que se conciben los proyectos de modernización y dónde se regulan los aspectos organizativos y económicos del riego.

3.1. Comunidad de regantes de Almudévar

La comunidad de regantes de Almudévar está situada en la provincia de Huesca, y forma parte del sistema de riegos de Monegros I. Esta comunidad se puede considerar representativa de los regadíos tradicionales de Aragón. La superficie regada es de unas 3,600 ha, que se transformaron en regadío en los años cincuenta. El sistema de riego empleado es riego por superficie en tablares. El diseño original del sistema de riego fue para aplicar riegos suplementarios al cereal de invierno. Cuando en los años setenta los cultivos se intensificaron, la red de distribución de agua se quedó pequeña, por lo que la distribución de agua resulta en la actualidad problemática, a pesar de las obras de mejora de la red emprendidas por la comunidad. En esta comunidad se realizan mayoritariamente cultivos extensivos, con predominio de la alfalfa y el maíz. En 1996 los costes del agua en Almudévar eran de 75 € ha⁻¹ y 0,0029 € m⁻³ de agua (12.500 PTA ha⁻¹ y 0,50 PTA m³). Estas cifras están en el límite inferior de los costes del agua de riego en el valle del Ebro.

En esta comunidad se llevó a cabo un estudio⁷ destinado a 1) caracterizar el uso del agua actual y 2) conocer la eficiencia de riego que se podría obtener en distintos escenarios de modernización. El objetivo de la segunda parte del trabajo era relacionar el coste por hectárea de la modernización de los regadíos con algunos índices como la eficiencia de riego o el volumen de agua conservada. Los trabajos necesarios para completar este estudio incluyeron un estudio de suelos, varias evaluaciones de riego en campo, mapas de cultivos, restitución de fotografías aéreas, análisis de la base de datos informatizada de la comunidad de regantes y simulaciones de riego por superficie con ordenador.

La figura 1 presenta un mapa de la eficiencia potencial de riego actual en la comunidad de regantes. Lo que esto significa es que un manejo óptimo del riego en cada tablar de la comunidad daría lugar a las eficiencias presentadas en el mapa. El valor promedio de la eficiencia potencial resultó ser del 54%. Un balance de agua anual de esta comunidad de regantes (Isidoro, 1999)⁸ determinó que la eficiencia global era del 46%. La diferencia entre las dos cifras es debida (entre otros factores) a que el manejo del riego que hacen los agricultores no es el óptimo. En cualquier caso, se puede afirmar que la eficiencia de riego ronda el 50%, una cifra que parece ser típica de sistemas de riegos tradicionales en España. Sin embargo, la conclusión más interesante que se puede extraer de esta figura no es el valor medio de la eficiencia, sino la disparidad de los valores encontrados en distintas zonas de la comunidad. De hecho, mientras en algunas zonas la eficiencia actual está en torno al 80-90%, en otras escasamente se llega al 20%. Estas diferencias tan abultadas vienen determinadas directamente por las diferencias en los tipos de suelo. Así, en suelos profundos de textura fina el riego por superficie fácilmente alcanza eficiencias elevadas, mientras que en suelos arenosos, pedregosos y poco profundos este sistema de riego produce eficiencias inaceptables.

⁷ Los detalles de este estudio se pueden consultar en las siguientes publicaciones: 1) *Faci, J. M., Bensaci, A., Slatni, A., Playán, E., 1999. A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records. Agric. Wat. Manag., En prensa.* y 2) *Playán, E., Slatni, A., Castillo, R., Faci, J. M., 1999. A case study for irrigation modernisation: II. Scenario Analysis. Agric. Wat. Manag., En prensa.* En ambos trabajos se aportan detalles sobre los procedimientos utilizados y se discute la relevancia de los resultados.

⁸ *Isidoro, D., 1999. Impacto del regadío sobre la calidad de las aguas del barranco de la Violada (Huesca): salinidad y nitratos. Tesis de Doctorado, Universitat de Lleida.*

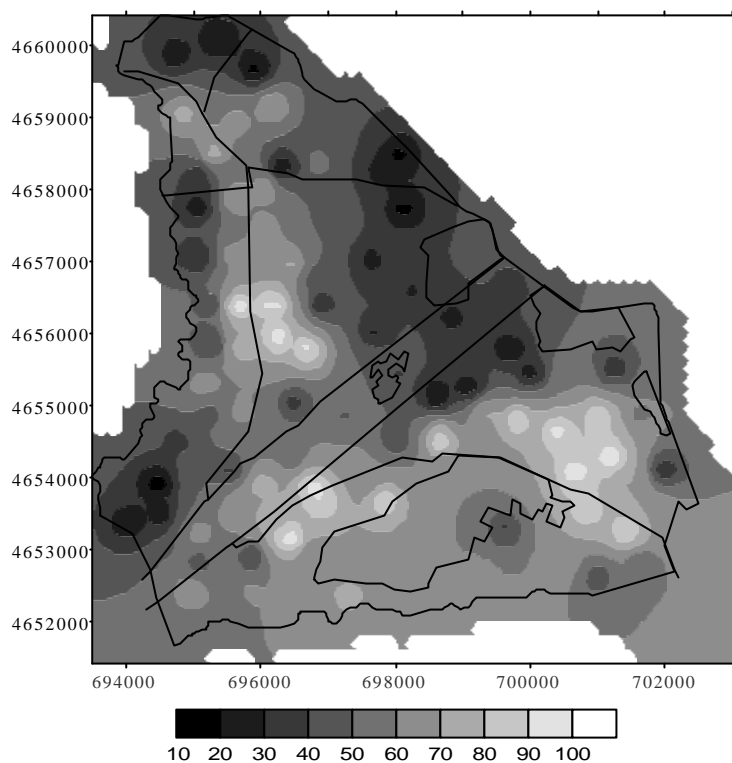


Figura 1. Mapa de eficiencia potencial de riego actual en la Comunidad de regantes de Almodóvar (ejes en coordenadas UTM).

Una vez determinada la eficiencia potencial de riego en la situación actual, se decidió usar este caso de estudio para analizar el impacto de la modernización de estos regadíos sobre el uso del agua. Para ello, se construyeron una serie de escenarios en los que se proponían diversas mejoras sobre la situación actual. Los escenarios I a IV están basados en la modificación del caudal de riego entregado a los agricultores. Estos cuatro escenarios usan caudales de 50, 100, 150 y 200 Ls^{-1} , respectivamente, cuando el caudal utilizado en la situación actual es - en promedio - de 80 Ls^{-1} . Los escenarios V y VI mantienen el riego por superficie con 200 Ls^{-1} en las zonas que obtienen eficiencias superiores al 50% y eligen dos opciones diferentes para modernizar aquellas zonas que no alcanzan el umbral de eficiencia. Así, en el escenario V se mantiene el riego por superficie reduciendo a la mitad la longitud de los tablares y en el escenario VI se cambia el sistema de riego por uno de aspersión. Finalmente, el escenario VII supone una transformación completa a riego por aspersión. La eficiencia del riego por aspersión se estimó en un 67%, de acuerdo con la literatura⁹.

⁹ Este dato se obtuvo de: Cuenca, R. H., 1989. *Irrigation system design: an engineering approach*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 552 pp. De acuerdo con resultados que se muestran más adelante en esta ponencia, el valor de eficiencia del 67% resulta bajo. Los sistemas de riego por aspersión de Aragón tienen una eficiencia superior a lo esperable debido a que los agricultores manejan muy bien las circunstancias adversas al riego por aspersión, como el viento.

El escenario que obtuvo una mayor eficiencia potencial fue el VI, con un promedio del 77%. En la figura 2 se presenta el correspondiente mapa de eficiencia potencial. En la figura 3 se presenta la relación entre inversión por hectárea y eficiencia potencial. La figura 4 resulta más clara, ya que relaciona la conservación de agua con el coste de inversión necesario en la modernización de los regadíos. De esta figura se desprende que para conservar en Almodóvar un hectómetro cúbico de agua cada año es preciso invertir inicialmente un capital de un millón de € o unos 160 millones de pesetas. Esta estimación de costes debe ser entendida únicamente como una aproximación a la vertiente económica del análisis de los riegos.

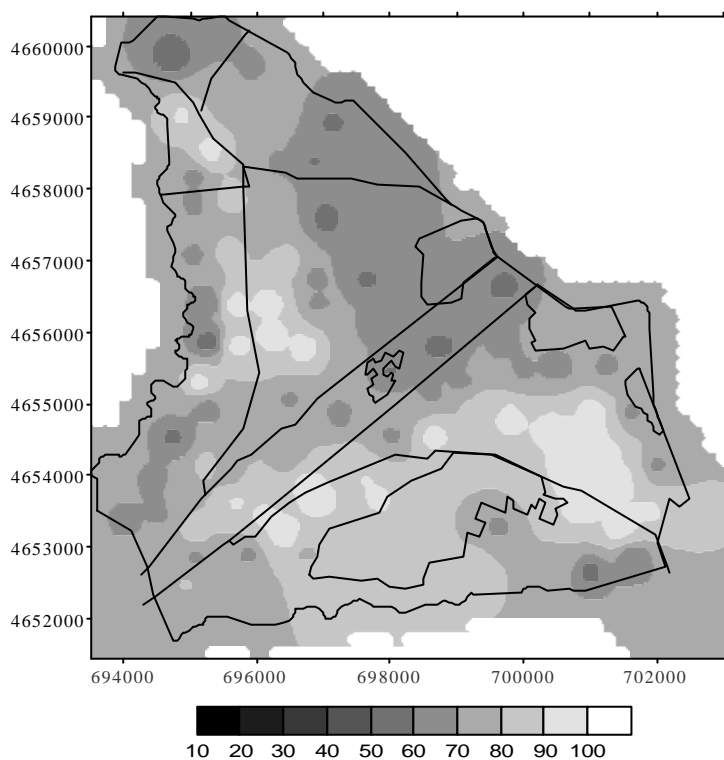


Figura 2. Mapa de eficiencia potencial de riego en la Comunidad de regantes de Almodóvar bajo el escenario VI (ejes en coordenadas UTM).

Una conclusión interesante de este estudio es que las soluciones al problema de la modernización de regadíos no son universales. Así, en Almodóvar, la transformación de riego por superficie a riego por aspersión podría no ser la mejor alternativa técnica, ya que no es la solución que presenta una mejor relación inversión / conservación de agua. Algunas alternativas basadas en riegos por superficie presentan niveles de eficiencia comparables al riego por aspersión. Lo que sí aparece meridianamente claro en el estudio es que la conservación de agua es incompatible con el hecho de que algunas zonas continúen regándose por superficie.

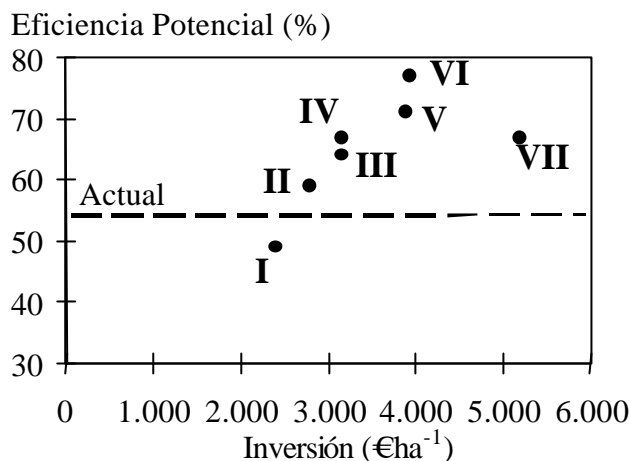


Figura 3. Relación entre la inversión y la eficiencia potencial para los distintos escenarios de modernización.

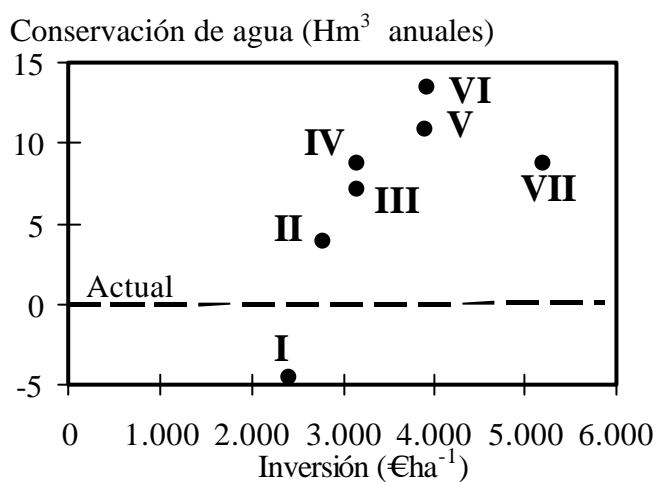


Figura 4. Relación entre la inversión y la conservación de agua para los distintos escenarios de modernización.

Los resultados presentados en esta ponencia constituyen una importante simplificación del problema de la modernización de una zona regable. Aspectos críticos en todo proceso de modernización, como la disminución de la mano de obra necesaria para el riego, la tecnificación del trabajo del agricultor o la incidencia de la modernización sobre la calidad de las aguas no se han presentado. Sin embargo, estos aspectos tienen una importancia esencial en la modernización de los regadíos. En cuanto a la relación entre modernización y medio ambiente, baste recoger algunos resultados de simulación presentados por Quílez y col.¹⁰ en 1987. En este trabajo se apunta que si en

¹⁰ La referencia completa es: Quílez, D., Aragüés, R., Faci, J. M., 1987. Calibración, verificación y aplicación de un modelo conceptual hidrosalino del sistema "flujos de retorno de riego". *Inv. Agrar.: Prod. Prot. veg.*, 2(2),165-182. En este trabajo se aportan proyecciones acerca de las consecuencias sobre la salinidad de las aguas de retornos de la modernización del regadío de Almedívar.

Almudévar se redujera el aporte de agua de riego en un 40% se podría conseguir una disminución de las sales vertidas a la cuenca de un 56% (una disminución de 47.000 toneladas de sal al año). Este aspecto, unido al de la contaminación de las aguas superficiales por los fertilizantes nitrogenados, debe ser considerado como una razón de peso para promover la modernización de los regadíos.

3.2. Comunidad de regantes de La Loma de Quinto de Ebro

La comunidad de regantes de la Loma de Quinto de Ebro supone un importante contrapunto a lo que se acaba de presentar acerca de Almudévar. Esta comunidad de regantes comprende unas 2.500 ha de coberturas totales de riego por aspersión y máquinas de riego (pivotes y máquinas de avance lateral). La zona se transformó en regadío hace unos diez años, por lo que en la actualidad se puede suponer que está estabilizada en cuanto al uso del agua que realizan los agricultores. Esta es una zona donde los sistemas de riego son modernos, y su estudio puede servir para estimar hacia dónde van los regadíos tradicionales.

La característica más importante de la zona es que el agua se bombea desde el río Ebro hasta un embalse de regulación situado a 132 m sobre el nivel del río. A partir de este punto el agua llega a las parcelas por presión natural. En cuanto a los cultivos, éstos no difieren seriamente de los que se realizan en Almudévar. El estudio de esta zona, cuyos resultados se presentan a continuación, fue realizado por Dechmi¹¹ en 1998, y está basado en el estudio de la base de datos de la Comunidad de Regantes para los años 1989, 1995 y 1997. Estos años pueden ser considerados como seco, medio y húmedo, respectivamente. La producción agraria en la zona está dominada por el precio del agua, que en 1997 era de 0,034 € m⁻³ (5,6 PTA m⁻³). Los costes fijos por hectárea - que habría que añadir al precio que se paga por volumen de agua - son debidos a la amortización de las infraestructuras de riego y son diferentes para cada agricultor. Este coste del agua está en la franja alta del valle medio del Ebro, y es debido principalmente a los costes energéticos asociados al bombeo.

¹¹ La referencia completa es: *Dechmi, F., 1998. Étude de l'utilisation de l'eau dans la communauté d'irrigants de la Loma de Quinto de Ebro. Tesis de M Sc, CIHEAM-IAMZ. 135 pp.* Una versión en castellano que incluye la parte que se presenta en esta conferencia se puede encontrar en: *Dechmi, F., Playán, E., Faci, J. M., 1999. Estudio de los factores que determinan el uso del agua en el polígono de la Loma de Quinto de Ebro. En: XVII congreso Nacional de Riegos, Murcia.*

La tabla 1 presenta las necesidades de riego (NR) y el volumen de agua usada por los principales cultivos durante los tres años estudiados. Se observa que los usos medios en alfalfa, maíz, girasol y trigo fueron superiores a las necesidades hídricas de los cultivos durante el año 95. Hay que destacar que los valores altos de los coeficientes de variación (CV) obtenidos indican que existe una gran dispersión en los datos del uso de agua entre parcelas.

Tabla 1. *Necesidades de riego (NR), cantidad de agua usada por cultivo (Uso) y su coeficiente de variación (CV) durante los años 89, 95 y 97.*

	Alfalfa			Maíz			Girasol			Trigo		
	89	95	97	89	95	97	89	95	97	89	95	97
NR (mm)	969	979	718	761	688	471	635	570	380	396	433	341
Uso (mm)	773	1163	693	600	813	602	592	719	270	338	762	434
CV (%)	37	30	41	33	29	28	27	50	63	51	35	57

Para conocer la adecuación del riego se utilizó un índice de reciente acuñación que denominamos "índice estacional de calidad del riego" o IECR¹². Este índice se calcula como:

$$IECR = \frac{\text{Necesidades de riego de los cultivos}}{\text{Volumen de agua facturada por la comunidad de regantes}} \cdot 100 \quad [2]$$

Las similitudes del IECR con la eficiencia de riego definida en la ecuación [1] son importantes, pero las diferencias entre ambos índices no lo son menos. En particular:

1. Las necesidades de riego de los cultivos son un límite superior del agua evapotranspirada por los cultivos. Con frecuencia los cultivos sufren estrés hídrico, aunque sea de una manera puntual en el espacio o en el tiempo.

¹² La referencia completa de este trabajo se puede encontrar en: *Faci, J. M., Bensaci, A., Slatni, A., Playán, E., 1999. A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records. Agric. Wat. Manag., En prensa.* En este artículo se discute el parecido del índice con la eficiencia de riego y se aplica al caso de estudio de Almodóvar.

2. Las comunidades de regantes facturan un volumen de agua que no siempre coincide con el volumen realmente usado por los agricultores. Esto es particularmente cierto en redes de distribución con acequias. Resulta factible que se use el agua sin que la comunidad lo contabilice y que un mismo volumen de agua se facture dos veces.

A pesar de estas limitaciones, el IECR ha resultado ser muy útil para analizar el uso del agua en comunidades de regantes.

Los resultados de los cálculos del IECR para la caracterización del manejo del agua de riego en los cultivos de la Loma de Quinto de Ebro se presentan en la tabla 2. Se puede observar que para alfalfa y trigo el riego fue claramente deficitario durante los años 89 y 97 (IECR > 100%)¹³. Para el maíz, el riego fue deficitario durante el año 89. El IECR del girasol indica un riego deficitario durante los tres años del estudio. En el año 95, los valores de IECR de alfalfa, el maíz y el trigo variaron entre 71% y 92%. Eso indica que los agricultores realizaron un buen manejo de riego para un año climático medio.

Tabla 2. *Indice Estacional de Calidad de Riego (IECR) medio por años y cultivos. Se indica asimismo su coeficiente de variación entre parcelas (CV).*

	Alfalfa			Maíz			Girasol			Trigo		
	89	95	97	89	95	97	98	95	97	89	95	97
IECR (%)	150	92	141	152	91	89	118	126	181	150	71	117
CV (%)	51	41	84	64	25	60	33	84	39	53	63	73

Para caracterizar la evolución en el tiempo del IECR medio de toda la Loma, se calcularon las medias anuales de los valores del IECR de los tres años. Los valores resultantes fueron 155%, 95% y 131% para 89, 95 y 97, respectivamente. A partir de estos valores, resulta evidente que los agricultores sometieron a sus cultivos a un nivel de estrés considerable y variable en el tiempo. Los valores más bajos del IECR para el maíz (que es el cultivo más sensible al estrés hídrico) se utilizaron para estimar la eficiencia del riego en la comunidad, que se cifró en un 85%. Resulta interesante destacar que este valor es sensiblemente superior al valor que se manejaba en el estudio de la modernización de Almodévar.

¹³ En realidad, para que un riego sea deficitario, basta con que el IECR sea mayor que la eficiencia.

El estudio detallado de algunas de las parcelas de la comunidad de regantes en el año de 1997 permitió conocer no sólo la cantidad de agua utilizada sino las fechas y las dosis de cada uno de los riegos efectuados. En las parcelas seleccionadas, que tenían un cultivo de alfalfa, se utilizó un modelo de cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos¹⁴ para determinar si el riego aplicado por los agricultores era adecuado. El modelo predijo que el rendimiento del cultivo se vio afectado por el estrés hídrico. La reducción del rendimiento varió entre el 10% y el 17%. Con ayuda del modelo se determinó que para obtener el rendimiento máximo los agricultores deberían haber aumentado sensiblemente el volumen de agua de riego y el número de riegos, disminuyendo la dosis aplicada en cada riego. De esta manera, el agricultor podía obtener un beneficio neto adicional de 138 €ha⁻¹ (23.000 PTA ha⁻¹). La dosis de riego media debería aumentarse de 644 mm a 745 mm, un 16%.

Las encuestas sobre el uso del agua realizadas en Quinto por Tejero¹⁵ sirvieron para clarificar algunos de los aspectos que se pudieron apreciar en el análisis de la base de datos de la Comunidad. Así, los agricultores coincidieron en que el elevado precio del agua les llevaba a realizar riegos deficitarios para maximizar la producción por unidad de agua en lugar de por unidad de superficie. Se da la circunstancia de que en el mismo municipio de Quinto de Ebro hay una amplia zona de regadío tradicional por superficie, de modo que casi todos los agricultores lo son en riegos modernos y tradicionales. Los agricultores opinan que obtienen mayor producción y beneficio económico en los regadíos tradicionales, y lo hacen a costa de usar mucha más agua. La intensidad del viento y la falta de automatismos fueron señalados como los principales factores limitantes a la hora de mejorar la eficiencia y el manejo del riego por aspersión de la Loma de Quinto de Ebro.

¹⁴ Se utilizó el programa CropWat, propuesto por la FAO. Con este software se realizan programaciones de riegos y se puede estimar la reducción de rendimiento por estrés hídrico. Para conocer más detalles sobre CropWat se puede revisar la publicación: *Smith, M., 1993. CropWat, programa de ordenador para planificar y mejorar el riego. Estudio FAO de riego y drenaje número 46, Roma. 133 pp.*

¹⁵ Estas encuestas forman parte del trabajo: *Tejero, M., 1999. Caracterización de los regadíos de la Loma de Quinto de Ebro. Proyecto fin de carrera, EUPH, Universidad de Zaragoza. 106 pp.* De las encuestas se desprenden otros datos de interés, como que los agricultores tienen un buen conocimiento del medio, de sus equipos de riego y de las técnicas a emplear para mejorar el uso del agua y la producción de sus cultivos

3.3. La zona regable del desagüe D-IX en Monegros II

La zona de estudio comprende una superficie de 494 ha de regadío, cuya transformación acabó en los años 92-93. Todos los sistemas de riego de la zona son por aspersión, distribuyéndose en un 73% de coberturas totales, un 16% de pivotes y un 11% restante de cañones y trineos. Esta zona es actualmente objeto de un proyecto de investigación en el que se analiza en balance hídrico en la zona y la calidad de las aguas de retorno¹⁶. Las parcelas catastrales tienen superficies de entre 10 y 25 ha y están cultivadas mayoritariamente de maíz (75%), con algunas parcelas de alfalfa (19%) y girasol (5%). En esta cuenca se están llevando a cabo estudios detallados del uso del agua de riego, de los suelos, de la meteorología y del volumen y calidad de las aguas de retorno de riegos.

En el año 1997 el valor medio del IECR durante la temporada de cultivos fue de 105 %, lo que parece indicar que el riego fue deficitario. Cuando en esta ecuación se incluyó el agua adicional que los cultivos obtuvieron al dejar el suelo más seco de lo que estaba al inicio del cultivo, esta cifra se redujo a un 93%, lo que parece más realista, ya que los cultivos no mostraron síntomas de estrés hídrico¹⁷. La figura 5 muestra la evolución mensual del IECR durante la temporada de cultivo. Hacia el final del verano el IECR alcanzó valores cercanos a 140 %, ya que los agricultores permitieron que las plantas obtuvieran agua secando el perfil del suelo. En cualquier caso, y coincidiendo con el análisis de la comunidad de regantes de Quinto de Ebro, se puede concluir que la eficiencia de riego en los sistemas de aspersión de Aragón puede llegar a alcanzar el 90%, un valor muy elevado. Esto demuestra que la tecnología utilizada es adecuada y que el manejo que los agricultores hacen del riego es óptimo. Un factor esencial es el uso generalizado de programadores de riego, que permite realizar riegos muy frecuentes y muy ligeros, lo que contribuye a reducir las pérdidas por percolación profunda.

¹⁶ El proyecto en cuestión se titula "Estudio del balance hídrico en el desagüe D-IX en Valfarta (Huesca) en la zona regable de Monegros II". Este proyecto ha sido financiado y realizado por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón y codirigido por Ramón Aragüés (del Servicio de Investigación Agroalimentaria) y Angel Beltrán (de la Dirección General de Estructuras Agrarias). Los datos que se presentan han sido extraídos de la memoria del proyecto.

¹⁷ De hecho, las producciones que se alcanzan en esta zona regable son las más elevadas de Aragón, con cosechas de maíz que están en un promedio de 14.000 kilos al 14% de humedad. Estas cosechas resultan excepcionales si se consideran los suelos, que son pobres y poco profundos.

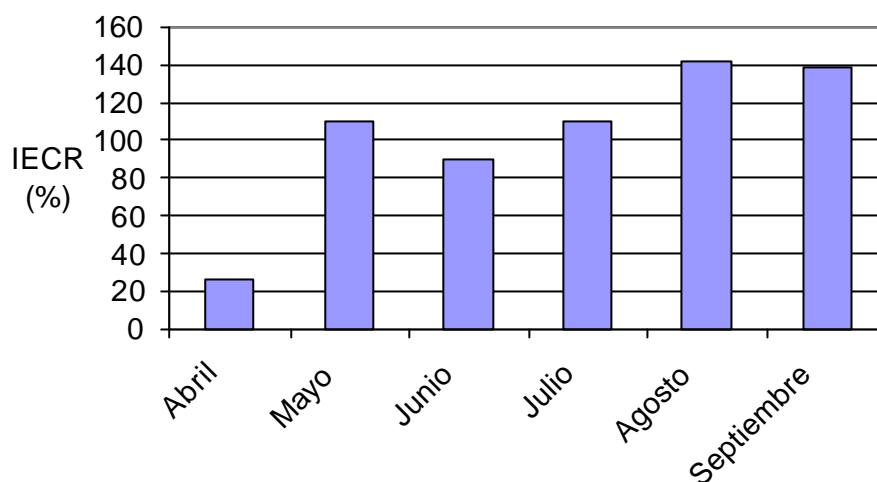


Figura 5. *Estimas del IECR mensual en la cuenca del D-IX de Monegros II.*

En 1997 la salinidad de los retornos de riego tuvo un valor medio de 12 dS m^{-1} , con escasas fluctuaciones. Este valor es 33 veces superior a la salinidad del agua de riego, que proviene directamente de los Pirineos. La exportación de sales en la zona de estudio es en la actualidad¹⁸ de $10,8 \text{ t ha}^{-1}$. Estudios de simulación mostraron que si la zona se regara menos eficientemente y los retornos de riego fueran cuatro veces superiores¹⁹, la exportación de sales se doblaría.

Una parte relevante de este estudio fue el balance de nitratos, que permite conocer la masa de este fertilizante que es exportada con los retornos de riego. La estimación del vertido de nitratos a las aguas superficiales está cobrando una gran importancia, ya que éstos producen eutrofización de las aguas y pueden llegar a resultar tóxicos. Las pérdidas de nitrato supusieron un 10,5 y un 6,2 % del fertilizante aplicado en las campañas de 1997-98 y 1998-99, respectivamente. Este porcentaje de lavado es muy inferior a lo observado en otras zonas. Así, en Bardenas I, Basso²⁰ (1994) concluyó que las pérdidas estaban entre el 16 y el 30 %. En Violada, Isidoro²¹ (1999) las situó en un 32%. En estas dos últimas zonas la eficiencia de riego es sustancialmente inferior, lo que parece ser la clave para explicar la diferencia en la contaminación por nitratos.

¹⁸ Esta zona regable está recién transformada, y es de esperar que la exportación de sales disminuya en los próximos años para alcanzar un estado estacionario. La exportación de sales actual se puede considerar normal para una zona regable en clima semiárido.

¹⁹ Esto arrojaría una eficiencia de aproximadamente el 70%, que todavía resulta elevada.

²⁰ Basso, L., 1999. *Los retornos salinos del polígono de riego de Bardenas I y su contribución a la salinización de los ríos Arba y Riguel*. Tesis de Doctorado, Universidad de Zaragoza.

²¹ Isidoro, D., 1999. *Impacto del regadío sobre la calidad de las aguas del barranco de la Violada (Huesca): salinidad y nitratos*. Tesis de Doctorado, Universidad de Lleida.

3.4. La comunidad de regantes número V de Bardenas

La comunidad de regantes V de Bardenas está situada al norte de la provincia de Zaragoza, dentro del sistema de riegos de Bardenas. Esta comunidad tiene unas características peculiares que hacen que la gestión del agua sea particularmente complicada. En primer lugar, se trata de una comunidad muy extensa, con 15.079 ha, lo que la sitúa entre las más grandes de Aragón. Este amplio marco geográfico hace que la información sobre el uso del agua se encuentre muy dispersa en el territorio. Otro aspecto importante de esta comunidad es su elevado uso de agua. La dotación media de 1997 resulta ser de $9.741 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, aproximadamente un 35% superior a la media de la zona regable de Bardenas²². Esta elevada dotación puede ser coyuntural, pero está sin duda ligada a las características de una buena parte de los suelos de la zona. En la terminología local, estos suelos se denominan “sasos”. Este término se usa para referirse a suelos poco profundos y con pedregosidad abundante, con escasa retención de agua útil (generalmente por debajo de 50 mm). El riego por superficie en estos suelos obtiene con frecuencia una eficiencia media - baja. Finalmente, debe considerarse que las infraestructuras de riego existentes datan en su mayoría de los inicios del proyecto, y son en la actualidad objeto de programas de modernización.

En los últimos años, la Comunidad de Regantes V de Bardenas ha puesto en marcha un plan estratégico titulado “estudio sobre la mejora de la gestión del ciclo integral del agua”²³. Este estudio tiene por objetivos:

1. La mejora de la gestión del agua dentro de la Comunidad.
2. La informatización de la red de acequias existente, con sus dotaciones y consumos.
3. La realización de un plan de infraestructuras.
4. La defensa de los intereses de la Comunidad frente a distintos programas de actuación de las Administraciones públicas en la gestión del agua.

²² Estos datos están extraídos de la Memoria del primer semestre de 1997 editada por la Comunidad General de Regantes del Canal de Bardenas.

²³ Los resultados de la primera fase del estudio se recogen en el documento “Modernización de regadíos: mejora de la gestión integral del agua de riego. Primera fase”, elaborado por J. M. Laplaza, consultor de la ingeniería L’2 y Asociados, de Ejea de los Caballeros, Zaragoza.

En la actualidad la Comunidad participa en un proyecto de investigación (el proyecto "Ador") junto con las instituciones que suscriben esta ponencia²⁴. Entre los objetivos de este proyecto se encuentran mejorar la calidad de la gestión del agua y apoyar la toma de decisiones sobre la modernización de la zona regable.

La Comunidad de regantes ha emprendido tres actuaciones que se consideran de gran relevancia en la mejora del uso del agua: 1) la generalización de la medida de caudales en las acequias de distribución, 2) la reutilización de las aguas de retorno y 3) la informatización de la gestión del agua.

Para conocer el caudal de riego entregado a cada agricultor, la Comunidad ha construido un centenar de aforadores de estrechamiento prolongado. Los guardas de riego toman frecuentemente la lectura de los aforadores y anota el tiempo empleado por cada agricultor para regar. Estos datos se usan para conocer con exactitud el destino del agua dentro de la comunidad.

La eficiencia de riego de la Comunidad de regantes está siendo evaluada en la actualidad dentro de las actividades del proyecto Ador. Todo parece indicar que la eficiencia de riego no es muy diferente de la que se encontró en Almodóvar (en torno al 50%). Para mejorar la eficiencia global de la comunidad, sus gestores están desarrollando un ambicioso plan de reutilización de las aguas de retorno que circulan por los azarbes (desagües agrícolas). De esta manera, una superficie extensa compuesta por miles de tablares que se riegan con una eficiencia del 50% podría operar con una eficiencia conjunta de, por ejemplo un 75%, si la mitad del agua de retorno fuera recogida de los desagües y evapotranspirada por los cultivos.

Dentro del plan estratégico de la comunidad se han construido decenas de trasvases azarbe-acequia ya sea por gravedad o mediante bombeos. Los datos de la comunidad de regantes muestran que el agua reutilizada sirve para regar extensas zonas de la comunidad. Así, la figura 6 muestra el volumen de agua de riego usada por hectárea en los distintos sectores de la comunidad para el año medio del periodo 1990-96. los sectores con

²⁴ El proyecto se titula: "Ador: una familia de programas de ordenador para la gestión y la planificación del uso del agua de riego" y está financiado con cargo a los fondos FEDER de la Unión Europea y al Plan Nacional de I+D.

dotaciones inferiores a $10.000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ señalan claramente las zonas donde en aquellos años se reutilizaba agua de riego. A la vista de estos resultados la comunidad decidió potenciar el programa de reutilización de agua.

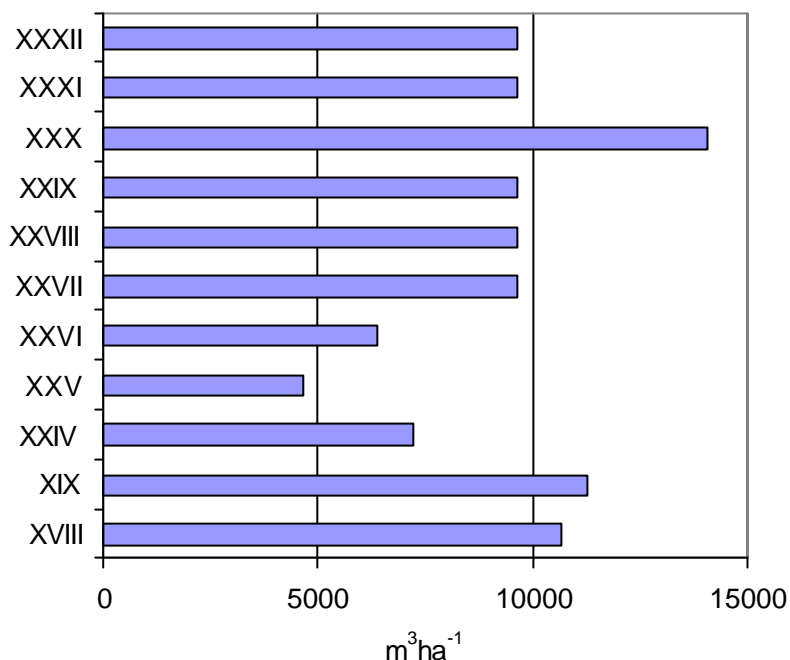


Figura 6. *Uso de agua por hectárea en la comunidad de regantes V de Bardenas. La información se presenta desglosada por sectores y para el promedio del periodo de 1990-1996.*

En el campo de la informatización la mejora ha sido espectacular. La comunidad ha puesto en marcha un proyecto de desarrollo de software a medida que les ha proporcionado una herramienta de gran utilidad para el control del agua. En este momento los gestores de la comunidad se están enfrentando con el reto de extraer de los datos almacenados la información que les sirva para orientar el futuro de la comunidad. En la figura 7 se muestra una parte de la pantalla de las aplicaciones informáticas de gestión de comunidades de regantes que se están desarrollando en el marco del proyecto Ador.

Apoyo a la toma de Decisiones en la Organización de Regadíos (A.D.O.R.)

Comunidades Usuarios Parcela Usos Redes Hidráulicas Consumo Agua Facturación Gráficos Utilidades Configuración Gestión Acceso ADOR Salir ?

Parcelas Catastrales Consultar

Parcelas Catastrales Campos Obligatorios de Rellenar Campos de Uso de la Aplicación

Identificadores Parcela
 Código de Parcela Catastral: 64
 Código Catastro: 2200500100003000a

Municipio: barbastro Municipio
 Paraje: la loma Paraje
 Zona Agroclimática: somontano Zona Regadio
 Suelo: no asignado Suelo
 Propietario: builes Propietario

Datos Parcela
 Polígono: 001
 Parcela: 00003
 Subparcela: 000a
 Superficie catastral: 800
 Superficie de riego: 100

Usos
 Usos Agrícolas
 Usos Industriales
 Usos Ganaderos
 Usos Urbanos

Relación de Usos de la Parcela

Usos Agrícolas Parcela	Usos Industriales:
Cultivo Sup. Uso Tipo Riego	Descripción Uso Industrial

Usos Ganaderos:
 Descripción Uso Ganadero

Usos Urbanos:
 Descripción Uso Urbano

Selecionar Conj. Parcelas
 Selecionar Todas Parcelas
 Cerrar Formulario
 Ayuda

Registro: 1 de 9

Figura 7. Programa Ador para gestión de comunidades de regantes. Pantalla de introducción de usos del agua en parcelas catastrales.

3.5. La comunidad de regantes de La Corona

Esta es una comunidad de regantes situada en la zona regable del canal del Cinca. El sistema de riego empleado es por aspersión con cobertura total, y se desarrollan cultivos extensivos con predominio del alfalfa. En esta comunidad de regantes se ha desarrollado un sistema de facturación avanzada del agua de riego²⁵ que incluye información que va más allá de los datos económicos y que constituye un análisis de la gestión del agua de riego que realiza el agricultor individual.

En la figura 8 se presenta un ejemplo de factura detallada del uso del agua a un agricultor de la comunidad de la Corona. En esta factura se presenta al agricultor la evolución histórica de su uso del agua, y se le facilita la comparación con aquellos

²⁵ El trabajo que se cita ha sido llevado a cabo por S. Lecina, y se titula "Estudio del uso del agua en la Comunidad de regantes de La Corona". No sólo realiza un diagnóstico individual de cada agricultor, sino que proporciona un análisis detallado del uso del agua en el conjunto de la comunidad.

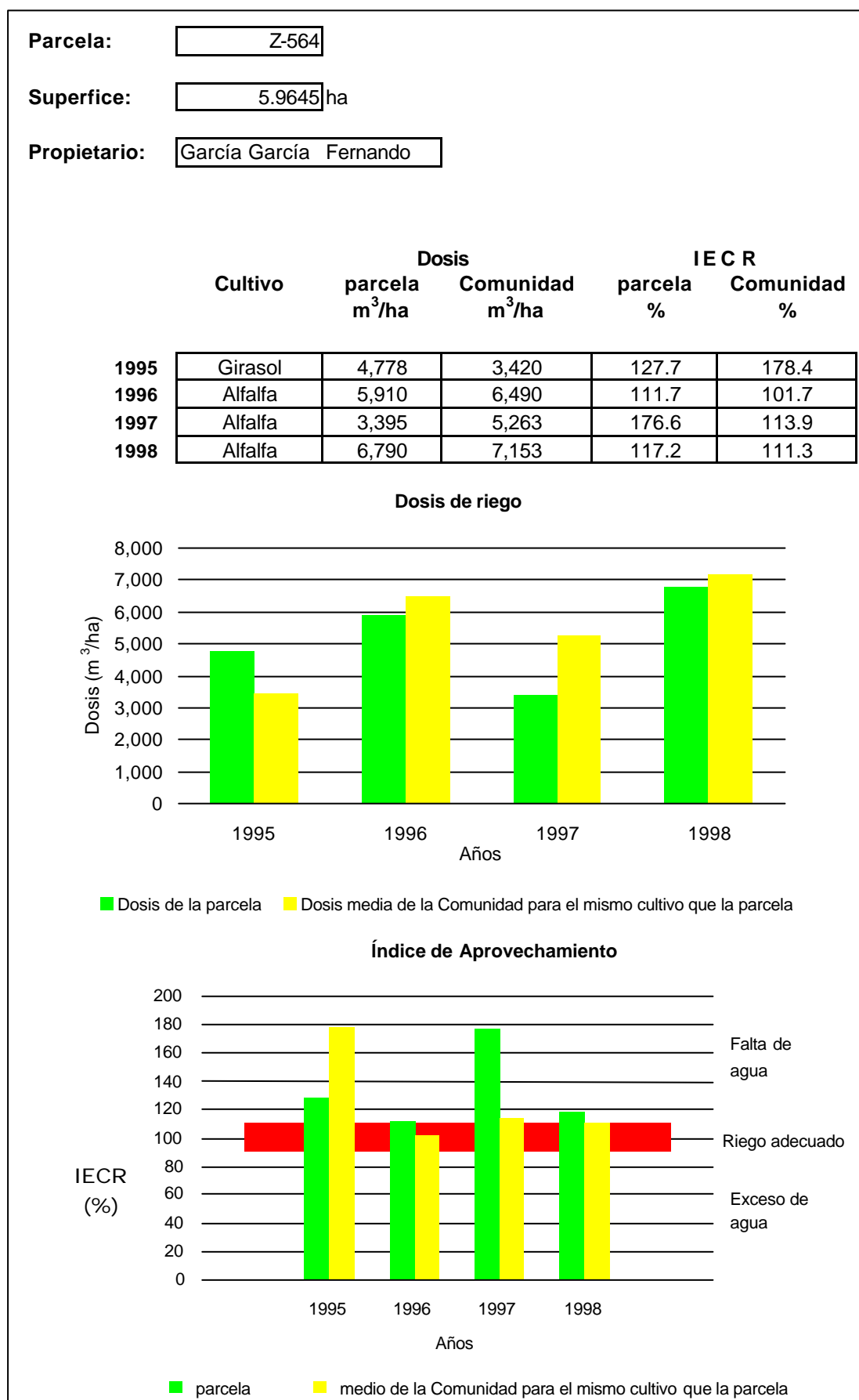


Figura 8. Facturación detallada en la Comunidad de regantes de la Corona.

agricultores de su comunidad que produjeron los mismos cultivos que él. El uso del IECR²⁶ permite que el agricultor sepa si sus riegos son excesivos o deficitarios, e incluso que tenga una estimación de su eficiencia de riego. En el ejemplo que se presenta, en los últimos tres años el agricultor ha aplicado en su parcela menos agua que el resto de la comunidad. El análisis del IECR permite concluir que realiza un manejo adecuado del riego. Siendo un poco más detallista, sus riegos resultan levemente deficitarios, salvo en el caso del año 97, en el que el cultivo pudo estar seriamente estresado. La comparación interanual y con los otros agricultores resulta muy importante para que el agricultor pueda situarse en su entorno y seguir su evolución en el tiempo.

4. Perspectivas de conservación de agua en Aragón

Una vez presentada la situación actual del uso del agua en la agricultura aragonesa por medio de casos de estudio, se pasa a discutir con un enfoque global algunos de los puntos que se derivan de lo que se ha discutido en cada caso.

4.1. La modernización de los regadíos es la clave de su supervivencia

En la actualidad, muchas de las zonas regables de Aragón tienen explotaciones cuya continuidad está amenazada por las malas condiciones en las que se realiza el riego. Cuando ya se ha llegado muy cerca del límite en las posibilidades de mecanización del laboreo del suelo, los agricultores son conscientes de que las prácticas de riego limitan sus posibilidades de producción, ya que siguen en algunas zonas iguales a cómo estaban hace décadas.

Los agricultores jóvenes se sienten atraídos por los sistemas de riego más automatizados, que les permiten ser dueños de su tiempo y dignifican la percepción social de su trabajo. En las zonas que presentan peores infraestructuras de riego son los jubilados los que se dedican a regar, mientras que sus hijos manejan la maquinaria

²⁶ En las facturas presentadas a los agricultores se ha sustituido el nombre de este índice por el de "Índice de Aprovechamiento" del agua, que resulta mucho más intuitivo. Además, se ha incluido en su cálculo la eficiencia potencial del sistema de riego (mayorando las necesidades de riego), que para estas coberturas totales de aspersión se estimó en un 80%. De esta manera, un IECR de 100 supone un riego adecuado.

agrícola. No parece probable que en el futuro cercano los agricultores jóvenes se dediquen a regar, con lo que el cambio de generación no está asegurado.

En muchas zonas de riego por superficie, una de las actuaciones más urgentes para asegurar la sostenibilidad de las explotaciones es acabar con el riego nocturno. Para ello bastará con dotar de embalses de noche a cada acequia principal y aumentar ligeramente su capacidad. Si el riego se realiza durante las 12 horas diurnas los agricultores estarán mucho más satisfechos con sus condiciones laborales y se aumentará la eficiencia de riego (presumiblemente durante la noche las pérdidas de agua son elevadas). De esta manera el agricultor regaría con doble caudal durante las horas diurnas, lo que aumentaría la eficiencia, tal como se ha visto en el caso de Almudévar.

El aumento de la eficiencia permitirá disminuir el riesgo de sufrir restricciones de riego, ya que permite conservar más agua. Esto da lugar a que los rendimientos de los cultivos sufran menos variaciones interanuales y puedan realizarse cultivos más rentables.

4.2. La modernización de los regadíos no permitirá ahorrar agua

Tal como se comentaba en el capítulo 2, la modernización de los regadíos producirá una mejora de la eficiencia, pero no disminuirá la cantidad de agua que es evapotranspirada, por lo que el balance de agua en una cuenca debería de permanecer invariable después de una modernización²⁷. En el mismo capítulo se comentaba que

²⁷ Este concepto ha sido siempre un punto de fricción entre las distintas disciplinas que estudian el uso del agua en la agricultura. Los primeros investigadores en apuntar que las pérdidas de un sistema de riego son la fuente de agua del sistema de riego que se sitúa aguas abajo fueron Lyman Willardson (1994) y Jack y Andy Keller (1995). Este concepto, que resulta novedoso por sus implicaciones, se deriva directamente de los conceptos más básicos de la hidrología. En 1999, C. J. Perry presentó una revisión de este concepto bajo el título de "*el paradigma del Instituto Internacional de Gestión del Agua*" (*Agricultural Water Management* 40:45-50). En este trabajo, el autor presenta algunos casos de estudio que hablan de la relevancia social y económica del paradigma. A continuación se resumen algunos de ellos:

Ejemplo 1. En un país europeo se ha reintroducido un sistema ineficiente de riego por superficie porque que al cambiar a riego por goteo y aspersión se había producido un inaceptable descenso en el nivel freático de los acuíferos.

Ejemplo 2. En un país de Oriente Medio se han realizado inversiones en sistemas de riego para mejorar la eficiencia desde un 40-50% hasta un 60-70%. El volumen de agua así "ahorrado" se usó para aumentar la zona regable. La evaluación del proyecto indicó que los rendimientos aumentaron y el uso consuntivo por hectárea también. Así, no se pudo concluir que se ahorrara agua.

Ejemplo 3. En los EE.UU. una ciudad se ofreció a pagar la modernización de un sistema de riego por superficie vecino para quedarse con el agua ahorrada. Cuando se evaluó la zona regable, la

una parte de las pérdidas de agua puede resultar consuntiva si percola a acuíferos no explotables o es evapotranspirada por plantas adventicias. En las condiciones del valle del Ebro, y de acuerdo con nuestras investigaciones, esta fracción consuntiva de las pérdidas parece no ser muy importante cuantitativamente.

En este punto, conviene hacer una reflexión más y llevar este concepto más lejos. Es muy probable que la modernización de los regadíos aumente el uso consuntivo en una determinada cuenca. Esto es debido a tres fenómenos:

1. A nivel de parcela, al modernizar el sistema de riego se mejorará la uniformidad de distribución del agua. En un sistema con baja uniformidad, hay plantas que reciben poca agua. Estas plantas evapotranspiran poco y consecuentemente producen poco. Al modernizar y aumentar la uniformidad, todas las plantas del cultivo tendrán a su disposición una cantidad similar de agua. Como consecuencia, la evapotranspiración del cultivo aumentará y también lo hará la producción. El aumento de la evapotranspiración supone un aumento del uso consuntivo.
2. En las zonas regables por modernizar con frecuencia se encuentran porcentajes importantes de cultivos poco rentables (como cereal de invierno). Un análisis poco riguroso permitiría concluir que los agricultores no son emprendedores y que no rentabilizan el agua que consumen. Un análisis más detallado suele revelar que o bien las disponibilidades de agua regulada son limitadas o bien la capacidad de transporte de agua está al límite. Los agricultores palian estos problemas con cultivos de baja demanda de agua. Al modernizar los regadíos estas limitaciones se levantan y los agricultores potencian los cultivos de alto rendimiento y altas necesidades de agua.
3. En una zona regable por modernizar siempre hay parcelas marginales que no se cultivan porque resulta trabajoso o poco rentable regarlas. Una vez modernizadas, estas parcelas deben cultivarse para obtener beneficios y para amortizar los equipos. Esto aumenta la evapotranspiración.

sorpesa fue que el 80-90% del agua usada era destinada a usos consuntivos. Las posibilidades de conservar agua eran mínimas.

Ejemplo 4. En un país de Sudamérica una zona regable mejoró su eficiencia para poder reducir su uso del agua y así vender los excedentes para usos urbanos. Las comunidades de usuarios que se nutrían de las pérdidas del sistema plantearon un conflicto al quedarse sin agua.

El análisis de la Comunidad de regantes de Quinto de Ebro ha permitido ver cómo un regadío moderno puede llegar a ahorrar agua respecto de uno tradicional: esto se consigue en Quinto aplicando una cantidad de agua inferior a las necesidades hídricas de los cultivos. En efecto, cuando se practica lo que se ha dado en llamar "riego deficitario controlado" el uso consuntivo por hectárea es inferior al potencial. Esta situación aparece por efecto de la elevada repercusión del coste del agua en el margen bruto del cultivo.

4.3. La modernización de los regadíos protegerá la calidad de las aguas

Tal como se ha comentado para el caso de Almodóvar, la modernización de los regadíos permitirá disminuir la cantidad de sales que se exportan con los retornos de riego. La protección de la calidad de las aguas de los ríos debería ser - por sí sola - un motor de la modernización. En cuanto a otros agentes contaminantes de las aguas superficiales, como los nitratos o los pesticidas, si bien es preciso completar las investigaciones en curso, se puede asegurar que la mejora de la eficiencia de riego sería una medida igualmente importante para los regadíos aragoneses.

4.4. Hay que hacer planes directores de la modernización de los regadíos

Cuando estamos a las puertas de la puesta en marcha del Plan Nacional de Regadíos, que va a potenciar las actuaciones de modernización, parece lógico que las subvenciones públicas fueran acompañadas de planes directores²⁸ elaborados por la Administración que aseguraran que las subvenciones sirvieran para alcanzar los objetivos marcados.

Si el objetivo es mejorar la eficiencia de riego, el plan director de una determinada área debería de clasificar las zonas en función de su potencialidad para el objetivo propuesto. Tomando como ejemplo la figura 1 (mapa de eficiencia actual en Almodóvar) está claro que no reporta el mismo beneficio en términos de conservación

²⁸ Este concepto se discute en la publicación: "Playán, E., Faci, J. M., Castillo, R., 1998. Consideraciones sobre la Modernización de los regadíos del valle medio del Ebro: aspectos estructurales. En: XVI Congreso Nacional de Riegos. Palma de Mallorca. páginas 374-381".

de agua subvencionar la modernización de una zona con eficiencia actual 20% que la de una zona que en la actualidad tiene una eficiencia del 80%. En la figura 5 (uso de agua por hectárea en los distintos sectores de la Comunidad de regantes V de Bardenas) se puede apreciar cómo hay sectores en los que es urgente y prioritario actuar, mientras que hay otros en los que la reutilización del agua de riego ha conseguido llevar la eficiencia a niveles aceptables.

Un plan director debería de considerar otros factores que no tienen que ver con la eficiencia. Por ejemplo, la viabilidad de las actividades agrarias que se realizan en una zona, la estructura social y poblacional, el peso de la agricultura en la actividad económica de la comarca, la calidad de las aguas o la importancia local de conservar agua para destinarla a otros fines.

4.5. La reutilización de agua es la forma más rápida de aumentar la eficiencia de riego

Cuando el objetivo es mejorar la eficiencia de riego siempre habrá dos opciones: mejorar la eficiencia en parcela o mejorar la eficiencia global de la zona regable. El segundo camino, basado en la reutilización del agua, es un sistema barato y que puede producir mejoras espectaculares en poco tiempo. De hecho, la idea es tan buena que está ya implementada desde hace tiempo en muchas zonas. Este es el caso de la comunidad de regantes de Almodóvar, donde anualmente se vierten unos 22 Hm³ al año a los cauces de desagüe. Este agua es recogida por un colector único que la devuelve al río Gállego. En la cuenca baja del Gállego, en las proximidades de Zaragoza, este agua se usa para regar miles de hectáreas de vegas, de modo que al desembocar en el Ebro el río Gállego presenta un caudal muy pequeño. Si consideramos que en Almodóvar la mayor parte de las aguas de retorno sirven para regar aguas abajo, la eficiencia de la comunidad de regantes podría suponerse mucho más alta del 54% que se aporta en esta ponencia. El lado negativo de este planteamiento es que, debido al aporte de sales de los retornos de riego, la salinidad del agua del bajo Gállego con frecuencia excede los 2 dS m⁻¹, lo que está perjudicando los suelos y la producción agraria.

4.6. La mejora de la gestión es la forma más barata de aumentar la eficiencia de riego

A pesar de que los proyectos de reutilización de agua pueden resultar baratos, nuestra experiencia indica que la forma más económica de conservar agua es la mejora de la gestión. Para poder realizar una adecuada gestión del agua, las comunidades de regantes deben de disponer de programas informáticos adecuados y específicos para sus cometidos. Las Administraciones públicas deberían impulsar la excelencia en la gestión tecnificando las comunidades, proporcionando planes de formación continuada e impulsando programas de calidad total. En las comunidades de regantes es necesario plantear un programa de excelencia similar a las certificaciones ISO 9000 de las empresas. Las Administraciones deberían destinar sus inversiones públicas a aquellas comunidades que tuvieran un compromiso de mejora de la gestión. Un primer paso en la mejora de la gestión es la facturación por volumen²⁹. Sin embargo, el plan no debe quedarse ahí. La emisión de facturas inteligentes o la información acerca de las necesidades hídricas de los cultivos deberían formar parte de las responsabilidades de gestión de las comunidades.

4.7. En sistemas de riego por acequias es posible facturar por volumen

Resulta importante destacar este punto, para dejar claro que independientemente de la tecnología empleada para distribuir el agua y para regar, se puede controlar con rigor el agua asignada a cada usuario. Comunidades de regantes con distribución de agua en acequias vienen realizando desde hace años facturaciones por volumen a sus usuarios. En ningún caso se justificará el cambio de acequias por tuberías para poder medir el agua. Las justificaciones de estas obras deberán atender a otros motivos, como por ejemplo un cambio en el sistema de riego. En la actualidad hay tecnología disponible para medir con precisión el caudal que pasa por una acequia y transmitirlo si es necesario a un ordenador de la comunidad donde se centralice la gestión del agua.

²⁹ A falta de datos oficiales, se puede asegurar que la mayoría de las comunidades de riego del valle del Ebro están ya facturando por volumen. En algunas zonas regables, como es el caso de Monegros y Cinca, siempre se ha facturado a los agricultores por el volumen de agua usado.

4.8. Es posible conservar mucha agua con la modernización, la reutilización y la mejora de la gestión

Las posibilidades de conservación de agua en Aragón son muy importantes. Los sistemas de riego del valle del Ebro son en un 75,5% por superficie, mientras que la media Nacional es del 57%³⁰. Este elevado porcentaje de un sistema de riego presumiblemente poco eficiente hace pensar que actuaciones de gestión, reutilización y modernización permitirán conservar grandes cantidades de agua.

Los beneficios de la conservación del agua en Aragón son muy importantes. Esto es así porque la vía alternativa, la de la regulación, choca con una creciente discusión social que frena el desarrollo de nuevos proyectos de regulación en cabecera de la cuenca. Por otro lado, a la par que se plantean proyectos de regulación, es preciso estar seguro de se impulsa al menos con la misma energía la conservación de agua.

Un beneficio adicional de la conservación de agua es el aumento de la capacidad de transporte de la red de distribución. En efecto, al aumentar la eficiencia de riego en parcela, ya no es necesario transportar a las fincas de los agricultores el agua que debería de perderse allí, con lo que las redes de distribución dejan de estar colapsadas y ganan capacidad de maniobra. Esto puede permitir ser más operativos en épocas de máxima demanda y plantear la ampliación de la zona regable cuando esto sea posible.

4.9. La conservación de agua no siempre será tan beneficiosa como puede parecer a primera vista

La conservación de agua es un objetivo claro en la gestión del agua del valle del Ebro (y por extensión de las zonas de clima semiárido). Esto es así porque la conservación permitirá disponer de un excedente de agua regulada que puede ser usada para otros propósitos. Aunque este es el caso general, parece justificado volver al caso de estudio de Almodívar para plantear un contraejemplo.

En efecto, modernizando los regadíos de Almodívar se puede conservar un volumen de agua de más de 10 Hm³, lo que no es en absoluto un volumen desdeñable.

³⁰ Datos extraídos del borrador del Plan Nacional de Regadíos de 1998.

Esta comunidad de regantes se abastece primariamente del embalse de la Sotonera. Una vez llevada a cabo la modernización, parece que 10 Hm³ de la capacidad de regulación de la Sotonera estarían disponibles para otros usos. Sin embargo, esto no es cierto, ya que este volumen de agua es actualmente utilizado en los regadíos del bajo Gállego. Lo que ocurrirá en la realidad es que durante la época de riego, el embalse de la Sotonera deberá desembalsar al río este volumen para que sea derivado en el bajo Gállego y se use para regar. Las necesidades de regulación en el sistema del Gállego permanecerán invariables con la modernización, y lo que saldrá claramente beneficiado es el curso del río, que contará con más caudal y mejor calidad de sus aguas, que ahora volverán a ser las aguas del Pirineo y no las aguas de retorno de Almodóvar. Como una ventaja adicional, la producción agraria del bajo Gállego aumentará al disminuir la salinidad del agua de riego y los suelos de cultivo volverán a una situación mas sostenible al ver sus sales lavadas.

Como consecuencia de este razonamiento, la conservación de agua no va a disminuir linealmente las necesidades de regulación, aunque siempre aumentará la calidad del agua. Los nuevos usos consuntivos del agua que se puedan producir en el futuro necesitarán regulación adicional. La discusión más importante en este sentido está en si esta regulación se debe de hacer en cabecera de la cuenca, en las zonas regables, en las fincas de los agricultores o en todos estos sitios a la vez. La regulación dentro de la zona regable parece hoy en día una necesidad importante ya que es un elemento clave para la modernización. Sin embargo, la regulación en cabecera de la cuenca permite una mayor flexibilidad en la distribución del agua regulada.

4.10. La importancia de la conservación de agua depende de dónde estemos en la cuenca hidrográfica

Este es un aspecto muy importante a la hora de considerar el destino del agua en la cuenca. Los usos de agua que se producen en las cabeceras de las cuencas pueden ser menos eficientes que aquellos que se producen en la parte baja, cerca del mar. Esto es así porque el agua de retornos de un sistema localizado en cabecera tiene una usabilidad máxima. Así, este agua tiene la posibilidad de ser reutilizada en multitud de ocasiones antes de alcanzar el mar. Por el contrario, un sistema de riegos situado en el litoral tiene

que tener una eficiencia máxima, ya que su agua de retornos no tiene posibilidades de ser reutilizada antes de llegar al mar³¹.

5. Conclusiones

Esta ponencia aborda el problema de la conservación de agua en los regadíos de Aragón aportando datos de cuatro zonas regables e intentando tener un enfoque amplio e hidrológico de los impactos de la modificación de los usos del agua. Muchos de los conceptos aportados en este trabajo pueden parecer alternativos y contradictorios con las corrientes de pensamiento actuales acerca de los regadíos y su uso del agua. Sin embargo, esperamos que la complejidad que se ha descrito sirva para que el uso del agua en el regadío se aborde por los técnicos de una manera neutra y objetiva. Para no diferir de lo que se suele expresar en las conclusiones de trabajos que abordan los mismos temas que se han descrito aquí, terminaremos diciendo que es imposible que un sólo perfil profesional sea capaz de arrojar luz sobre estos problemas, que son los del siglo que viene.

6. Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la entusiasta colaboración de las comunidades de regantes que se citan. Ellas son las verdaderas protagonistas de la mejora en la gestión del agua. Nuestras investigaciones han sido financiadas por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, los Fondos FEDER de la Unión Europea, el CONSI+D del Gobierno de Aragón y la Agencia Española de Cooperación Internacional.

³¹ Este concepto del valor del agua debido a su cota dentro de la cuenca fue desarrollado en detalle por Jorge Bielsa en su tesis doctoral de 1998 titulada *"Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica"* (Universidad de Zaragoza, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, 262 páginas).