



Niveles de eficiencia y déficit en el Alto Aragón

Autor: Cristina Sarasa Fernández

Institución: Universidad de Zaragoza

Otros autores: Julio Sánchez Chóliz (Universidad de Zaragoza)

Resumen

A lo largo del siglo XX, la gestión del agua en el regadío se ha caracterizado por un predominio de los modelos de oferta para satisfacer la demanda de los diversos usos posibles, así como también por el rápido crecimiento de la superficie regada. En la actualidad y desde las últimas décadas del siglo XX, se ha producido un debate sobre la continuidad del modelo de expansión de la oferta y/o expansión de regadíos para pasar hacia la eficiencia, el análisis coste-beneficio de las nuevas intervenciones planeadas y la gestión de la demanda.

Por su parte, la gestión óptima del agua es especialmente importante para las comunidades de riegos, ya que las fuertes inversiones necesarias para la modernización de sus sistemas de riegos y la mejora de su productividad, sólo tienen sentido si pueden recuperarse a través de la producción y si se logra a su vez respetar el medio ambiente tanto o más que hasta ahora. En el Alto Aragón se han realizado previos estudios sobre los niveles de eficiencia en el regadío en determinadas comunidades de riegos. Este trabajo de investigación pretende ir más lejos y estimar los niveles de eficiencias del conjunto de la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (127.210 ha), localizada en el noreste español, y de cada una de sus 58 comunidades de regantes, durante la primera década del siglo XXI. Más aún, se analiza también si la dotación de agua es suficiente o no para el riego de los cultivos.

Los resultados muestran niveles de eficiencia muy significativos y de aplicación inmediata para la mejora de la política de gestión del agua. Pero también muestran dotaciones de agua insuficientes para el riego de los principales cultivos. Esta insuficiencia se hará más grave a medida que la extensión de cultivo en regadío crezca como está previsto.

Palabras claves: Demandas y suministros de agua, eficiencia del regadío, escasez de agua.

1. Introducción

La cuenca del Ebro es una de las cuencas hidrográficas más importante de España. Dentro de la cuenca del Ebro, el regadío de la provincia de Huesca cuenta con más de 200.000 hectáreas que representan casi el 40% de la Superficie Agraria Útil (SAU) de Huesca y el 6% de la superficie agraria de regadío en España, MARM (2010). La producción que genera el regadío de Huesca alcanza más del 80% del total de la producción agrícola de la provincia, DGA (2009). A su vez, dentro de la provincia de Huesca, uno de los proyectos más ambiciosos de regadío en España es la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón (en adelante, CGRAA). La CGRAA agrupa a 58 comunidades de regantes y en su conjunto posee más de 125.000 hectáreas de regadío, y abastece también a numerosas localidades de las provincias de Huesca y Zaragoza y a diez polígonos industriales.

La gestión del agua en el regadío a lo largo del siglo XX, se ha caracterizado por un predominio de los modelos de oferta para satisfacer la demanda de los diversos usos posibles, así como por la regulación y la capacidad para controlar el aprovechamiento de los recursos hídricos, Pinilla (2008). La disponibilidad de los recursos hídricos en algunas zonas en los últimos años está cambiando, por lo que desde hace unos años se cuestiona la continuidad del modelo de expansión de oferta para dar paso hacia la eficiencia, el análisis coste-beneficio de las nuevas intervenciones planeadas y la gestión de la demanda. En concreto, en la CGRAA se observa una tendencia decreciente del volumen de agua suministrada durante la primera década del siglo XXI, debida entre otros motivos a la revegetación en las cabeceras de los ríos, véase Bielsa *et al.* (2011), a los efectos del cambio climático y a la inexistencia de regulación en el sistema.

Para un mayor detalle, en la Tabla 1 puede verse la evolución del volumen de agua suministrada anualmente por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) desde sus embalses, con un suministro medio de 847,7 hm³ de agua regulada, y la evolución de las demandas de agua de las comunidades de regantes para el conjunto de usos (industrial, urbano y regadío) y para el uso individual de agua para riego, cuyas tendencias se muestran ligeramente decrecientes. En concreto, en el año 2005 se observa una profunda caída del suministro de agua para riego hasta casi la mitad del año 2001 provocada por la sequía de ese año, aunque se recupera en los siguientes años, pero de nuevo cae en 2008. Por su parte, la evolución de la superficie de riego muestra una tendencia creciente.

Tabla 1: Evolución de las demandas de agua en la CGRAA

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Hectáreas pleno derecho	115.933	116.259	116.647	119.985	121.410	119.995	121.284	121.606	121.503	121.896	
Hectáreas totales	123.049	123.969	124.311	124.795	125.547	125.790	128.974	126.539	127.124	127.210	
Hm ³ demanda en salida de embalse	1.025,2	909,1	912,2	949,0	565,7	747,7	874,7	696,3	949,2	847,6	847,7
Hm ³ demanda en parcela para riego, industria y abastecimiento	861,5	778,0	797,8	835,8	471,2	651,7	774,2	615,8	698,7	775,9	726,1
Hm ³ demanda en parcela para riego	848,6	764,4	783,8	821,1	455,2	635,0	758,0	600,8	681,7	759,0	710,8
% sobre salida de embalse	82,77	84,09	85,93	86,52	80,46	84,92	86,65	86,29	71,82	89,54	83,90
Demanda media servida en salida de embalse para riego (m ³ /ha pleno derecho)	8.732	7.703	7.700	7.787	4.528	6.092	7.078	5.602	7.695	6.815	6.973

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se observa la superficie de riego y los volúmenes de agua suministrados y demandados a finales del siglo XX en la CGRAA. Si comparamos los resultados de las Tablas 1 y 2, podemos observar que el agua recibida en la CGRAA anualmente se ha mantenido en unos niveles similares. Pero por otro lado, se observa que la superficie de riego se ha incrementado notablemente desde finales del siglo anterior, ya que en 1994 el número de hectáreas rondaba las 96.666 hectáreas. En otras palabras, en los últimos quince años ha aumentado la extensión del regadío de la CGRAA en aproximadamente 30.000 hectáreas, mientras que un volumen de agua cada vez menor es usado para regar una superficie que ya supera en estos momentos las 130.000 hectáreas y que continúa en expansión. Esto ha hecho que la dotación media en salida de embalse para riego sea en media de sólo 6.973 m³/ha mientras que a finales del siglo anterior rondaba los 8.737 m³/ha.

Tabla 2: Demandas en la CGRAA de 1994-1997

Año	1994	1995	1996	1997	Promedio
Hectáreas	96.666	97.923	100.566	101.671	
Hm ³ de demanda en salida de embalse	892	914	805	852	866
Hm ³ de demanda en parcela para riego	721	739	629	677	692
% sobre salida de embalse	80,83	80,85	78,14	79,46	79,82
Demanda media servida en salida de embalse (m ³ /ha)	9.229	9.337	8.000	8.383	8.737

Fuente: Elaboración propia a partir de Sánchez Chóliz y Duarte (2006).

Esto nos lleva a reflexionar sobre la situación actual del regadío en el Alto Aragón de modo que permita aplicar medidas acordes a la situación presente y futura. El nivel de eficiencia es un indicador que nos permite analizar la gestión del uso del agua en el regadío. En el Alto Aragón se han realizado previos estudios sobre los niveles de eficiencia en el regadío en determinadas comunidades de riegos como los trabajos de Tedeschi *et al.* (2001) para 1.000 hectáreas en la zona de Monegros II, García *et al.* (2009) para una superficie de 95 hectáreas, o Playán *et al.* (2000) para la comunidad de riegos de Almodívar perteneciente a la CGRAA. En esta línea, el objetivo de este trabajo trata de aportar un valor añadido respecto a la existente literatura dedicada al estudio de la eficiencia en el uso de agua en la agricultura y de analizar los niveles de eficiencia en la CGRAA, comunidad que abarca más de 125.000 hectáreas de regadío, y en cada una de sus 58 comunidades durante la primera década del siglo XXI. A su vez, se pretende también analizar si el volumen de agua disponible en la actualidad es suficiente para el riego de los cultivos, de modo que permita consolidar la producción de los próximos años.

Tras esta breve introducción en la que se han observado las demandas de agua en la CGRAA, en la siguiente sección se obtienen los niveles de eficiencia en el uso del agua. En el tercer apartado se utilizan los niveles de eficiencia calculados para analizar si la dotación de agua es suficiente para cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos y estimar los posibles déficits. Finalmente, se cierra con las principales conclusiones y algunas recomendaciones.

2. Niveles de eficiencia en el regadío

Para estimar los niveles de eficiencia en el uso de agua para riego, es preciso conocer primero las necesidades hídricas netas de cada uno de los cultivos según la zona donde se encuentren. Las comarcas sobre las que se extienden las 58 comunidades que agrupan la CGRAA son Monegros, Hoya de Huesca, Somontano de Barbastro, Zaragoza, Bajo Cinca y Cinca Medio. Como la información disponible sobre necesidades hídricas de los cultivos es de tipo comarcal, se relacionan las comunidades con las comarcas donde se sitúan para aproximarnos a las necesidades hídricas de cada cultivo en cada comunidad de riego. La Tabla 3 muestra el volumen de agua por hectárea que necesita cada cultivo para su supervivencia en cada comarca. Antes de pasar a analizar los requerimientos netos de cada cultivo conviene comprender mejor el balance de agua en suelo regado. Como presentan Faci y Martínez (1990), las entradas de agua se obtienen del riego (R) y de la precipitación (P), mientras que las salidas son la evapotranspiración (ET) y las pérdidas de riego por escorrentía (N) y por percolación profunda (PP). De modo que:

$$R + P = ET + N + PP \pm \Delta w$$

siendo Δw la variación de humedad del suelo que depende de la acumulación o extracción de agua del suelo. Así pues, las necesidades de agua de riego incluyen la suma de las necesidades hídricas netas de los cultivos y las pérdidas producidas en el sistema de riego, esto es, $N + PP \pm \Delta w$.

Las necesidades hídricas netas constituyen la cantidad de agua que se ha de suministrar a la zona de cultivo mediante el riego, y deben verse como valores para un año medio con unas condiciones climáticas generales. Como se explica en Martínez-Cob *et al.* (1998), estas necesidades hídricas netas (NH) se obtienen de la siguiente ecuación:

$$NH = ET - PE$$

donde *ET* representa la evapotranspiración de los cultivos que constituye las necesidades hídricas brutas de los cultivos para su desarrollo óptimo y representa la cantidad de agua que debe existir en la zona del cultivo para satisfacer su demanda evaporativa; mientras que *PE* representa la precipitación efectiva, que calculamos a partir de la precipitación total mensual¹ durante el período de cultivo. Notemos que estas *NH* no incluyen las escorrentías ni la percolación profunda, que son difíciles de eliminar, especialmente la percolación. Como no incluimos $N + PP \pm \Delta w$ en la definición de las *NH*, estas corresponden a una situación ideal de laboratorio o parcela donde no existiera escorrentía ni percolación por la presencia de un suelo inferior impermeable y donde se mantuviera la humedad media.

La estimación de las *NH* de una parcela o zona permite a los agricultores aplicar de una manera más precisa y con menor error la dosis de riego necesaria para cada tipo de cultivo, consiguiendo así una mayor eficiencia. Como se observa en la Tabla 3, los cultivos de maíz, arroz, alfalfa y frutales son los que mayor volumen de agua requieren, mientras que otros cultivos como trigo, cebada o leguminosas son los que menos.

¹Esta se calcula, a su vez, a partir de los valores medios mensuales de la precipitación total para el año medio.

Tabla 3: Necesidades hídricas netas en m³/ha

Cultivos	Monegros	Hoya de Huesca	Zaragoza	Somontano de Barbastro	Bajo Cinca	Cinca Medio	Media ponderada ²
Trigo	2.420	1.890	2.480	2.140	2.610	2.375	2.309
Cebada	2.050	1.570	2.090	1.520	2.230	1.943	1.900
Maíz	5.520	4.940	5.900	5.040	5.760	5.405	5.372
Arroz	8.450	7.840	8.145	8.145	8.145	8.145	8.282
Otros cereales	4.950	4.270	4.950	4.190	5.380	3.438	4.643
Cultivos industriales	4.850	4.370	5.000	4.260	5.060	4.647	4.686
Leguminosas	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335
Patata	4.455	4.455	4.455	2.935	2.935	2.935	4.045
Alfalfa en verde	6.610	5.440	7.010	5.530	7.190	6.310	6.286
Otras plantas forrajeras	3.880	3.295	4.235	3.340	4.170	3.730	3.721
Hortalizas	3.717	3.717	3.717	3.542	3.542	3.542	3.670
Frutales	6.287	5.489	7.023	5.489	7.085	6.287	6.093
Almendro	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300	5.300
Olivo	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880
Viñedo	4.730	4.730	4.660	4.730	4.730	4.730	4.729

Fuente: Elaboración propia a partir de Martínez-Cob *et al.* (1998).

2.1. Niveles de eficiencia

La eficiencia de riego se define como el porcentaje de agua suministrada a un cultivo que sirve para cubrir sus necesidades, ver Playán (1994). En los sistemas de riego se producen distintos tipos de pérdidas a lo largo de los distintos niveles de organización. En la Tabla 4 se muestran algunas de las principales pérdidas.

Tabla 4: Principales pérdidas en los sistemas de riego

Parcela	Percolación profunda
	Escorrentía
	Evaporación y arrastre por viento
Canal principal y comunidad de riegos	Filtraciones y evaporación desde el canal, acequias
	Vertidos a cauces naturales y desagües
	Evapotranspiración de plantas situadas en los márgenes de los canales, acequias y embalses.
	Pérdidas en tuberías

Fuente: Playán (1994).

La eficiencia del riego se puede descomponer en distintos tipos. Este trabajo analiza tres tipos: eficiencia en parcela, eficiencia total y eficiencia de transporte o distribución. En las siguientes ecuaciones se define cada una de ellas:

²Se pondera en función de la participación de cada comarca en la superficie de regadío de la CGRAA en el año 2010.

$$\text{Eficiencia en parcela} = \frac{\text{necesidades hídricas netas de los cultivos}}{\text{agua que se aplica a las parcelas}}$$

$$\text{Eficiencia transporte} = \frac{\text{agua que se aplica a las parcelas}}{\text{agua tomada del embalse principal}}$$

De modo que:

$$\text{Eficiencia total} = \text{eficiencia en parcela} \times \text{eficiencia transporte}$$

Una estimación exacta de la eficiencia en el uso de agua para riego en la CGRAA requiere la disponibilidad de datos y su análisis para cada una de las 58 comunidades ordinarias que la componen. En este trabajo, se analizan 45 comunidades ordinarias durante los últimos diez años, con una superficie total de 119.571 hectáreas de pleno derecho en 2010, y 124.452 hectáreas totales. Este regadío supone el 98% de la totalidad de la CGRAA, por lo que las estimaciones obtenidas son muy fiables y pueden considerarse una representación casi perfecta de la situación real de la CGRAA.

Para estimar las anteriores eficiencias, en primer lugar, se realiza un análisis de la distribución de la superficie de riego por tipo de cultivos en cada una de las comunidades, partiendo de las distribuciones de cultivos de regadío por municipios obtenida de DGA (2011). En segundo lugar, una vez obtenido el número de hectáreas de cada cultivo, multiplicando por las necesidades hídricas netas de cada cultivo expuestas en la Tabla 3 se obtiene el consumo de agua total en la comunidad, es decir, el volumen de agua adicional que requieren los cultivos, dada la precipitación media estimada en cada zona y sin contabilizar en las necesidades el agua de escorrentía, la percolación profunda ni otras pérdidas. La comparación de este consumo físico total con el volumen de agua del embalse utilizado para el riego, permite obtener el nivel de eficiencia total. Si se compara con el agua aplicada en la parcela, el resultado que obtendremos será la correspondiente eficiencia en parcela.

La comparación del volumen de agua suministrado desde el embalse con el volumen de agua utilizado en parcela para riego, industria y abastecimiento determina el volumen de agua que se pierde en el transporte y permite obtener la eficiencia en el proceso de transporte de agua del embalse a los usuarios. En la tabla 5 se recogen los resultados obtenidos de la Tabla 2 referentes a la eficiencia de transporte en el regadío. El volumen de demanda al embalse, ya sea para uso industrial, abastecimiento o riego ha sido en promedio de 726,1 hm³, lo que supone una eficiencia en el transporte desde el embalse del 85,77% en promedio y una pérdida media del 14,23%. A excepción del año 2009, se observa una tendencia creciente en la eficiencia del proceso de transporte, que pasa del 84,03% en 2001 al 91,53% en 2010.

Tabla 5: Eficiencia del transporte desde el embalse a parcela de riego

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Hm ³ salida de embalse	1.025,2	909,1	912,2	949,0	565,7	747,7	874,7	696,3	949,2	847,6	847,7
Hm ³ de demanda en parcela para riego, industria y abastecimiento	861,5	778,0	797,8	835,8	471,2	651,7	774,2	615,8	698,7	775,9	726,1
% Eficiencia transporte	84,03	85,57	87,46	88,07	83,29	87,16	88,51	88,44	73,68	91,53	85,77
Hm ³ de pérdida del transporte de embalse a destino	163,7	131,2	114,4	113,3	94,5	96,0	100,5	80,5	253,3	71,8	121,9
% Pérdida de transporte	15,97	14,43	12,54	11,93	16,71	12,84	11,49	11,56	26,32	8,47	14,23

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se resumen los niveles de eficiencia total y en parcela alcanzados. Los datos individualizados de cada comunidad se muestran en el Anexo³. La eficiencia total promedio en los últimos diez años en la CGRAA ha sido del 61% si suponemos que el agua se dedica únicamente a las hectáreas de pleno derecho. Si se considera que se riegan el total de hectáreas que agrupan la CGRAA, el nivel de eficiencia alcanza el 62%. Teniendo en cuenta que la pérdida media del transporte de agua desde el embalse a parcela es del 14,23%, la eficiencia media en parcela en la CGRAA a lo largo de la década es del 72% si se considera que se riegan las hectáreas de pleno derecho, y del 73% si se riegan todas las hectáreas. Estos niveles suponen un uso bastante eficiente, aunque mejorable, del agua para riego, especialmente si tenemos en cuenta que incluyen como pérdidas la percolación profunda, el arrastre del viento y la evaporación en la aplicación, que en Huesca pueden alcanzar el 9,5%, MARM (2001), y que los niveles de eficiencia total hace tres o cuatro décadas estaban situados alrededor del 45%.

Tabla 6: Niveles de eficiencia en parcela y total (2001-2010)

	Ha pleno derecho	Ha totales
Parcela	72%	73%
Total	61%	62%

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados coinciden con los trabajos previos que estiman el nivel de eficiencia en el Alto Aragón como el trabajo de Tedeschi *et al.* (2001) que obtiene niveles de eficiencia del 60% a finales del siglo XX en la zona de Monegros II, o el de Playán *et al.* (2000) que calculan niveles medios de eficiencia del 62% a principios del siglo XXI, obteniendo mejores resultados en algunas zonas con niveles de eficiencia en parcela del 77%. En trabajos más recientes, García *et al.* (2009) obtienen niveles de eficiencia de riego medios del 73% en zonas próximas a la CGRAA. Este trabajo, por tanto, confirma estos resultados parciales, rellenando las lagunas existentes y dando estimaciones de los niveles de eficiencia de riego y de los usos para el conjunto de la CGRAA.

³En la tabla del anexo por comunidades aparecen valores de eficiencia en parcela y total del 100%, especialmente en la columna correspondiente al año 2005. Estas cifras corresponden a riegos en precario, que usan cantidades de agua por debajo de las que necesita la planta y que llevan a cifras de eficiencia, de acuerdo con la definición establecida, superiores al 100%. En todas las estimaciones que usamos en el trabajo, las eficiencias usadas nunca superan el 100%, y coinciden con las de la tabla del Anexo, corrigiendo parcialmente el sesgo que producen los riegos en precario.

2.2. Evolución de los niveles de eficiencia

En la Tabla 7 se observa la evolución anual a lo largo de la década de los tres niveles de eficiencia: transporte, parcela y total, revelándose una tendencia ligeramente creciente en los tres niveles. Esto se debe en buena medida a la mejora en las técnicas de riego empleadas. En el año 2005, el año más seco de la década, los niveles de eficiencia tanto en parcela como totales son muy elevados y alcanzan el 80% y 96% respectivamente, resultados similares a los obtenidos para ese año en García *et al.* (2009), aunque la eficiencia en el transporte disminuye. También en 2008, otro año seco, aumentan significativamente los niveles de eficiencia total y en parcela, pero esta vez la eficiencia en transporte mantiene un nivel de eficiencia elevado. En el año 2009 se observa una importante caída en la eficiencia total, pero esta no se produce por un uso ineficiente del agua en parcela, ya que esta mantiene un nivel elevado, sino por un aumento en la disponibilidad de agua, que obliga a realizar vertidos por falta de volumen de almacenamiento y que hace caer la estimación de la eficiencia del transporte.

Tabla 7: Evolución anual de los tres niveles de eficiencia

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Transporte	84%	86%	87%	88%	83%	87%	89%	88%	74%	92%	86%
Parcela	66%	68%	69%	66%	96%	78%	65%	71%	71%	65%	72%
Total	55%	58%	60%	58%	80%	68%	58%	63%	52%	59%	61%

Fuente: Elaboración propia.

3. El déficit de agua en el Alto Aragón

Tras obtener los niveles de eficiencia y las necesidades hídricas de cada planta, es posible comprobar si el volumen de agua suministrado a la CGRAA y que ha mostrado una tendencia ligeramente decreciente, es suficiente para el riego de los cultivos, o si por el contrario existe un déficit para cubrir sus necesidades hídricas. Si tenemos en cuenta que el nivel medio de eficiencia total es del 61%, con la dotación media en salida de embalse de 6.973 m³/ha, ver Tabla 2, se obtiene una dotación neta media de 4.254 m³/ha. Al observar la Tabla 3 donde se muestran las necesidades hídricas de los cultivos, observamos que los 4.254 m³/ha son insuficientes en todas las comarcas de la comunidad para el riego de cultivos como el maíz, el arroz, los cultivos industriales, la patata, la alfalfa, los frutales, el almendro o el viñedo. Si la eficiencia total se elevara al 70%, con esos 6.973 m³/ha se obtendría una dotación de 4.881 m³/ha, que sigue siendo insuficiente para el maíz, el arroz, la alfalfa, los frutales o el almendro en todas las comarcas. En consecuencia, incluso en un año medio es imposible dedicar la totalidad de la superficie a cultivar maíz, arroz, alfalfa, frutales o almendro, que son los productos más rentables y de gran interés por su papel básico para la industria, la elaboración de piensos y la importación. Por tanto, el desarrollo de productos más exigentes de agua en la CGRAA, que tengan una mayor rentabilidad económica y que permitan hacer frente a la costosa modernización, puede verse realmente limitada por la falta e inseguridad del suministro de agua, con independencia de que estos cultivos sean económicamente viables y demandados por el mercado nacional e internacional.

Estos resultados muestran que la dotación de agua es insuficiente en la situación actual del regadío. Por ello, a continuación se cuantifica cuál es la falta de agua o déficit bajo las

condiciones actuales usándose la estructura de cultivos media de 2001 a 2010. Esta situación describe la situación del año a año, y está claramente afectada por los procesos de ajuste que realizan los agricultores con la información disponible al comienzo de campaña.

En la Tabla 8 puede verse la comparación entre el volumen de agua necesario para cubrir los requerimientos hídricos necesarios para el riego⁴ con niveles de eficiencia total del 60% y 70%, y el volumen de agua realmente suministrado a la CGRAA durante esos años. La diferencia entre estos volúmenes permite conocer el déficit y la disponibilidad de agua respecto a los volúmenes suministrados. Los valores positivos indican que el volumen de agua demandada superó al suministro, presentándose por tanto un déficit, por el contrario los valores negativos señalan que el volumen de agua suministrado cubrió totalmente las demandas. Nótese, que al elevarse el nivel de eficiencia, los déficits que se presentan son menores o pasan a ser superávits (cifras negativas), aumentando por el contrario los superávits (cifras negativas de mayor tamaño).

Los resultados muestran que con un nivel de eficiencia total del 60%, muy similar al nivel actual, se obtienen déficits de agua en cinco de los 10 años, en concreto, en los últimos años a excepción del año 2009. Si el nivel de eficiencia total se eleva al 70%, sólo falta agua en tres años, los tres años más secos. No obstante, no debemos olvidar las condiciones de estas estimaciones que son tener una eficiencia sobre agua desembalsada del 70% y tener una estructura de cultivos muy alejada de lo deseable por rentabilidad. En el caso de utilizar una estructura de cultivos más exigente en agua por hectárea cultivada, como es el caso de la estructura del año 2001 debido a un mayor peso de la alfalfa y el maíz, los resultados serían mucho más alarmantes.

Tabla 8: Requerimientos de agua en la CGRAA para la distribución media de cultivos 2001-2010

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Necesidades hídricas		515	519	521	523	526	527	540	530	532	533
Hm³ suministrados		1.025	909	912	949	566	748	875	696	949	848
Nivel de eficiencia 60%	Demanda requerida	859	865	868	871	876	878	900	883	887	888
	Hm³ de déficit	-166,5	-43,9	-44,6	-78,1	310,4	130,2	25,4	186,8	-62,0	40,2
Nivel de eficiencia 70%	Demanda requerida	736	742	744	747	751	752	772	757	760	761
	Hm³ de déficit	-289,1	-167,5	-168,5	-202,5	185,3	4,8	-103,2	60,7	-188,7	-86,7

Fuente: Elaboración propia.

Por último, ante los planes previstos de extender la superficie de cultivo hasta 185.000 hectáreas, conviene analizar si los niveles de suministro de agua actuales permitirán cubrir las necesidades hídricas de esos cultivos. En la Tabla 9 se plantean dos escenarios posibles, en el primer escenario se extiende la superficie de cultivo hasta las 150.000 hectáreas, y en el segundo escenario se alcanzan las 185.00 hectáreas, asumiéndose en ambos el patrón de cultivos del año 2001 y que el agua suministrada es la media de los diez años, 848 hm³, ver Tabla 2. Los resultados muestran que el déficit de agua alcanza los 620 hm³ si se quieren regar las 185.000 hectáreas con un nivel de

⁴Se considera la media ponderada de los requerimientos hídricos obtenida en la Tabla 3.

eficiencia del 60% y los 410 hm³ si el nivel de eficiencia total se eleva al 70%. Las cifras son menores para las 150.000 has, pero también elevadas, 342 hm³ y 172 hm³.

Tabla 9: Previsiones de requerimientos de agua (Hm³)

Hectáreas	150.000		185.000	
	60%	70%	60%	70%
Necesidades hídricas	714	714	881	881
Hm ³ demanda requerida	1.190	1.020	1.468	1.258
Hm ³ suministrados	848	848	848	848
Hm ³ de déficit	342	172	620	410

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones y reflexiones finales

La situación de los recursos hídricos para riego en los últimos años difiere de la situación a lo largo del siglo XX, situación que permitía aplicar modelos de oferta para satisfacer la demanda de los diversos usos posibles. Esto hace que en la actualidad, la gestión del agua deba adaptarse a la situación hídrica de cada zona, lo que ha impulsado otros principios que buscan la eficiencia, la sostenibilidad y el mantenimiento del buen estado de las aguas. En este marco, las comunidades de regantes pueden jugar un papel fundamental, ya que son los principales usuarios del agua regulada y obtienen sus rentas de los usos de ésta.

En este contexto, este trabajo analiza la situación hídrica en el Alto Aragón durante la primera década del siglo XXI, en concreto realiza un estudio de los niveles de eficiencia en el uso de agua para riego en la Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, un sistema de regadío que concentra 2/3 aproximadamente del regadío de Huesca y que incluye 58 comunidades de regantes.

Desde el punto de vista de la demanda, esta comunidad se enfrenta a varios hechos, por una parte debe cubrir demandas crecientes por parte de los abastecimientos urbanos y de las industrias. Estas demandas presentan una menor elasticidad y una mayor rigidez que las demandas de los agricultores, aunque porcentualmente en estos momentos son una parte pequeña de los usos. Por otro lado, el agua suministrada a la CGRAA no ha crecido en los últimos 20 años (su regulación es prácticamente la misma que hace dos décadas) pero sí lo ha hecho la superficie regada, los hechos nos obligan a asumir que en la actualidad se está utilizando el agua de forma más eficiente que a principios de siglo, sólo así se puede regar más superficie con las mismas dotaciones. Así pues, los resultados señalan una eficiencia total media en la CGRAA a lo largo de los diez años del 61%, lo que supone un nivel de eficiencia media en parcela del 72%. Estas cifras resultan muy significativas especialmente si se tienen en cuenta los niveles de eficiencia total inferiores al 45% que se obtenían hace tres o cuatro décadas.

Este nivel de eficiencia alcanzado del 61%, permite obtener una dotación neta para la planta de 4.254 m³/ha, lo que resulta insuficiente para cultivos como el maíz, el arroz, los cultivos industriales, la patata, la alfalfa, los frutales, el almendro o el viñedo. Si la eficiencia total se elevara al 70%, la dotación que se obtendría seguiría siendo insuficiente para el maíz, el arroz, la alfalfa, los frutales o el almendro. Esta insuficiencia

será más grave a medida que la extensión de cultivo en regadío crezca como está previsto. En concreto, si se pasa a las 185.000 hectáreas previstas, los déficits de 620 y 410 hm³ según el nivel de eficiencia serían tan elevados que es imposible cubrirlos con garantía con las dotaciones actuales. Y aunque sólo se llegase a las 150.000 hectáreas, las dotaciones actuales serían igualmente insuficientes ya que se obtendría un déficit de 172 hm³, aún con niveles de eficiencia total del 70%.

Como principales recomendaciones que pueden ser de ayuda para mejorar este marco de decisión, en primer lugar es necesario finalizar en el corto plazo los procesos de modernización, alcanzando en los próximos 10 ó 15 años la eficiencia del 70%, aunque para ello se deban cofinanciar las transformaciones. En segundo lugar, se requieren nuevas regulaciones, ya que la garantía de agua para los riegos actuales es muy baja, como demuestran los fuertes déficits registrados especialmente en los años secos. No obstante, como ya hemos dicho, esta mayor capacidad de regulación no debería usarse para extender el regadío, que ya supera en estos momentos las 130.000 hectáreas, sino para consolidar los existentes, aumentar las garantías de suministro y crear algún tipo de regulación plurianual. Y por último, debería por tanto promoverse una moratoria sobre la extensión de los regadíos futuros, limitando el regadío al existente, a unas 130.000 hectáreas; esta es la única manera de evitar frustraciones en las expectativas creadas tanto a los agricultores como al conjunto de la sociedad. Más aún, debería plantearse una política de retirada de las tierras del regadío más problemático (mala calidad de la tierra, alta salinidad, o costes energéticos muy elevados), retirada que se justifica en la baja rentabilidad de esas tierras o en el fuerte impacto medioambiental.

5. Bibliografía

- Bielsa J., Cazcarro, I. y Sancho, Y. (2011). "Integration of hydrological and economic approaches to water and land management in Mediterranean climates: an initial case study in agriculture". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(4):1076-1088.
- DGA. (2009). *Anuario de Estadístico Agrario de Aragón 2008-2009*. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón.
- DGA. (2011). *Superficies de cultivo PAC*. Departamento de Agricultura y Alimentación. Gobierno de Aragón.
- García, I., Causapé, J. y Abrahao, R. (2009). "Evolution of the efficiency and agro-environmental impact of a traditional irrigation land in the middle Ebro Valley (2001-2007)". *Spanish journal of agricultural research*, 7(2):465-473.
- Faci, J.M., Martínez-Cob, A. (1990). "Necesidades de agua de riego de los cultivos en Aragón". *Surcos de Aragón*, 27:13-23.
- MARM. (2001). *Evaluación de un perímetro de riego en la zona regable del Cinca (Huesca)*. Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino. Madrid.
- MARM. (2010). *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2010*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Martínez-Cob, A., Faci, J.M. y Bercero, A. (1998). *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las Comarcas de Aragón*. Institución Fernando el Católico. Diputación de Zaragoza.
- Pinilla, V. (2008). *Gestión y usos del agua en la Cuenca del Ebro en el siglo XX*. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Playán, E., Slatni, A., Castillo, R. y Faci, J.M., (2000). "A case study for irrigation modernisation. II. Scenario analysis". *Agricultural Water Management*. 42(3):335-354.
- Playán, E. (1994). "Eficiencia en el aprovechamiento del agua por el regadío". *Geórgica*, 3: 99-128.
- Sánchez-Chóliz, J. y Duarte, R. (2006). "Mirando al futuro con esperanza". *Riegos del Alto Aragón. Impacto económico y social 1953-2003*, 8:237-260.
- Tedeschi, A., Beltrán, A. y Aragüés, R., (2001). "Irrigation management and hydrosalinity balance in a semi-arid area of the middle Ebro river basin (Spain)". *Agricultural Water Management*, 49(1):31-50.

Anexo: Evolución de los niveles de eficiencia por comunidades⁵

Comunidades de Regantes		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
TARDIENTA	Total	83%	76%	100%	85%	79%	84%	76%	*	60%	68%	81%
	Parcela	100%	89%	100%	96%	95%	96%	86%	*	83%	75%	92%
TORRALBA DE ARAGON	Total	60%	63%	70%	67%	96%	89%	79%	76%	35%	*	75%
	Parcela	71%	73%	80%	77%	100%	100%	89%	87%	48%	*	85%
ALMUDEVAR	Total	39%	41%	45%	47%	64%	57%	53%	67%	*	81%	55%
	Parcela	46%	48%	52%	53%	78%	65%	60%	76%	*	89%	63%
EL TEMPLE	Total	33%	32%	33%	32%	55%	41%	34%	33%	23%	31%	35%
	Parcela	39%	38%	38%	37%	66%	47%	39%	38%	31%	34%	41%
GURREA DE GALLEGO	Total	32%	32%	35%	36%	57%	41%	39%	39%	26%	37%	38%
	Parcela	38%	37%	40%	42%	69%	48%	45%	45%	36%	40%	44%
LLANOS DE CAMARERA	Total	86%	75%	74%	65%	93%	70%	54%	41%	24%	32%	61%
	Parcela	100%	89%	86%	75%	100%	80%	62%	47%	33%	35%	71%
JOAQUÍN COSTA	Total	47%	50%	51%	52%	92%	67%	57%	62%	35%	45%	56%
	Parcela	56%	59%	59%	60%	100%	77%	64%	70%	48%	49%	64%
COLLARADA 1ª SECCIÓN	Total	75%	83%	92%	83%	*	82%	81%	97%	81%	*	83%
	Parcela	89%	97%	100%	95%	*	94%	92%	100%	100%	*	95%
COLLARADA 2ª SECCIÓN	Total	71%	73%	80%	75%	83%	75%	75%	83%	47%	51%	71%
	Parcela	85%	85%	91%	85%	100%	87%	85%	95%	65%	55%	83%
CARTUJA-SAN JUAN	Total	38%	43%	46%	44%	68%	50%	37%	41%	32%	40%	44%
	Parcela	46%	51%	53%	50%	82%	58%	42%	47%	44%	44%	51%
LANAJA	Total	38%	43%	43%	41%	59%	67%	41%	51%	34%	46%	46%
	Parcela	45%	51%	50%	47%	71%	77%	47%	58%	47%	50%	54%
ORILLENIA	Total	50%	58%	54%	53%	76%	59%	26%	36%	38%	47%	50%
	Parcela	60%	68%	62%	60%	92%	68%	29%	41%	52%	51%	58%
SECTOR VIII MONEGROS	Total	50%	49%	52%	51%	76%	60%	50%	56%	45%	83%	57%
	Parcela	59%	57%	60%	58%	92%	69%	57%	64%	62%	91%	67%
LALUEZA	Total	60%	64%	77%	72%	98%	75%	85%	*	*	*	76%
	Parcela	72%	75%	88%	82%	100%	86%	96%	*	*	*	86%
ALBERO BAJO	Total	50%	57%	63%	42%	72%	51%	53%	43%	49%	66%	55%
	Parcela	59%	66%	73%	48%	86%	59%	60%	49%	67%	72%	64%
ALMUNIENTE	Total	56%	65%	72%	62%	100%	79%	64%	80%	59%	73%	71%
	Parcela	67%	76%	83%	71%	100%	91%	73%	91%	80%	80%	81%
BUÑALES	Total	68%	51%	63%	40%	75%	51%	53%	43%	49%	66%	56%
	Parcela	81%	60%	73%	45%	91%	59%	60%	49%	67%	72%	66%
CALLEN	Total	57%	63%	63%	59%	75%	59%	55%	54%	60%	60%	60%
	Parcela	68%	73%	72%	68%	90%	67%	62%	61%	55%	65%	68%
GRAÑEN-FLUMEN	Total	69%	75%	88%	76%	98%	83%	75%	74%	54%	68%	76%
	Parcela	82%	88%	100%	87%	100%	95%	85%	84%	75%	74%	87%
SANGARREN	Total	89%	77%	86%	76%	*	80%	*	*	66%	78%	79%
	Parcela	100%	90%	99%	87%	*	92%	*	*	91%	85%	92%
SECTOR VII FLUMEN	Total	72%	67%	73%	67%	81%	65%	59%	63%	48%	61%	66%
	Parcela	86%	78%	84%	77%	98%	75%	67%	71%	66%	66%	77%

⁵La CC.RR de Pertusa no se incluye debido a que, por fiabilidad de los datos, el nivel de eficiencia se corresponde exclusivamente para el año 2001. Lo mismo ocurre con la CC.RR de Nº1 Canal del Cinca, que con niveles de eficiencia total medios del 118% y en parcela del 137%, debido al riego por goteo de la vid, no se incluye.

Comunidades de Regantes		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
SECTOR X FLUMEN	Total	65%	64%	68%	62%	77%	67%	52%	61%	43%	53%	61%
	Parcela	77%	74%	77%	71%	93%	77%	59%	70%	60%	58%	72%
SECTOR XI FLUMEN	Total	46%	52%	47%	47%	79%	63%	49%	71%	56%	67%	58%
	Parcela	55%	61%	54%	54%	96%	73%	55%	80%	77%	73%	68%
SODETO-ALBERUELA	Total	73%	76%	59%	55%	67%	67%	54%	56%	44%	54%	60%
	Parcela	87%	88%	67%	63%	80%	77%	61%	64%	60%	59%	71%
TORRES DE BARBUES	Total	65%	71%	72%	66%	*	99%	70%	93%	59%	52%	72%
	Parcela	77%	83%	82%	75%	*	100%	80%	100%	81%	57%	82%
TRAMACED	Total	82%	80%	81%	72%	88%	*	82%	*	*	*	81%
	Parcela	98%	94%	93%	81%	100%	*	93%	*	*	*	93%
VICIEN	Total	32%	35%	50%	43%	76%	52%	64%	56%	34%	43%	49%
	Parcela	38%	42%	58%	49%	92%	60%	72%	63%	46%	48%	57%
BARBUES	Total	48%	49%	48%	46%	75%	54%	47%	46%	29%	45%	49%
	Parcela	58%	58%	55%	53%	91%	62%	53%	53%	40%	49%	57%
CANDASNOS	Total	60%	60%	70%	70%	96%	67%	66%	58%	50%	61%	66%
	Parcela	71%	71%	80%	79%	100%	77%	75%	66%	68%	67%	75%
LA SABINA	Total	74%	72%	72%	69%	88%	48%	55%	66%	53%	61%	66%
	Parcela	89%	85%	83%	79%	100%	56%	63%	74%	72%	66%	77%
MONTESNEGROS	Total	61%	67%	64%	66%	100%	73%	65%	63%	46%	58%	66%
	Parcela	73%	79%	74%	75%	100%	84%	73%	72%	63%	63%	75%
SAN MIGUEL	Total	45%	62%	59%	64%	95%	64%	48%	54%	44%	59%	59%
	Parcela	54%	72%	68%	72%	100%	73%	55%	61%	60%	64%	68%
ALCONADRE	Total	54%	55%	55%	57%	66%	73%	63%	61%	49%	61%	59%
	Parcela	65%	64%	63%	65%	79%	84%	72%	69%	67%	67%	70%
LASESA	Total	55%	57%	59%	57%	74%	75%	60%	52%	*	52%	60%
	Parcela	65%	67%	67%	64%	89%	86%	68%	59%	*	57%	69%
LA CAMPAÑA	Total	46%	56%	44%	47%	63%	80%	59%	70%	49%	59%	57%
	Parcela	55%	65%	51%	54%	77%	92%	67%	80%	68%	65%	67%
LAS ALMÁCIDAS	Total	65%	64%	73%	69%	91%	64%	58%	80%	53%	62%	68%
	Parcela	78%	76%	84%	78%	100%	74%	65%	91%	73%	67%	79%
MIGUEL SERVET	Total	57%	65%	73%	83%	100%	65%	62%	70%	54%	58%	69%
	Parcela	68%	76%	84%	95%	100%	74%	70%	79%	75%	64%	78%
SAN PEDRO	Total	63%	55%	61%	48%	65%	56%	66%	56%	38%	46%	55%
	Parcela	75%	64%	70%	54%	79%	65%	74%	63%	53%	51%	65%
SANTA CRUZ	Total	50%	49%	53%	52%	84%	55%	48%	55%	38%	47%	53%
	Parcela	59%	57%	60%	60%	100%	63%	55%	63%	53%	51%	62%
VAL DE ALFERCHE	Total	68%	72%	83%	75%	77%	89%	73%	89%	62%	73%	76%
	Parcela	81%	84%	95%	85%	93%	100%	82%	100%	85%	80%	89%
A-19-20	Total	59%	56%	59%	58%	77%	82%	62%	74%	56%	68%	65%
	Parcela	71%	66%	68%	66%	93%	94%	71%	84%	77%	74%	76%
LA CORONA	Total	98%	87%	100%	98%	87%	74%	68%	74%	60%	86%	83%
	Parcela	100%	100%	100%	100%	100%	85%	77%	84%	83%	94%	93%

*No se incluyen estos años por falta de fiabilidad de los datos.

Fuente: Elaboración propia.