

## COMUNIDADES DE REGANTES

# Consumo y coste del agua y la energía en regadío

Ruiz Canales, A  
Rocamora Osorio, MC  
Abadía Sánchez, R  
Puerto Molina, H

*Aqua y Energía para una Agricultura Sostenible (AEAS).  
Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel  
Hernández. Escuela Politécnica Superior de Orihuela*

Melián Navarro, A

*Aqua y Energía para una Agricultura Sostenible (AEAS).  
Departamento de Economía Agroambiental, Universidad  
Miguel Hernández. Escuela Politécnica Superior de  
Orihuela*

Cámara Zapata, JM

*Aqua y Energía para una Agricultura Sostenible (AEAS).  
Departamento de Física y Arquitectura de Computadores,  
Universidad Miguel Hernández. Escuela Politécnica  
Superior de Orihuela*

Molina Martínez, JM

*Ingeniería Agronómica y del Mar. Departamento de  
Ingeniería de los Alimentos y del Equipamiento Agrícola,  
Universidad Politécnica de Cartagena*

El agua y la energía representan costes significativos en la agricultura de regadío. Los costes de ambos recursos varían de unas comunidades de regantes a otras según las características de las zonas regables. Se ha realizado un estudio de costes a partir de los resultados de auditorías energéticas llevadas a cabo en comunidades de regantes de la provincia de Alicante con similares características en cuanto a cultivos, parcelación y sistema de riego. Se exponen en este artículo los resultados más relevantes.

La directiva marco del agua de la unión Europea 2000/60/CE establece que los recursos hídricos son un patrimonio colectivo y, por tanto, deben ser protegidos, defendidos y tratados como tales. Esta normativa también está contemplada en la legislación española. La Directiva Marco del Agua, el Plan Hidrológico Nacional y el Plan Nacional de regadíos consideran el agua como recurso fundamental y contemplan mejoras en la gestión de los recursos hídricos. Éstos van ligados a los recursos energéticos en la mayoría de los sectores productivos y, en particular, en el regadío. Adicionalmente, el ahorro y la eficiencia energética son herramientas básicas del desarrollo económico de los países de la unión Europea y el cumplimiento de sus compromisos frente al cambio climático se han plasmado en una serie de Directivas, Estrategias y Planes de Acción siendo fundamentales la "Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos" y la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética E4 2004-2012. Por lo expuesto anteriormente, las nuevas estrategias de gestión de recursos hídricos y energéticos en agricultura están orientadas a conseguir el máximo margen bruto junto con la sostenibilidad de los recursos, alcanzando máximos rendimientos en la producción.

## AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

En los últimos años se han realizado auditorías energéticas en diversas comunidades de regantes (ccrr) repartidas por

todo el territorio español. La realización de estas auditorías está subvencionada por el instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (iDAE), dependiente del Ministerio de industria, a través de las agencias de la energía de las diferentes comunidades Autónomas. En este trabajo se muestran algunos resultados de auditorías energéticas llevadas a cabo en ocho comunidades de regantes por el grupo de investigación Agua y Energía para una Agricultura Sostenible (AEAS) de la universidad Miguel Hernández de Elche (uMH). Estas auditorías han permitido evaluar la situación energética de las comunidades de regantes y proponer medidas para reducir el consumo energético.

Dichas auditorías se realizaron según el Protocolo editado por iDAE (Abadía et al., 2008) en un intervalo de varios años, si



## ACTUACIONES PARA FAVORECER EL AHORRO DE ENERGÍA EN REGADÍO

La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, a través de los planes de acción 2005-2007 y 2008-2012, ha impulsado en estos últimos años una serie de medidas tendentes a favorecer la eficiencia energética de diferentes sectores productivos (Ministerio de Economía, 2003). Para el regadío se concretan en las siguientes actuaciones:

- Mejora de la tecnología: la implantación de tecnologías para reducir los consumos de agua, que repercutirá directamente en el consumo de energía.
- Cambio de sistema de aplicación del riego por aspersión a riego localizado: los sistemas de riego más eficientes en el uso del agua pueden conseguir, además una reducción de la altura de elevación en cabecera de las redes.
- Optimización del dimensionado de las instalaciones: un diseño óptimo de las redes de riego y estaciones de bombeo minimizará los costes totales a lo largo de la vida útil de las instalaciones.
- Mantenimiento de las instalaciones: un adecuado mantenimiento puede reducir los costes energéticos de explotación.
- Mejora de la gestión de los acuíferos: la incorporación de aguas depuradas favorecerá la recuperación de los acuíferos sobreexplotados, facilitando el bombeo del agua desde una menor profundidad; mejora e implantación de sistemas de regulación y control del agua.
- Establecimiento de consumos energéticos de referencia.
- Mejora de la formación de los regantes en técnicas de eficiencia energética.

bien cada una de ellas se ha realizado con los datos de una campaña de riego.

Para la realización del estudio se obtuvieron los valores de una serie de indicadores de gestión energética (descriptivos y de rendimiento). Ello permitió esbozar en grandes cifras unos ratios de consumo y de costes de agua y energía en las comunidades de regantes estudiadas.

*Vista general de una parcela de la CRR.3.2.*



## // LAS NUEVAS ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y ENERGÉTICOS EN AGRICULTURA ESTÁN ORIENTADAS A CONSEGUIR EL MÁXIMO MARGEN BRUTO JUNTO CON LA SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS //

El presente trabajo se centra en el estudio de los consumos hídricos y energéticos de las comunidades de regantes y sus costes.

El consumo de energía de una red de riego depende de varios factores, entre ellos el sistema de riego instalado, la topografía del área regable y la procedencia del agua de riego. Las auditorías energéticas son útiles para evaluar la eficiencia energética de una instalación, que dependerá tanto del rendimiento de los equipos de bombeo como de la eficiencia en la distribución, relacionada directamente con la red de riego.

### EL ACTUAL SISTEMA TARIFARIO

Los costes energéticos representan generalmente una parte importante de los costes totales, en función de la dependencia

energética de una comunidad de regantes. No obstante, estos costes se han incrementado de manera alarmante en los últimos años, como consecuencia de las subidas que ha experimentado el precio de la energía, sobre todo a partir de 2008, cuando desaparecieron definitivamente las tarifas especiales de riego. Con la supresión de las tarifas especiales de riego y la obligatoriedad, según el Real Decreto 809/2006, de acogerse a tarifas generales, los regantes se están viendo abocados a buscar medidas para reducir el consumo energético y, en definitiva, mejorar la eficiencia energética de sus instalaciones. En cuanto a los precios de los peajes de acceso, la tendencia del término de facturación de potencia (TPA) fue creciente desde el 2008 hasta la actualidad. Entre 2008 y 2009 se incrementó un 30%, durante los

años 2009 y 2010 crecieron un 20%. Desde 2010 hasta la actualidad el incremento ha sido de un 2%. El término de facturación de la energía activa (TEA) se ha mantenido a lo largo del mismo período (Orden IET/3586/2011). En la actualidad el mercado es libre y además de la posibilidad de tarificar según peajes de acceso sujetos a diferentes tipos de contratos, se pueden negociar las tarifas con la compañía comercializadora por parte de las comunidades de regantes.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES

Las comunidades de regantes (CCRR) estudiadas poseen unas características comunes:

- Sistema de riego: la mayoría de las CCRR disponen de riego localizado en una gran parte de su superficie a excepción de la última en la que la práctica totalidad de la red es de riego por gravedad.
- Cultivo: predominan los cultivos leñosos con pequeñas superficies de cultivos hortícolas intensivos. La mayoría son cultivos de cítricos, a excepción de dos de ellas, con uva de mesa (CRR3.1) y una para vinificación (CRR3.2)
- Tamaño de parcela: en todas las CCRR estudiadas la parcela media tiene un tamaño aproximado de 5 ha.
- Estaciones de bombeo y pozos: todas las CCRR poseen una o varias estaciones de bombeo y pozos distribuidos en cada una de las zonas regables. La mayor parte de las estaciones de bombeo tienen equipos de elevación a cota constante o de inyección a red a una presión variable. Todas las estaciones de bombeo y pozos se abastecen de energía eléctrica en media tensión (20 kV). En algunas de ellas, la utilización de otras fuentes de energía es prácticamente testimonial.

- Procedencia del agua: la mayor parte procede de aguas superficiales (entre un 50 y 60%), aunque una parte considerable proviene de aguas subterráneas (entre el 20 y 30%). Hay una pequeña parte que proviene de aguas residuales y desaladoras. La comunidad de regantes CRR2.4 se abastece principalmente de agua subterránea.



Salida de un pozo con caudalímetro de ultrasonidos

**TOMA DE DATOS**

Para la obtención de los indicadores se procedió a realizar la toma de datos necesarios. A partir de los datos medidos en la instalación y de las características de la propia comunidad de regantes, se establecieron una serie de indicadores para evaluar la eficiencia energética. Estos indicadores también están relacionados con el coste económico de estos consumos.

Se recopilaron tres categorías de datos:

1. Datos de funcionamiento ordinario. Son los que maneja la comunidad de regantes en su proceso habitual de gestión, y han sido suministrados por

los gestores de la misma. Entre ellos se incluyen los datos descriptivos y de funcionamiento interno, datos de suministro hídrico, y datos de tipo energético.

2. Datos de infraestructura y manejo de las instalaciones.

Son los datos referentes a la descripción y características de toda la infraestructura de la comunidad de regantes, así como los referentes al funcionamiento y manejo de la red de distribución de agua. Estos datos también son suministra-

**// EL CONSUMO DE ENERGÍA DE UNA RED DE RIEGO DEPENDE DE VARIOS FACTORES, ENTRE ELLOS EL SISTEMA DE RIEGO INSTALADO, LA TOPOGRAFÍA DEL ÁREA REGABLE Y LA PROCEDENCIA DEL AGUA DE RIEGO //**

dos por la comunidad de regantes o en algunos casos se tomaron directamente en campo.

3. Datos de consumo energético específico. Son los referentes al consumo energético instantáneo medidos en los equipos, necesarios para poder calcular la eficiencia energética de su funcionamiento. Entre los datos necesarios se encuentran los datos de tipo eléctrico y los datos de tipo hidráulico.

**INDICADORES DE USO DEL AGUA Y LA ENERGÍA**

Entre los indicadores analizados en cada comunidad de regantes los hay de dos tipos: descriptivos y de rendimiento. Los primeros se refieren a las características de la zona regable, suministro hídrico y energético, mientras que los segundos se refieren a la potencia absorbida, energía consumida y el coste en relación al área regada y al volumen de agua de riego.

Los resultados más relevantes obtenidos en las comunidades de regantes estudiadas se muestran en las **Tablas 1 y 2**.

**TABLA 1 / Indicadores descriptivos de las ocho comunidades de regantes estudiadas**

INDICADOR	CRR1.1	CRR2.1	CRR2.2	CRR2.3	CRR2.4	CRR3.1	CRR3.2	CRR3.3
Superficie regada (ha)	3.333	766	1.747	656	778	2.000	1.100	1.085
Volumen de agua que entra al sistema (m³)	5.280.322	1.479.854	2.374.977	2.050.329	947.700	6.500.000	762.295	2.235.420
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m³)	3.840.050	1.458.025	2.237.559	2.050.200	947.700	5.800.000	576.000	2.235.420
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m³·ha <sup>-1</sup> )	1.152	1.903	1.281	3.125	1.218	2.900	524	2.060
Energía anual consumida (kWh)	1.116.584	1.140.619	1.379.130	1.062.335	2.619.112	1.325.993	398.014	272.994
Procedencia del agua	Aguas superficiales (Trasvase Tajo-Segura) y pozos	Aguas superficiales (Trasvase Tajo-Segura) y pozos	Aguas superficiales (Trasvase Tajo-Segura, EDAR), pozos y desaladora	Aguas superficiales (río Segura, Trasvase Tajo-Segura) y pozos	Aguas superficiales (EDAR) y pozos y desaladora	Aguas superficiales (EDAR) y pozos	Pozos	Superficiales (EDAR, Trasvase Tajo-Segura, pantano)
Número de bombas	3	6	6	6	4	2	1	3
Número de pozos	0	0	3	0	1	0	1	0
Cultivos principales	Cítricos 55,3% Granado 21,8% Higuera 10,8% Viñedo 6,7% Olivar 3,9% Almendro 1,5%	Cítricos 85% Otros 15%	Cítricos 97,5% Alcachofa y patata 2,5%	Cítricos 99% Otros 1%	Cítricos 85% Otros 15%	Uva de mesa 95% Hortalizas, cereales, almendros y olivos 5%	Vid 100%	Frutales y cítricos 50% Hortalizas 40% Olivar 10%

TABLA 2 / Indicadores de rendimiento y costes de las ocho comunidades de regantes estudiadas

INDICADOR	CRR1.1	CRR2.1	CRR2.2	CRR2.3	CRR2.4	CRR3.1	CRR3.2	CRR3.3
Energía consumida por unidad de área regada (kWh·ha <sup>-1</sup> )	335	1489	789	1619	3366	663	362	252
Energía consumida por volumen de agua de riego que entra al sistema (kWh·m <sup>-3</sup> )	0,291	0,771	0,581	0,518	2,764	0,204	0,522	0,122
Coste energético por área regada (€·ha <sup>-1</sup> )	28,17	246	87,67	196	347	110	27,84	125
Coste energético por m <sup>3</sup> que entra al sistema (€·m <sup>-3</sup> )	0,018	0,127	0,065	0,063	0,285	0,034	0,040	0,061
Coste energético por m <sup>3</sup> suministrado a los usuarios (€·m <sup>-3</sup> )	0,025	0,129	0,068	0,063	0,285	0,038	0,053	0,061
Gasto energético (%)	7,74	24,13	25,55	34,57	64,19	14,38	16,18	29,33
Coste del agua comprada por m <sup>3</sup> que entra al sistema (€·m <sup>-3</sup> )	0,123	0,281	0,106	0,014	0	0,131	0,019	0,087
Coste del agua comprada (%)	52,96	53,24	41,97	7,93	0	55,56	7,82	42,37
Coste total (compra + elevación) del agua suministrada (€·m <sup>-3</sup> )	0,1941	0,4142	0,1805	0,0770	0,2850	0,1848	0,0781	0,1480
EEG (%)	26,03	34,21	10,20	29,63	22,35	31,70	48,90	29,40
EEB (%)	54,39	55,82	45,42	53,86	47,19	49,50	61,30	62,60
ESE (%)	50,13	61,29	22,46	55,02	47,40	64,00	79,80	47,00

EEG: eficiencia energética general; EEB: eficiencia energética de bombeo; ESE: eficiencia de suministro energético.

### ► Indicadores descriptivos

Los volúmenes de agua que se suministran a los usuarios frente a los que entran al sistema permiten conocer la eficiencia de la instalación. Cuanto más cercana a uno es esta relación, más eficiente es y se producen menos pérdidas de agua. En el caso de las CCRR estudiadas hay dos instalaciones de las que no se dispone de la información adecuada y estas dos cantidades son iguales (CRR2.4, CRR3.3). Del resto sí hay información y varía desde la instalación más eficiente, CRR2.3, hasta la menos eficiente, CRR1.1.

Aunque las superficies regadas y los volúmenes de agua suministrada a los usuarios son muy diferentes, en la mayoría de ellas el suministro de agua por hectárea es muy parecido dependiendo de las necesidades de los cultivos. En ese sentido, las CRR1.1, CRR2.1, CRR2.2, CRR2.4 y CRR3.3 tienen un consumo hídrico similar (entre 1.100 y 2.000 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>). En la mayoría de ellas los cultivos mayoritarios son cítricos.

La comunidad CRR2.3 tiene

un consumo mayor pero en todo caso, todas las CCRR en las que se cultivan cítricos no llegan a cubrir los 6.000-7.000 mm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, que son las necesidades de riego óptimas de los cítricos en una campaña media.

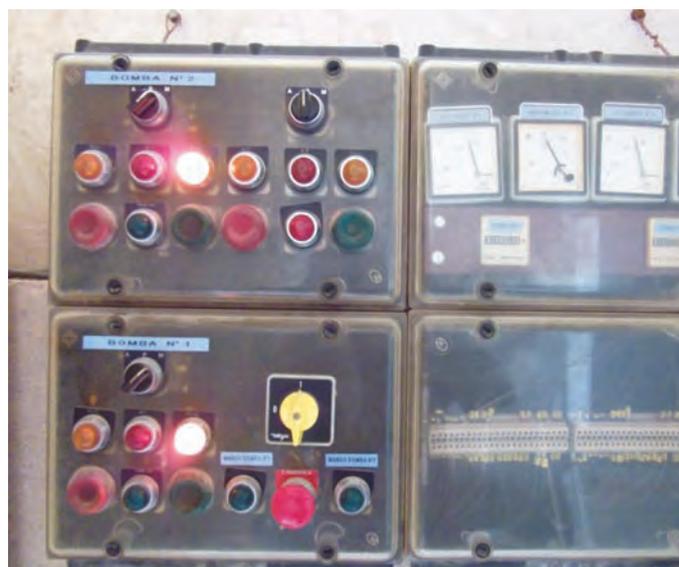
Lo mismo ocurre con los 2.900 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> de la CRR3.1 donde el cultivo mayoritario es la uva de mesa. En este caso es posible cubrir adecuadamente las necesidades de riego (5.000 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>) si se considera el

aporte de la pluviometría media de la zona (alrededor de 3.000 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>). Del mismo modo, en la viña de vinificación en la CRR3.2 las necesidades de riego oscilan entre 1.000 y 2.000 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>. Con el aporte de 524 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> y la pluviometría media es posible satisfacer las necesidades del cultivo. De todas formas, la tendencia general es la infradotación del riego debido a problemas de déficit de recursos hídricos en la red.

### ► Indicadores de rendimiento

En cuanto a los costes energéticos, en la **Tabla 2** se muestra el porcentaje que supone el gasto energético frente a los gastos totales de las CCRR.

En las CCRR estudiadas, este porcentaje es variable. El máximo valor se da en la CRR2.4 (64,19%). En ésta como en la CRR2.3 (34,57%), el consumo energético debido al uso de desaladoras y un número de bombas considerable suponen un incremento en los gastos energéticos. Los valores intermedios (CRR2.1, CRR2.2 y CRR3.3) corresponden a instalaciones donde no hay desaladoras pero sí un número considerable de equipos de bombeo que elevan a alturas considerables (entre 40 y 80 metros). Las alturas de elevación de las CRR3.1 y CRR3.2 son sensiblemente menores, con lo que los gastos energéticos repercuten en menor medida que en el resto. La CRR1.1 es excepcional puesto que aunque es una CRR que tiene bombas con alturas considerables, la mayor parte



Detalle de cuadro de maniobra de una estación de bombeo

del agua recibida entra por gravedad a la instalación y a la cota máxima de la CRR. Por tanto, no necesita elevación.

Se muestra también el desglose del coste del agua y el coste de la elevación y la suma de ambos. Los mayores costes corresponden a la CRR2.1. Esta CRR tiene una diferencia de cotas considerable y no tiene bombeos intermedios. La mayor parte del agua se eleva a dos embalses de cabecera con una diferencia de altura de 80 mca. El resto de CCRR elevan el agua a alturas menores debido a que existen bombeos intermedios o que la diferencia de cotas es inferior. Esto ocurre en la CRR2.3 y la CRR3.2.

Los valores de EEg, EEb y ESE (Tabla 2) son parámetros que dan una información sobre el estado energético de la instalación. Están establecidos en el protocolo de auditorías energéticas del IDAE, desarrollado por miembros del grupo AEAS. La EEg (eficiencia energética global) es un parámetro que relaciona la eficiencia energética de los bombeos (EEb, rendimientos mecánicos y eléctricos del grupo motobomba) con la eficiencia del suministro energético (ESE, energía necesaria para aportar a la instalación según topografía y sistema de riego empleado frente a la energía realmente aportada). Según el citado protocolo, las CCRR se califican energéticamente a partir de los valores de EEg. Con valores inferiores a 25 se tienen CCRR tipo E y eficiencia no aceptable. En este caso hay que aplicar medidas para corregir la eficiencia energética (cambio de equipos, cambio de contrato de tarificación eléctrica, cambio de potencia contratada, instalación o reparación de batería de condensadores, cambios en el manejo de la instalación, entre otros). Esto ocurre con la CRR2.2 y CRR2.4. Si EEg oscila entre 25 y 30 la eficiencia es aceptable y la clasificación de la CCRR es de tipo D.



Vista parcial de una balsa de riego de la CRR.3.1

## // LOS COSTES ENERGÉTICOS REPRESENTAN GENERALMENTE UNA PARTE IMPORTANTE DE LOS COSTES TOTALES, EN FUNCIÓN DE LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA DE UNA COMUNIDAD DE REGANTES //

En estas CCRR las medidas no son tan urgentes pero la instalación también es susceptible de mejoras. Las CRR1.1, CRR2.3 y CRR3.3 son del tipo D. La eficiencia normal (calificación C) corresponde a valores de EEg entre 30 y 40. La CRR2.1 y CRR3.1 cumplen con este requisito. Por último, la CRR3.2 es la que recibe mejor calificación (tipo b, eficiencia buena) por tener valores de EEg entre 40 y 50. Las posibilidades de mejora en esta última son inferiores que en el resto. No obstante en esta CRR se propusieron medidas de mejora que disminuían los costes y el consumo energéticos entre un 5 y un 7%.

### CONCLUSIONES

- La relación entre volúmenes de agua suministrados a los usuarios frente a los que entran a la instalación establecen el grado de eficiencia del suministro que tiene la instalación de riego de una CRR. En muchos casos estos valores no están registrados adecuadamente.
- Los volúmenes de agua de

riego por hectárea y año de las CCRR estudiadas son en la mayoría de los casos inferiores a las necesidades de los cultivos implantados. Se está aplicando un riego deficitario en estas CCRR debido a la falta de recursos hídricos estructural que adolece la zona.

- Los costes energéticos son más elevados en las CCRR que emplean aguas subterráneas. Dentro de éstas, las CCRR que utilizan desaladoras son aquellas que tienen un consumo energético mayor. Hay algunas de las CCRR estudiadas donde la altura de elevación incrementa considerablemente los costes energéticos.

- El coste de la compra del agua tiene un valor considerable en estas CCRR. Dicho coste es mayor en aquellas CCRR que se abastecen del trasvase Tajo-Segura y de pozos ajenos a las instalaciones de las CCRR.

- El coste energético incrementa considerablemente el coste total del agua, si bien este aumento difiere de unas redes a otras, y es mayor cuanto mayor es la dependencia energé-

tica de la comunidad de regantes.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, R., Rocamora, M. C., Ruiz, A. (2008). Protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes. Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía, (IDAE). Serie Divulgación Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura nº 10. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.

- Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

- Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética E4 2004-2012. 2003. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 70 pp.

- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

- Ministerio de Economía, 2003. Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2.004-2.012. Sector Agricultura y Pesca. 90 pp.

- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2005. Resumen Plan de Acción 2005-2007. 38 pp.

- Protocolo de Auditoría Energética en las Comunidades de Regantes. 2008., Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura. IDAE y Universidad Miguel Hernández. 68 p. Madrid.

- Real Decreto Ley 2/2004, de 18 de junio, por el que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

- Real Decreto 329/2002, de 5 de abril del Plan Nacional de Regadíos-Horizonte 2008.

- Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007.