

## AVALIAÇÃO DO USO E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA E DA ENERGIA EM ASSOCIAÇÕES DE REGANTES: APLICAÇÃO A DUAS REALIDADES NA PENÍNSULA IBÉRICA

A. Canatário Duarte<sup>1,2</sup>, A. Melián-Navarro<sup>1</sup>, A. Ruiz Canales<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior Agraria. Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal), acduarte@esa.ipcb.pt

<sup>2</sup> CEER-Biosystems Engineering. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa (Portugal), acduarte@esa.ipcb.pt

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández (Espanha), amparo.melian@umh.es, acanales@umh.es

### Resumen

La agricultura sustentable requiere el uso eficiente de los recursos, particularmente el agua y la energía. La eficiencia en el uso del agua proporciona un ahorro de este recurso en términos unitarios y económicos. De la misma forma, el uso eficiente de la energía, por los costos que comporta y por los impactos ambientales inherentes, es un imperativo a que ninguna actividad puede quedar indiferente, en particular la actividad agrícola. Los indicadores de benchmarking permiten, por comparación con un patrón de referencia, evaluar las condiciones de uso de los recursos.

En este estudio se pretende comparar la situación de uso y productividad del agua usada en la agricultura, en dos realidades muy diferentes de la península ibérica, en lo que respecta a condiciones climáticas, cultivos y disponibilidad de agua. Las zonas a estudiar son zonas regables en la región centro-sur interior de Portugal, en que normalmente no se verifica escasez de agua, y zonas regables en el sudeste peninsular, donde es manifiesta la escasez de aquello recurso. Esta metodología de comparación usando indicadores, ya fue establecida en varios estudios en distintas partes del mundo.

La zona del sudeste peninsular se caracteriza por tener un clima marcadamente mediterráneo, con poca precipitación y cultivos intensivos, principalmente hortícolas y cítricos. La zona del centro-sur del interior de Portugal, con clima también mediterráneo pero con una influencia continental más marcada, presenta un mayor volumen de precipitación anual. Los cultivos son practicados principalmente en régimen extensivo, destacándose el maíz, cereales como el trigo, avena y sorgo, y forrajes. Las comunidades de regantes en estudio del sudeste peninsular presentan áreas beneficiadas relativamente pequeñas, siendo el agua, proveniente del transvase Tajo-Segura, cobrado por el volumen consumido y aplicada por métodos de riego localizado, sobre todo riego por goteo. El nivel de aprovechamiento de las áreas beneficiadas es elevado (al redor de 95%), siendo la productividad del agua también elevada. En el centro-sur de Portugal, las comunidades de regantes gestionan áreas beneficiadas más elevadas, siendo el costo del agua ponderado mayoritariamente por el área regada. El nivel de aprovechamiento se cifra en media en los 50-60%, siendo los métodos de riego por aspersión los más divulgados, sobre todo la modalidad de center-pivot, que riegan parcelas con áreas más elevadas. La ponderación entre costos y beneficios de la actividad agrícola de riego, determina que en las comunidades de regantes portuguesas en estudio la productividad del agua sea francamente más baja, do que en las correspondientes áreas de estudio españolas.

**Palabras Clave:** uso y productividad del agua, agricultura de riego, benchmarking, eficiencia energética.

### Abstract

A sustainable agriculture requires an efficient use of the resources, particularly water and energy. The efficiency of water use provides saving of this resource in unitary and economical terms. Moreover, the efficient use of energy is included in all the productive sectors, particularly in agricultural activity, because of the implied costs and environmental impacts. Benchmarking indicators let to evaluate the conditions of use of these two resources by means of comparing with a reference patterns.

In this study two situations of the use and productivity of water in agriculture will be compared. Concretely, two very different realities in the Iberian peninsula about climatic conditions, cultivars and water availability will be presented. The case study are agricultural irrigated zones in the inner Center-South of Portugal, where normally there is not water scarcity. In the other hand, the irrigated zones in the Southeast of the Iberian peninsula, where there is a water scarcity will be presented. This methodology of comparison by means of indicators has been established previously in several places all over the world.

The Southeast of Spain is characterised with a marked Mediterranean climate, with scarce precipitation and intensive cultivars, mainly horticultural and citrus crops. The zone of the inner Center-South of Portugal, with a Mediterranean climate too, presents a very marked continental influence, with a major volume of annual precipitation. Cultivars are mainly in extensive regime: maize, oat, wheat, sorghum and forage crops. Water users associations in the Southeast of Spain present areas relative smalls. Mainly, water from transfer Tejo-Segura, is paid by consumed volume and applied by located irrigation, mainly trickle irrigation. The level of efficient use of water of the affected areas is high (around a 95%). The water productivity is high too. In the inner Center-South of Portugal, water users associations have a higher areas and water costs is majority pondered by irrigated area. The level of the efficient use of water is located in an average value around 50-60%. Sprinkler irrigation methods are the more extended methods, mainly center-pivot, that irrigates relative higher plots. The ponderation between costs and benefits of the irrigation agricultural activity is determining that in Portuguese case study areas water productivity is under of the Spanish areas.

**Key words:** water use and productivity, irrigated agriculture, benchmarking, energetic efficiency.

## 1. INTRODUCCIÓN

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 las legislaciones portuguesa y española. En este aspecto, en la legislación actual de ambos países se considera el agua como recurso fundamental y se contemplan mejoras en la gestión de los recursos hídricos. Los recursos hídricos van ligados a los recursos energéticos en la mayoría de los sectores productivos y en particular en el regadío.

Por otra parte, 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 fundamental la “Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos”. Según 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.

La mejora de la eficiencia en el regadío se concreta en diferentes medidas genéricas:

- Mejora de la tecnología. Se trataría de implantar tecnologías para reducir los consumos de agua, que repercuten 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 presión en cabecera de las redes de agua a presión.
- Optimización del dimensionado de las instalaciones. Un diseño óptimo de las redes de riego y estaciones de bombeo minimiza 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 favorece 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.

En los últimos años se han realizado auditorías energéticas en diversas comunidades de regantes (CCRR) repartidas por todo el territorio español y se está actuando en algunas CCRR de Portugal. La realización de estas auditorías en España 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. Del mismo modo se está estudiando la posibilidad de su implantación en territorio portugués. Las auditorías energéticas en CCRR consisten básicamente en un análisis exhaustivo del consumo energético que permite identificar los puntos críticos en las instalaciones de riego. El objetivo no es sólo calificar la eficiencia de la comunidad de regantes (CRR), sino proponer medidas correctoras de la eficiencia energética que permitan ahorros significativos de energía.

El nivel de consumo de energía en una comunidad de regantes depende de varias variables: a) El origen del agua (agua superficial, agua subsuperficial, plantas desaladoras, aguas residuales, etc). En este caso influirá la topografía de la zona de suministro en comparación con la zona de riego y de los niveles dinámicos de los acuíferos y la cantidad de los tratamientos previos del agua; b) Presión de demanda de las instalaciones de riego (superficie, goteo o aspersión); c) El diseño de la red de tuberías y el embalse; d) La selección adecuada y regulación de los equipos de bombeo; e) El transporte adecuado del agua a lo largo de la red de tuberías y una adecuada gestión de los dispositivos de energía de las instalaciones de riego; f) Estado y gestión de los equipos de consumo de energía.

En este estudio se pretende comparar la situación del uso y la productividad del agua usada en la agricultura en dos realidades muy diferentes de la península ibérica, respecto a las condiciones climáticas, cultivos implantados y disponibilidad del agua. Las zonas a estudiar son aprovechamientos hidroagrícolas en la zona centro-sur interior de Portugal, donde normalmente no se verifica la escasez de agua y zonas beneficiadas con el regadío en el sudeste peninsular, donde se manifiesta la escasez de aquél recurso. Esta metodología de

comparación a través de indicadores ya fue establecida en varios estudios en distintas partes del mundo.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar una auditoría energética en una comunidad de regantes se deben seguir una serie de etapas (Abadía et al., 2008). A lo largo del proceso se identifican los puntos críticos de consumo energético, así como del establecimiento de las posibles medidas correctoras para conseguir una mejora de la eficiencia energética. Las etapas de las que consta una auditoría energética en una comunidad de regantes son las siguientes:

-Toma de datos. En esta fase se recopilan tres categorías de datos:

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 (datos descriptivos y de funcionamiento interno, datos de suministro hídrico, y datos de tipo energético).

Datos de infraestructura y manejo de las instalaciones. Describen las 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.

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 (mediante analizador de redes) y los datos de tipo hidráulico (mediante caudalímetro y transductor de presión) que se miden simultáneamente.

Junto con esta toma de datos se realiza una recopilación y análisis de la facturación eléctrica de las estaciones de bombeo más importantes de la zona de estudio (Melián et al., 2007).

-Elaboración de indicadores de uso del agua y la energía. Para esta fase se determinan diferentes tipos de indicadores que permiten caracterizar el uso del agua y la energía, a partir de la toma de datos previa. Entre ellos destacan: indicadores descriptivos, indicadores de rendimiento e indicadores de eficiencia.

-Informe final. A partir de esos datos se establece una calificación de la comunidad de regantes en función del consumo energético y la eficiencia energética. Posteriormente se establece un análisis y propuesta de mejoras en el diseño y manejo de la red. Por último se procede a la valoración de las mejoras en términos energéticos y monetarios (disminución de los costes energéticos, aumento de los costes de mantenimiento, ahorro económico de la mejora, coste de la inversión y período de amortización).

Aunque no se han ejecutado todas las partes de una auditoría energética en cada una de las comunidades de regantes estudiadas, sí se han determinado algunos indicadores del uso del

agua y la energía de los cuatro casos de estudio. Corresponden a dos realidades de la península ibérica con características muy marcadas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran en este apartado algunas de las principales características de las CCRR estudiadas.

Sistema de riego: las CCRR estudiadas en los dos países disponen de sistemas de riego a presión. En las CCRR españolas sondeadas está extendido el riego por goteo. En el caso de las CCRR portuguesas estudiadas en esta comunicación, el riego más implantado es el riego por aspersión (más del 50%) y hay una menor proporción de riego por goteo.

La zona del sureste español se caracteriza por tener un clima marcadamente mediterráneo, con escasa precipitación y cultivos intensivos, principalmente hortícolas y cítricos (CRRE3.3). Una de las dos CCRR españolas estudiadas tiene cultivo mayoritario de vid (CRRE3.2). La zona del centro-sur interior de Portugal, con clima también mediterráneo presenta una influencia continental más marcada, que se traduce en un mayor volumen de precipitación anual. Los cultivos son principalmente extensivos, destacando el maíz, avena, el trigo, sorgo y forrajes (CRRP1.1; CRRP1.2).

Las superficies de regadío son mayores en la zona de estudio de Portugal que en la zona de estudio de España. Se han elegido en ambos casos superficies representativas de la media del conjunto. Por lo general, el tamaño medio de las parcelas es igualmente menor en las CCRR del estudio de la zona de España que las de Portugal.

Respecto al consumo de energía, no se ha podido recopilar el dato de la CRRP1.1. Este dato por sí solo no aporta información alguna. Se muestra un valor diferencial cuando se determina el coste energético por volumen de riego. En la tabla 2 se muestra una gran diferencia en este valor de las zonas de estudio entre los dos países. El coste energético por volumen de agua riego es mayor en las zonas de estudio de España. En estas zonas se necesita aplicar una energía adicional para regar los cultivos. No es suficiente con la cota de entrada a la CRR.

Esto último está relacionado con la procedencia del agua en las CCRR estudiadas. Mientras que en las CCRR estudiadas en Portugal la procedencia de las aguas es superficial, para las estudiadas en España el agua procede mayoritariamente de pozos y tratamiento terciario. En estas últimas, en general, el aporte energético para el riego ha de ser mayor que en el caso de las aguas superficiales.

Respecto a la comparación entre los volúmenes de agua que se suministran a los usuarios frente a los que entran al sistema, solamente se ha podido evaluar en la CCRRE3.2 y no ha sido posible en el resto por falta de datos.

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 dispar

dependiendo de las necesidades de los cultivos. Las CCRP portuguesas estudiadas tienen, en general, un suministro de agua de riego por unidad de agua regada considerablemente mayor. Las razones son muy variadas pero la principal causas de esta diferencia son los elevados precios del agua en las zonas del sureste de la península ibérica en comparación con la zonas estudiadas de Portugal. De todas formas, la tendencia general es la infradotación de riego debido a problemas de déficit de recursos hídricos en la red en la zona estudiada de España y riego dotado suficientemente o supradotado en la zona del interior del centro-sur de Portugal.

**Tabla 1.** Indicadores descriptivos de las 4 CCRP estudiadas.

INDICADOR	CRRP1.1	CRRP1.2	CRRE3.2	CRRE3.3
Superficie regada (ha)	2.255	7.042	1.100	1.085
Volumen de agua que entra al sistema (m <sup>3</sup> )	27.929.160	21.204.394	762.295	2.235.420
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m <sup>3</sup> )	27.929.160	21.204.394	576.000	2.235.420
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	12.385	3.011	524	2.060
Energía anual consumida (kWh)	-	447.900	398.014	272.994
Procedencia del agua	Aguas superficiales y estaciones de bombeo	Aguas superficiales y estaciones de bombeo	Pozos	Superficiales (EDAR, Trasvase Tajo-Segura, pantano)
Número de bombas	2	2	1	3
Número de pozos	0	0	1	0
Cultivos principales	Forrajes 60% Mijo 27% Hortícolas industriales (Pimiento, judía verde, brócoli) 7% Autoconsumo 5%	Olivo 28% Trigo 20% Mijo 15,45% Tomate 10,6% Manzano 6,7% Prado 3,39% Cebada 3,21% Avena 2,56% Ajo 2,24%	Vid 100%	Frutales y cítricos 50% Hortalizas 40% Olivar 10%

En cuanto a los costes energéticos por volumen de agua de riego, en la Tabla 2 se muestra claramente que son superiores en el sudeste español a los del centro-sur del interior de Portugal. Esta diferencia está relacionada con la procedencia de las aguas de riego que se han expuesto anteriormente. Las alturas de elevación de las CCRP estudiadas en Portugal son menores en comparación con las CCRP de España. Son necesarios más datos para ser concluyentes en este sentido pues no se han podido conseguir datos referentes a cotas de elevación y cota de suministro energético. Del mismo modo que en la tabla anterior no se ha podido obtener el dato de la diferencia entre el agua suministrada a los regantes y el agua que llega a las CCRP.

**Tabla 2.** Algunos indicadores de costes de las 4 CCRP estudiadas.

INDICADOR	CRRP1.1	CRRP1.2	CRRE3.2	CRRE3.3
Coste energético por área regada (€·ha <sup>-1</sup> )	52,11	3,80	27,84	125
Coste energético por m <sup>3</sup> que entra al sistema (€·m <sup>-3</sup> )	0,0042	0,0013	0,040	0,061
Coste energético por m <sup>3</sup> suministrado a los usuarios (€·m <sup>-3</sup> )	0,0042	0,0013	0,053	0,061

#### 4. 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 la mayoría de los casos estudiados estos valores no están registrados adecuadamente.

Los volúmenes de agua de riego por hectárea y año de las CCRR estudiadas de España 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. Esta situación no se da en la zona de estudio de Portugal, con dotaciones en algunos casos por encima de las necesidades.

Los costes energéticos son más elevados en las CCRR que emplean aguas subterráneas. 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 las CCRR del sureste de España frente a las del centro-sur interior de Portugal.

Adicionalmente, 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 energética de la comunidad de regantes.

#### 5. AGRADECIMIENTOS e BIBLIOGRAFÍA

##### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (en la actualidad Ministerio de Economía y Competitividad), con cargo al proyecto de investigación: “Calidad de los acuíferos e impacto de fuentes agrarias” con número de referencia: DER 2011-27765, y por el proyecto “Gestión y eficiencia del uso sostenible del agua de riego en la Cuenca Mediterránea”, con número de referencia: AGL2010-22221-C02-01.

##### 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.
- Melián Navarro A., Abadía Sánchez, R., Rocamora Osorio, M.C., Andréu Rodríguez, J., Cámara Zapata, J.M. Puerto Molina, H., Vera Morales, J., Ruiz Canales, A., (2007). Impacto económico de la supresión de las tarifas especiales de riego en el sector agrario. Aplicación a la Comunidad de Regantes de Lorca (Murcia). XI Congreso de la SECH. Albacete. Actas de Horticultura nº 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. ISBN: 978-84-690-5619-6. 402.