

# Ahorro de energía en el riego

E. Camacho

*Catedrático de Hidráulica y Riegos.  
ETSIAM. Universidad de Córdoba*

J.A. Rodríguez

*Contratado Ramón y Cajal.  
ETSIAM. Universidad de Córdoba*

P. Montesinos

*Profesora Titular de Ingeniería Hidráulica.  
ETSIAM. Universidad de Córdoba*

T. Carrillo

*Contratada de investigación.  
ETSIAM. Universidad de Córdoba*

En este artículo se describen brevemente los factores que intervienen en el consumo de energía en un riego. Se analizan también los ahorros energéticos que pueden alcanzarse con mejoras en el riego. Por último se presentan los requerimientos energéticos de diversos cultivos y se comparan con las alturas de elevación.

Uno de los principales motores de desarrollo y transformación económica es la energía, considerándose un bien básico para el conjunto de la economía. Especialmente en los últimos años, el consumo energético a escala mundial ha experimentado un gran crecimiento. La escasez y los crecientes precios de los recursos energéticos, junto con los efectos sobre el medio ambiente (emisiones) han motivado que los sectores productivos hayan intensificado sus esfuerzos para mejorar su eficiencia en el uso de la energía (Blanco, 2009; Carrillo, 2009)

## AGUA Y ENERGÍA

En España, al igual que en otros países desarrollados, existe un alto grado de consumo energético en la agricultura, llegando a alcanzar el 4.5 % sobre el total de los consumos de

energía final. La agricultura de regadío consume en España un 22% del consumo total del sector agrícola y el 1% del total nacional (IDAE, 2008a). Aunque el peso de este consumo agrícola sobre la energía total es reducido, sus valores son considerados suficientemente importantes como para poner en marcha una serie de acciones que permitan tener un impacto significativo en los índices energéticos del sector. El incremento de consumo energético en la agricultura es debido en un 50% a los programas de consolidación y mejora de regadíos, mediante los cuales las redes abiertas son sustituidas por redes a presión, provocando un gasto energético superior.

Como consecuencia del incremento de los costes energéticos y como medida para el fomento del desarrollo sostenible, se plantean una serie de actuaciones en esta materia que pretenden disminuir el consumo energético en diversos sectores, entre ellos la agricultura de regadío (IDAE, 2008b).

La modernización de regadíos es una medida cofinanciada por la Unión Europea que permite, en teoría, ahorrar hasta un 30% del agua de riego. Sin embargo, las zonas modernizadas incrementan la superficie destinada a riego o presentan un cambio hacia cultivos con mayores necesidades hídricas, por lo que se vuelve a consumir cantidades similares de agua que antes de su modernización, todo ello sumado al aumento del consumo energético. Conocer los factores que ocasionan un mayor consumo energético en el regadío es muy importante para establecer estrategias de ahorro energético en el riego.



## ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

La disminución del consumo energético en el riego puede alcanzarse mediante la consideración de dos aspectos: la disminución del consumo de agua y la adecuación de los sistemas de bombeo y las pautas de manejo de la red de riego. El estudio debe considerarse desde dos puntos de vista: la gestión del agua y la gestión energética.

La energía necesaria en una instalación dependerá del volumen de agua elevado (V) y de la altura manométrica (H):

$$E = \frac{\gamma V H}{\eta}$$

Donde  $\gamma$  es el peso específico del agua,  $\eta$  es el rendimiento del bombeo.

El volumen de agua de riego puede expresarse de la siguiente forma:

$$V = H_b S = \frac{H_n}{Ra} S$$

Siendo  $H_b$  la lámina bruta,  $S$  la superficie,  $H_n$  la lámina neta y  $Ra$  el rendimiento de aplicación. De esta forma la energía depende de la lámina neta, de la superficie de riego, de los rendimientos de riego y de la bomba y de la altura manométrica.

$$E = \frac{\gamma H_n S H}{\eta Ra}$$

El ahorro energético puede evaluarse por la diferencia entre los consumos de energía entre dos situaciones ( $E_2$  y  $E_1$ )

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100$$

$$\Delta E = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{Ra_1 \eta_1 H_{n2} H_2}{Ra_2 \eta_2 H_{n1} H_1} \right]$$

Son tres las vías que hay que acometer para reducir la energía:

- Reducir el volumen de agua y mejorar el rendimiento del riego
- Reducir la altura manométrica
- Mejorar el rendimiento de las bombas

En cada una de las tres vías anteriores intervienen diversos factores que influyen de forma diferente en los requerimientos energéticos tal como podemos ver en la **Tabla 1**.

### ► Gestión del agua de riego

Es muy difícil separar en campo las necesidades y el rendimiento de aplicación. La estimación de necesidades puede realizarse mediante procedimientos que tengan en cuenta la programación del riego. Métodos basados en el balance de agua en el suelo pueden conseguir ahorros de agua de hasta un 15 a 35%. Esto supone que el ahorro energético sea en la misma proporción. Otra posibilidad es el cambio a cultivos menos exigentes en agua de riego. No obstante, esto dependerá de la función de productividad de los mismos.

Respecto a la mejora del rendimiento de aplicación, la evaluación del riego ayuda a detectar las deficiencias y las pérdidas de agua. La mayoría de los métodos de riego admiten mejoras en el rendimiento de aplicación. Este es el caso del sistema LEPA (*Low energy precision application*) una modalidad de riego con máquinas mecaniza-

**TABLA 1 / Influencia de diversos factores sobre los requerimientos de energía**

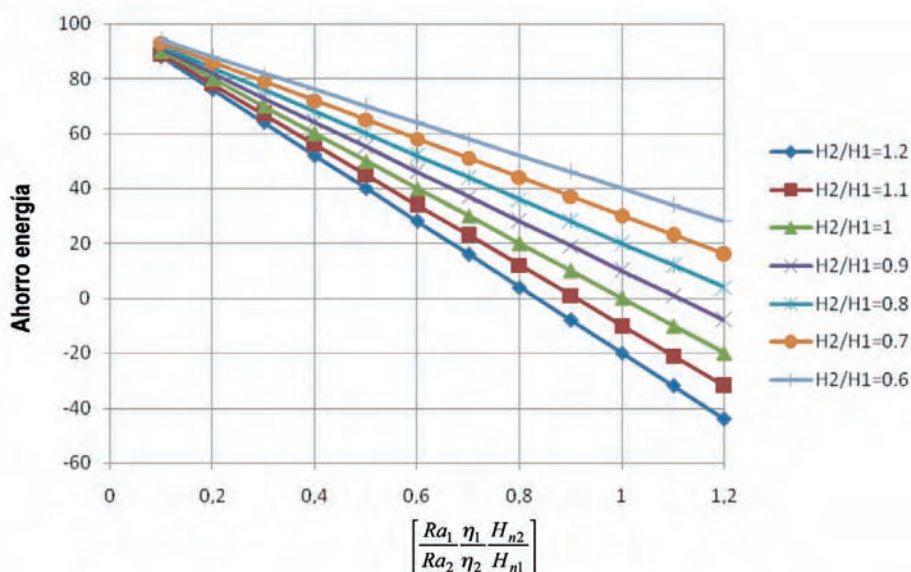
	Factor	Efecto
Altura manométrica	Desnivel topográfico	Fuerte
	Presión requerida en la boca de riego	Moderada-Fuerte
Caudal/ Volumen de agua	Demanda de agua del cultivo	Moderada-Fuerte
	Área de riego	Fuerte
Rendimientos (agua y energía)	Rendimiento de la bomba	Moderada
	Rendimiento del riego	Moderada

**TABLA 2 / Rendimientos de aplicación de los métodos de riego**

Método de riego	Media estacional	Periodo punta
<b>Superficie</b>		
Surcos	55-77	77-80
Canteros de escurrimiento	63-84	77-87
Canteros de inundación	77-84	80-87
<b>Aspersión</b>		
Móvil	70-80	70-80
Fijo	70-87	70-87
Cañón	67-75	55-70
Pivote	80-87	80-87
LEPA	90-98	90-98
<b>Localizado</b>		
Goteo superficial	74-93	74-93
Goteo enterrado	80-95	80-95

**// CONOCER LOS FACTORES QUE OCASIONAN UN MAYOR CONSUMO ENERGÉTICO EN EL REGADÍO ES MUY IMPORTANTE PARA ESTABLECER ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL RIEGO //**

**GRÁFICO 1 / Ahorro de energía según mejoras en el riego**



das. En la **Tabla 2** pueden verse los rendimientos potenciales de los métodos de riego.

La mejora del riego, tanto del rendimiento de aplicación como una adecuada programación y una mejora en el rendimiento de la estación de bombeo proporciona ahorros energéticos considerables. Según la variación de la altura manométrica respecto a la situación inicial ( $H_2/H_1$ ) el ahorro puede variar en un caso o en otro (Ver **Gráfico 1**).

Simplemente la sustitución de un riego por aspersión con un rendimiento de aplicación del 75% y unos requerimientos de presión de 35 m a riego localizado con un 95% de rendimiento de aplicación y 25 m de requerimientos de presión suponen un ahorro energético de un 43%.

► **Reducción de la altura manométrica**

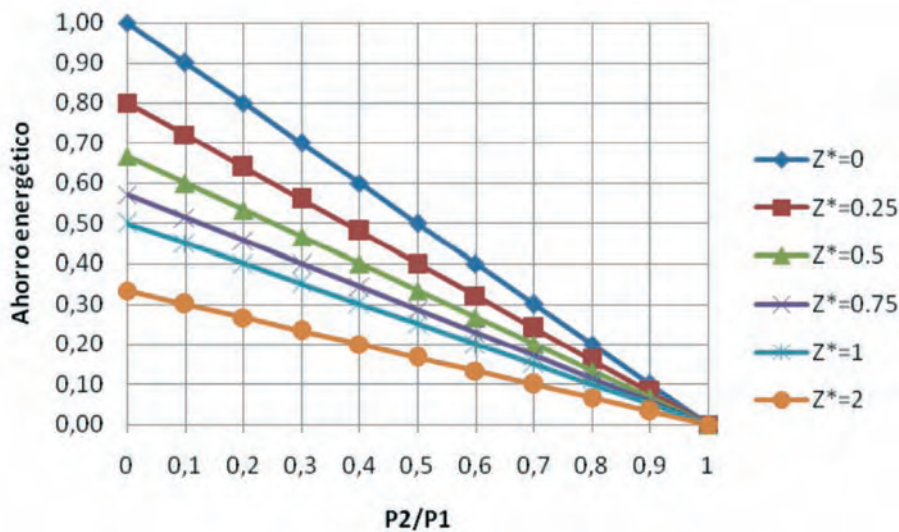
La altura manométrica depende del desnivel topográfico que haya que salvar y de la presión requerida por el sistema de riego. Respecto al desnivel en la mayoría de los casos poco puede hacerse y dependerá del origen del agua y de la ubicación de la zona de riego. No obstante, pueden considerarse diversas estrategias de gestión como puede ser el bombeo a depósitos de regulación en horas en las que la energía es más barata. Respecto a la altura de presión se pueden considerar métodos de riego con menos requerimientos de presión. La altura manométrica dependerá de:

$$H(m) = Z(m) + 0.102 \cdot P(kPa)$$

Siendo Z el desnivel topográfico más las pérdidas de carga y P la presión requerida por el método de riego.

En el caso que el cambio no suponga mejora en el rendimiento del riego, la expresión

**GRÁFICO 2 / Influencia de la reducción de presión y de la altura de elevación en el ahorro energético**



de ahorro energético queda simplificada a la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \frac{1 - \frac{P_2}{P_1}}{Z^* + 1}$$

En el **Gráfico 2** podemos ver la influencia de la reducción de la presión. Cuando toda la altura manométrica se deba a la presión requerida por el sistema de riego ( $Z^*=0$ ) se alcanza el máximo ahorro energético. En este caso reducir la presión implica al-

canzar un ahorro energético en la misma cuantía. Sin embargo, esta influencia se reduce a medida que  $Z^*$  es mayor, es decir cuando existen altas elevaciones debido al desnivel de cota.

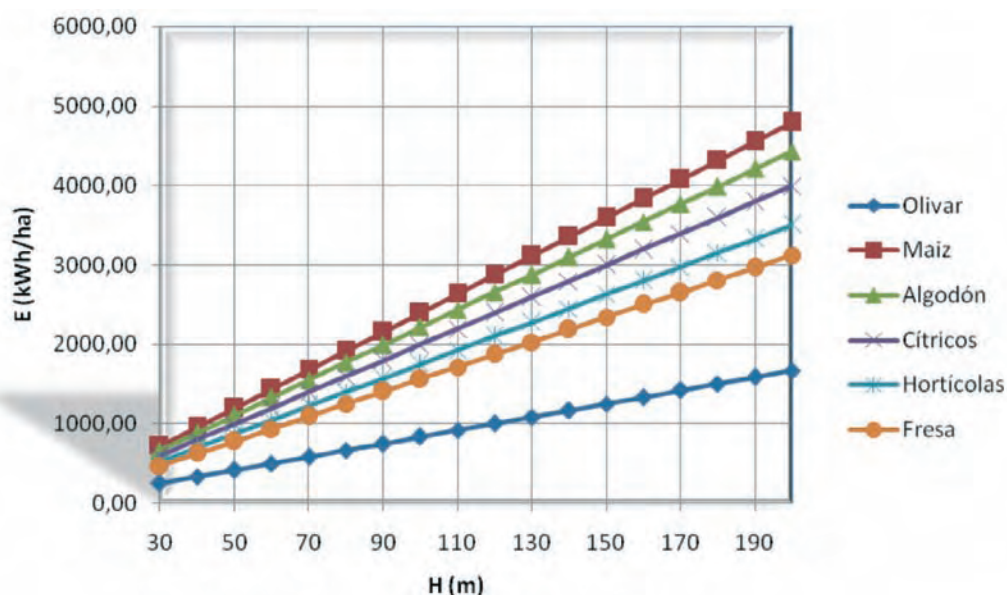
**REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DEL RIEGO**

Queda de manifiesto la alta dependencia entre volumen de agua consumido y método de riego. Por tanto, cada cultivo tendrá unas necesidades energéticas diferentes al igual que cada méto-

do de riego. En la **Tabla 3** podemos ver para una dotación neta de 5000 m<sup>3</sup>/ha y considerando un rendimiento del bombeo del 75 % las diferentes necesidades de energía para los métodos de riego más representativos.

Para que sirva de referencia la desalación de agua requiere entre 3 y 4 kWh/m<sup>3</sup>, la depuración de aguas residuales aproximadamente 0.5 kWh/m<sup>3</sup>, el proyecto del trasvase del Ebro requería 3.7 kWh/m<sup>3</sup> y el trasvase Negratín-Almazorra requiere 1.8 kWh/m<sup>3</sup> y recupera 1.5 kWh/m<sup>3</sup>.

**GRÁFICO 3 / Requerimientos de energía para diversos cultivos y para diferentes alturas de elevación**



**TABLA 3 / Necesidades energéticas para diferentes métodos de riego**

Método	H(m)	Ra	E(kWh/ha)	E(kWh/m³)
Superficie	3	0.5	108.89	0.044
Aspersión	45	0.7	1166.67	0.333
Pivote	35	0.8	793.98	0.198
Localizado	30	0.9	604.94	0.134

**TABLA 4 / Necesidades energéticas para diferentes cultivos**

Cultivos	Vn (m³/ha)	Aspersión	Localizado
		E (kWh/ha)	E (kWh/ha)
Olivar	2070	483.00	250.44
Maiz	5940	1386.00	718.67
Algodón	5490	1281.00	664.22
Cítricos	4950	1155.00	598.89
Hortícolas	4340	1012.67	525.09
Fresa	3870	903.00	468.22

Vista la influencia del método de riego y teniendo en cuenta que las necesidades de agua son muy diferentes entre cultivos, podemos realizar un análisis que integre los rendimientos del riego y alturas de presión anteriores. De esta forma se pueden evaluar las necesidades energéticas para una serie de cultivos representativos del valle del Guadalquivir tal y como puede verse en la **Tabla 4**.

No obstante, y debido a la diversidad que pueda existir en el riego en cuanto a las alturas de elevación en el **Gráfico 3** pueden verse los requerimientos de energía para diferentes alturas de elevación y para diferentes cultivos regados mediante riego localizado.

Puede considerarse un cultivo como gran consumidor de energía a partir de 1500 kWh/ha (IDAE, 2008a). Esto significa que la dependencia energética de la mayoría de los cultivos de la figura ante-

rior alcanzan esta categoría desde los 90 m de altura de elevación.

#### BIBLIOGRAFÍA

BLANCO, M. 2009. Análisis de la eficiencia energética en el uso del agua de riego. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes Universidad de Córdoba.

CARRILLO M.T., 2009. Uso racional del agua y la energía en la comunidad de regantes de Fuente Palmera. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba

IDAE. 2008a. Ahorro y eficiencia energética en las Comunidades de Regantes. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.

IDAE. 2008b. Protocolo de auditoría energética en Comunidades de Regantes. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid



EL CULTIVO QUE DESEAS  
ES POSIBLE



Máxima eficiencia  
con mínimo uso de recursos.  
ULTRA BAJO CAUDAL  
y BAJA PRESIÓN.



 NETAFIM™

Siempre con la Garantía

**Regaber**  


[www.regaber.com](http://www.regaber.com)