



FEADER

Europa invierte en las zonas rurales



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Secretaría General de Agricultura y alimentación
Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal

Grupo Focal español para innovación en materia de regadío, energía y medio ambiente



RRN



eip-agri

INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

DOCUMENTO DE CONTEXTO, PROSPECTIVA Y DIAGNÓSTICO

EIP-AGRI

ASOCIACIÓN EUROPEA PARA LA INNOVACIÓN EN MATERIA DE AGRICULTURA PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE

GRUPO FOCAL ESPAÑOL PARA INNOVACIÓN EN MATERIA DE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

DOCUMENTO DE CONTEXTO, PROSPECTIVA Y DIAGNÓSTICO DE LA TEMÁTICA DEL GRUPO FOCAL

14//06/2016

Documento final



FEADER

Europa invierte en las zonas rurales



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola (EIP-AGRI)

Grupo Focal español para innovación en materia de regadío, energía y medio ambiente



RRN

Red Rural Nacional



eip-agri

INICIATIVA DE INNOVACIÓN

Contexto, prospectiva y diagnóstico

CONTEXTO Y PROSPECTIVA DEL REGADÍO, LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE	5
1. CONSUMO ELÉCTRICO DEL REGADÍO ESPAÑOL	7
1.1. Contexto	7
1.2. Prospectiva	17
1.2.1. Factores de crecimiento del consumo de energía:	17
1.2.2. Factores de reducción del consumo de energía:	19
2. COSTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZADA EN EL REGADÍO ESPAÑOL	21
2.1. Contexto	21
2.2. Prospectiva	31
2.2.1. Electricidad de fuentes convencionales	31
2.3. Electricidad de fuentes renovables	32
3. REPERCUSIÓN DEL USO Y DEL COSTE DE LA ENERGÍA SOBRE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS.....	35
3.1. Contexto	35
3.2. Prospectiva	41
4. AFECCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: MITIGACIÓN DE EMISIONES GEI ASOCIADAS AL REGADÍO, IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN.	42
4.1. Contexto	42
4.2. Prospectiva	43
5. MORTALIDAD EN AVES POR COLISIÓN Y ELECTROCUCIÓN EN TENDIDOS ELÉCTRICOS RELACIONADOS CON EL REGADÍO	47
5.1. Contexto	47
5.2. Prospectiva:	49
6. PROPAGACIÓN DE ESPECIES ALÓCTONAS INVASORAS DE FAUNA Y FLORA SUSCEPTIBLES DE REDUCIR LAS EFICIENCIAS HÍDRICA Y ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	50
6.1. Contexto	50
6.2. Prospectiva:	51

		<p align="center">Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola (EIP-AGRI)</p> <p align="center">Grupo Focal español para innovación en materia de regadío, energía y medio ambiente</p>		
<p align="center">Contexto, prospectiva y diagnóstico</p>				

DIAGNÓSTICO DE LAS INTERACCIONES ENTRE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE	52
1. Debilidades	52
2. Amenazas.....	53
3. Fortalezas.....	54
4. Oportunidades.....	54
PRINCIPALES PROBLEMAS A RESOLVER Y OPORTUNIDADES A APROVECHAR.....	56
BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	58

CONTEXTO Y PROSPECTIVA DEL REGADÍO, LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE.

La energía es uno de los insumos de la producción agrícola en regadío, y en lo que se refiere al ámbito de este Grupo Focal, se debe a la necesidad de captar, tratar, transportar, distribuir y aplicar el agua de riego. Por el contrario, no son objeto del Grupo otros consumos de energía en las explotaciones agrícolas relacionados con otros insumos, tanto directos (p. ej. combustible de la maquinaria) como indirectos (consumo de energía requerido en la fabricación y distribución de fertilizantes, fitosanitarios, etc).

Así, el consumo de energía para el regadío que se considera en este Grupo Focal referido al factor productivo agua (binomio agua-energía) puede tener lugar a tres niveles:

- Consumo asociado a suministros de agua en alta, servicios normalmente prestados por terceros gestores de grandes infraestructuras hidráulicas (confederaciones hidrográficas, entidades gestoras de trasvases, desalinizadoras de agua de mar o salobre, gestores de EDAR, etc). El origen del agua puede ser una masa de agua superficial o subterránea, o puede tratarse de aguas trasvasadas, procedentes de desalinizadora, o reutilizadas a partir del efluente de una EDAR. Su coste se repercute por el gestor del servicio a las comunidades de regantes receptoras del agua, que a su vez lo repercuten a las explotaciones agrícolas en un segundo escalón a través de las tarifas.
- Consumo asociado al funcionamiento de la infraestructura de riego de una comunidad de regantes (en baja). Aquí el origen del agua es la toma de la infraestructura, y el destino son los hidrantes de las parcelas. Normalmente este servicio lo presta la comunidad de regantes, que posteriormente repercute su coste a las explotaciones agrícolas usuarias del agua a través de las tarifas.
- Consumo asociado al funcionamiento de sistemas de riego a presión privados de las explotaciones. Este consumo no existe cuando las explotaciones utilizan directamente la presión de la red de distribución de una comunidad de regantes, sin bombeos posteriores. Pero sí existe en regadíos privados que se abastecen de aguas subterráneas o superficiales, o bien que tienen que añadir una presión adicional para el correcto funcionamiento de su sistema de riego. Su coste es directamente soportado por el titular de la explotación.

Hoy en día, la energía utilizada mayoritariamente, tanto en infraestructuras como en explotaciones, es la eléctrica, que representa en torno al 95% (Rocamora et al 2008), seguida a gran distancia por el gasoil y la gasolina. Dentro de la energía eléctrica, en su mayor parte se obtiene de la red, si bien

en los últimos años en determinados tipos de regadío se están empezando a implantar las energías renovables para autoconsumo.

El consumo de energía por la agricultura española es significativamente superior al de los demás socios no mediterráneos de la UE, que por tener una pluviometría más abundante y regular no tienen una dependencia tan elevada del regadío.

En este documento de contexto y prospectiva se tratan los siguientes aspectos de las relaciones entre el regadío, la energía y el medio ambiente:

1. Consumo eléctrico del regadío español.
2. Coste de la energía eléctrica utilizada en el regadío español.
3. Repercusión del uso y del coste de la electricidad sobre las explotaciones agrícolas.
4. Afección al cambio climático: Mitigación de emisiones GEI asociadas al regadío, impactos, vulnerabilidad y adaptación.
5. Mortalidad en aves por colisión y electrocución en tendidos eléctricos relacionados con el regadío.
6. Propagación de especies exóticas invasoras de fauna y flora susceptibles de reducir las eficiencias hídrica y energética de los sistemas de riego.

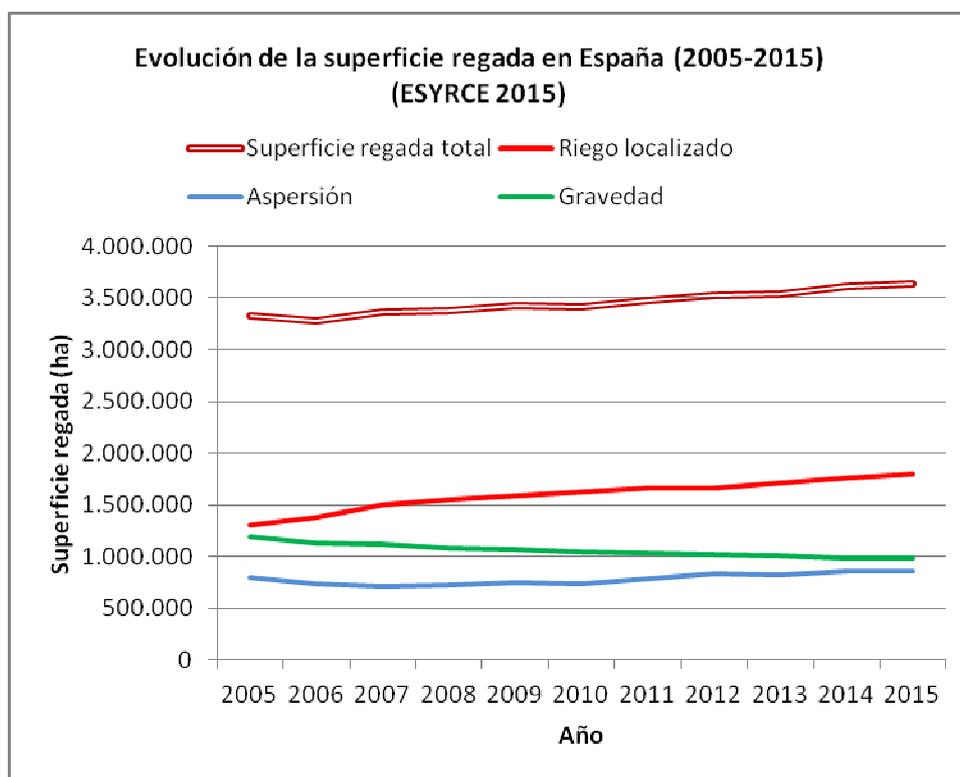
1. CONSUMO ELÉCTRICO DEL REGADÍO ESPAÑOL

1.1. Contexto

De acuerdo con el informe sobre regadíos en España (2015) de la Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos elaborada por el MAGRAMA, en el conjunto de España, la superficie regada está experimentando un crecimiento en los últimos 11 años, alcanzando en 2015 la superficie de 3.636.519 ha, y contando en 2015 con 310.785 ha más que en 2005.

Por tipos de riego, la superficie del riego localizado crece continuamente y es la principal componente del incremento global de la superficie regada, habiéndose incrementado en 490.175 ha sobre el valor de 2005. También crece, después de haber decrecido los primeros años del ciclo, el riego por aspersión + automotriz (73.030 ha), mientras que la superficie de riego por gravedad ha decrecido de manera importante (-214.453 ha desde 2005). Esta evolución se muestra en el Gráfico 1.

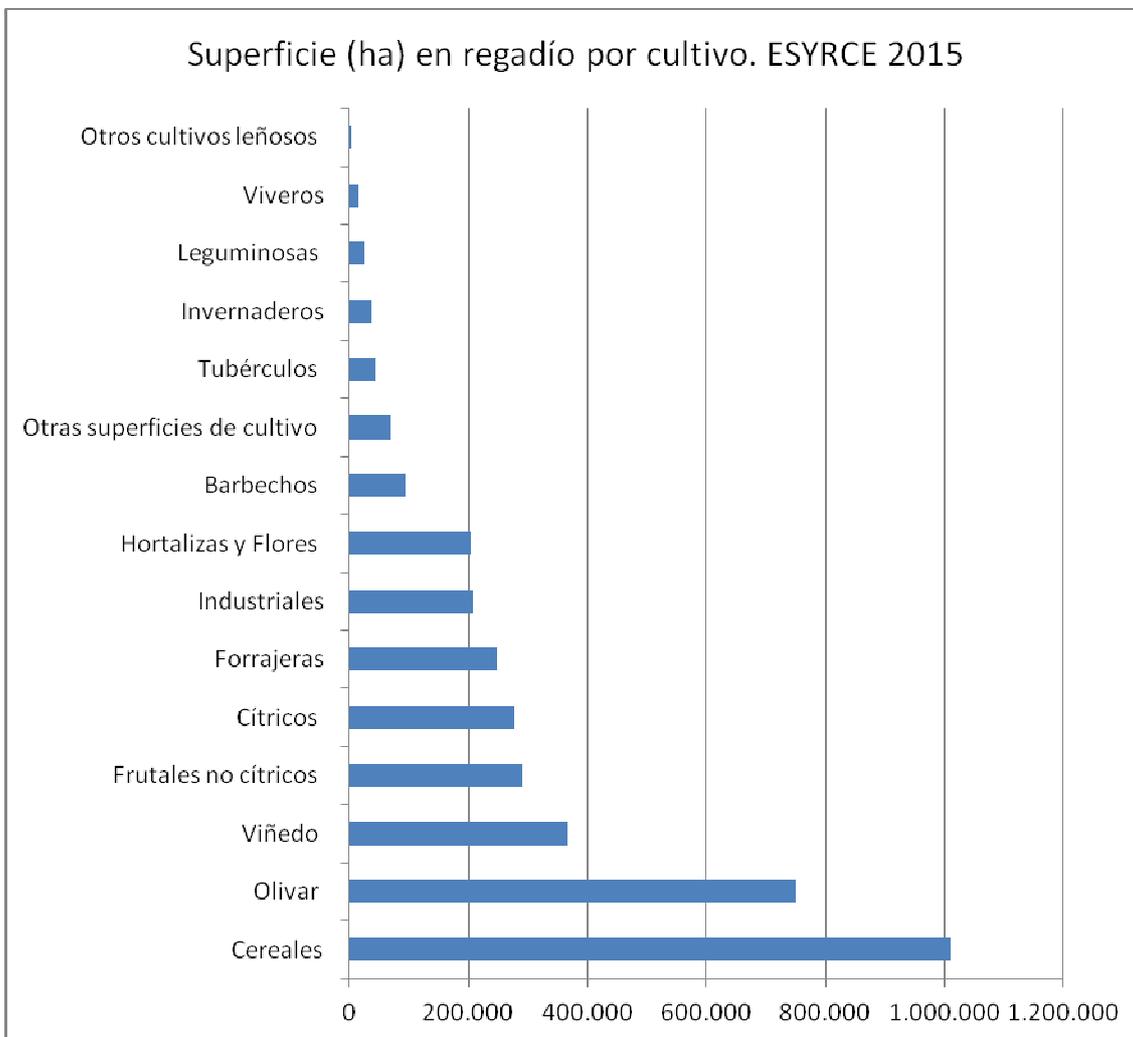
Gráfico 1. Evolución de la superficie regada en España (2005-2015)



La reducción en la superficie de riego por gravedad (en torno a 214.000 ha) se atribuye fundamentalmente a las modernizaciones de regadíos realizadas en el periodo, produciendo un trasvase de superficies a los riegos por aspersión y localizado de la misma magnitud global (unas 214.00 ha de incremento entre ambos). El resto de los incrementos netos de los riegos localizados y por aspersión (un total conjunto de unas 349.000 ha) se pueden atribuir tanto a nuevas transformaciones en regadío de iniciativa tanto pública como privada, como a la puesta en riego de superficies regables inactivas.

Por tipos de cultivo en regadío (Gráfico 2), cabe destacar la importancia superficial de los cereales (más de 1.000.000 ha, de los que unas 400.000 corresponden al maíz), el olivar y el viñedo, cuyas superficies en regadío por goteo han crecido muy significativamente en los últimos 10 años.

Gráfico 2. Superficie (ha) en regadío por cultivo



En lo que se refiere al consumo de energía eléctrica por parte del regadío, no se ha podido disponer de una fuente estadística oficial que la refleje desagregada del conjunto de la de la actividad agraria, habiendo sido necesario documentarla en base a publicaciones de estudios sectoriales específicos, y a datos propios de organizaciones de regantes (FENACORE).

Corominas (2009 y 2010) aporta la siguiente estimación del consumo de agua y energía para riego en España (Tabla 1):

Tabla 1. Estimación del consumo de agua y energía para riego en España (Corominas 2010)

Año	Superficie (*1000 ha)	Uso de agua hm ³	Consumo de agua hm ³	Consumo de energía Gwh
1900	1000	9000	5400	0
1930	1350	12150	7594	182
1940	1500	12750	8288	191
1950	1500	12375	8353	309
1970	2200	17600	12320	1056
1980	2700	20925	14648	2093
1990	3200	24000	17400	3480
2000	3410	23870	18499	4893
2007	3760	24400	20163	5866

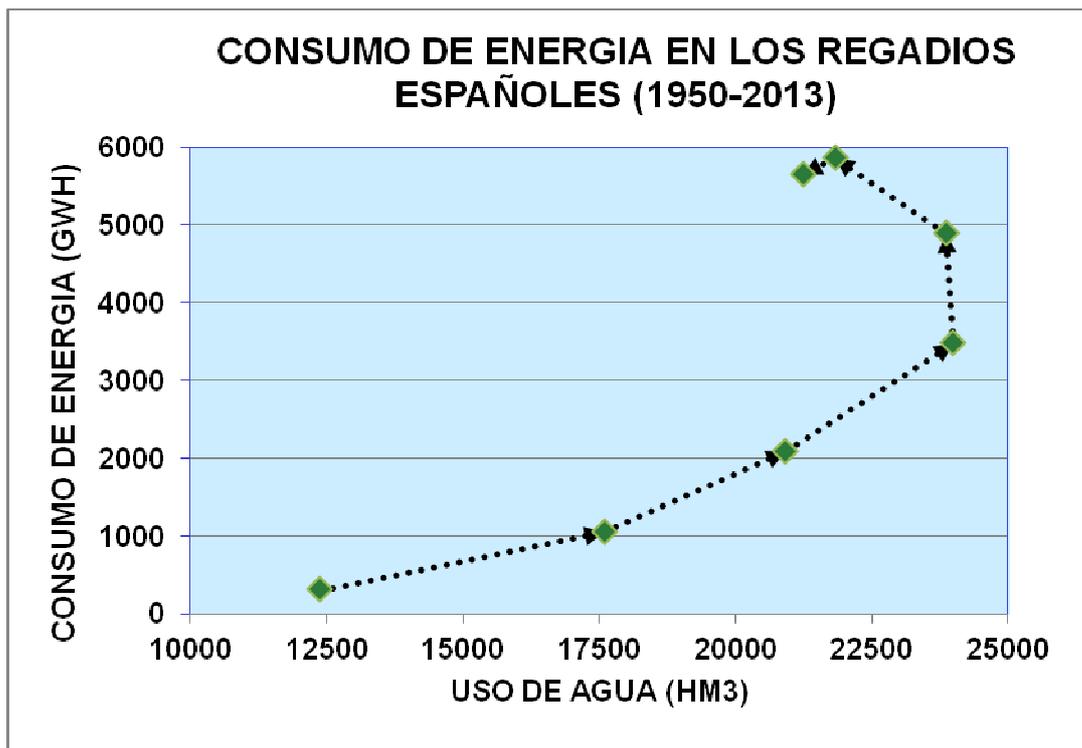
Para el año 2007, este autor estima el consumo del regadío en 5866 GWh, lo que supone un consumo unitario de 1560 kWh/ha regada, 0,29 kWh/m³ consumido (utilizado en las explotaciones), y 0,24 kWh/m³ de agua utilizada (extraída de las masas de agua).

A la vista de la serie histórica, el autor concluye que en España entre 1970 y 2007 el uso de agua por hectárea regada había disminuido un 21% desde 8250 a 6500 m³/ha, mientras que el consumo de energía por hectárea regada se había incrementado un 657%, desde 206 a los referidos 1560 kWh/ha. Ello se atribuye fundamentalmente al efecto del intenso esfuerzo de ampliación y de modernización de los regadíos realizado en las últimas décadas.

En efecto, el Plan Nacional de Regadíos 2002-2008 ya enfocaba la modernización de regadíos al aumento de la eficiencia hídrica, lo que en buena medida se apoyaba en la migración desde los clásicos canales abiertos de transporte por gravedad y los sistemas de riego a manta, a las distribuciones mediante conducciones a presión y los sistemas de riego por aspersión o goteo, tendencia que continúa en la actualidad. El nuevo modelo de regadío, al contrario que el primitivo, es mucho más eficiente en el uso del agua, pero resulta muy intensivo en el empleo de energía, dando lugar en ocasiones a diseños energéticamente poco eficientes (Rodríguez-Díaz et al. 2009).

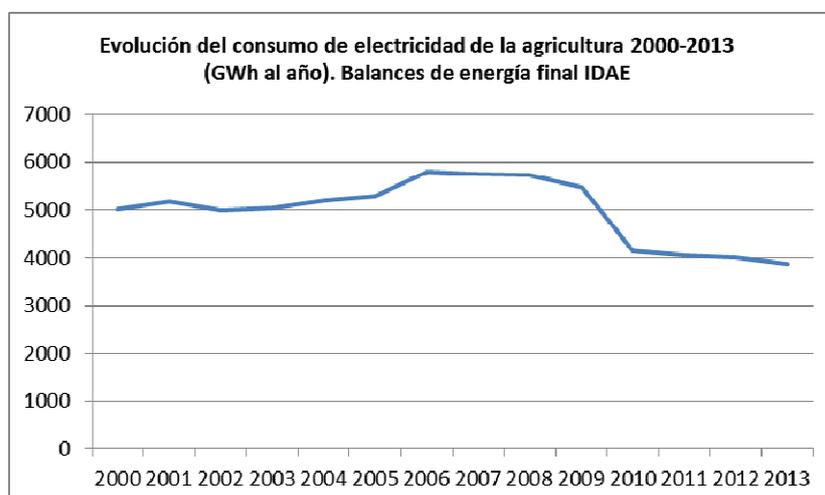
Berbel et al. (2014), apoyándose en los datos de Corominas (2010) actualizados, ilustran la evolución a escala macro del binomio agua-energía, en términos de extracciones de agua y de consumo de energía (Gráfico 3), constatando entre 2007 y 2013 que continúa la tendencia a reducir el uso de agua, pero también y por primera vez desde 1959 constatan una pequeña disminución en el consumo de energía, retracción atribuible tanto al incremento en las tarifas eléctricas como a la crisis económica.

Gráfico 3. Evaluación del consumo de energía en los regadíos Españoles (1950-2013) (Berbel et al. 2014)



Esta retracción coyuntural de los últimos años sería coherente con la información que facilita el IDAE para el uso "agricultura", en el que el regadío se encontraría incluido, en su serie de balances de energía final, sin que haya sido posible obtener de esta fuente información desagregada del regadío, y sin poder conocer si en dicho uso "agricultura" se incluyen, además del consumo de electricidad de las explotaciones agrarias, el consumo de las comunidades de regantes y el consumo en alta de los gestores de trasvases, desalinizadoras, etc. en la parte destinada al riego. El Gráfico 4 ilustra la serie y refleja con claridad una retracción en el consumo coincidente con la crisis económica y el incremento en los costes eléctricos resultado de la liberalización parcial del sector.

Gráfico 4. Evolución del consumo de electricidad en la agricultura 2000-2013



Por su parte, FENACORE (Hernández Gómez 2015 com. pers.) estima que el consumo total anual de electricidad realizado por los 3,5 millones de hectáreas del regadío español es de unos 6 millones de megavatios hora, suponiendo el 2% del consumo nacional de electricidad, y manteniendo una tendencia creciente como resultado del esfuerzo en modernización de regadíos.

En su trabajo, Corominas (2010) también facilita unas estimaciones de la superficie, origen del agua y uso medio del agua (m^3/ha) para cada tipo de sistema de riego (Tabla 2). En la Tabla 3 presenta el consumo eléctrico en (kWh/m^3) en función del origen del agua y desglosado entre el consumo en baja y en alta para cada tipo de sistema de riego.

Tabla 2. Orígenes del agua de riego por tipo de sistema de riego, y uso medio del agua (Corominas 2010)

Características de los regadíos españoles							
Sistema de riego	Superficie riego 2008 (ha)	Origen del agua %					Uso medio del agua (m^3/ha)
		Superficial	Subterráneo	Trasvase	Desalación	Reutilización	
Gravedad	1082602	84	13,2	2,7		0,1	7500
Aspersión	727523	71	28,6	0,1		0,3	6500
Localizado	1482054	54	39,3	4,5	1,1	1,1	5000
Sin datos	16464						
Total	3308643	67,6	28,4	2,9	0,5	0,6	6154

Tabla 3. Estimación de consumos medios de energía por m^3 , por tipo de riego y origen del agua (Corominas 2010)

Sistema de riego	Energía gastada (kWh/m^3)							
	Sistema de riego en parcela	Baja		Alta			Total	
		Superficial	Subterránea	Trasvase	Desalación	Reutilización	Zona de riego (baja)	Incluido transporte + tratamiento (baja y alta)
Gravedad	0,00	0,02	0,15	1,20	3,70	0,25	0,04	0,07
Aspersión	0,24	0,05	0,25	1,20	3,70	0,25	0,35	0,35
Localizado	0,18	0,10	0,50	1,20	3,70	0,25	0,43	0,53
Total	0,13	0,06	0,39	1,20	3,70	0,25	0,28	0,34

Con estos datos, considerando tanto el consumo del sistema de riego en parcela y la captación como el consumo en transporte y tratamiento, estima los consumos totales de energía imputables a una hectárea media a escala nacional de cada tipo de riego (Tabla 4):

Tabla 4. Energía consumida por ha por sistema de riego (Corominas 2010)

Sistema de riego	Energía consumida (kWh/ha)	
	Zona de riego: riego parcela + captación (baja)	Lo anterior + transporte y tratamiento (baja y alta)
Gravedad	275	519
Aspersión / automotriz	2.256	2.268
Localizado	2.153	2.640
Total regadíos	1.738	2.077

Para concluir con la siguiente estimación de consumos totales, tanto a escala de parcela y zona de riego (consumo en baja) como añadiendo a este consumo el necesario para el transporte y tratamiento (consumo en baja + alta) (Tabla 5).

Tabla 5. Consumos totales de energía (Corominas 2010)

	Zona de riego: riego parcela + captación (baja)	Transporte + tratamiento + zona de riego (baja + alta)
Total consumo energía regadío GWh	5.752	6.873
% sobre consumo total energía eléctrica en España	1,98	2,37

Por su parte, Garrido & Hardy (2010), partiendo de los resultados de Corominas (2010), obtienen las estimaciones de consumo de energía en el regadío español para el año 2008 que se reflejan en la Tabla 6.

Tabla 6. Consumo de energía del regadío español en 2008 (Garrido et al., 2010)

Categoría	Consumo de energía (GWh)
Abastecimiento de agua para regadíos	
Suministros por trasvases a comunidades de regantes	717
Bombeo de aguas subterráneas	2251
Bombeo de aguas superficiales	826
Agua procedente de desalación	331
Agua procedente de reutilización	76
Regadío en parcela	
Riego por gravedad	0
Riego por aspersión	1135
Riego por goteo	1334
Energía eléctrica gastada total	
Total abastecimiento	4201
Total riego en parcela	2469
Total	6670

Y también a partir de las estimaciones de Corominas (2010), presentan la tabla sintética que expresa para dicho año 2008 el consumo medio de energía por m³ del regadío español según el tipo de regadío y el origen del agua (Tabla 7)

Tabla 7. Consumo medio de energía por m³ según tipo de regadío y origen del agua (Garrido et al 2010)

	Gravedad	Aspersión	Localizado
Uso medio de agua	m ³ /ha		
	7500	6500	5000
Consumo energético unitario	kWh/m ³		
Agua subterránea	0,15	0,49	0,68
Agua superficial	0,02	0,29	0,28
Trasvase	1,20	1,44	1,38
Desalación	3,70	3,94	3,88
Reutilización	0,25	0,49	0,43

Ello prueba la gran variabilidad que puede darse en los consumos eléctricos, en función del origen del agua y del sistema de riego.

Las cifras de las Tabla 4 y 7 hay que interpretarlas a la luz de los consumos medios expresados en la Tabla 3, que expresa tanto la energía requerida por el sistema de riego en parcela como la requerida para el transporte del agua en alta y en baja. Así se puede explicar la aparente paradoja de que en la Tabla 4 la energía total imputable a escala nacional a la hectárea media de riego localizado supere a la imputable a la hectárea media de riego por aspersión, cuando es bien conocido que los sistemas de riego por goteo requieren menos energía por hectárea que los sistemas por aspersión: En efecto, las superficies de riego localizado tienden a concentrarse en las áreas donde la disponibilidad de recursos superficiales y subterráneos es más reducida, haciéndose preciso acudir en mayor medida en baja y en alta a recursos subterráneos profundos o a aguas reutilizadas, trasvasadas o desaladas. Similar explicación podría tener también el hecho de que la Tabla 7 refleje para aguas subterráneas un consumo por m³ superior en riego por goteo que en riego por aspersión: predominio del riego por goteo en zonas semiáridas que requieren sondeos más profundos. Todo ello no desvirtúa en absoluto la afirmación de que dentro de una misma zona de riego con un mismo tipo de suministro de agua (alta y baja), los sistemas de riego localizado consumen significativamente menos agua y energía que los sistemas de aspersión.

Otros autores han proporcionado también cifras medias de consumo de energía en la captación y transporte del agua (Tabla 8).

Tabla 8. Consumos medios de energía según origen del agua

Uso de energía en captación y transporte en alta según tipo de suministro.	
Origen del agua.	Valores de referencia
Aguas superficiales	0,02 - 0,15 kWh/m ³ (Garrido & Hardy 2010)
Aguas subterráneas	0,95 - 0,81 kWh/m ³ (Soto-García et al. 2014) 0,14 - 0,69 kWh/m ³ (Plappally y Lienhard, 2012). 0,15 - 0,50 kWh/m ³ (Garrido & Hardy 2010)
Trasvases	ATS: 0,98 kWh/m ³ . (Soto-García et al. 2014) ATS: 1,21 kWh/m ³ ATS (Melgarejo y Montaña, 2009). Ebro: 2,10 kWh/m ³ (Garrido & Hardy 2010) Negratín- Almazora require 1,8 kWh/m ³ y recupera 1,5 kWh/m ³ . Ebro requeriría 3,7 kWh/m ³ (Camacho et al. 2010)
Agua desalinizada	1,40 kWh/m ³ (Desalinización de agua salobre) (Soto-García et al. 2014) 1-1,5 kWh/m ³ (desalinización agua salobre) y 3,5 y 5 kWh/m ³ (desalinización agua marina ósmosis inversa). (Melgarejo y Montaña, 2009) 3-4 kWh/m ³ (Camacho et al. 2010) 3,48 kWh/m ³ (Garrido & Hardy 2010)
Reutilización	0,78 kWh/m ³ (Tratamiento terciario) (Soto-García et al. 2014) 0,30-0,50 kWh/m ³ tratamiento secundario + 0,25 kWh/m ³ tratamiento terciario (Cabrera, 2011) 0,50 kWh/m ³ (Camacho et al. 2010) 0,59 kWh/m ³ (Garrido & Hardy 2010)

Como se ha señalado anteriormente, la modernización de regadíos en las últimas décadas ha tenido por principal objetivo el mejorar tanto la gestión como la eficiencia del uso del agua, así como controlar los volúmenes suministrados (López-Gunn et al., 2012). Se ha caracterizado principalmente por la sustitución de los tradicionales sistemas de distribución de canales y acequias por conducciones presurizadas, y por la incorporación de las TICs a la gestión de las comunidades de regantes (Playán y Mateos, 2006; García-Vila et al., 2008; Rodríguez et al., 2011). Ello requería el consumo de cantidades importantes de energía eléctrica. Así, el Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008 ya preveía un incremento de consumo de electricidad asociado a sus obras estimado en 759 GWh, de los que 450 se derivarían de las modernizaciones y consolidaciones de regadíos previstas, y el resto básicamente de nuevas transformaciones.

El resultado ha sido una importante mejora en la eficiencia en el uso del agua y de la capacidad de control del riego, pero también un incremento muy importante del consumo de energía y de los costes asociados, lo que unido al incremento de los costes de amortización de la inversión, y de gestión, operación y mantenimiento de las infraestructuras, ha supuesto un aumento de los costes del agua, y por lo tanto de los costes de producción para el agricultor (Tarjuelo et al. 2015; Fernández et al. 2014; Rocamora et al. 2013; Rodríguez-Díaz et al. 2011; Abadía et al., 2008; Rodríguez et al., 2009). En determinados casos se ha documentado que aunque inicialmente se consiguió un ahorro de agua por la mejora en la eficiencia de distribución, a medio plazo se produjo una intensificación y cambio de cultivos en busca de una mayor productividad agrícola, lo que llevó asociado un aumento en el consumo de agua de la zona regable en comparación con la situación anterior (Lecina et al., 2010; Rodríguez et al., 2011).

Sin embargo, la situación descrita de aumento del consumo de energía no es generalizable a todas las modernizaciones de regadíos. Así por ejemplo, en Murcia, donde muchas comunidades ya tenían presurizada la red de distribución con una alta eficiencia hídrica, los principales efectos de la modernización fueron la optimización energética, con una reducción en el consumo energético y una ligera mejora en la eficiencia de distribución, mientras que la principal desventaja fue un aumento de los gastos generales, aunque con valores considerablemente menores a lo indicado en otros procesos de modernización estudiados (Soto García et al., 2014).

Si se centra el análisis en el consumo de energía en función del origen del agua, en términos generales, el mayor consumo de energía se produce en sistemas que utilizan aguas desalinizadas. Por orden de mayor a menor consumo, seguirían los que utilizan aguas trasvasadas, aguas subterráneas y aguas regeneradas. Los sistemas que utilizan aguas superficiales tienden a ser los menos consumidores de energía, pero siempre que no existan desniveles

importantes entre los abastecimientos y las zonas de riego que requieran bombeos.

Y si solo se considera el consumo del sistema de riego en parcela al margen de los consumos asociados a la captación, tratamiento, transporte y distribución de las aguas utilizadas, el sistema menos (o nada) consumidor es el riego por gravedad, seguido por el riego por goteo, resultando el más consumidor el riego por aspersión. El consumo en estos dos últimos tipos de riego está relacionado con la presión que es necesario conseguir para su funcionamiento óptimo, siendo superior en el riego por aspersión que en el riego por goteo. Por otra parte, los sistemas de riego en parcela que aprovechan la presión de la red suponen globalmente un menor consumo energético que los sistemas en que cada explotación servida por la red presurizada cuenta además con una balsa de regulación a partir de la cual realiza posteriores bombeos individuales, circunstancia frecuente en zonas con riego localizado o en las que existe una gran incertidumbre sobre la disponibilidad de agua.

El consumo eléctrico del regadío es estacional, y se concentra en la época de crecimiento de los cultivos, que suele ser coincidente con los meses de mayor evapotranspiración potencial, pudiendo resultar prácticamente nulo en los meses de parada vegetativa. Suele tener igualmente una apreciable irregularidad interanual, incrementándose significativamente en años secos, en que la falta de precipitaciones debe ser compensada con riegos más intensos, lo que también contribuye a que la disponibilidad de recursos superficiales resulte inferior, haciéndose en muchos casos necesario recurrir a aguas subterráneas, o bien a aguas reutilizadas, desalinizadas o trasvasadas, todas ellas con un significativamente mayor consumo energético.

En lo relativo al rendimiento de los sistemas de bombeo, que constituye uno de los elementos que definen la eficiencia energética, Hoffman et al. (2007) señalan como aceptables valores del 65% para estaciones de bombeo, si bien es frecuente observar en la práctica rendimientos entre el 45 y el 55%. Así, Vera et al. (2010) analizaron la eficiencia energética de 22 sondeos para captación y bombeo de aguas subterráneas en Alicante, arrojando una eficiencia energética media del 50,2%, con variabilidad entre el 27,2% y el 67,6%.

A fin de controlar el aumento de la demanda de energía del regadío, así como de continuar reduciendo el nivel de uso de agua y de mantener una elevada eficiencia en su aprovechamiento, se ha hecho necesario el gestionar los recursos hídricos y energéticos de manera más eficiente y coordinada (Jackson et al., 2010; Rodríguez et al., 2011). Afortunadamente, las nuevas tecnologías de la información y comunicación ofrecen grandes oportunidades para ello: sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA); sistemas de soporte a la decisión (SSD); sistemas de información geográfica (GIS); y aplicaciones Web y para la telefonía móvil.

Por su parte, el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) ha venido elaborando en la última década publicaciones de finalidad tanto divulgativa como técnica para promover la eficiencia y el ahorro en el uso de la energía en el regadío (serie “Ahorro y eficiencia energética en la agricultura”), entre las que cabe destacar la de “Ahorro y eficiencia energética en las Comunidades de Regantes” (Rocamora et al., 2008) y el “Protocolo de auditoría energética en comunidades de regantes” (Abadía et al., 2008). Así mismo, a través de sus planes de acción y en colaboración con las comunidades autónomas, se ha promovido la realización de 479 auditorías energéticas en el sector agrario, de las cuales 167 fueron vinculadas a comunidades de regantes o sistemas de regadíos (FENACORE, Hernández Gómez com. pers. refiriendo datos del Departamento Servicios y Agricultura del IDAE). La Tabla 9 representa la distribución de dichas auditorías por comunidad autónoma.

Tabla 9. Auditorías energéticas impulsadas por el IDAE mediante convenios con comunidades autónomas hasta 2016

Comunidad Autónoma	Auditorías energéticas sector agrario	Auditorías energéticas a comunidades de regantes o explotaciones de regadío
Aragón	12	9
Asturias	43	0
Canarias	7	0
Castilla-La Mancha	22	18
Castilla y León	47	38
Cataluña	120	12
Comunidad Valenciana	65	26
Extremadura	24	20
Galicia	44	0
Murcia	43	37
Navarra	38	7
País Vasco	14	0
	479	167

Para Castilla-La Mancha (Tarjuelo, com. pers.) los principales problemas detectados en las auditorías energéticas han sido:

- Sobre-dimensionado de las estaciones de bombeo.
- Bajo rendimiento de las bombas con pequeños caudales.
- Desgaste de las bombas por un inadecuado manejo o mantenimiento.
- Regulación de bombeo inadecuada.
- Presión de consigna superior a la demandada.

Siendo destacable que muchos de ellos derivan del proyecto de la instalación. Esto justifica que los proyectos de regadío deban tener un anejo a la memoria sobre eficiencia energética.

1.2. Prospectiva

Se aportan a continuación algunos factores a tener en cuenta para prever la evolución del consumo de energía por el regadío en España, tanto en el sentido de incrementar el consumo de energía eléctrica convencional como de reducirlo, con alguna indicación sobre su peso relativo y su incidencia en el tiempo. Sin embargo, hasta el momento no se ha dispuesto de información que permita hacer una cuantificación e integración de los efectos de todos los factores identificados, para hacer una prospectiva sobre la futura evolución cuantitativa del consumo de energía por el regadío español. Se reflejan a continuación los factores identificados de futuro crecimiento y decrecimiento:

1.2.1. Factores de crecimiento del consumo de energía:

- a) **El progresivo aumento de la superficie regada**, y dentro de ésta, el continuo aumento de la superficie de **riego localizado** y en menor medida del riego por aspersión en detrimento de la de riego por gravedad. En el periodo 2005-2015, de acuerdo con la información facilitada por ESYRCE, se constata un aumento sostenido e importante de la superficie neta de riego por goteo (+44.183 ha/año de tendencia), un aumento menos importante del riego por aspersión (+13.205 ha/año de tendencia), y un decrecimiento notable del riego por gravedad (-19.499 ha/año). Suponiendo únicamente este factor y que a estas tendencias anuales de incremento de superficies fueran aplicables los consumos medios de energía obtenidos por Corominas (2010) (alta + baja + parcela), se deduciría una tendencia neta al incremento en el consumo de energía en el conjunto del regadío español de 136,48 GWh al año (Tabla 10).

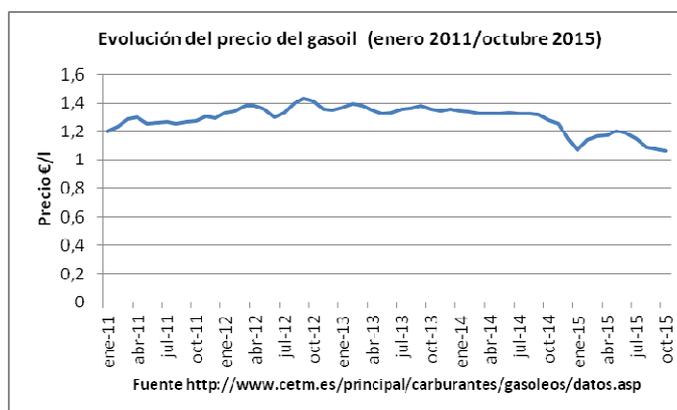
Tabla 10. Prospectiva de evolución del consumo energético por tipo de riego en función de la tendencia de variación de su superficie.

Tipo de riego	Incremento anual de superficie (pendiente de línea de tendencia) ha/año	Consumos unitarios (parcela+baja+alta) de Corominas (2010) kWh/ha	Incremento anual del consumo por tipo de riego (kWh/año)
Localizado	44.183	2.640	116.643.120
Aspersión	13.205	2.268	29.948.940
Gravedad	-19.489	519	-10.114.791
TOTAL			136.477.269

El efecto de esta tendencia de incremento del consumo previsiblemente se prolongará en el tiempo, pues el aumento en la superficie de cultivo con riego localizado tiene fundamentalmente lugar con cultivos leñosos, lo que genera una demanda de agua y energía estructural y de largo plazo.

- b) Los **efectos del cambio climático** hacia un aumento de las temperaturas ocasionaría incremento de la evapotranspiración potencial, y una disminución de las precipitaciones en el área mediterránea, lo que en hipótesis de igualdad de los demás factores (ausencia de estrategias de adaptación) supondría un incremento en las necesidades de riego. Esto unido a una paralela reducción de la disponibilidad del recurso podría llevar a mayores necesidades de energía en su obtención (recursos subterráneos cada vez más sobreexplotados, necesidad de complementar el suministro de aguas superficiales a partir de desalinización o reutilización, etc.). Todo ello supondría un incremento en el consumo energético. De acuerdo con el conocimiento generado por el IPCC¹, el efecto de este factor será a muy largo plazo, y su intensidad será creciente, y notable en zonas de riego del ámbito mediterráneo. Es previsible que en algunos sistemas de explotación mediterráneos que ahora presentan elevados índices de explotación de recursos hídricos y baja pluviometría, la reducción de los recursos deberá obligar a adoptar medidas de adaptación integrales, afectando a todos los usos.
- c) El reciente **abaratamiento de los combustibles derivados del petróleo**, en un escenario de altos costes eléctricos, podría contribuir a que se invierta la tendencia a sustituir motores de gasoil/gasolina por motores eléctricos, y que el gasoil recupere algo de terreno como fuente de energía en sustitución de la electricidad, al menos en determinados tipos de regadío, caudales, periodos de riego y potencias. En el Gráfico 5 se refleja la evolución del precio del gasoil de automoción. Se ignora hasta qué punto la tendencia del petróleo al abaratamiento se puede mantener a medio y largo plazo, siendo previsible que tenga solamente carácter temporal².

Gráfico 5. Evolución del precio del gasoil de automoción



¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

² <http://www.marketoracle.co.uk/Article48969.html>

1.2.2. Factores de reducción del consumo de energía:

- a) **Las actuales tarifas eléctricas**, que configuran un escenario de altos costes eléctricos desincentivadores del consumo. Su evolución reciente será objeto del apartado siguiente, pero es previsible que el efecto depresor del consumo eléctrico continúe a medio plazo, al menos mientras no se corrija una buena parte del denominado déficit tarifario acumulado y de las demás partidas deficitarias que las actuales tarifas eléctricas compensan.
- b) La **crisis económica**, que configura igualmente un escenario de recesión en el consumo de bienes intermedios. En su dimensión nacional, los indicadores macroeconómicos apuntan a corto plazo su superación, si bien los avatares de la economía global (por ejemplo, la crisis económica en China) podrían causar en los próximos años una tercera recaída en la economía.
- c) **El esfuerzo realizado en los últimos años para aumentar la eficiencia energética**, tanto de las comunidades de regantes como de las explotaciones. Una gran parte de los esfuerzos realizados desde 2008 hasta el presente han ido en este sentido, previa realización de auditorías energéticas para detectar las principales debilidades de los sistemas y proponer medidas de mejora adecuadas a la situación de cada infraestructura o explotación. Aun disponiendo de información sobre las auditorías energéticas realizadas en colaboración del IDAE con las comunidades autónomas (Tabla 9), no se ha podido disponer de una evaluación global de la reducción global del consumo eléctrico medio que se ha derivado de ellas, capacidad de reducción que aun siendo importante lógicamente debe tener un límite técnico y económico.
- d) El desarrollo de sistemas de **generación de energía eléctrica renovable** en las zonas de riego para autoconsumo, en sustitución de energía convencional. Los rápidos avances tecnológicos y el abaratamiento de los bienes de equipo están favoreciendo la rápida implantación de energías renovables en muchas zonas de riego. Este factor de reducción del consumo de electricidad de fuentes convencionales puede actuar a largo plazo, pero su expansión podría tener un conjunto de límites tecnológicos, económicos, medioambientales o legales difícil de prever hoy por hoy.
- e) Las **reducciones netas en el uso de agua** en las zonas de riego, derivadas de razones diversas: aumento en la eficiencia hídrica de las infraestructuras, generalización de tarifas binómicas incentivadoras de menores consumos, adaptación efectiva de las zonas de riego al cambio climático con cambio a cultivos y sistemas de riego significativamente menos consumidores de agua, generalización de técnicas de riego deficitario, reducción de las dotaciones o derechos de agua para

adaptación a la planificación hidrológica o a un escenario de disminución drástica del recurso agua.

- f) La aplicación de las **políticas e instrumentos nacionales, comunitarias e internacionales sobre cambio climático**, orientadas a la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI), deberá conllevar, entre otras cosas, la reducción en el consumo de energía convencional, que conlleva emisiones de GEI por la participación de los combustibles fósiles en el mix de generación eléctrica. En el mismo sentido operarán los mecanismos que se establezcan para conseguir el objetivo de alcanzar al menos un 27 % de ahorro de energía de aquí a 2030 contenidos en la Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva (COM(2015) 80 final) de la Comisión Europea. El efecto de todas estas políticas internacionales y nacionales de mitigación del cambio climático y de reducción del consumo de energía será de largo plazo.

2. COSTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZADA EN EL REGADÍO ESPAÑOL

2.1. Contexto

La actual estructura de facturación de la electricidad en España es compleja, conteniendo un apreciable número de componentes que influyen de manera muy notable en el coste eléctrico final, y que en parte pueden ser decididos o manejados por el agricultor o la comunidad de regantes para procurar minimizar dicho coste. Entre estos componentes, cabe destacar los siguientes:

a) Tarifa de acceso a la red, de precios regulados, cuya finalidad es retribuir el transporte y distribución de la electricidad, y en la que se incluyen:

1. Término de potencia, en función de las potencias contratadas en cada periodo.
2. Penalizaciones por exceso de potencia, cuando la potencia utilizada haya sido superior en determinado umbral a la contratada.
3. Término de energía activa, función de la energía activa consumida en cada periodo.
4. Exceso de energía reactiva, de aplicación a cualquier tarifa excepto la simple de baja tensión (2.0A). Requiere disponer de contador de energía reactiva. Se aplica sobre todos los períodos tarifarios excepto en las horas valle (período 3 en tarifas 3.0A y 3.1A y período 6 en tarifas 6), siempre que el consumo de energía reactiva exceda el 33 por 100 del consumo de activa durante el período de facturación considerado ($\cos \phi < 0,95$), y únicamente afectará al exceso.

b) Energía consumida, que se paga a un precio liberalizado que retribuye la generación de la energía consumida y la gestión y beneficio de la comercializadora, en una modalidad que previamente se pacta entre los consumidores y las comercializadoras (precios fijos, indexados al pool diario (OMIE), etc)³⁴.

c) Impuesto eléctrico.

Todos estos componentes tienen gran influencia en el coste eléctrico, y pueden ser gestionados en mayor o menor medida por las comunidades de regantes y las explotaciones agrarias para minimizar dicho coste. Los demás componentes de la factura eléctrica, tales como el alquiler de los equipos de medida y el IVA, no son gestionables.

³ <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>

⁴ Es de señalar que muchas comercializadoras fusionan en sus facturas el término de energía, que es parte de la tarifa de acceso y su valor está en consecuencia regulado, con la energía consumida, que se paga a un precio liberalizado. Ambos conceptos se facturan en función de los kWh consumidos.

a) Tarifas de acceso a la red. Términos de potencia y energía.

Las tarifas de acceso se definen en el Real Decreto 1164/2001, de 26 de diciembre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Posteriormente, el precio de cada uno de sus componentes se revisa y actualiza mediante órdenes ministeriales. A partir del 1 de enero de 2016, las principales tarifas aplicables al regadío tienen los precios que se determinan por las siguientes órdenes ministeriales:

- Los peajes / tarifa 3.0 general de baja tensión (< 1 kV y potencia >15kW) y 3.1 de alta tensión (de 1 a 36 kV y potencia < 450 kW en todos los periodos) son los mismos previstos en el artículo 10 y el anexo I de la Orden IET/107/2014, de 31 de enero, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014.
- Los peajes / tarifa 6.1A de alta tensión (1 a 30 kV y potencia > 450 kW en alguno de los periodos) son los previstos en el artículo 9 y el anexo I de la Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015.
- Los peajes / tarifa 6.1.B de alta tensión (30 a 36 kV y potencia > 450 kW en algún periodo) son los previstos en el Anexo I de Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos de instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

La distribución de los periodos tarifarios para las tarifas habituales en regadío se expresa en las Tablas 11 a 13).

Tabla 11. Distribución de los periodos tarifarios para la Tarifa 3.0A

Periodos tarifarios. Tarifa 3.0A												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
00/01	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
01/02	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
02/03	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
03/04	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
04/05	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
05/06	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
06/07	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
07/08	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
08/09	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
09/10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10/11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11/12	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
12/13	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
13/14	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
14/15	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
15/16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16/17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
17/18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18/19	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
19/20	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
20/21	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
21/22	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1
22/23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23/24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabla 12. Distribución de los periodos tarifarios para la Tarifa 3.1A

Periodos tarifarios. Tarifa 3.1A

Días	Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
De lunes a viernes	00/01	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	01/02	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	02/03	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	03/04	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	04/05	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	05/06	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	06/07	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	07/08	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	08/09	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	09/10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	10/11	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	11/12	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	12/13	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	13/14	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	14/15	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	15/16	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	16/17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	17/18	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	18/19	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	19/20	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	20/21	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	21/22	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	22/23	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
23/24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
S, D & F	00/18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	18/24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Tabla 13. Distribución de los periodos tarifarios para la Tarifa 6.1

Periodos tarifarios. Tarifa 6.1

Días	Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
De lunes a viernes	00/01	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	01/02	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	02/03	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	03/04	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	04/05	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	05/06	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	06/07	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	07/08	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	08/09	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
	09/10	2	2	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	2
	10/11	1	1	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	1
	11/12	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
	12/13	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
	13/14	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
	14/15	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
	15/16	2	2	4	5	5	4	1	1	6	4	5	4	2
	16/17	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
	17/18	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
	18/19	1	1	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	1
	19/20	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
	20/21	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
	21/22	2	2	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	2
	22/23	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
23/24	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2	
S, D & F	00/24	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

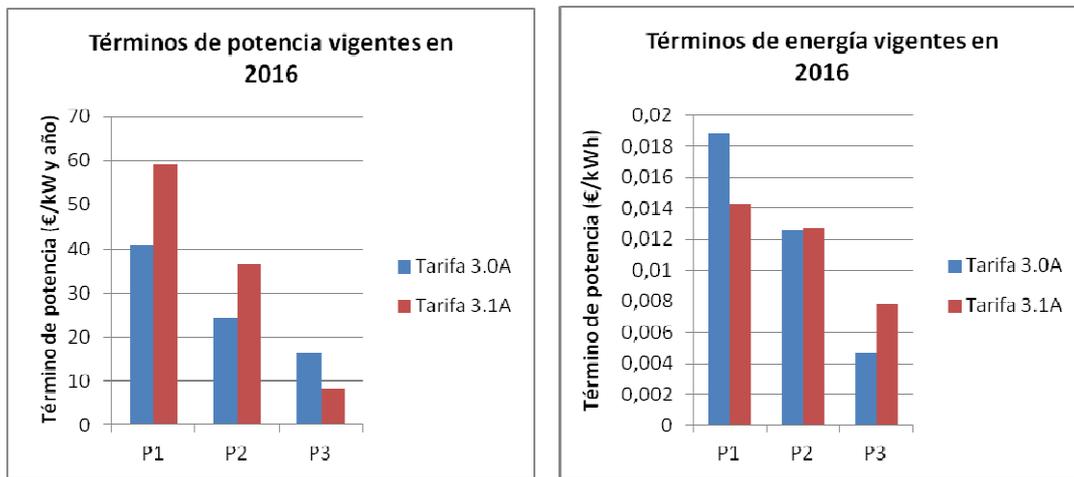
La Tabla 14 representa, para cada una de las tarifas más habituales en regadío, los actuales términos de potencia y energía para cada uno de los periodos tarifarios.

Tabla 14. Tarifas de acceso a red. Términos de potencia y energía por periodo para cada tarifa. Orden IET/107/2014 (Tarifas 3.0A y 3.1ª) y Orden IET/2444/2014 (Tarifa 6.1ª)

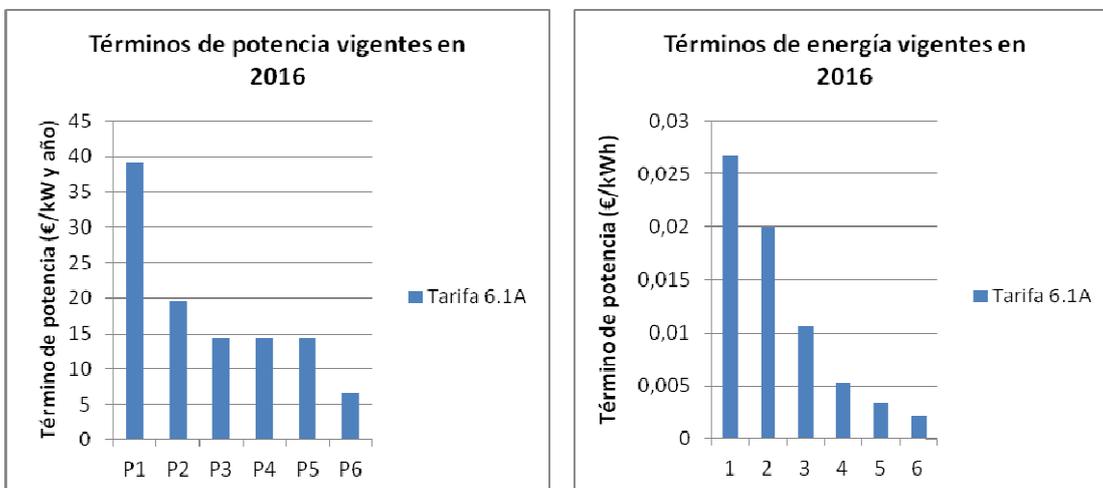
Peajes	Términos	Periodo					
		1	2	3	4	5	6
3.0A	potencia (€/kW y año)	40,728885	24,437330	16,291555			
	energía(€/kWh)	0,018762	0,012575	0,004670			
3.1A	potencia (€/kW y año)	59,173468	36,490689	8,367731			
	energía(€/kWh)	0,014335	0,012754	0,007805			
6.1A	potencia (€/kW y año)	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177
	energía(€/kWh)	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137

Los Gráficos 6 y 7 representan, respectivamente, los precios de los términos de potencia y energía de las tres tarifas (peajes) de acceso anteriores.

Gráficos 6. Términos de potencia y energía para las tarifas 3.0A y 3.1A para cada periodo. Orden IET/107/2014



Gráficos 7. Términos de potencia y energía para la tarifa 6.1A para cada periodo. Orden IET/2444/2014



Puede apreciarse que el precio del término de potencia en periodo punta es 7 veces superior al periodo valle en la tarifa 3.1A y casi 6 veces superior en las tarifas 6.1. Así mismo, el precio del término de energía en periodo punta es 1,8 veces superior al periodo valle en la tarifa 3.1A, y prácticamente 12,5 veces superior en las tarifas 6.1. De la magnitud de estas diferencias se puede concluir la conveniencia de organizar el funcionamiento de los grupos de bombeo de manera que la totalidad o mayor parte posible de la energía contratada y consumida lo sea en periodo valle. Ello puede requerir no solo de cambios en la explotación y sistema de control de los bombeos, sino también de modificación de las propias infraestructuras, por ejemplo mediante la construcción de balsas que mejoren la capacidad de control y adaptación de los diámetros de las tuberías. La disposición de herramientas y modelos que ayuden a encontrar la solución de menor coste total resulta por tanto fundamental, existiendo ya disponibles muchos de ellos (Tarjuelo et al. 2015, Fernández-García et al. 2014 y Zapata et al. 2015).

Las órdenes ministeriales reguladoras de las tarifas de acceso han sido:

- ITC/3860/2007
- ITC/3801/2008
- ITC/1723/2009
- ITC/3519/2009
- ITC/688/2011
- IET/3586/2011
- IET/843/2012
- IET/1491/2013
- IET/107/2014
- IET/2444/2014
- IET/2735/2015

Tras la liberalización parcial del sector eléctrico y la consiguiente desaparición de la tarifa regulada de riego en julio de 2008, el coste de la electricidad en el regadío ha experimentado un aumento considerable, variable entre usuarios por las diferencias en tarifas, potencias contratadas y energía consumida en cada periodo, entre otros factores.

Se enumeran algunas evaluaciones sobre el incremento del coste eléctrico realizadas por diferentes autores para ilustrar la situación:

Rodríguez Díaz et al. 2008 señala para una muestra de nueve comunidades de regantes incrementos medios en los costes de operación y mantenimiento desde 0,02 €/m³ en canales abiertos, hasta 0,10 €/m³ en sistemas a presión. Rodríguez et al. (2011) estima un incremento del 120% de las tarifas de energía para el riego en España entre 2008 y 2010.

Ederra y Murugarren (2010) indican que se ha producido un incremento medio del 82% en el coste energético entre 2005 y 2009 en comunidades de regantes modernizadas en Navarra. Más recientemente, en la Comunidad Foral de Navarra, se ha estimado que el incremento en el coste eléctrico por hectárea

entre 2005 (110 €/ha) y 2014 (265 €/ha) ha sido de un 141% (Ederra, I. 2015 elaboración propia)

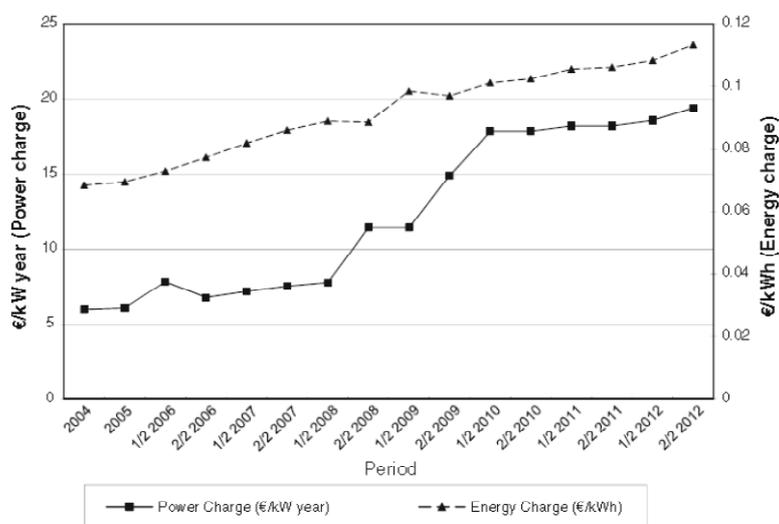
Riegos del Alto Aragón informa de un incremento del término de potencia desde 2007 a 2013 de un 115 %, representando actualmente el 55 % del total del coste de la facturación. Así mismo, informa de un incremento del término de energía entre 2007 (0,0773 €/kWh) y 2014 (0,1528 €/kWh) del 97,7%. Globalmente, entre 2007 y 2014 constata un incremento del coste eléctrico de más del 100% (Hernández, A. 2015 elaboración propia)

Moreno et al. (2010) cita incrementos medios en el coste de la energía de entre el 40 y el 75 % en Castilla-La Mancha en 2008.

Tarjuelo et al. (2015) señalan que desde 2010 los costes energéticos se han doblado en España, causando un importante impacto en los sistemas de regadío.

Rocamora et al. (2013) facilitan en la Gráfica 8 la evolución desde 2004 hasta 2012 de los dos principales componentes de la factura eléctrica, para una tarifa 3.1 (3 periodos y menos de 450kW), con utilización solo de los periodos P2 y P3, y evitando consumo de electricidad en horas punta (P1).

Gráfica 8. Evolución de los componentes de factura eléctrica (Rocamora 2013)



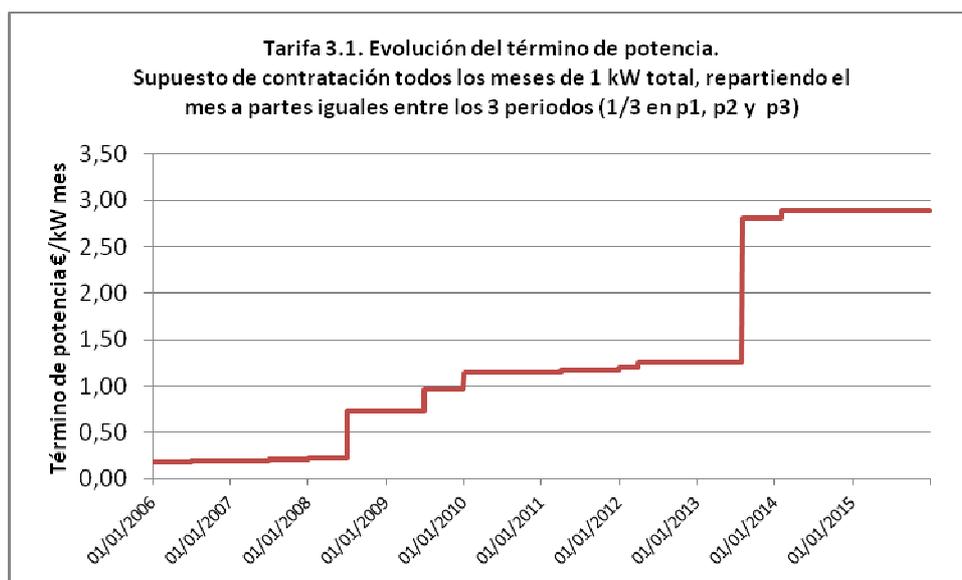
Resco, P. (comunicación personal) aporta datos de una comunidad de regantes de Andalucía que combina uso de tarifas 6.1A y 3.1A, para la que en 2012 el término de potencia (+ impuestos) supuso el 30,47% de la facturación.

Con el fin de tener un cierto patrón de comparación con el que poder evaluar más homogéneamente la magnitud del incremento de costes, para las tarifas 3.a y 6.1 se han elaborado unas gráficas ilustrativas de la evolución de los términos de potencia y energía. Para la tarifa 3.1 se ha supuesto una potencia contratada de 1 kW y que cada uno de sus 3 periodos dura 1/3 del mes, y un consumo total de 1 kWh resultado de consumir 1/3 kWh en cada uno de sus 3 periodos. Para la tarifa 6.1 se ha supuesto una potencia contratada de 1 kW y

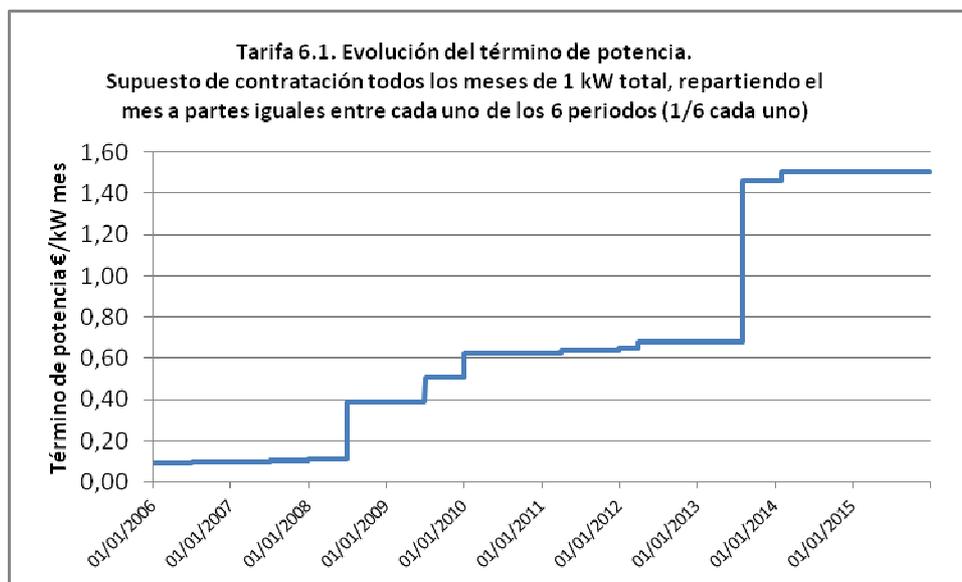
que cada uno de sus 6 periodos dura 1/6 del mes, y un consumo total de 1 kWh como suma de consumir 1/6 kWh en cada uno de sus periodos.

Del análisis de las Gráficas 9 y 10 se puede deducir la gran relevancia que ha tenido el aumento del término de potencia en ambas tarifas. En relación a los niveles previos a la desaparición de la tarifa especial de riego, el término de potencia es actualmente 13,4 veces superior en la tarifa 3.1, y 13,9 veces más elevado en la tarifa 6.1.

Gráfica 9. Evolución del término de potencia en la tarifa 3.1



Gráfica 10. Evolución del término de potencia en la tarifa 6.1



Particularmente importante fue el aumento experimentado por el término de potencia en agosto de 2013, atribuido en parte a la necesidad de reducir el importante déficit tarifario acumulado en ese momento y a la recesión en el consumo de energía asociada a la crisis. El cambio que introdujo la Orden

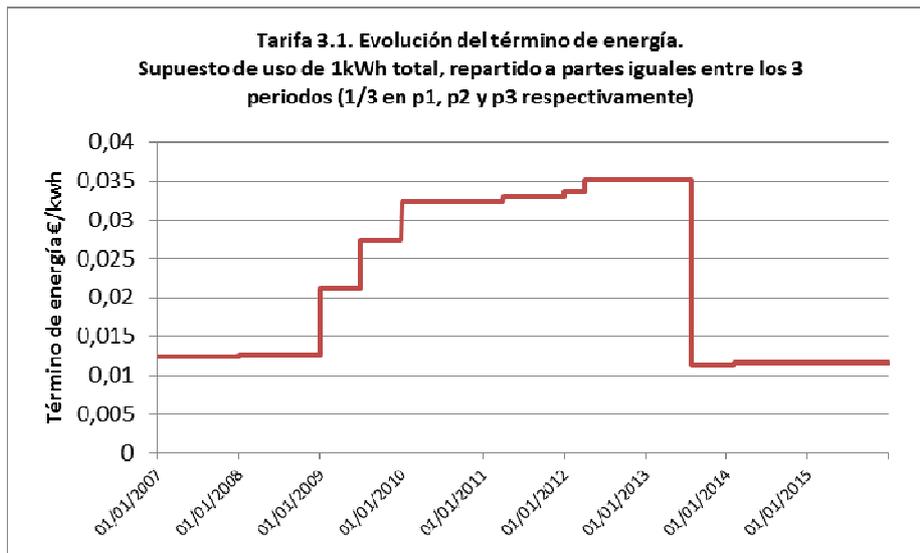
IET/1491/2013 se ha estimado que fue del orden del 125 y 115% en las tarifas 3.1.A y 6.1, para consumos nulos de energía. Este cambio en las tarifas penalizó a los usuarios que presentaban un consumo de energía moderado y se adaptaban a los períodos tarifarios con menor precio de la energía como estrategia de reducción de costes, mientras que favoreció a las instalaciones cuyo consumo de energía era mayor, entrando en contradicción con otras medidas encaminadas a la reducción de emisiones de GEI mediante la reducción del consumo de energía y a la mitigación del cambio climático (Abadía et al., 2014).

FENACORE (Hernández Gómez 2015 com. pers.) considera que el incremento del término de potencia ha sido entre 2008 y 2013 de entre un 1000% y un 1200%, tanto en las tarifas de 3 periodos como en las de 6, lo que ha motivado que la factura eléctrica del regadío se haya incrementado en este periodo en una cuantía estimada en el 100%. Comunica casos de comunidades de regantes en las que el coste del término de potencia se ha multiplicado por 18, representando este término un 45% de la facturación. El incremento de costes ha dado lugar a que el coste eléctrico del riego en algunas comunidades de regantes llegue a representar un 40% de la cuota de los comuneros. En conjunto, para todo el regadío español, FENACORE valora el sobrecoste derivado de las subidas de las tarifas en 100 millones de € anuales de factura total.

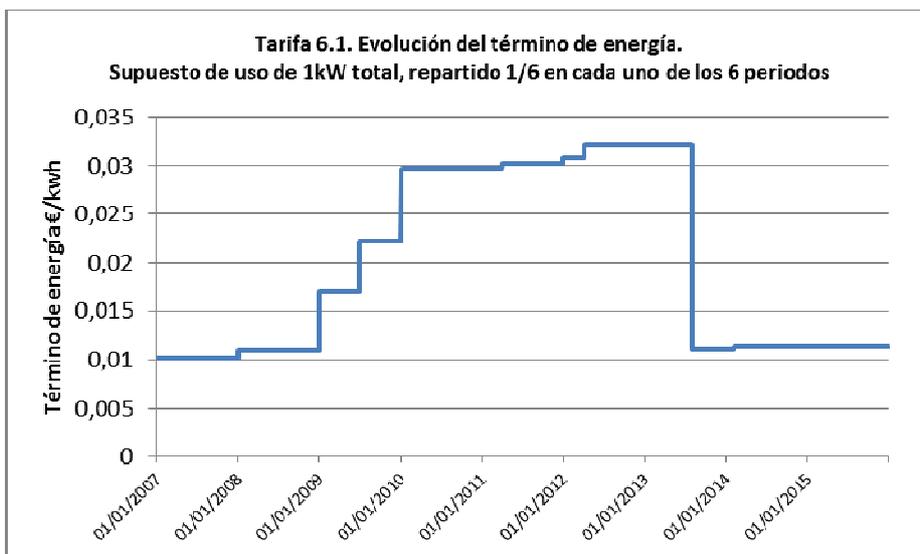
En lo relativo a la estructura de las tarifas, ha resultado particularmente gravoso para el regadío que los meses de junio y julio, cuando la demanda de riego suele ser mayor, la mayoría de las horas se incluyen en el período tarifario más caro (Carrillo-Cobo et al., 2010). Otra rigidez de las tarifas que causa repercusiones económicas importantes es que las comunidades tienen que contratar y pagar durante todo el año una potencia que solo necesitan en los meses de máxima demanda del cultivo, habiendo otros amplios periodos en los que las necesidades de potencia son mucho menores. Por otra parte, las posibilidades de control del consumo y del coste en periodos punta y llano son menores en sistemas de riego a la demanda, y significativamente mayores en sistemas de riego por turnos. A pesar de ello hay que tener en cuenta que las redes que se diseñaron para una gestión del riego a la demanda no siempre soportan una gestión a turnos. Este cambio de gestión del riego de la demanda a turnos lleva asociado un control y disminución del coste eléctrico, pero también puede ocasionar mermas en la producción de los cultivos, derivadas de estrés hídrico por espera del turno de riego.

Al contrario de lo que ocurre con el término de potencia, de las Gráficas 11 y 12 representativas de la evolución del término de energía para ambas tarifas se deduce que después de haber subido en varios escalones desde 2009, tras la bajada experimentada en agosto de 2013 esta componente de la factura eléctrica mantiene un nivel similar al existente en 2008.

Gráfica 11. Evolución del término de energía en la tarifa 3.1



Gráfica 12. Evolución del término de energía en la tarifa 6.1

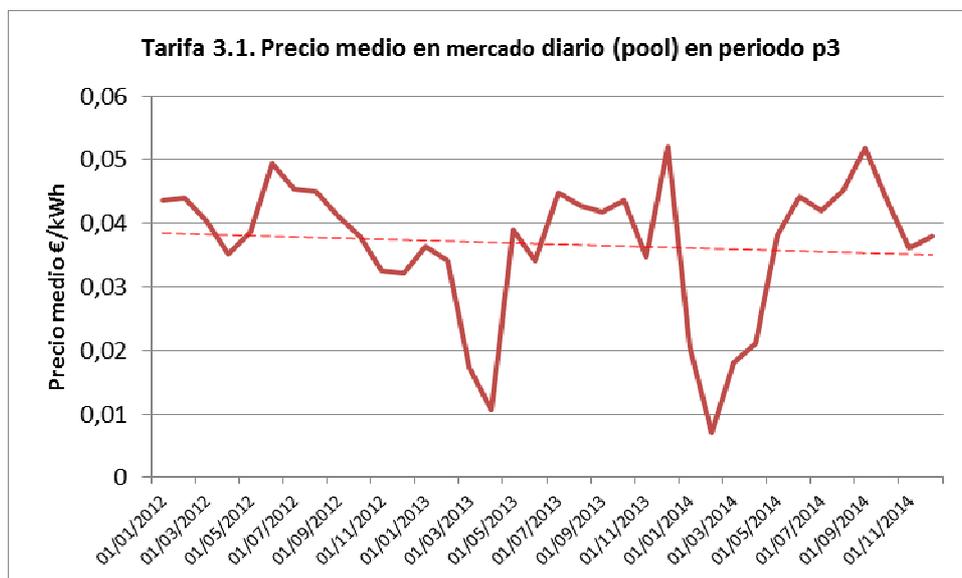


b) Precio de la energía consumida

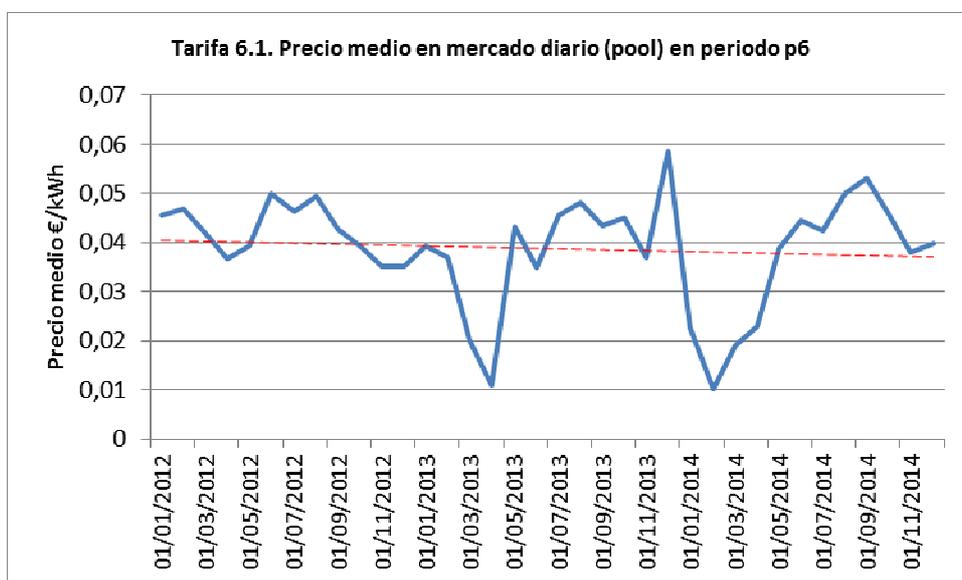
En lo que se refiere a la componente de la facturación correspondiente al precio de la energía consumida (al margen del término de energía de precio regulado), dependiente del mercado horario y del tipo de contrato suscrito con las distribuidoras, del análisis de su evolución en los últimos años se aprecia una notable variabilidad intermensual, resultado, entre otras cosas, de la influencia del clima en la generación eléctrica en España. Como ejemplo, se representa la evolución de precios medios mensuales en el mercado diario correspondiente a horas valle entre 2012 y 2014 para las tarifas 3.1 (Gráfica 13) y 6.1 (Gráfica 14) (Gil Hernández, I. com. pers 2015), de las que, además

de la referida variabilidad, se podría deducir una leve tendencia global al decrecimiento.

Gráfica 13. Evolución del precio medio de la electricidad en el mercado diario (Tarifa 3.1, periodo p3)



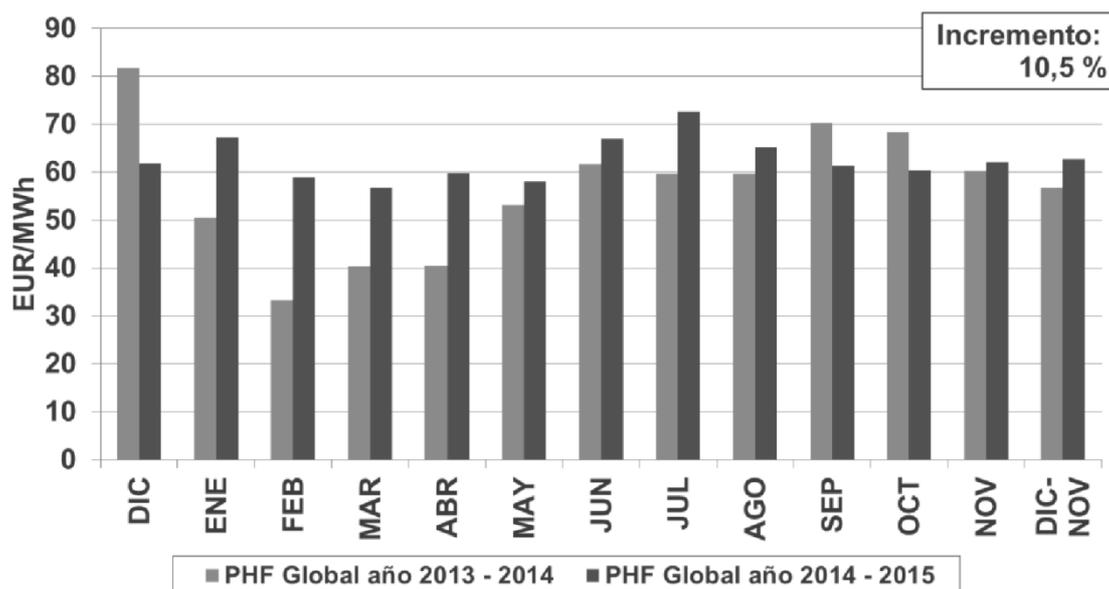
Gráfica 14. Evolución del precio medio de la electricidad en el mercado diario (Tarifa 6.1, periodo p6)



Sin embargo, en 2015 la tendencia de los precios horarios globales ha sido al alza (Gráfica 15) (OMIE 2015).

Gráfica 15. Evolución del precio horario de la electricidad en 2015 (OMIE 2015)

PRECIO HORARIO FINAL GLOBAL
DICIEMBRE 2014 - NOVIEMBRE 2015



c) Impuesto especial sobre la electricidad (IEE)

Este impuesto es del 5,12% y grava en la factura la suma de los peajes de acceso, la energía activa consumida y la energía reactiva. Desde el 1 de enero de 2015⁵ las comunidades de regantes y los titulares de explotaciones agrícolas pueden solicitar una exención del 85% del impuesto especial en el consumo de electricidad para riego, inscribiéndose en el registro territorial de Oficina Gestora de Impuestos Especiales de la Agencia Estatal de Administración Tributaria, que les facilita una tarjeta de inscripción para mostrarla al suministrador de electricidad. Con esta tarjeta el suministrador hace efectiva la exención en la factura. Debe recalcar, no obstante, que esta exención solo se aplica si se solicita.

2.2. Prospectiva

2.2.1. Electricidad de fuentes convencionales

La Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016, y el Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2015-2020, de la Secretaría de Estado de la Energía, incluyen sendas prospectivas de la

⁵ Ley 28/2014, de 27 de noviembre, por la que se modifica entre otras la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales; - Real Decreto 1074, de 19 de diciembre, por el que se modifica entre otros el Reglamento de los Impuestos Especiales; y Orden HAP/2489/2014, de 29 de diciembre, que entre otras disposiciones establece la estructura y funcionamiento del censo de obligados tributarios por el Impuesto Especial de Electricidad.

evolución de la demanda de electricidad, pero no profundizan en la previsible evolución futura de los diferentes elementos que conforman el precio de la electricidad convencional. Estos documentos hacen referencia a la elevada incertidumbre existente sobre algunos elementos que influyen en los precios, y el crecimiento de la divergencia de precios entre países y regiones. Efectivamente, el reciente e intenso descenso experimentado en el precio del petróleo no había sido pronosticado.

Existiendo una parte del precio de la energía que está regulada, su futura evolución puede verse fuertemente influida por decisiones políticas. Sin embargo, en tanto no se reduzca significativamente el denominado “déficit tarifario” y los demás epígrafes de grandes costes que se compensan en base a las tarifas de acceso, es previsible que a medio plazo dichas tarifas de acceso continúen siendo altas, manteniendo el actual escenario de altos costes eléctricos.

La Estrategia Marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva (COM(2015) 80 final) de la Comisión Europea tampoco contiene una prospectiva sobre el precio de la electricidad, pero sí incluye entre sus 15 puntos de acción la creación de un mercado interior de la energía homogéneo que beneficie a los ciudadanos, garantice la seguridad de suministro y la integración de las energías renovables en el mercado y corrija el desarrollo actualmente descoordinado de los mecanismos de capacidad en los Estados miembros, lo que exigirá una revisión del diseño actual del mercado. No nos es posible prever cómo influirá ello en los precios de la energía.

En lo que se refiere al precio de mercado de la energía, es previsible que en los próximos años las oscilaciones mensuales/estacionales de los precios, relacionadas con la influencia de la variabilidad climática sobre la generación en España, sigan teniendo más influencia en el precio de mercado diario de la electricidad que otro tipo de tendencias más de fondo y a largo plazo. No obstante, el abaratamiento del petróleo podría provocar que la participación de sus derivados en la generación de energía aumente sobre los reducidos valores actuales (en 2015 el fueloil + gas solo contribuyeron a la generación neta de energía en un 2,57 %, y exclusivamente fuera de la Península)⁶

2.3. Electricidad de fuentes renovables

Actualmente se considera que hay varios tipos de energías renovables aplicables con éxito al regadío, lo que constituye un ámbito claro de innovación. Es el caso de la energía fotovoltaica, en clara implantación para riego con aguas subterráneas, de la energía hidráulica principalmente asociada a desniveles utilizables existentes en los sistemas de transporte de agua, y la energía eólica.

⁶ http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/avance_informe_sistema_electrico_2015_v2.pdf

El IDAE ha realizado una prospectiva de la evolución de los costes de generación para las energías renovables en España con horizonte 2020 (IDAE 2011). La Tabla 15 resume los resultados de la prospectiva para estos tres tipos de energía anteriormente citados.

Tabla 15. Prospectiva de los costes de generación de renovables (IDAE 2011)

Tipo de energía	Costes de generación eléctrica (c€ ₂₀₁₀ /kWh)			
	2010		2020	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Hidráulica (plantas de 10 MW de caudal fluyente)	5,6	7,5	5,5	7,3
Eólica continental (2000-2400 horas an. Equ.)	7,2	8,9	5,6	7,8
Fotovoltaica suelo	20,6	24,1	10,2	12,0

Las energías hidráulica y eólica se mantienen en este análisis como las energías maduras con menor coste de generación. Cabe destacar que ya entonces se preveía que la energía fotovoltaica iba a ser una de las que más podía reducir sus costes en el horizonte 2020, principalmente por mejora de la eficiencia de los paneles fotovoltaicos a través de la nanotecnología, lo que explicaría que esta energía haya venido creciendo un 40% anual a escala mundial. El coste de generación resultará inferior en los paneles basados en tecnología cristalina, y algo superior en los de capa delgada. Para esta energía, se preveía un descenso en los costes de inversión desde el rango de 2,5-3 €/W en 2010 hasta un rango de 1,1-1,3 €/W en 2020. Sin embargo, estas previsiones de reducción de costes de generación para la energía fotovoltaica se han visto superadas en la realidad, constatándose actualmente (2016) en el mercado valores incluso inferiores a 5c€/kWh (Narvarte, com. pers.). Así mismo, FENACORE (Hernández Gómez, com. pers.) aporta un dato procedente de la UNEF (Unión de Españoles Fotovoltaicos) que sitúa actualmente (enero 2016) el rango de costes de generación eléctrica fotovoltaica oscila entre 1,5-1,8 €/W (vatio pico). Se destaca también el alto recurso disponible en España y la versatilidad de esta tecnología, que permite su instalación cerca de los centros de consumo, posibilitando tanto el autoconsumo como la generación distribuida renovable.

El estudio incluye también las tecnologías complementarias de almacenamiento energético, que permitan salvar el inconveniente de las naturales fluctuaciones en la generación de energías renovables, considerando el potencial de las tecnologías de bombeo a depósito elevado, las baterías de sodio y azufre, y almacenamiento de aire comprimido, entre otras.

Por otra parte, el Plan de Energías Renovables 2011-2020 (IDAE 2011) incluye el objetivo de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, de conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía.

Todo ello hace previsible un gran campo de innovación para la aplicación de las energías renovables al regadío en España, si bien ello requeriría el acompañamiento de adaptación del marco regulatorio de estas energías.

3. REPERCUSIÓN DEL USO Y DEL COSTE DE LA ENERGÍA SOBRE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS.

3.1. Contexto

El coste de la energía puede repercutir sobre las explotaciones agrícolas en regadío de dos maneras: bien directamente en el caso de que sea la propia explotación la que posea bombeos para captar, extraer y aplicar las aguas de riego, o bien indirectamente a través de las tarifas de agua que las explotaciones abonan a las comunidades de regantes gestoras de infraestructuras de riego. Estas tarifas incluyen muchas otras partidas (gastos de funcionamiento y explotación, amortización de inversiones, etc.)

A efectos de la economía de la explotación agrícola, el coste de la energía, bajo cualquiera de estas dos formas, forma parte de los costes variables de explotación, junto con los correspondientes a los fertilizantes, fitosanitarios, semillas, combustibles, maquinaria, etc. Así, su efecto sobre las explotaciones hay que situarlo en este contexto.

El incremento del consumo de energía en el regadío, tanto por efecto de la modernización como de la intensificación y del aumento neto de superficie, así como el encarecimiento de los precios desde la liberalización parcial del sector eléctrico, han provocado que el coste energético se haya convertido en un coste de explotación relevante en muchas zonas de riego. Ello se reconoce con carácter general, sin embargo no son demasiados los estudios en los que se ha cuantificado la influencia del aumento del coste de la energía sobre la economía de las explotaciones agrícolas afectadas. Se aportan a tal fin algunas referencias:

Corominas (2010) ya constató para Andalucía entre 1997 y 2008 un incremento en el uso de energía del 28,9% derivado del modelo de modernización de regadíos adoptado, y un incremento en el coste total de agua (precios constantes) del 61,9%.

FENACORE (Hernández Gómez 2015 com. pers.) evalúa el sobrecoste asociado al incremento del término de potencia desde 2008 en 100 millones de € para el conjunto del regadío español.

Fernández-García et al. (2014) estudian el impacto de la modernización sobre cinco comunidades de regantes de Andalucía, y concluyen que habiéndose reducido inmediatamente tras la modernización el volumen de agua extraído en torno al 23 %, las necesidades energéticas asociadas a estos sistemas de distribución han supuesto un aumento del coste de la energía del 149%, lo que se tradujo en incremento en el precio del agua del 52 %, provocando que muchas explotaciones migraran hacia cultivos más rentables (plantaciones de cítricos), que una vez entren en producción tendrán más exigencias en agua, lo que a medio plazo previsiblemente producirá un aumento en el agua extraída.

Berbel et al. (2014) también constatan la posibilidad de este efecto a medio plazo de aumento del consumo de agua inducido por las modernizaciones, e indican que el incremento en el coste de la energía asociado puede incidir en los cultivos menos productivos, animando a adoptar estrategias de riego deficitario que reduzcan el consumo y en consecuencia el coste, alejándose de la máxima producción y buscando el máximo beneficio (fase elástica de la demanda).

En otros casos, se han apreciado incrementos netos en el uso de agua (por cambio de cultivo) y de energía, que se tradujeron en aumentos en el coste del agua de hasta el 400% (Rodríguez-Díaz et al., 2011)

AIMCRA (Omaña, J.M. com. pers.) ha facilitado para cultivo de remolacha en regadío en Castilla y León y en la campaña 2013/14 una estimación de los costes de energía y variables totales para diferentes tipos de suministro de agua, dando una idea de la importancia relativa que los costes de energía llegan a tener en bombeos individuales de aguas subterráneas (Tabla 16).

Tabla 16. Costes de energía en cultivo de remolacha. Castilla y León. Campaña 2013/14

Origen del agua	Energía	Bombeo	Coste energía riego (€/ha)	Total costes variables €/ha	Energía/ total costes variables (%)
Superficial	Electricidad	Comunitario	212	1.938	10,94
Superficial	Gasóleo	Individual	375	2.038	18,40
Superficial	Electricidad	Individual	364	2.179	16,70
Subterránea	Electricidad	Individual	849	2.622	32,38
Subterránea	Gasóleo	Individual	928	2.726	34,04

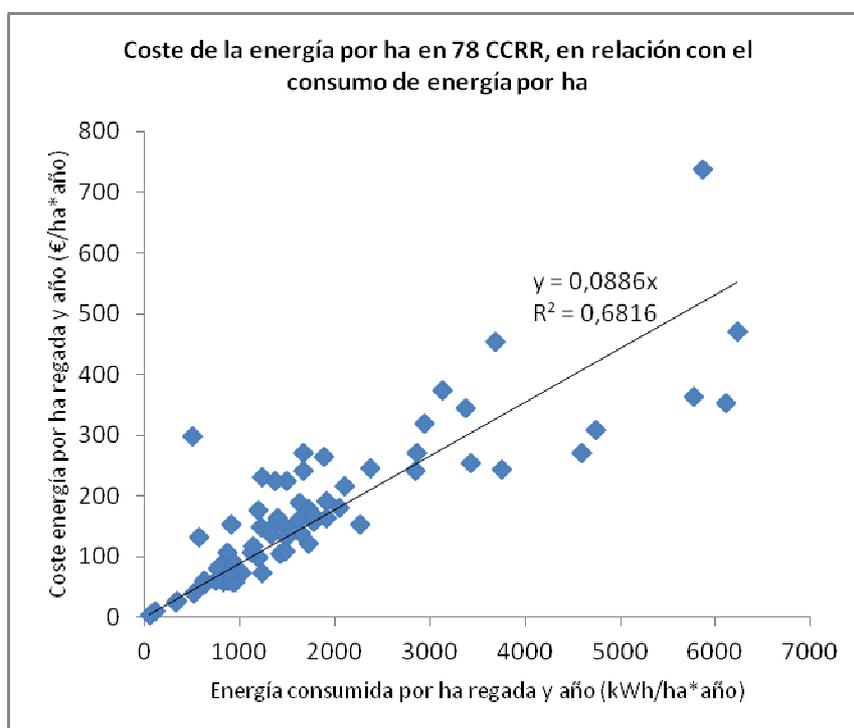
Los incrementos en los costes energéticos, derivados tanto del incremento del consumo de energía como del incremento del precio, tienen un efecto desfavorable sobre la rentabilidad y el valor añadido bruto de las explotaciones agrícolas. Como ya se ha señalado, la influencia del coste energético guarda estrecha relación con al menos los siguientes factores:

- La fuente del agua
- La eficiencia hídrica de la red de transporte y distribución.
- La eficiencia hídrica en el riego
- Las necesidades de riego en parcela
- La altura de elevación de la zona de riego sobre la captación.
- Las pérdidas de carga en el transporte y distribución
- Las pérdidas de carga en parcela
- La presión necesaria en el sistema de riego
- La eficiencia energética del sistema de bombeo.
- El manejo de las instalaciones de riego.
- La potencia contratada y gastada en cada periodo (P3 ó P6), incluidos los excesos
- El uso de energía activa y reactiva realizado en cada periodo.

- El precio de la energía consumida en cada periodo.

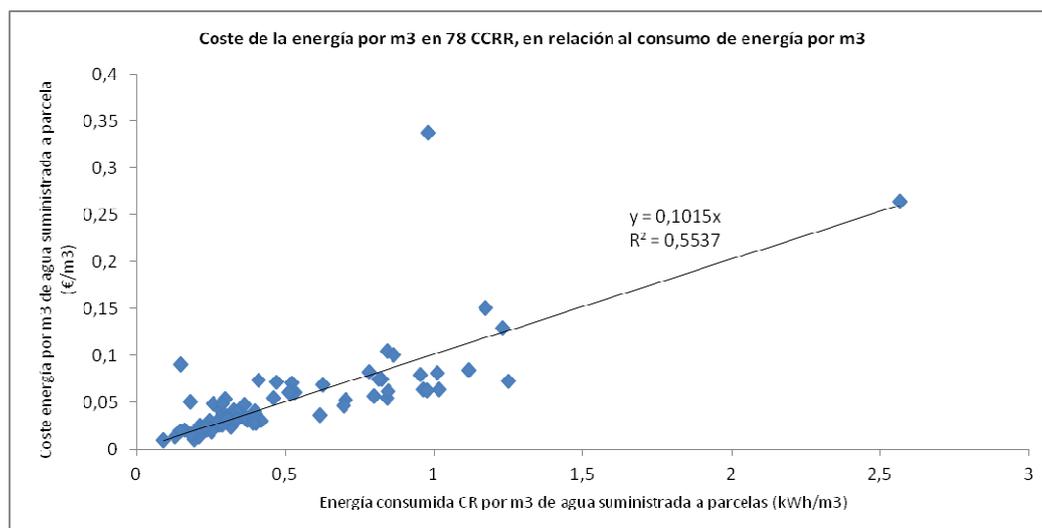
Los costes energéticos en baja (distribución en comunidades de regantes) por hectárea regada que han sido comunicados en el seno del Grupo de Trabajo para una muestra de 78 zonas de riego, presentan una media de **168,17 €/ha·año**, y una desviación típica de 121,47 €/ha·año. Su dispersión respecto a la media es alta, en correspondencia con la variabilidad de los factores anteriormente citados, y el escalonamiento de los datos desde 2008 hasta la actualidad. Se presenta el Gráfico 16 que relaciona tanto la energía consumida por ha y año con el coste por ha y año para esta muestra de 78 zonas de riego. En dicho gráfico se ha marcado una línea recta de tendencia ($0,0886 \text{ €/ha y año por cada kWh aplicado cada año a la hectárea}$) con su coeficiente de determinación R^2 , pudiéndose identificar algunas comunidades de regantes que son grandes consumidoras de energía, alcanzando consumos anuales de más de 6000 kWh/ha y costes extremos de hasta 700 €/ha y año (caso de unos regadíos con bombeo de aguas subterráneas de la Cuenca del Duero). El gráfico da idea de la influencia que puede llegar a tener en algunos casos el coste energético por ha en las explotaciones agrícolas. La dispersión vertical de los puntos en relación a la línea de tendencia da también una idea de la diferente influencia del término de potencia y las diferentes modalidades de contratación sobre el coste eléctrico final.

Gráfico 16. Coste de la energía por ha en relación al consumo de energía por ha en las comunidades de regantes comunicadas en el Grupo Focal.



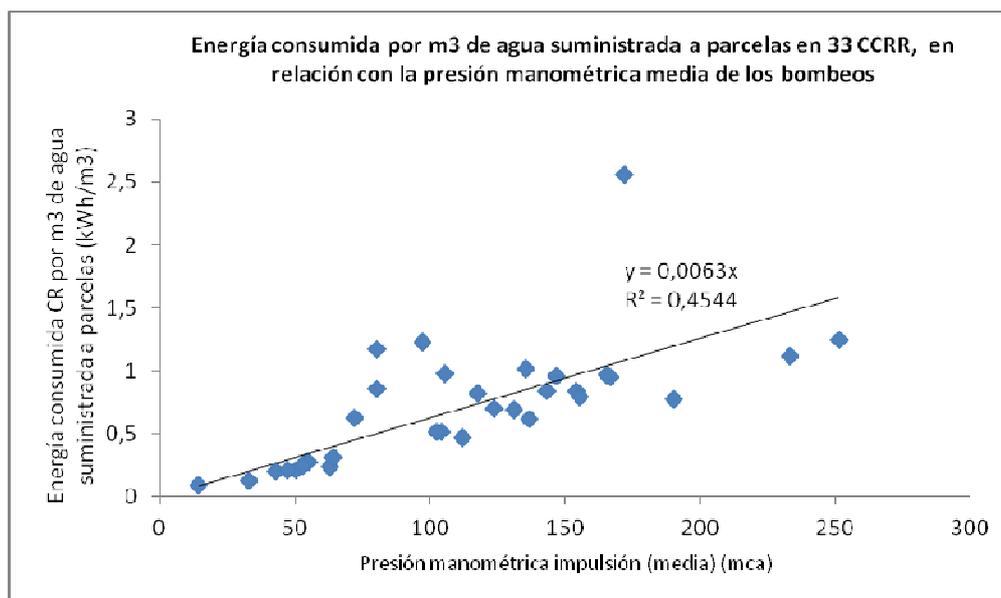
Se facilita igualmente en el Gráfico 17 para estas mismas comunidades de regantes la dispersión del coste eléctrico por m^3 , en relación con el consumo de energía por m^3 , con su línea de tendencia y coeficiente de determinación.

Gráfico 17. Coste de la energía por m³ en relación al consumo de energía por m³ en las comunidades de regantes comunicadas en el Grupo Focal.



Para 33 comunidades de regantes se ha podido disponer además del dato de la altura manométrica media de la impulsión, habiéndose construido para esta muestra el Gráfico 18 que representa la energía consumida por m³ de agua suministrada a parcelas, en relación con la altura manométrica en la impulsión. Se aprecia una dispersión vertical relacionada con la diversidad de eficiencias en el uso de la energía que da una idea del margen técnico de mejora existente en algunas de estas instalaciones:

Gráfico 18. Energía consumida por m³ de agua suministrada a parcelas, en relación con la altura manométrica de los bombeos.



Para salvar la escasez de evaluaciones específicas del impacto del coste eléctrico sobre las explotaciones agrícolas, y reteniendo el valor medio de **168,17 €/ha-año** de coste eléctrico deducido de las 78 comunidades de

regantes para las que el Grupo Focal ha recabado datos, se han recopilado los datos del margen neto de diferentes cultivos en regadío en varias comunidades autónomas, procedentes de los análisis de resultados técnico-económicos de las explotaciones (ECREA, estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias) (MAGRAMA 2015 a, b y c, y MAGRAMA 2014), para contrastar dichos márgenes netos con este coste eléctrico medio, de manera que se puedan obtener algunas conclusiones sobre la influencia del coste eléctrico en las explotaciones agrícolas. El margen neto permite deducir la rentabilidad (o de falta de rentabilidad) de los cultivos en regadío, y comparado con el coste eléctrico permite conocer el grado de influencia que aumentos o disminuciones en dicho coste pueden ocasionar en la rentabilidad. Todo ello sin olvidar que el coste eléctrico es solamente uno de los costes variables de explotación. Adicionalmente, hay que tener en cuenta que en el cálculo del margen neto estos análisis no consideran el efecto de subvenciones desacopladas de la producción (tales como el pago único), por lo que el margen neto deducido no refleja completamente la rentabilidad de la explotación, lo que explica que aparezcan muchos cultivos que arrojan un margen neto negativo. Así mismo, las publicaciones de resultados técnico-económicos de las explotaciones del MAGRAMA solamente incluyen datos de las comunidades autónomas de Andalucía, Aragón, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Comunidad Valenciana, Extremadura y Murcia, en estas comunidades solamente cubren algunos cultivos, y se realizan para un año en concreto, por lo que el panorama que presentan no es completo. Sin embargo, facilita información sobre una muestra suficientemente amplia en cuanto a zonas y cultivos a los fines de este Grupo Focal.

De todos los cultivos en regadío y comunidades autónomas tratados en los referidos estudios del MAGRAMA, en la Tabla 17 se han seleccionado aquéllos cuyo margen neto en el último año del que se dispone de datos es negativo, o es positivo pero débil y comparable al orden de magnitud medio del coste eléctrico margen neto (inferior a 200 €/ha·año), presentando por tanto problemas de rentabilidad o rentabilidad débil.

Tabla 17. Márgenes netos de algunos cultivos en regadío representativos. ECREA Estudios de costes y rentas de las explotaciones agrarias. (MAGRAMA 2014 y 2015).

Cultivo en regadío	Ámbito	Margen neto ⁷ €/ha	Año ECREA
Aceituna almazara	Andalucía	-296,20	2014
Aceituna almazara	Aragón	-156,52	2014
Ajo	Castilla-La Mancha	170,04	2014
Alcachofa	Murcia	-609,45	2014
Alfalfa	Castilla y León	107,96	2013
Apio	Valencia	-1.248,93	2014
Arroz	Extremadura	-387,71	2013
Arroz	Andalucía	-174,22	2013
Cebada	Castilla y León	-262,39	2013
Cebada	Castilla-La Mancha	-36,59	2013

⁷ En la estimación no se incluye el pago único/básico ni otras subvenciones desacopladas de la producción.

Cultivo en regadío	Ámbito	Margen neto '€/ha	Año ECREA
Cebada	España (media)	-1,66	2013
Coliflor	Castilla-La Mancha	115,33	2014
Colza	Castilla y León	15,96	2013
Fresón invernadero	Andalucía	-3.426,20	2014
Girasol	Extremadura	-958,24	2013
Girasol	Castilla y León	-219,13	2013
Guisantes secos	Castilla-La Mancha	-42,48	2013
Maíz forrajero	Castilla y León	-88,36	2013
Maíz	Extremadura	-625,08	2013
Maíz	Castilla y León	-574,85	2013
Maíz	Andalucía	-367,9	2013
Maíz	España (media)	-132,7	2013
Melón	Andalucía	-509,97	2014
Naranja	Andalucía	-2.102,55	2014
Remolacha	Castilla y León	-117,12	2013
Tabaco Burley	Extremadura	87,71	2013
Tomate industria	Andalucía	23,23	2014
Trigo blando	Castilla y León	-146,02	2013
Trigo blando	Castilla-La Mancha	-24,29	2013
Trigo blando	España (media)	2,79	2013
Uva vinificación	Andalucía	-246,57	2014
Uva vinificación	Castilla-La Mancha	-108,64	2014

A partir de esta información, además de la conclusión de que si no fuera por el efecto del pago único desacoplado del Primer Pilar de la PAC ninguno de los cultivos que arroja valores negativos de margen neto sería rentable, también se podría deducir que resultan particularmente vulnerables a nuevos incrementos de los costes eléctricos los cultivos que presentan márgenes netos más negativos (o menos positivos), y dentro de éstos los tengan mayores demandas hídricas y además se rieguen a partir de aguas subterráneas profundas o de aguas superficiales cuyo transporte requiere elevadas alturas de impulsión, lo que eleva su coste eléctrico por encima de la referida media calculada en 168,17 €/ha·año.

Seleccionando de entre todos los de margen neto negativo los de mayor importancia en superficie, cabría destacar como cultivos de rentabilidad más comprometida, y más vulnerables a los aumentos de cualquier coste, incluido el eléctrico, los siguientes:

- El maíz y la remolacha en el interior peninsular, regados a partir de aguas subterráneas profundas, o de aguas superficiales requiriendo superar grandes desniveles mediante bombeos.
- La cebada, el trigo y el girasol en esas mismas zonas y circunstancias.
- El viñedo (Castilla-La Mancha y Andalucía) y el olivar (Andalucía y Aragón), que en 2014 han arrojado márgenes netos negativos, y están frecuentemente abastecidos mediante impulsiones importantes, a pesar de sus bajos requerimientos hídricos. En relación a estos cultivos, es de destacar que continúa aumentando su superficie en riego por goteo.
- El arroz presenta igualmente márgenes netos negativos en las dos comunidades estudiadas, si bien por su asentamiento normalmente en el

fondo de vegas tiene alturas de bombeo normalmente reducidas o inexistentes (aunque requiere grandes caudales).

- En el caso del fresón en Andalucía en 2014, el llamativo margen neto negativo que se deduce de las cifras del MAGRAMA parece atribuible a una importante caída en la producción bruta en el año de referencia. Igualmente, el también llamativo caso del naranjo en Andalucía en 2014 se explicaría por una importante caída del precio en dicho año.

3.2. Prospectiva

Reconociendo que hoy en día el coste energético resulta una componente importante de los costes de explotación en muchas zonas de riego, y que existen muchos cultivos que si no fuera por el efecto de las ayudas desacopladas del primer pilar de la PAC no serían rentables, resulta difícil hacer una prospectiva de tipo general en este ámbito, pues el coste energético es solamente uno de los muchos costes de producción agrícola, y su influencia sobre la rentabilidad de las explotaciones no solo depende de cómo evolucione el coste de la energía, sino también de cómo evolucionen los demás elementos que intervienen en la cuenta de explotación, entre los que se destacan:

- Precio del producto
- Precio de los input derivados del petróleo (carburantes, lubricantes, plásticos, etc)
- Precio de los fertilizantes y fitosanitarios
- Otras componentes del precio del agua
- Costes salariales
- Costes financieros

Es de señalar que mientras muchos de estos parámetros tienen una tendencia alcista, otros la tienen en disminución. La evolución en los precios de los productos es también muy variable. Por ello, sería necesario hacer la prospectiva específica para cada cultivo, lo que supera los objetivos y posibilidades de este Grupo Focal.

4. AFECCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: MITIGACIÓN DE EMISIONES GEI ASOCIADAS AL REGADÍO, IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN.

4.1. Contexto

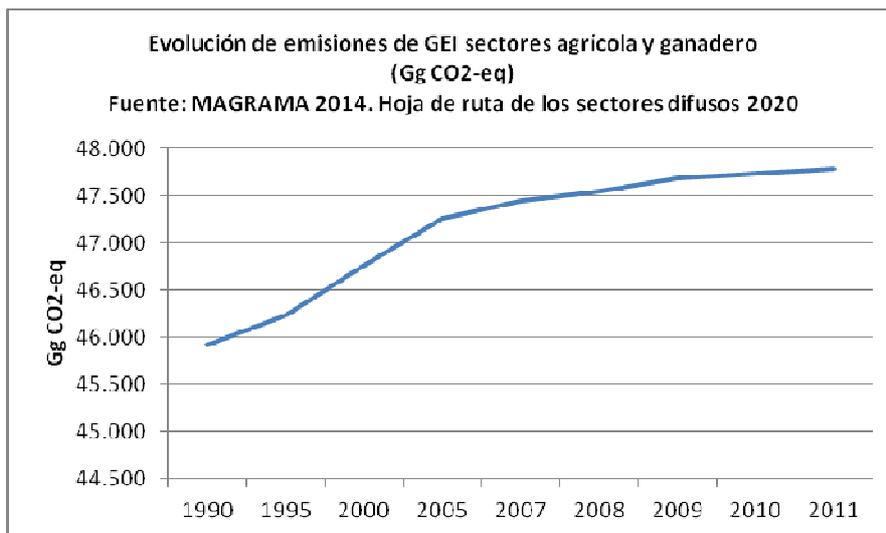
Este Grupo Focal se centra en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al consumo por el regadío de energía de fuentes convencionales con el fin de captar, tratar, transportar, distribuir y aplicar el agua de riego. El origen de estas emisiones estaría en la parte de la energía generada que se produce a partir de combustibles fósiles.

Es preciso recordar que en el cultivo en regadío hay muchas otras operaciones que consumen energía procedente de combustibles fósiles y que también generan emisiones de GEI. Es el caso, por ejemplo de las emisiones indirectas asociadas al uso de fertilizantes, o las emisiones directas de la maquinaria. Si se pretendiese hacer una evaluación de la huella de carbono del regadío, habría que considerarlas todas en su conjunto. Así mismo, los suelos agrícolas se consideran una fuente importante de emisiones. Y también habría que considerar, en sentido favorable, la función de sumidero de CO₂ que pueden realizar los cultivos agrícolas (Victoria-Jumilla, 2010), especialmente cuando mediante una adecuada gestión consiguen la fijación a largo plazo de CO₂ en el suelo o en algunas plantaciones leñosas.

El incremento sostenido en el consumo de energía de fuentes convencionales por el regadío en las últimas décadas lleva aparejado un incremento paralelo de su huella de carbono y de las emisiones de gases con efecto invernadero. La huella de carbono de la energía utilizada en los bombeos es proporcional a dicho consumo de energía, lo que a su vez depende del volumen de agua bombeado y de la eficiencia del sistema eléctrico. Efectivamente, el abastecimiento de agua, el consumo de energía y las emisiones de GEI están íntimamente relacionadas (Carrillo-Cobo et al., 2014).

No se ha podido conseguir información estadística oficial sobre la evolución de las emisiones de GEI por el regadío. La información de que se dispone se refiere al conjunto de los sectores agrícola y ganadero, por lo que su carácter es mucho más amplio que el del regadío. Las emisiones de ambos sectores se estiman en el 14% de las emisiones nacionales totales. La Gráfica 19 representa los datos disponibles para el conjunto de ambos sectores.

Gráfica 19. Evolución de las emisiones de GEI de los sectores agrícola y ganadero (MAGRAMA, 2014)



Corominas (2010), a partir de datos del MICYT de 2008 y del MAPA de 2002, estimó la huella de carbono del regadío español en la parte derivada del consumo de energía para movimiento del agua (Tabla 18), concluyendo que representa el 2.5% de las emisiones de GEI del sector eléctrico español:

Tabla 18. Estimación de las emisiones de CO₂ por los regadíos (Corominas, 2010)

EMISIONES DE CO ₂ POR LOS REGADIOS			
SISTEMA DE RIEGO	SUPERF. RIEGO 2008 (HA)	EMISIONES DE CO ₂ (KG CO ₂ /HA)	
		ZONA RIEGO (BAJA)	INCLUIDO TRANSPORTE Y TRATAMIENTO (ALTA Y BAJA)
Gravedad	1.082.602	106	201
Aspersión y automotriz	727.523	873	878
Localizado	1.482.054	833	1.022
Otros y sin información	16.464	0	0
TOTAL REGADIOS	3.308.643	673	804
(TN CO ₂ / GWH DEL MIX ESPAÑOL)	387		
MILES DE TONELADAS DE CO₂ DEL REGADIO		2.226	2.660

4.2. Prospectiva

Para las emisiones de GEI del conjunto de los sectores agrícola y ganadero, en ausencia de medidas específicas de mitigación, el MAGRAMA también prevé

una evolución tendencial ascendente en los próximos años, sin que se haya podido disponer de datos desagregados para el regadío.

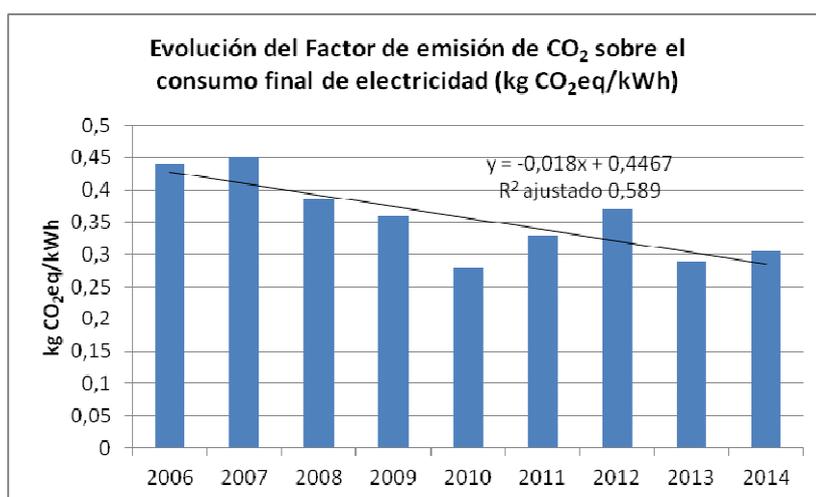
Por otra parte, siendo cada año variable la participación de cada tipo de energía en el *mix* de la generación eléctrica, y en particular la proporción de generación a partir de carbón, gas natural y derivados del petróleo, es comprensible que el factor de emisión (kg de CO₂ equivalentes por kWh consumido) sea cada año variable. La Tabla 19 recopila dos series temporales de evolución de los factores de emisión.

Tabla 19. Evolución del factor de emisión

Año	Factor de emisión de CO ₂ sobre el consumo final de electricidad (kg CO ₂ eq/kWh), según publicaciones anuales "La energía en España" de la Secretaría de Estado de Energía. ⁸	Factores de emisión (Dato para comercializadoras sin GDO's). Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. MAGRAMA 2015 ⁹
2006	0,44	-
2007	0,45	0,45
2008	0,385	-
2009	0,36	0,33
2010	0,28	0,31
2011	0,33	0,36
2012	0,37	0,40
2013	0,29	0,36
2014	0,305	0,37

Del análisis del gráfico correspondiente a los datos de la Secretaría de Estado de Energía (Gráfico 20), se puede deducir que existe una apreciable variabilidad interanual en el factor de emisión, si bien parece constatarse que la tendencia general resulta descendente, que de acuerdo con la línea recta de tendencia podría evaluarse en - 0,018 kg CO₂ eq / kWh cada año.

Gráfico 20. Evolución del Factor de emisión de CO₂ sobre el consumo final de electricidad.



⁸ En 2008 el dato procede de Factores de Conversión Energía Final – Energía Primaria y Factores de emisión de CO₂ – 2008. (IDAE 2010)

⁹ http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresdeemision_v3_tcm7-359395.pdf

Ello sería coherente con el incremento que ha venido experimentado la energía eólica en el *mix* de generación eléctrica, en detrimento de la generación a partir de combustibles fósiles.

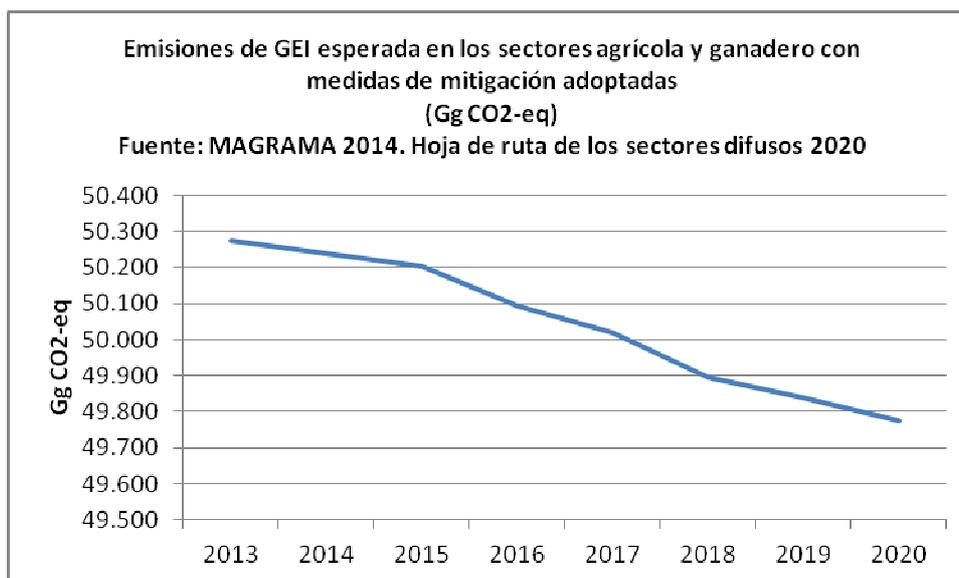
No se ha podido disponer de una gráfica de evolución en el tiempo de las emisiones de GEI derivadas al consumo de energía convencional en el regadío español (parte correspondiente a la captación, tratamiento y bombeos para movimiento y aplicación del agua). Sin embargo, si la cifra de aumento en el consumo eléctrico derivada de la variación anual de las superficies de riego por goteo, aspersión y gravedad deducida en el primer apartado de este documento resultase realista (incremento de + 79,295 GWh cada año), ello supondría, aplicando los dos factores de emisión correspondiente a 2014 anteriormente referidos (0,305 SEE y 0,37 MAGRAMA) un ritmo de incremento anual en las emisiones de GEI entre + 24.185 y + 29.330 t CO₂ eq

En el Acuerdo de París (XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático COP 21) se hace mención especial de la neutralidad climática como objetivo a perseguir, así como la búsqueda de medidas de adaptación a los futuros escenarios de cambio climático. Por su parte, entre los Objetivos de desarrollo sostenible a 2030 cabe traer a colación los de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, construir infraestructuras resilientes y sostenible, y fomentar la innovación; además de los relativos a energía y cambio climático.

Es también necesario reflejar en la prospectiva los objetivos del Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020, de reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2020 al menos en un 20% respecto de los niveles de 1990 (un 30% si otros países desarrollados se comprometen a reducciones de emisiones equivalentes y los países en desarrollo contribuyen adecuadamente en función de sus posibilidades), y alcanzar en 2020 el 20% de consumo de energía final de origen renovable.

Así mismo, en la Hoja de Ruta española de los sectores difusos a 2020 (MAGRAMA) prevé la necesidad de cambiar la tendencia de crecimiento inercial prevista para el conjunto de sectores agrícola y ganadero, estableciendo un objetivo proyectado de emisiones de GEI entre 2013 y 2020 para un escenario con medidas adoptadas y aplicadas (Gráfico 21). La hoja de ruta específica alguna de estas medidas, pero ninguna de ellas guarda relación con el consumo de energía en el regadío para el movimiento y aplicación del agua.

Gráfico 21. Emisiones de GEI esperadas para los sectores agrícola y ganadero, bajo la hipótesis de que se adoptan medidas de mitigación (Hoja de Ruta para los sectores difusos 2020).



Así pues, si bien la tendencia inercial sería al crecimiento de las emisiones de GEI, en los próximos años se hace imprescindible situar al regadío en una vía planificada de reducción de dichas emisiones.

5. MORTALIDAD EN AVES POR COLISIÓN Y ELECTROCUCIÓN EN TENDIDOS ELÉCTRICOS RELACIONADOS CON EL REGADÍO

5.1. Contexto

Estimándose la existencia en España de 3.605.121 ha de regadío, de las que 2.618.328 están dotadas de sistemas de riego a presión que requieren energía para su funcionamiento, en su mayor parte energía eléctrica, es imaginable la magnitud del despliegue de instalaciones eléctricas de todo tipo necesarias para su funcionamiento (tendidos eléctricos, transformadores, etc). Estas instalaciones también ocasionan algunos impactos ambientales a escala local (zona de riego) cuya importancia se ha considerado en los últimos años. Es el caso de la colisión y electrocución de aves sobre las instalaciones eléctricas, aves que en algunas zonas de riego alcanzan grandes densidades, especialmente si se encuentran próximas a grandes ríos y humedales.

SEO/BirdLife (López Jiménez N. 2015 informe inéd.) evalúa en varias decenas de miles las aves que cada año mueren en España por efecto de los tendidos eléctricos. Las causas de mortalidad son la electrocución en apoyos con diseño peligroso, de los que se estima existen unos 25.000 en toda España, generalmente más frecuentes en líneas de distribución; y la colisión con cables, que resulta más concentrada en las líneas de transporte, produciendo mortalidades que pueden ser importantes: Barrientos et al. (2012) estiman una mortalidad de 8 aves por km de línea al mes en el centro de la Península. La mortalidad de aves se considera que va en aumento por la densificación de la red de tendidos eléctricos y caducidad de los aislamientos realizados en el pasado, entre otras causas.

El Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, ha establecido unas normas técnicas de seguridad para prevenir esta mortalidad en base al diseño de los elementos de las líneas, a aplicar en las “Zonas de protección”, que incluyen las ZEPA, los ámbitos de aplicación de los planes de recuperación y conservación de especies amenazadas, y otras áreas designadas expresamente a tal fin por las comunidades autónomas debido a su importancia para la protección de las aves. Así mismo, encomienda a las comunidades autónomas la realización de inventarios de los tendidos eléctricos existentes peligrosos para las aves consideradas de protección especial o amenazadas. Por otra parte, las comunidades autónomas de Andalucía, Aragón, Castilla-La Mancha, Extremadura, La Rioja, Madrid, Murcia, Navarra y la Comunidad Valenciana cuentan con normas adicionales de protección de las aves frente a estos impactos, de aplicación en la totalidad de sus territorios.

La colisión de las aves con los cables al volar es más frecuente de día con los cables de tierra u otros finos y poco visibles, y en vuelos o migración nocturna con cualquier cable. Afecta sobre todo a aves gregarias que vuelan en bandos

(grullas, anátidas, flamencos, ardeidas, aves esteparias, palomas, etc), grandes planeadoras (cigüeñas, buitres), aves de presa que realizan rápidos vuelos de caza (halcones, águilas), aves nocturnas (búhos, lechuzas) y migradores nocturnos (paseriformes). Se considera una causa de mortalidad de primer orden para algunas especies amenazadas que pueden ser frecuentes en el entorno de zonas de riego, tales como la avutarda (*Otis tarda*), el sisón (*Tetrax tetrax*) o la hubara en Canarias (*Chlamydotus undulata*). El principal factor de riesgo de colisión es el trazado de la línea, concentrándose las colisiones en el entorno de ríos, zonas húmedas, zonas esteparias, cortados, lugares de concentración de migraciones, líneas de cresta y collados. El riesgo se incrementa en días de nieblas o lluvia (Cerezo et al. 2010).

Un riesgo similar al de colisión de aves con tendidos eléctricos es el de colisión con aerogeneradores de parques eólicos. Ello deberá ser tenido en consideración si en el futuro se opta por la alternativa de generación eólica para autoconsumo en el regadío en sustitución de la electricidad convencional procedente de la red. Un detallado análisis de este tipo de mortalidad puede encontrarse en Atienza et al. (2011).

La electrocución de las aves tiene lugar normalmente en los apoyos, cuando el ave toca zonas con diferente tensión (fase-fase o fase-tierra), y se concentra en líneas de 1 a 30 kV con conductores desnudos. Suele afectar a aves de gran tamaño que se posan en los apoyos. Los apoyos de mayor peligrosidad suelen ser los más utilizados por las aves por encontrarse en posición prominente u otros motivos, que tienen elementos en tensión próximos a las zonas dominantes de posada o situados por encima de ellas, puentes flojos, elementos de protección o centros de transformación.

Siguiendo al Libro rojo de las aves de España (Madroño et al. 2004), y seleccionando los grupos y especies que con más probabilidad pueden encontrarse en las zonas de influencia del regadío, se puede hacer una primera identificación de los grupos y especies amenazadas que en principio resultarían más susceptibles de verse afectadas por colisión o por electrocución con tendidos eléctricos (Tabla 20),

Tabla 20. Grupos de especies de aves a priori más susceptibles de verse afectadas por colisión o electrocución con tendidos eléctricos en zonas de riego.

	Colisión	Electrocución
Regadíos insertos en áreas esteparias interiores	Paseriformes (sobre todo migradores nocturnos) Aves esteparias (incl. avutarda y sisón) Búho campestre	Aves rapaces (incl. milanos y águilas real, perdicera e imperial)
Regadíos en el entorno de humedales y vegas de grandes ríos	Paseriformes (sobre todo migradores nocturnos) Anátidas (incl. tarro canelo) Ardeidas (incl. garcilla cangrejera) Charádridos (limícolas) Canastera	Aves rapaces (incl. milanos, águila pescadora y alcotán) Cigüeñas blanca y negra

	Colisión	Electrocución
	Grulla Cormoranes Somormujos Flamenco Rálidas (incl. focha moruna)	
Regadíos en Canarias	Hubara, corredor sahariano, alcaraván, lechuza (subespecies endémicas)	Halcón tagarote, guirre, ratonero, cernícalo vulgar, cuervo (subespecies endémicas)

5.2. Prospectiva:

El crecimiento sostenido en los últimos años de la superficie de regadío mediante riego por goteo o aspersión, requiriendo en ambos casos el uso de energía y la instalación de nuevos tendidos eléctricos, tiene que estar haciendo crecer la densidad de tendidos eléctricos en las zonas donde tiene lugar. La misma tendencia se derivará de los nuevos proyectos de transformación en regadío o de las nuevas modernizaciones, al menos las que tengan por objetivo el paso de riego por gravedad a riego presurizado. Por tanto, es previsible que la extensión superficial del riesgo para las aves de colisión o electrocución en tendidos eléctricos relacionados con el regadío siga en aumento.

Es de esperar que las nuevas líneas eléctricas que se construyan en las zonas declaradas por las comunidades autónomas como “zonas de protección” estén ya diseñadas de acuerdo con la normativa de seguridad frente a la electrocución y colisión de aves, por lo que en estas zonas los nuevos tendidos no deberían causar incrementos graves en la mortalidad. Sin embargo, algunas comunidades autónomas todavía no han completado sus catálogos de zonas de protección, y la normativa de seguridad del Real Decreto 1432/2008 no es de aplicación fuera de dichas zonas, situación en la que se encuentran muchas zonas de riego, por lo que es previsible que la electrocución y colisión sigan causando problemas en una parte importante del territorio.

6. PROPAGACIÓN DE ESPECIES ALÓCTONAS INVASORAS DE FAUNA Y FLORA SUSCEPTIBLES DE REDUCIR LAS EFICIENCIAS HÍDRICA Y ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

6.1. Contexto

La introducción por el hombre y posterior propagación de especies fuera de sus áreas naturales de distribución se ha reconocido como uno de los principales problemas a escala planetaria para la conservación de la diversidad biológica, junto con la destrucción antrópica de los hábitats y, más a largo plazo, el cambio climático. El problema es más acuciante con las especies a las que se reconoce carácter invasor, por tener una gran capacidad de colonización y de proliferación en los nuevos ambientes ocupados. Este problema afecta a especies tanto de fauna como de flora, y de hábitat tanto terrestres como dulceacuícolas o marinos.

Muchas de estas especies situadas fuera de sus áreas naturales de distribución, además de causar daños medioambientales, causan también pérdidas en los cultivos agrícolas, e incluso daños sobre las infraestructuras y equipos de riego. En este Grupo Focal nos centraremos exclusivamente sobre estas últimas, y en concreto sobre a las que tienen capacidad de obturar o de influir sobre el funcionamiento los elementos de captación, transporte, distribución y aplicación de agua, ya sean canales o tuberías (colmatación de tomas y filtros, reducción de la sección útil u obturación de tuberías y canales, obturación de emisores de riego, portagoteros, etc), causando con ello pérdidas en la eficiencia energética y aumentos en el consumo y coste eléctrico de las infraestructuras y los equipos, además de incrementar otros costes de mantenimiento y funcionamiento (limpieza de tomas y filtros, tratamientos, etc). No se tratarán las que solamente afecten a los cultivos sin incidir en la eficiencia energética. Las principales especies causantes de este tipo de problemas en España actualmente son:

Fauna

- Cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*), causando daños especialmente en canales, acequias y en arrozales.
- Mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), causando obturación o reducciones de sección en filtros, canales y tuberías.
- Almeja asiática (*Corbicula fluminea*), causando obturaciones en conducciones y elementos hidráulicos.
- Briozoos (*Plumatella sp. pl.*), obturando filtros, tuberías o elementos hidráulicos de pequeña sección y goteros.

Flora

- Caña (*Arundo donax*), invadiendo canales de riego en tierra, reduciendo su capacidad de transporte. También consume agua por

evapotranspiración, y sus acumulaciones contribuyen al desbordamiento de cauces.

- Helecho de agua (*Azolla filiculoides*, *Azolla caroliniana*), cubriendo la superficie de canales y balsas y obturando tomas y filtros.
- Jacinto de agua o camalote (*Eichhornia crassipes*), cubriendo completamente la superficie de canales y embalses y obturando rejillas, tomas y filtros.

Para complicar la problemática generada por estas especies, cabe señalar que muchos de los posibles tratamientos para su control o erradicación, especialmente los de tipo químico, podrían causar a su vez graves impactos ambientales sobre las especies y ecosistemas acuáticos autóctonos, lo que limita las posibilidades reales de erradicación y control. Por ello, unánimemente se viene reconociendo que los esfuerzos y las inversiones más rentables en esta materia son las que previenen su difusión y llegada a nuevas zonas. Ello incluye la consolidación de una cultura de prevención en torno a las especies exóticas.

6.2. Prospectiva:

Dado su carácter invasor, las grandes dificultades prácticas de su control y sobre todo de su erradicación, y la reducida cultura de prevención existente en materia de prevención de especies exóticas, es previsible que la intensidad de este problema sea creciente en el futuro para las especies anteriormente citadas, que si no encuentran barreras activas y eficaces irán progresivamente ampliando su distribución y causando problemas cada vez en más zonas de riego.

La situación podrá fácilmente complicarse con la aparición de alguna especie exótica nueva. Muchas zonas de regadío presentan una combinación de disponibilidad de agua y de clima benigno que las convierte en potenciales viveros para especies de flora exótica. Por otra parte, los ecosistemas acuáticos son los tipos de ecosistema que con más intensidad están padeciendo la invasión de fauna alóctona. Adicionalmente, la globalización y la facilidad y amplitud del movimiento entre países de bienes, máquinas y personas que pueden actuar como vectores voluntarios o involuntarios de transporte, pueden permitir, sin las barreras adecuadas, la llegada de organismos alóctonos con potencial invasor procedentes desde prácticamente cualquier lugar del Planeta.

DIAGNÓSTICO DE LAS INTERACCIONES ENTRE REGADÍO, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

El diagnóstico se realiza en forma de análisis DAFO, dando posteriormente lugar a la formulación de los principales problemas a resolver y las principales oportunidades a aprovechar, en el contexto del Grupo Focal

1. Debilidades

- Alta dependencia de la energía para el funcionamiento de muchas infraestructuras y zonas de riego modernizadas, de las zonas recientemente transformadas para riego a presión, especialmente las que presentan un gran desnivel sobre la fuente de abastecimiento de agua, y de los regadíos privados alimentados con aguas subterráneas profundas, generando un consumo creciente en las últimas décadas.
- Lograr el objetivo de incrementar la eficiencia en el transporte, distribución y aplicación del agua de riego ha supuesto incrementar muy significativamente el consumo de energía procedente de fuentes convencionales, y también ha incrementado significativamente el coste del agua en las explotaciones agrícolas.
- Para hacer frente a las limitaciones de disponibilidad para el riego de aguas superficiales, en muchas zonas se ha incrementado el uso de recursos hídricos con unos requerimientos de energía específica (kWh/m^3) superiores, como son las aguas subterráneas (especialmente en situaciones de sobreexplotación con necesidades de elevación crecientes), y sobre todo las fuentes no convencionales (aguas procedentes de reutilización o desalinización).
- El continuo y notable incremento en la superficie de riego localizado, y en menor medida de riego por aspersión, ambos consumidores de energía, contribuyen a incrementar significativamente el uso de energía eléctrica por el regadío.
- Una buena parte los problemas de ineficiencia detectados en las auditorías energéticas se deben a un diseño inadecuado de las infraestructuras y equipos, por lo que son difíciles de afrontar si no es con nuevos diseños y las consiguientes inversiones.
- Son también frecuentes ineficiencias energéticas debidas a un mantenimiento y manejo inadecuados.
- A pesar de la gran utilidad de las auditorías energéticas, al limitarse a un periodo de tiempo determinado pueden pasar por alto problemas que se manifiestan después bajo condiciones diferentes.
- En muchas comunidades de regantes y explotaciones hay falta de información tanto sobre los factores que afectan al consumo de energía y el precio pagado, como sobre las posibilidades de mejora de toda naturaleza.
- Todavía una parte de las comunidades de regantes y explotaciones agrícolas no afronta exitosamente los retos de la energía, ya sea por carecer de capacidad técnica o financiera o por falta de conciencia o desconocimiento del problema.
- No todas las ingenierías consultoras han incorporado los criterios de eficiencia energética junto a los de eficiencia hídrica en el diseño de proyectos de modernización de regadíos, lo que puede dar lugar a que se sigan construyendo algunas redes energéticamente ineficientes.
- Ausencia de capacidad de negociación del precio de la electricidad de la comunidad de regantes y del agricultor individuales con las suministradoras.

- Emisiones de GEI asociadas al uso de energía por el regadío probablemente siguiendo la misma tendencia creciente del consumo energético del regadío en las últimas décadas.
- El actual y continuo crecimiento en las superficies de riego por goteo y aspersión supone, a igualdad de otros factores, un crecimiento en el consumo de electricidad convencional por el regadío, y en consecuencia contribuye al aumento de las emisiones asociadas de GEI.
- Ocurrencia de otros efectos ambientales desfavorables asociados al despliegue de instalaciones eléctricas en las zonas de riego, tales como la electrocución y colisión de aves.
- Las apreciables dificultades prácticas para el control y erradicación de algunas especies exóticas invasoras que han resultado susceptibles de reducir la eficiencia energética e hídrica de las infraestructuras y equipos, así como su gran adaptabilidad, suelen provocar que su introducción en un ecosistema fluvial o en una zona de riego tenga carácter difícilmente reversible.

2. Amenazas

- Los impactos por efecto del cambio climático pueden ser muy variados, tanto desde el punto de vista de los recursos hídricos disponibles (oferta) como de la necesidad de agua de los cultivos (demanda), lo que contribuirá a incrementar el consumo de energía por el regadío.
- La actual coyuntura de precios de productos agrícolas y de costes de explotación impuestos por el mercado mantiene a numerosos cultivos en regadío en numerosas zonas en una situación de rentabilidad muy comprometida, solo compensada a escala explotación por el efecto de los pagos desacoplados a la producción de la PAC. En estos cultivos y zonas, cualquier incremento de costes, incluido el coste energético, repercutirá comprometiendo aún más la rentabilidad. Por el contrario, cualquier reducción de costes, incluido el coste eléctrico, contribuirá a aliviar la situación.
- El importante incremento en el término de potencia de las tarifas de acceso eléctricas ha ocasionado un aumento importante en el coste eléctrico, repercutido a las explotaciones agrícolas a través de incrementos en el coste del agua facturado por las comunidades de regantes, contribuyendo en muchas zonas a reducir significativamente la rentabilidad de muchos cultivos en regadío.
- El tamaño del déficit tarifario, así como de las demás partidas que tienen que ser compensadas mediante las tarifas de acceso, auguran la continuidad del escenario de precios de la electricidad elevados para un medio plazo.
- Las tarifas de acceso se regulan en ámbitos externos al sector, que representa un 2% del consumo total.
- La actual normativa sectorial dificulta la implantación en el regadío de sistemas de generación de energía renovable de funcionamiento mixto (autoconsumo + conexión a red).
- Aún existen dificultades técnicas y económicas para el almacenamiento de energía renovable para autoconsumo producida en sistemas desacoplados de la red, teniendo en cuenta la natural irregularidad de la generación de estos tipos de energía.
- Las políticas internacionales y los compromisos de España en materia de cambio climático nos obligan en materia de mitigación a la reducción de emisiones de

gases de efecto invernadero para romper la tendencia al crecimiento en el consumo de electricidad procedente de fuentes convencionales por el regadío de, y a reducir dicho consumo para que las emisiones de GEI asociadas no superen las tasas de reducción requeridas para los diferentes horizontes. En materia de Impactos, vulnerabilidad y adaptación se hace necesario profundizar en medidas de adaptación para minimizar los impactos.

- La introducción reciente en los ecosistemas fluviales españoles de diferentes especies exóticas invasoras y su posterior y continuada expansión están causando, entre muchos otros problemas ambientales y económicos, una reducción de la eficiencia hídrica y energética de las instalaciones de riego, y un aumento de los costes eléctricos.

3. Fortalezas

- Hay una apreciable capacidad técnica en los centros de conocimiento para realizar auditorías energéticas, y para diseñar sistemas de riego que no solo tengan en cuenta la eficiencia hídrica, sino también la eficiencia energética y las repercusiones del propio proyecto sobre los costes de explotación, entre otros factores.
- Un cierto número de comunidades de regantes y explotaciones agrícolas ya han realizado auditorías energéticas y están acometiendo mejoras para aumentar la eficiencia energética y reducir significativamente el consumo y el coste asociado, lo que puede tener efecto demostrativo sobre las que aún no lo han hecho.
- Hay ya una notable experiencia en centrales de compra inteligente de energía.
- Existencia de estructuras organizativas de los usuarios (comunidades de regantes y organizaciones de agricultores) con gran capacidad para informar y concienciar sobre la problemática regadío / energía / medio ambiente, para compartir experiencias y para diseminar innovaciones.

4. Oportunidades

- Las crecientes posibilidades de control que ofrecen las TIC.
- Existencia de un apreciable nivel de conocimiento técnico y científico aplicable a la innovación en los distintos ámbitos del Grupo.
- La progresiva mejora en el rendimiento de las bombas y motores.
- Las sinergias entre las políticas y estrategias de reducción en el uso de energía, aumento de la eficiencia energética y mitigación del cambio climático, con las estrategias y políticas de reducción en el uso del agua y de mantenimiento del buen estado de las masas de agua. Igualmente, la adopción de las diferentes medidas de adaptación para minimizar los impactos del cambio climático puede tener co-beneficios adaptación-mitigación.
- La potencialidad en el empleo de la energía eólica, y la energía hidroeléctrica sobre desniveles existentes en las infraestructuras, como alternativas a la energía eléctrica convencional procedente de la red, derivadas de su madurez tecnológica y de sus comparativamente bajos costes de generación.
- Las crecientes posibilidades de aplicación de la energía fotovoltaica en la zona de riego para autoconsumo como alternativa a la electricidad convencional, por el progresivo abaratamiento de los costes de generación derivados del aumento de la eficiencia y abaratamiento de los equipos.

- Las CCAA han podido incluir en los PDR FEADER 2010-2020 medidas cofinanciadas para reducir el consumo de energía y aumentar la eficiencia energética de las infraestructuras y explotaciones de regadío, así como para la implantación de energías renovables como alternativa a las convencionales para autoconsumo, y en consecuencia para reducir las emisiones de GEI asociadas.
- La progresiva reducción de los combustibles fósiles en el mix de generación eléctrica, así como la incorporación de las energías renovables al regadío como medio alternativo de generación de electricidad para autoconsumo, favorecen la reducción de la huella de carbono del regadío (en lo referido al movimiento del agua).
- Disposición de cada vez más conocimiento y de normas tecnológicas para hacer un diseño de las instalaciones eléctricas capaz de prevenir la electrocución y colisión de las aves.
- Existencia de capacidad científica para abordar el control y erradicación de especies exóticas invasoras.
- La gran oportunidad que ofrecen las redes sociales para facilitar la información y la difusión de innovaciones.

PRINCIPALES PROBLEMAS A RESOLVER Y OPORTUNIDADES A APROVECHAR

A efectos de orientar los esfuerzos en materia de innovación, los principales problemas a resolver y oportunidades a aprovechar que se deducen del diagnóstico anterior son:

Problemas a resolver

- a) La tendencia creciente del consumo de energía convencional por el regadío, y de la dependencia energética de la producción.
- b) El Incremento del precio del término de potencia de las tarifas de acceso, y la falta de flexibilidad en las posibilidades de contratación.
- c) El incremento en las emisiones de GEI consustancial al crecimiento en el uso de la energía convencional por el regadío.
- d) La generación de algunos impactos ambientales colaterales por las infraestructuras eléctricas: electrocución y colisión de aves.
- e) La aparición y expansión de especies exóticas invasoras, causantes de reducciones en la eficiencia energética del regadío, entre otros impactos negativos.
- f) La necesidad de formación en comunidades de regantes y explotaciones agrícolas en relación con el ámbito del Grupo Focal (horizontal).

Oportunidades a aprovechar

- a) El margen de reducción de consumos y costes energéticos todavía existente, y el aumento en la eficiencia energética y ambiental que se pueden derivar de:
 - 1. La auditoría energética, la predicción, la monitorización, la estandarización y los sellos de calidad.
 - 2. El uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC), el desarrollo de aplicaciones de software, los modelos y las nuevas herramientas de cálculo, diseño, gestión y telecontrol.
 - 3. Nuevos equipos de riego específicamente diseñados para reducir el consumo de energía.
 - 4. Las fórmulas de compra colectiva e inteligente de energía, y de generación colectiva de energía renovable
- b) El desarrollo e implantación de las diferentes tecnologías de energías renovables en el regadío, como alternativa clara a las energías convencionales.
- c) La inclusión en el Reglamento del FEADER (Reglamento (UE) 1305/2013 del Parlamento y del Consejo) y en muchos Programas de Desarrollo Rural (autonómicos y nacional) de medidas orientadas a la reducción del consumo de energía, al aumento en la eficiencia, y a la implantación de las energías

renovables en la agricultura, tanto en lo referido a la construcción de infraestructuras y equipamientos (art. 17) como a la cooperación para la innovación (art. 35).

d) La implantación de la huella de carbono en las comunidades de regantes y explotaciones agrícolas.

e) Las posibilidades de creación de sumideros de carbono en las zonas de riego

f) La aplicación del conocimiento científico y empírico disponible a la reducción de la peligrosidad de los tendidos eléctricos de las zonas de riego, en relación a la electrocución y colisión de las aves.

g) La capacidad de concienciación en torno a la problemática de las especies exóticas invasoras, y la aplicación del conocimiento disponible para su prevención, control y erradicación

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Abadía, R., Rocamora, C., Ruiz-Canales, A., & Puerto, H. (2008). Energy efficiency in irrigation distribution networks I: theory. *Biosystems Engineering*, 101(1), 21 a 27.

Abadía, R., Rocamora, 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. 10. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.

Abadía, R. Rocamora, C., Corcoles, JI, Ruiz-Canales, A., Martínez-Romero, A. & Moreno, MA, 2010. Comparative analysis of energy efficiency in water users associations. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2010 8(S2), (134-142)

Abadía, R., Martínez, A., Rocamora, C., & Ortiz, M. 2014. Se incrementa la presión financiera a los regantes: análisis de la subida de los peajes de acceso de energía eléctrica de agosto de 2013. *Revista Tierras Agricultura* 215: 60-69. León

Atienza, J.C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J. & Domínguez, J. 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/Birdlife, Madrid.

Barrientos, R.C., Ponce, C., Palacín, C.A., Martín, B., Martín & al. 2012. Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines. A BACI Designed Study. *PLoS ONE* 7(3): e32569.

Berbel, J. Gutiérrez-Martín, C. Camacho, E. Montesinos, P & Rodríguez-Díaz, J.A. 2014. Efectos de la modernización de regadíos en el consumo de agua, energía y coste. Congreso de regantes de Huelva. Universidad de Córdoba. 2014.

Cabrera E, Pardo MA, Cobacho R, Cabrera E Jr (2010) Energy audit of water networks. *J Water Resour Plan Manag* 136(6):669–677

Carrillo-Cobo, M.T.; Rodríguez-Díaz, J.A. & Camacho-Poyato, E. (2010). The role of energy audits in irrigated areas. The case of Fuente Palmera irrigation district (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2): S152–S161.

Carrillo Cobo, M.T., Rodríguez Días, J.A.; Montesinos, P. López Luquem R & Camacho Poyato, E. (2011). Low energy consumption seasonal calendar for sectoring operation in pressurized irrigation networks. *Irrigation Science* (2011) 29:157–169

Carrillo Cobo, M.T., Camacho Poyato, E., Montesinos, P. & Rodríguez Díaz, J.A. (2014). New model for sustainable management of pressurized irrigation networks. Application to Bembézar MD irrigation district (Spain). *Science of the Total Environment* 473–474 (2014) 1–8

Camacho Poyato, E. Rodríguez J.A., Montesinos, P. Carrillo, T. (2010). Ahorro de energía en el riego: sostenibilidad del regadío. *Agricultura: revista agropecuaria*, Año LXXIX, núm. 930 junio 2010, pág. 454 – 457.

CEDEX 2010. Estudio del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid 2010. 398 pp.¹⁰

CEDEX 2012. Estudio del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efectos potenciales del cambio climático en las demandas y estrategias de adaptación. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid 2012. 92 pp.¹¹

Cerezo Valverde, E., Manso Asensio, A. & Aledo Olivares, E. 2010. Patrimonio natural y líneas eléctricas en la Región de Murcia. Proyecto LIFE06NAT/E/000214 "Corrección de tendidos eléctricos peligrosos en Zonas de Especial Protección para las Aves y líneas eléctricas de la Región de Murcia". Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia.

Corominas, J. (2009) Agua y energía en el riego en la época de la sostenibilidad. Jornadas de Ingeniería del Agua; 2009 [Madrid. España].

Corominas, J. (2010) Agua y energía en el riego en la época de la sostenibilidad. Ingeniería del Agua 17(3):219–233

Ederra, I., Murugarren, N., 2010. La Nueva Tarifa Eléctrica. La escalada de precios del agua de riego. Navarra agraria.

European Commission 2015. The water-energy-food nexus: Foresight for Research and Innovation in the context of climate change. Directorate-General for Research and Innovation. Luxembourg Publications Office of the European Union, 2015. 208 pg.

Fernández García, I. Rodríguez Díaz, J.A., Camacho Poyato, E., Montesinos, P. Berbel, J. (2014). Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts. Agricultural Systems 131. Pp. 56–63

García-Vila, M., Lorite I.J., Soriano, M.A. y Fereres, E. (2008). Management trends and responses to water scarcity in an irrigation scheme of Southern Spain. Agricultural Water Management, 95(4): 458-468.

Garrido, A. & Hardy, L. 2010. Análisis y evaluación de las relaciones entre agua y energía en España. Papeles de agua virtual nº 6. Fundación Marcelino Botín. 2010. Madrid.

Hoffman, G.L., Evans, R.G., Jensen, M.E., Martin, D.L. Elliott, R.L. (Eds.). 2007. Design and operation of farm irrigation systems. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). St. Joseph, MI 49085-9659 USA

IDAE 2011. Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020. Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía. Madrid 2011.

¹⁰ http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/ImpactoCCRecursosHidricos_tcm7-310162.pdf

¹¹ http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/ImpactoCCDemandas_tcm7-310163.pdf

- IDAE 2011. Plan de energías renovables 2011-2020. Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía. Madrid 2011.
- Jackson, T.M., Khan, S., Hafeez, M., 2010. A comparative analysis of water application and energy consumption at the irrigated field level. *Agriculture Water Management* 97, 1477–1485.
- Lecina, S. Isidoro, D., Playán, E. & Aragüés, R. (2010). Irrigation modernization and water conservation in Spain: The case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management* 97 (2010) 1663–1675
- López-Gunn, E., Mayor, B & Dumont, A. (2012). Implications of the modernization of irrigation systems. *Water, agriculture and the environment in Spain: Can we square the circle* (De Stephano & Llamas eds.).. CRC Press.
- Madroño, A., Conzález, C. & Atienza, J.C (eds.) 2004. Libro rojo de las aves de España. Dirección General para la biodiversidad - SEO /Birdlife. Madrid
- Ministerio de Medio Ambiente 2006. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. 59 pg. Madrid 2006.
- MAGRAMA (2014): Resultados técnico-económicos de Cultivos Herbáceos 2013, Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAGRAMA (2015a): Resultados técnico-económicos de Frutales 2014, Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAGRAMA (2015b): Resultados técnico-económicos de Cultivos Hortícolas 2014, Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAGRAMA (2015c): Resultados técnico-económicos de Olivar y Viñedo 2014, Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación, Subsecretaría. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Martin-Gorriz B., Soto-García M., Martínez-Alvarez, V. (2014). Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE Spain. Effects of alternative water supply scenarios. *Energy* 77, 478-488.
- Melgarejo J, Montañó B. 2009. La eficiencia energética en el trasvase Tajo-Segura. En: *Cuides, Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible* 3. Fundación CajaMar, p 173-193.
- <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/cuaderno-interdisciplinar-de-desarrollo-sostenible-cuides/3/3-468.pdf>
- Moreno MA, Ortega JF, Córcoles JI, Martínez A, Tarjuelo JM (2010) Energy analysis of irrigation delivery systems: monitoring and evaluation of proposed measures for improving energy efficiency. *Irrig Sci* 28(5):445–460
- OMIE 2015. Evolución del mercado de energía eléctrica. Noviembre 2015.

Plappally A.K. & Lienhard V J.H. (2012). Energy Requirements for Water Production, Treatment, End Use, Reclamation, and Discharge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7):4818-4848.

Playán E, Mateos L (2006) Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agric Water Manag* 80:100–116

Rocamora C., Abadía R., Ruiz A. 2008. Ahorro y eficiencia energética en las Comunidades de Regantes. Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. Serie divulgación Ahorro y Eficiencia energética en Agricultura. 9. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid.

Rocamora, C., Vera, J. & Abadía, R. 2013. Strategy for Efficient Energy Management to solve energy problems in modernized irrigation: analysis of the Spanish case. *Irrig Sci* (2013) 31:1139–1158.

Rodríguez JA, Camacho E, López R, Pérez L (2008) Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: an application in Spain. *Agric Syst* 96:250–259

Rodríguez Díaz, J. A., López Luque, R., Carrillo Cobo, M. T., Montesinos, P., & Camacho Poyato, E. (2009). Exploring energy saving scenarios for on-demand pressurised irrigation networks. *Biosystems Engineering*, 104(4), 552e561.

Rodríguez-Díaz, J.A., Pérez-Urrestarazu, L. Camacho-Poyato, E. & Montesinos, P. 2011. The paradox of irrigation scheme modernization: more efficient water use linked to higher energy demand. *Spanish Journal of*

Soto-García M., Martínez Álvarez V., Martín-Gorriz B. (2014). El regadío en la Región de Murcia. Caracterización y análisis mediante indicadores de gestión. Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura. 267 pp. <http://hdl.handle.net/10317/4069>

Soto-García M. (2013). Estudio de la evolución de los regadíos mediante técnicas de benchmarking: aplicación en la Región de Murcia. Tesis doctoral. UPCT. <http://hdl.handle.net/10317/3397>

Soto-García M., Martín-Gorriz B., García-Bastida P.A., Alcón F., Martínez-Alvarez, V. (2013). Energy consumption for crop irrigation in a semiarid climate (south-eastern Spain). *Energy* 55: 1084-1093

Tarjuelo, J.M., Rodríguez Díaz, J.A., Abadía, R. Camacho, E. Rocamora, C. & Moreno, M.A, 2015. Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies *Agricultural Water Management* 162 (2015) 67–77

Vera, J., Abadía, R, Mora, M. & Rocamora, M.C. 2010. Eficiencia energética de instalaciones de bombeo en pozos para extracción de aguas de riego subterráneas. Congreso nacional de riegos de León. 2010.

Victoria-Jumilla F. 2010. Etiquetado de carbono en las explotaciones y productos agrícolas. La iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO₂. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, 328 pp.

Zapata, N., Latorre, B., Cítoles, F.J., Gallinat, J., Bescós, M., Castillo, R., Mantero, N., Burguete, J., and Playán, E. 2015. Collective irrigation network design and management for energy optimization: the “Cintegral” tool. ICID 26th Euro Mediterranean Regional Conference and ICID 56th International Executive Council. Innovate to Improve Irrigation Performance. Montpellier, France. 11-16 october 2015.