



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Sequías y cambio climático: un reto energético y de gestión integral para la agricultura

Autor: Gabriel Gómez Martínez

Institución: EVREN, S.A

e-mail: gomez@evren.es

RESUMEN

La principal motivación del presente artículo es la necesidad de buscar alternativas económicamente eficientes y medioambientalmente sostenibles al abastecimiento energético en el sector del regadío en España. Hay que considerar la estructura de costes por el uso y servicios del agua y de la energía, su previsible situación en un futuro próximo ante unas perspectivas no muy favorables teniendo en cuenta los escenarios actuales de incremento de las demandas urbanas, las restricciones ambientales por caudales ecológicos, el deterioro ecológico, químico y cuantitativo de las masas de agua superficiales y subterráneas, y las necesidades de adaptación al cambio climático y la búsqueda de la competitividad en combinación con la sostenibilidad.

Para esta tarea, se ha hecho una revisión de los posibles costes a los que tiene que hacer frente un regante o comunidad de regantes (CCRR¹), para llevar a cabo su actividad productiva, desde el punto de vista de los costes energéticos asociados al término de potencia contratada (kW) y consumo de energía eléctrica (kWh) para hacer funcionar los sistemas de riego a presión y los bombeos e impulsiones.

Aunque se es consciente de que los costes asociados a la actividad de las CCRR son múltiples, este artículo se centra en la búsqueda de alternativas al suministro energético más baratas, rentables y sostenibles en el tiempo, tanto desde el punto de vista ambiental como económico. No obstante, haciendo un repaso global de los costes existentes en la actividad productiva del regadío, estos son los correspondientes a los siguientes cuatro grandes grupos, que a su vez incluyen múltiples aspectos también considerados:

1. Costes por el consumo y los servicios del agua.
2. Costes energéticos.
3. Costes por consumo de fertilizantes, pesticidas, compra de semillas y plántulas, y los costes por consumo de carburantes.
4. Costes de maquinaria y mano de obra.
5. Costes financieros de amortización de las inversiones.

En cuanto a los ingresos en la actividad del regadío, habría que considerar los ingresos por la venta de la producción en origen y los ingresos en forma de subvenciones, si son a fondo perdido o ayudas. Éstas, aunque puedan prorrogarse en el tiempo, aunque no a muy largo plazo, tienden a desaparecer, al menos de forma parcial.

En cuanto a los ingresos por la venta de las cosechas, éstos dependerán fundamentalmente de la productividad obtenida de los distintos tipos de cultivo, que vendrán condicionados significativamente por el agua real suministrada por precipitación o artificialmente, más que por

¹ Al final del documento se inserta un capítulo con los acrónimos, unidades de medida y abreviaturas utilizadas a lo largo del documento.

las dotaciones de agua (hm^3/ha), así como de las dosis aplicadas de fertilizantes (kg/ha) y de las variaciones del precio de venta en origen de los productos.

Todos estos aspectos están actualmente asociados a un escenario futuro incierto si se tienen en cuenta la necesidad de recuperar el estado cuantitativo y químico de algunos acuíferos, el estado ecológico de algunos ríos en base a las obligaciones derivadas de la Directiva 91/676/CEE del Consejo relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias y de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, la Ley de Aguas española, así como la posible persistencia de los episodios de sequía o la posible reducción de la disponibilidad de los recursos hídricos por efecto del cambio climático. La compatibilización de todos estos requisitos, normativos y productivos, se producirá mediante los planes hidrológicos en desarrollo.

Lógicamente cada uno de los aspectos considerados en la estructura de costes e ingresos, varían sustancialmente en función de la zona en que nos encontremos geográficamente (por la evapotranspiración, el régimen de lluvias, etc.), el tipo de cultivo (dotaciones o necesidades de agua), el origen del agua de riego (superficial, subterráneo, desalación o reutilización) y las tecnologías de riego empleadas (riego por aspersión, por goteo o por gravedad).

Palabras Clave: Cambio climático; sequía; agricultura; eficiencia; modernización; energía; gestión integral.

Tabla de contenidos

1	Introducción: Punto de vista.....	5
2	Situación actual del regadío en España.....	6
3	Análisis DAFO del sector del regadío ante el Cambio Climático y las sequías	10
4	Aspectos tratados y supuestos.....	14
5	Modelo Conceptual.....	15
5.1	Metodología y Escenarios.....	15
5.2	Datos analizados para estudiar el sector del regadío.....	16
6	Resultados.....	20
7	Retos para el futuro.....	25
8	Conclusiones.....	26
9	Referencias.....	27
9.1	Referencias Bibliográficas:.....	27
9.2	Referencias Normativas:.....	28
10	Lista de acrónimos y abreviaturas utilizados.....	29

1 Introducción: Punto de vista.

Actualmente, el sector del regadío, al menos en algunas zonas de España, se encuentra en una situación de autoevaluación en la que se deben resolver una serie de amenazas e incertidumbres, si se pretende mantener la actividad de una forma rentable económicamente y medioambientalmente sostenible. Muchos de los estudios llevados a cabo en torno a los efectos del Cambio Climático, apuntan a una disminución de los recursos hídricos disponibles asociada a una posible disminución significativa del régimen de precipitaciones en algunas cuencas hidrográficas de España, en torno al 10-20%, y un aumento de la frecuencia de los episodios de sequía e inundaciones. Por otro lado, muchos regantes están inmersos en una fase de amortización de las inversiones realizadas para la transformación en regadío de sus cultivos y/o modernización de los sistemas de riego que tenían, y todo ello, junto con la incertidumbre sobre el futuro de la PAC.

Mediante el aumento de la eficiencia del uso del agua con las modernizaciones del regadío (y otros sistemas como la elección del cultivo más eficiente hídricamente y a la vez competitivo en los mercados), en épocas de sequía, se consigue mantener el sistema productivo. Sin embargo, algunas de estas medidas suponen un incremento del consumo de energía.

Por otra parte, el mercado “liberalizado” de la energía supone entrar en una dinámica mucho más competitiva para los agricultores al no tener controlado uno de sus principales costes de producción, motivo por el que en los próximos años se tendrá que afinar en la elección de los productos a cultivar, y tratar de aprovechar el mercado liberalizado cambiando frecuentemente de empresa comercializadora de energía eléctrica o revisando los contratos negociando contratos de temporada.

En un futuro muy próximo resultará rentable para las grandes explotaciones agrícolas, y en las pequeñas mancomunadas, la instalación de fuentes renovables de energía para convertirse en productores de electricidad para su autoconsumo e incluso inyección a la red nacional de distribución. En especial de aquellas tipologías de producción que no requieran la pérdida de superficie útil.

El mantenimiento de un sector estratégico para España y para Europa como es la agricultura, deberá ser incentivado para obtener una mayor eficiencia de los recursos naturales, en particular del uso del agua, así como adoptando fuentes renovables de energía, en especial las exentas de emisiones atmosféricas. Las modificaciones a realizar en el modelo productivo no están exentas de dificultades, incluso contienen contrasentidos normativos impuestos desde la perspectiva europea en que se debe garantizar por un lado la libre competencia y por otro el respeto al medioambiente (en su territorio, aunque algunas de las medidas propuestas impliquen deterioro del mismo fuera de las fronteras de la Unión Europea o la imposibilidad de competir en precio con productos importados en otras ocasiones). Y todo ello sin desestructurar el tejido social rural.

La influencia que tengan los efectos del cambio climático en el régimen de precipitaciones tienen a día de hoy un elevado grado de incertidumbre, pero las previsiones disponibles apuntan a una distribución más heterogénea, con una menor disponibilidad de recursos hídricos, en tanto no se establezcan nuevos elementos de regulación plurianual

(prácticamente imposible en el territorio español actualmente). Por ello, la utilización de elementos de regulación naturales como las aguas subterráneas deberá convertirse en un instrumento habitual, incluso en lugares donde actualmente ni se plantea debido a la existencia de recursos superficiales suficientes. Pero para ello se deberán aplicar medidas en los nuevos planes hidrológicos que permitan que los acuíferos recuperen unos niveles adecuados, que garanticen la reserva de agua, la posibilidad de extracción con unos costes asumibles y el mantenimiento de los ecosistemas asociados.

2 Situación actual del regadío en España

La agricultura es la mayor actividad económica demandante de agua en España con una demanda media anual en torno a 25.000 hm³/año, representando entre el 75-80% del consumo total de agua (unos 35.000 hm³/año). Supone un 2,4% del PIB del país (ESYRCE 2009), con una productividad por unidad de consumo de agua que varía mucho en función del tipo de cultivo, desde los 0,75 €/m³ de algunos cereales regados con aguas superficiales, hasta los 18 €/m³ de algunos cultivos de hortalizas de ciclo manipulado (A. Rico Amorós 2006).

La superficie agrícola en España asciende a algo más de 17 millones de hectáreas, correspondiendo a regadío casi 3.5 millones de ha, lo cual supone un 19,8% de la superficie total agrícola (ESYRCE 2009).

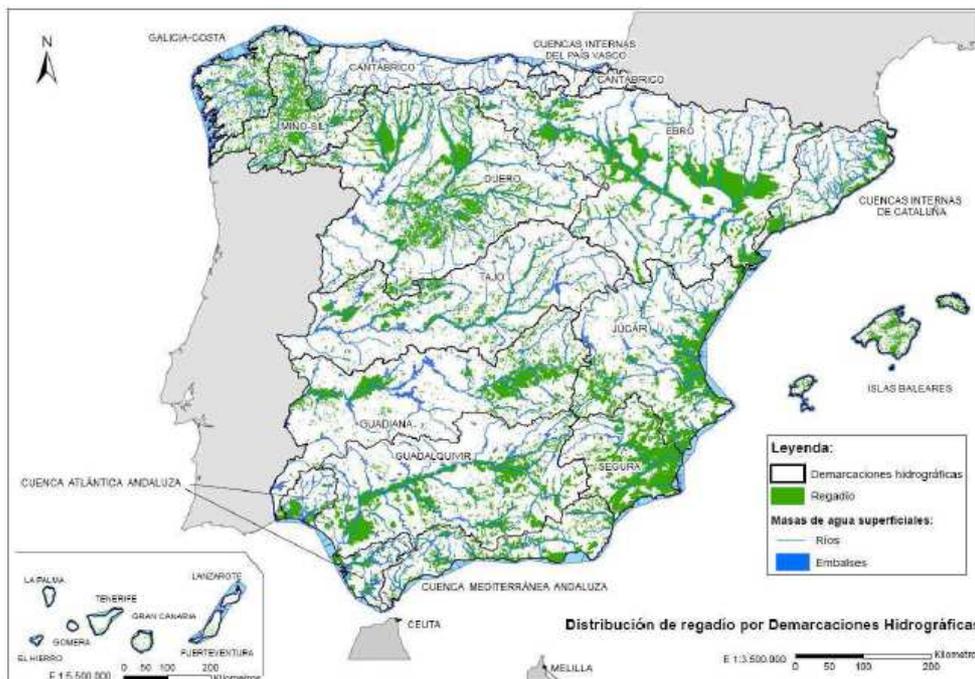


Ilustración 1 Mapa de distribución del regadío por DDHH en España (Fuente: ISA ENMSR-H2015)

Hay que diferenciar entre agricultura de secano y de regadío, ya que aunque ambos contribuyen a las cifras de productividad antes mencionadas, sólo los cultivos del segundo grupo son los que necesitan de una aportación de agua adicional y controlada en forma de riego, y por tanto, los que constituyen la demanda de agua del sector.

Antiguamente, las prácticas de riego tradicionales en nuestro país no hacían siempre un uso eficiente del recurso, aplicando técnicas de riego con un consumo intensivo de agua y no planificado, cuando el recurso no era escaso y la práctica tan intensiva.

En la siguiente tabla se aprecia la distribución de las superficies de cultivo total y de regadío por tipos de cultivo en España:

Grupos de Cultivo	Sup. Regadío		Sup. Total ha (2)	Sup.Reg/Sup.Tot (1)/(2)%
	ha (1)	%		
Cereales	892.264	26,1	6.209.489	14,4
Cítricos	304.156	8,9	320.778	94,8
Forrajeras	261.780	7,7	892.815	29,3
Frutales	245.133	7,2	1.005.991	24,4
Hortalizas	188.161	5,5	210.893	89,2
Industriales	201.764	5,9	1.065.048	18,9
Leguminosas Grano	15.740	0,5	274.665	5,7
Olivar	689.267	20,1	2.568.383	26,8
Tubérculos	51.985	1,5	66.605	78,0
Viñedo	346.670	10,1	1.094.774	31,7
Otros cultivos	224.385	6,6	3.610.520	6,2
Total cultivos	3.421.304	100,0	17.319.961	19,8

Ilustración 2 Distribución de la Superficie Regada por Grupos de Cultivos. Año 2009. Fuente: ESYRCE 2009

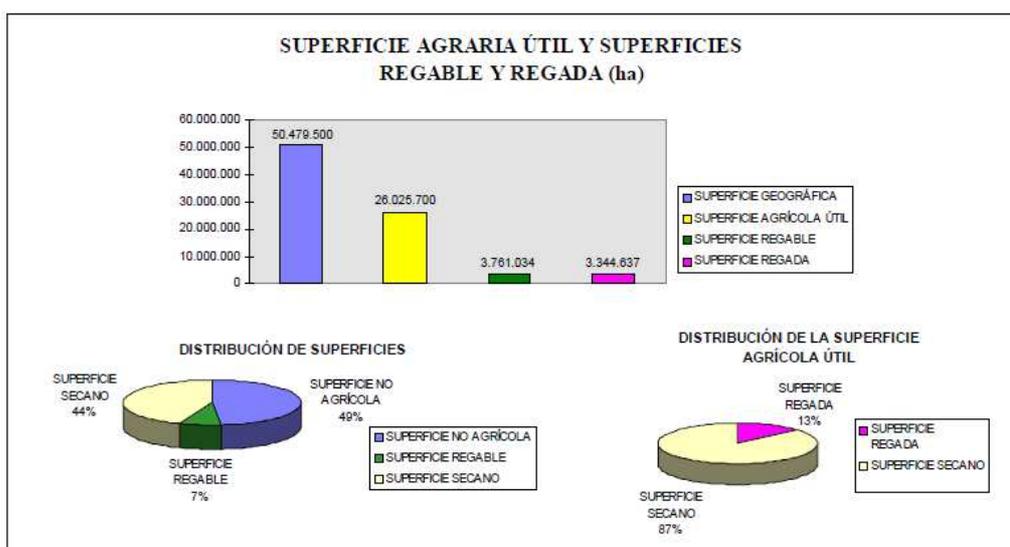


Ilustración 3 Datos generales de superficies agrarias. Fuente: PNR 2008.

Haciendo un recorrido por la historia de la agricultura en España, es sabido que no siempre ha tenido un único fin, siendo éste cambiante con los años o diversificándose. Hablamos pues de la actividad agrícola, en sus orígenes, como una actividad de generación de bienes comestibles destinados al consumo propio y con un fin que se podría denominar de supervivencia. Con el paso de los años, la especialización de las actividades humanas y la aparición de un mercado no limitado al ámbito local, adquiere también un fin de productividad propio de una actividad económica, evolucionando hacia la especialización, para aumentar la productividad, minimizando costes y maximizando beneficios. Además, en algunas zonas se ha creado una industria asociada muy importante.

Sin embargo, hay que resaltar también el papel que tiene la agricultura en España en cuanto a cohesión territorial, desarrollo rural y como revulsivo contra la despoblación en muchas áreas rurales deprimidas del país. Por lo que, la agricultura tiene también en España un fin social además del económico (véase el PENDR 2007-2013 y los PND 2007-2013 de las CCAA²).

Tipos de Regadío	Superficie ha	Superficie %
	ha	%
Gravedad	1.064.248	31,1%
Aspersión	479.697	14,0%
Automotriz	265.897	7,8%
Localizado	1.591.616	46,5%
Sin información y otros	19.847	0,6%
TOTAL	3.421.304	100,0%

Ilustración 4 Distribución de superficies de regadío (ha) por tecnología de riego³ en España en 2009. Fuente: ESYRCE 2009.

Además en España es destacable el gran avance que se ha producido en lo que se refiere a la aplicación de tecnologías de regadío más eficientes, apostando por la modernización del regadío, la gestión del recurso y la planificación de los cultivos.

Las inversiones del Plan Nacional de Regadíos han ascendido a más de 3.000 M€ desde el año 2000 hasta 2008 (véase la Ilustración 5). Posteriormente la actualización del mismo, conocido como Plan de Choque de Modernización de Regadíos 2006-2008, ha contado con un presupuesto de inversión estimado en unos 2.400 M€, y actualmente está en fase de elaboración la ENMSR-H2015.

² PENDR 2007-2013: Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural 2007-2013.

http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/programacion/plan_estrategico/plan_estrategico.htm

PDR 2007-2013: Programas de Desarrollo Rural 2007-2013.

<http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/programacion/programas/programas.htm>

³ La superficie de riego localizado, incluye también la superficie de cultivo bajo invernadero.

El PNR concedió gran importancia a la mejora y consolidación de las infraestructuras de distribución y aplicación del agua de riego, con 1,13 millones de hectáreas de superficie de actuación programada y un ahorro estimado de 1.375 hm³ anuales, debido a las características del regadío español en cuanto a obsolescencia de las infraestructuras de conducción del agua y de los sistemas de riego, la infradotación de gran parte de la superficie regable existente y la escasez del recurso en la práctica totalidad del territorio.

Esta planificación con horizonte temporal el 31 de diciembre de 2008 preveía una financiación total de 5.024,58 millones de euros, a cubrir por el antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1.430,4 millones de euros), las Comunidades Autónomas (1.586,9 millones de euros) y los propios regantes (2.007,3 millones de euros). De esta manera, la previsión de inversiones públicas y superficies de actuación, para todo el periodo de vigencia, distribuidas en los programas que integran el PNR, era la siguiente:

Plan Nacional de Regadíos: Periodo 2000-2008				
	Superficie de actuación		Inversión prevista	
	Total (ha)	MAPA (ha)	Total (€)	MAPA (€)
Mejora y consolidación	1.134.891	549.009	1.528.295.651	730.061.424
Regadíos en ejecución	138.365	65.736	873.126.346	414.025.219
Regadíos sociales	86.426	39.270	528.289.637	242.508.383
Regadíos privados	18.000	9.000	61.904.246	30.952.123
Programas de apoyo	-	-	25.699.278	12.849.639
Total	1.377.682	663.015	3.017.315.158	1.430.396.788

Ilustración 5 Superficie de actuación e inversiones del PNR H-2008. Fuente: RD 329/2002 de 5 de abril por el que se aprueba el Plan Nacional de Regadíos, publicado en BOE el 27 de abril de 2002 y Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008, mayo 2001. MAPA, Subsecretaría, Dirección General de Desarrollo Rural.

En marzo de 2006, los anteriores Ministerios de Medio Ambiente (MMA) y de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) proponen un conjunto de actuaciones de modernización de regadíos, conocido como "Plan de Choque de Modernización de Regadíos 2006-2008" destinado a garantizar una mejor gestión de los recursos hídricos y a paliar los daños producidos por la sequía padecida en los años 2004 y 2005. Este Plan, refuerzo del PNR, consiguió la mejora y consolidación de una superficie de 866.898 hectáreas y supuso un ahorro anual de 1.162 hectómetros cúbicos en el consumo de agua.

Plan de Choque de Regadíos: Periodo 2006-2008				
Mejora y consolidación de regadíos	Superficie de actuación (ha)	Ahorro de agua (hm³)	Inversión prevista	
			Total (mill. €)	Estatad (mill. €)
MAPA	253.035	503	1.017	711
MMA	613.863	659	1.392	1.161
Total	866.898	1.162	2.409	1.872

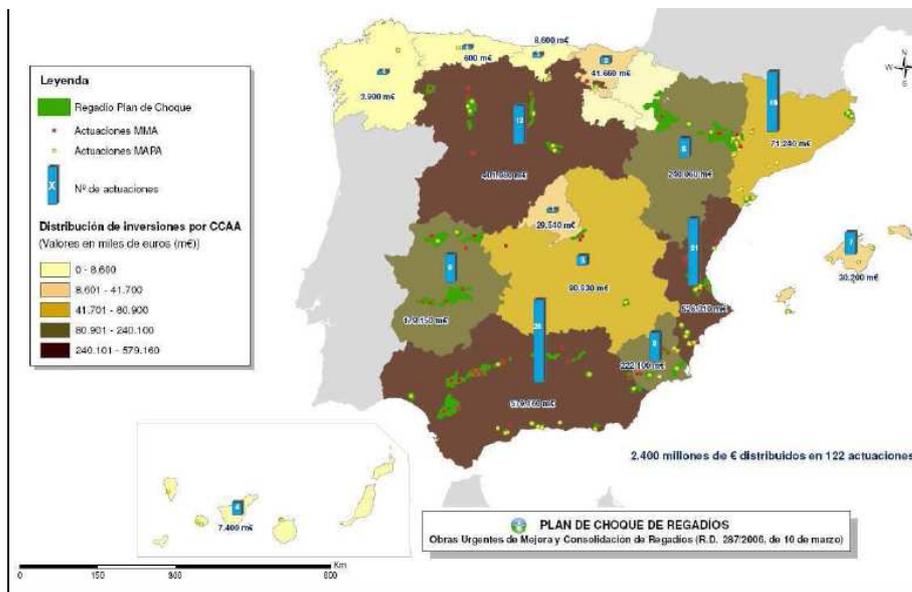


Ilustración 6 Mapa de actuaciones (azul), nuevas superficies de regadío (verde) y distribución de las inversiones por CCAA (colores gradados) del Plan de Choque de Regadíos 2006-2008.

Fuente: RD 287/2006 de 10 de marzo por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadíos, con objeto de obtener un adecuado ahorro de agua que palie los daños producidos por la sequía, publicado en BOE de 11 de marzo de 2006.

Si bien se han realizado grandes esfuerzos desde la administración para optimizar el uso del recurso hídrico, la utilización de los medios más eficientes desde el punto de vista del uso del agua suponen, en los casos en que intervienen distribuciones en presión, que son la mayoría de los casos de modernización, incrementos de consumos energéticos y por tanto de los costes, con el agravante de los incrementos recientes y previsibles en el precio de la energía eléctrica. Sólo en los casos en que la modernización se haya realizado sobre instalaciones en presión ya existentes se habrá obtenido una reducción de los consumos de energía al aumentar la eficiencia del sistema, mejorando la eficiencia de las bombas o reduciendo las pérdidas de carga en las conducciones.

3 Análisis DAFO del sector del regadío ante el Cambio Climático y las sequías

Las Debilidades:

Si se habla de las debilidades de España en el sector agrícola, nos referimos fundamentalmente al carácter seco e incluso árido del clima de muchas zonas del país, con escasas precipitaciones (~200-400 mm/año en el sureste de España), un régimen de precipitaciones estacional muy marcado, con eventos de lluvia frecuentemente de carácter torrencial (sobre todo en la zona de Levante), temperaturas cálidas y fuertes evapotranspiraciones. La ETR presenta para la serie de años 1941-2008 un valor medio

global de 395mm/año según el modelo SIMPA⁴, siendo bastante menor que la ETP (1035 mm/año), al no darse siempre las condiciones óptimas de humedad en el suelo.

Todo ello implica, que si se quieren producir cierto tipo de cultivos con una demanda natural de agua grande (frutales, hortalizas, etc.) y en grandes y crecientes extensiones, se crea una necesidad de aporte extraordinario de agua en forma de riego, produciéndose una situación de estrés hídrico en la que los recursos de agua disponibles son inferiores a los necesarios.

Sin embargo, estas “debilidades” en cuanto a disponibilidad del recurso hídrico para riego en la actividad agrícola en ciertas zonas de España, fueron suplidas a lo largo de la mitad del siglo XX mediante la construcción de múltiples infraestructuras de almacenamiento y regulación (presas y embalses) y distribución de agua (canales, conducciones, etc.), y en los últimos años, se han podido liberar caudales de agua limpia para fines ambientales con lo que se denominan recursos no convencionales, con la aparición de nuevas tecnologías (desalación, depuración, etc.), aunque estos aspectos se desarrollan más adelante.

Es cierto que en décadas anteriores, la agricultura era el principal sector económico o actividad en España en cuanto a ocupación de la población activa, efecto que se diluyó entre los años 60-80, y que tuvo un nuevo repunte a finales del siglo XX, en la década de los 80 y 90, mediante el aumento de las subvenciones y subsidios, y un aumento productivo debido a la mecanización de las actividades agrícolas y a la aplicación de nuevas tecnologías de riego, lo cual provocó un aumento de las superficies de regadío de nuevo desarrollo en muchas comunidades autónomas.

Esto ha llevado a situaciones, en la actualidad, en algunas cuencas hidrográficas, donde las demandas de agua para regadío a corto y medio plazo son superiores a los recursos disponibles, debido a la gran cantidad de nuevos regadíos que se habían programado o bien porque hay que respetar las restricciones previas a la asignación de los recursos para satisfacer caudales ecológicos con fines ambientales (TRLA).

Las Amenazas:

Si se habla de las posibles amenazas al sector del regadío actualmente en España, habría que mencionar fundamentalmente:

- Los efectos del cambio climático (disminución de la disponibilidad de los recursos por incremento de los periodos de sequías (con incremento de la duración y magnitud medias de los mismos), reducción de las precipitaciones en ciertas zonas, incremento de pérdidas por evaporaciones, pérdida de capacidad de almacenamiento en ciertas presas de laminación de avenidas por incremento también de los eventos de inundaciones y/o avenidas extremas, etc.).

⁴ El Sistema Integrado de Precipitación Aportación (SIMPA) es un modelo para analizar las variables hidrológicas espacial y temporalmente de todo el territorio nacional que cuenta con series temporales desde el año 1940. Fue desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.



- El incremento creciente de las demandas urbanas por aumento de la población permanente y estacional (uso con mayor prioridad) y de los requerimientos ambientales (régimen de caudales ecológicos según el TRLA).
- La desaparición de ciertos incentivos económicos al sector como subvenciones, subsidios, tarifas especiales, etc., (desaparición de las tarifas eléctricas R para el regadío, condicionalidad y retirada de las ayudas de la PAC).
- La aplicación del principio de recuperación de costes de los servicios del agua y la amortización de las inversiones en modernización de regadíos.

Todo ello, hace plantearse la necesidad de combatir o, al menos, mitigar estos efectos adversos, que podrían comprometer la permanencia en el futuro de ciertas prácticas agrícolas, sobre todo del regadío, en ciertos territorios de España, al menos sólo con las fuentes convencionales del recurso. También es de vital importancia mejorar los estudios que se están realizando para mejorar el grado de fiabilidad o reducir la incertidumbre en cuanto a las predicciones de los efectos del cambio climático.

En cuanto a los episodios de sequía, ya frecuentes de manera natural en algunas cuencas hidrográficas españolas, algunos estudios apuntan que se sucederán con mayor frecuencia e intensidad como consecuencia del Cambio Climático. Además, la agricultura, es uno de los sectores más afectados en épocas de sequía, sufriendo las mayores reducciones en el suministro, debido a que es el mayor consumidor de agua siendo un uso consuntivo con menor orden de prioridad que el consumo humano. En episodios de sequías severas únicamente se aprueban suministros para “riegos de socorro” en frutales con el fin de asegurar la supervivencia del árbol. En otros tipos de cultivo la sequía puede llegar a suponer la pérdida total de la cosecha.

Las medidas de emergencia o extraordinarias aplicadas en el sector del regadío durante periodos de sequía para paliar sus efectos, vienen reguladas por RRDD de emergencia y en los Planes Especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual Sequía (ORDEN MAM/698/2007, de 21 de marzo) en los ámbitos de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias (Planes Especiales de Sequías - PES), desarrollados por el MARM.

Las Fortalezas:

Las fortalezas de España en cuanto al sector agrícola y la disponibilidad de recursos para el regadío radica fundamentalmente en:

- La existencia de un gran número de infraestructuras de almacenamiento y regulación de aguas y una red importante de transporte y distribución de las mismas en forma de canales, acequias, acueductos, etc. Estas infraestructuras le confieren al sector agrícola español una capacidad de regulación y gestión del recurso de forma planificada que permite afrontar situaciones de escasez de agua y sequía, y no depender exclusivamente del régimen de precipitaciones.
- Contar con un gran porcentaje de los regadíos existentes modernizados con aplicación de tecnologías eficientes de riego localizado y sistemas de reutilización directa de los retornos en muchas zonas de escasez hídrica.

- Un gran desarrollo de técnicas y tecnologías de movilización de recursos hídricos no convencionales, en los que España es una de los países punteros a nivel mundial, como la desalación y la reutilización. En cifras globales, España desala actualmente unos 900 hm³/año y reutiliza unos 400 hm³/año (datos de 2009 del MARM).

La desalación permite contar con un volumen de recurso adicional, en muchas cuencas hidrográficas con gran estrés hídrico, independiente de la pluviometría. Si bien es cierto, que para muchos desarrollos agrícolas aún no es un recurso económicamente factible pues los costes de producción del recurso (coste de implantación, coste de explotación y costes de amortización) exceden a los ingresos, en muchas zonas de España como es el sureste, existe una industria en torno al regadío económicamente rentable y competitiva que puede afrontar los costes de producir agua para riego a través de la desalación.

En cuanto a la reutilización, esta puede ser directa o indirecta y con un tratamiento previo de depuración o regeneración mayor o menor, en función del uso al que vaya destinada. Hay que tener en cuenta que aunque no es un recurso adicional en cuanto a cuantificación de volúmenes se refiere, si lo es en cuanto al balance de recursos en una cuenca o sistema de explotación, ya que supone un uso efectivo de recurso que ya ha sido utilizado aguas arriba en el sistema. Los costes de producción del recurso en aguas reutilizadas pueden no ser muy elevados en función de su procedencia, aunque en función del nivel de tratamiento necesario (regulado según el RD 1620/2007), los costes pueden oscilar entre un mínimo de 0,075 €/m³ para tratamientos Tipo 3 a unos 0,60 €/m³ para tratamientos Tipo 4 con mayores requerimientos de calidad (datos MARM 2008). En el caso del uso para la agricultura, también para el medioambiente, el principal condicionante es el contenido de sales, que puede requerir de un tratamiento de ósmosis o electrodiálisis que incrementa sustancialmente los costes.

Las Oportunidades:

Las energías renovables suponen una oportunidad muy importante para el sector del regadío en España para diversificar la actividad, pudiendo convertirse las CCRR en productores de energía mediante fuentes renovables (energía eólica, solar, geotérmica o de biomasa) que pueden llegar a vender inyectándola en la red, aumentando sus ingresos y su fortaleza ante años de sequías, desaparición de ayudas o inundaciones, y aprovechando otros recursos como los residuos vegetales de la actividad para producción de energía.

La reutilización de aguas residuales, del orden de 400 hm³/año (datos del MARM de 2009) y con perspectivas de casi duplicarse según las previsiones del PNRA (Plan Nacional de Reutilización de las Aguas) entre las actuaciones a llevar a cabo hasta 2015 y 397 hm³/año más con las que se ejecuten hasta 2021 (datos de 2009 del PNRA del MARM), supone una oportunidad al contar con unas condiciones mejores de garantía en el suministro, siendo un recurso permanente en el tiempo y fiable, ayudando a compatibilizar el establecimiento del régimen de caudales ecológicos.

4 Aspectos tratados y supuestos

Este artículo pretende analizar sucintamente los efectos en los centros productivos agrícolas basados en el regadío si se convierten en autosuficientes energéticamente. Para ello se consideran los costes asociados a los consumos energéticos, y se considera la posibilidad de vender la energía excedentaria de sus instalaciones inyectándola en la red eléctrica. Asimismo se plantean posibles escenarios futuros a corto y medio plazo a los que se podrá enfrentar el sector, intentando evaluar posibles alternativas para el mantenimiento de una forma económicamente rentable y, social y ambientalmente sostenible de la actividad.

Las consideraciones iniciales necesarias para entender el funcionamiento de este sector productivo en el análisis son los costes e ingresos derivados de la práctica del regadío en función del tipo de cultivo, el origen del agua, las tecnologías de riego aplicadas, etc., y la evaluación de los efectos de las sequías y el cambio climático sobre la disponibilidad del recurso, el precio del mismo, y los costes que supondría la implantación de sistemas de generación de energías renovables como paneles fotovoltaicos, aerogeneradores o generación térmica mediante quema de residuos agrícolas.

Otro aspecto muy importante a destacar es la gran reducción que se produce en los costes energéticos por extracción de agua subterránea en un escenario en el que las masas de agua subterránea o acuíferos, se encontrasen en un buen estado cuantitativo, con niveles piezométricos adecuados.

Se han considerado tres escenarios distintos, que podrían darse o no simultáneamente, a partir del escenario general que ha considerado ser la situación actual del regadío en España. Estos escenarios son:

- **Escenario de cambio climático y persistencia de sequías (Escenario A):** basado en la disminución de la disponibilidad de agua para el regadío por la persistencia en años consecutivos de episodios de sequías, que obligaran a aplicar restricciones en el suministro de agua para el regadío. Ello se traduce en una disminución de la productividad ascendiendo los costes de los recursos agua y energía.

Con la adopción de un sistema de generación de energía renovable, se siguen contando con unos ingresos por la venta de la energía producida aunque se pierda la cosecha en caso de sequía severa. Por otro lado, el realizar extracciones inferiores a la tasa de recarga natural de los acuíferos, permite a largo plazo, el contar con unas reservas de agua en épocas de sequía y disminuir los costes energéticos de los bombeos en años hidrológicos normales.

- **Escenario de autosuficiencia energética (Escenario B):** basado en el descenso de los costes asociados al consumo de energía eléctrica e incluso al posible aumento de los ingresos si se genera electricidad en exceso que se inyecte en la red. Sin embargo, el ser energéticamente autosuficiente implica otros costes como son los costes de inversión inicial (principalmente la implantación de instalaciones, aerogeneradores, paneles fotovoltaicos, etc.), los costes de mantenimiento y los costes de amortización de capital.

En este escenario pueden ser muy importantes los costes financieros de amortización de la inversión, y ello dependerá de la vida útil media de los equipos y de las instalaciones, que suele estar entre 20 y 30 años, lo cual condicionará el tiempo necesario para recuperar o amortizar la inversión y del precio de venta de la energía.

Por otro lado, en épocas de sequía y sobre todo en el caso de regadío con aguas de origen subterráneo, los costes energéticos de los bombeos de agua pueden dispararse por descensos acusados del nivel freático. En este escenario de autosuficiencia energética, esta condición puede suponer una ventaja sustancial frente a la situación actual, en la que se suman a las pérdidas de productividad de los cultivos por descensos en el volumen y frecuencia de los riegos sobre los cultivos, los sobrecostes por costes energéticos de elevación del agua desde niveles freáticos más bajos o requerimientos de bombas de mayor potencia, consumo y precio de adquisición.

- **Escenario de buen estado cuantitativo de los acuíferos (Escenario C):** basado, como ya se ha mencionado, en el descenso de los costes asociados a la extracción de agua subterránea de los acuíferos si los niveles piezométricos son los adecuados, como consecuencia de la aplicación de una planificación plurianual del recurso e integrando la utilización tanto de recursos superficiales como subterráneos.

Este escenario sería una variante del escenario anterior, donde se reducirían los costes energéticos por bombeo del agua en el caso de aguas subterráneas por recuperación de los niveles freáticos. Para ello, es necesario e imprescindible que los acuíferos se encontrasen en un buen estado cuantitativo, debiéndose reducir los bombeos o extracciones por encima de la tasa de recarga del acuífero, aplicando ciertas buenas prácticas de riego para reducir los consumos y realizar una gestión del recurso integral con utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas. Se considera que el estado químico es bueno para su utilización en el regadío.

5 Modelo Conceptual

5.1 Metodología y Escenarios

La metodología llevada a cabo en la elaboración de este artículo, por fases, ha sido la siguiente:

- Fase 1: Definición de objetivos de esta Comunicación, identificando qué es lo que queremos demostrar y qué es lo que necesitamos saber.
- Fase 2: Definición de los posibles escenarios a plantear a partir del escenario general que viene representado por la situación actual del sector y el análisis de los datos de costes por consumo de energía y de agua para el regante en España. Estos escenarios, son los explicados en el apartado: Aspectos tratados y supuestos.

- Fase 3: Se ha realizado una recopilación y análisis de datos relacionados con los costes e ingresos de las CCRR para la práctica del regadío, con la finalidad de conocer mejor la situación actual desde el punto de vista económico y energético del sector del regadío. No obstante, los cálculos realizados en este artículo pretenden ser simplificados, aproximados y sólo se centran en el precio del agua y de la energía.

Los datos encontrados de las distintas variables en las distintas fuentes de información, han sido comparados y analizada su coherencia.

En el último apartado del artículo, Referencias, está el listado de fuentes de información utilizadas, que han sido desde publicaciones oficiales principalmente de los antiguos Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura, de acceso público vía web, pero también artículos, noticias y normativa.

El grado de fiabilidad otorgado a los datos encontrados se ha basado principalmente en el grado de oficialidad de los documentos o del prestigio y/o conocimiento de los organismos de los que procedía esa información.

- Fase 4: Definición de un esquema sencillo de cálculo para evaluar los costes energéticos de las CCRR, identificando las variables intervinientes y sus unidades de trabajo, en un ejemplo de aplicación de costes energéticos tras la instalación de un sistema de generación de energía renovable, como son los aerogeneradores.
- Fase 5: Comprobación de la coherencia de los resultados de los cálculos realizados con la información analizada.
- Fase 6: Comprobación de hipótesis y enumeración de conclusiones, pudiendo ser o no coincidentes con el objetivo inicial.

5.2 Datos analizados para estudiar el sector del regadío.

Los datos utilizados para el análisis de los costes de los regantes en su actividad productiva, han sido extraídos de bibliografía de libre acceso como artículos, noticias e informes extraídos de internet, y de publicaciones oficiales de organismos de la AGE como el INE o el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Se ha procurado utilizar los datos o variables considerados más actualizados, principalmente

los siguientes:

- Variables de costes:
 - o Costes anuales por el uso del agua (€/año), que incluyen los siguientes conceptos:
 - Canon de Regulación (CR): (€/ha) ó (€/m³). Aguas superficiales.



- Tarifa de Utilización del Agua (TUA): (€/ha) ó (€/m³). Aguas superficiales.
- Costes en baja de distribución: (€/ha) ó (€/m³). Aguas superficiales.
- Costes de elevación del agua, costes al regante y costes de mantenimiento impulsión y red: (€/ha) ó (€/m³). Aguas subterráneas.
- Dotaciones de cultivos por DDHH: (m³/ha).
- Volumen máximo anual concedido: (m³/año).
- Costes por consumo de energía eléctrica (€/año), que incluyen los siguientes conceptos:
 - Término de consumo de energía: (€/kWh). Tarifas especiales R para regadíos.
 - Término de potencia: (€/kW). Tarifas especiales R para regadíos.
- Costes por consumo de fertilizantes y pesticidas (€/año), considerando:
 - Dosificación de fertilizantes según tipo de cultivo (kg/ha).
 - Precio de los fertilizantes (€/kg).
- Coste de carburantes (gasóleo): (€/año), considerando:
 - Consumo de gasóleo por maquinaria: (l/año).
 - Precio del gasóleo para agricultores: (€/L).
- Costes anuales de amortización de capital de inversión o gastos financieros (modernización de regadíos, amortización de maquinaria, etc.): (€/año).
- Variables de ingresos:
 - Ingresos por la venta de la producción agrícola (€/año), considerando:
 - Rendimiento o producción del cultivo en cuestión: (t/ha) ó (t/m³).
 - Precio de venta en origen del producto: (€/kg).
 - Ingresos en concepto de subvenciones por la actividad agrícola (PAC, CCAA, etc., en €/año).

No obstante, hay que recordar que los cálculos realizados pretenden ser sencillos y aproximados, y se han centrado en el análisis de alternativas de suministro de energía como es la instalación de un sistema de energía renovable para el autoabastecimiento y/o venta de la producción de energía excedentaria en una comunidad de regantes, analizándose también los costes por el uso y los servicios del agua.

Costes por el uso y los servicios del agua en el regadío:

Según se aprecia en la siguiente figura, los regantes pagan en función del origen de las aguas de riego dependiendo si son superficiales o subterráneas. En aguas superficiales los conceptos de pago son por costes en alta (Canon de Regulación – CR – y la Tarifa de Utilización de Agua – TUA -) y costes en baja (Distribución, que incluye costes de energía, redes, guardería, administración y otros). Por ejemplo, según estos datos del 2006 del Ministerio de Medio Ambiente, en la CH del Júcar, los regantes pagan una media de 96,84 €/ha o 0,0188 €/m³ en aguas para riego de origen superficial y 383,48 €/ha ó 0,0744 €/m³ en aguas para riego de origen subterráneo.

CCHH	Subterráneas		Superficiales			Totales	
	por hectárea	por m ³	por hectárea		por m ³	por hectárea	por m ³
			Distribución	CR y TUA			
Duero	499,69	0,0946	19,88	46,12	0,0125	230,8	0,0437
Ebro	828,87	0,1488	49,09	12,31	0,011	113,13	0,0203
Guadalquivir	743,76	0,1503	101,21	69,86	0,0346	399,6	0,0808
Guadiana	231,64	0,0485	19,11	102,46	0,0254	187,92	0,0393
Júcar	383,46	0,0744	80,67	16,17	0,0188	282,6	0,0548
Segura	789,23	0,1632	33,82	150,56	0,0381	463,8	0,0959
Tajo	541,17	0,1035	36,48	67,04	0,0198	199,28	0,0381
TOTAL	500,17	0,0909	49,65	56,4	0,0207	263,54	0,0514

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2006). Cifras en euros a precios corrientes

Ilustración 7 Pagos por el servicio de riego por origen (superficial o subterráneo) y total del agua por superficie (ha) y por volumen (m³) en las cuencas intercomunitarias.

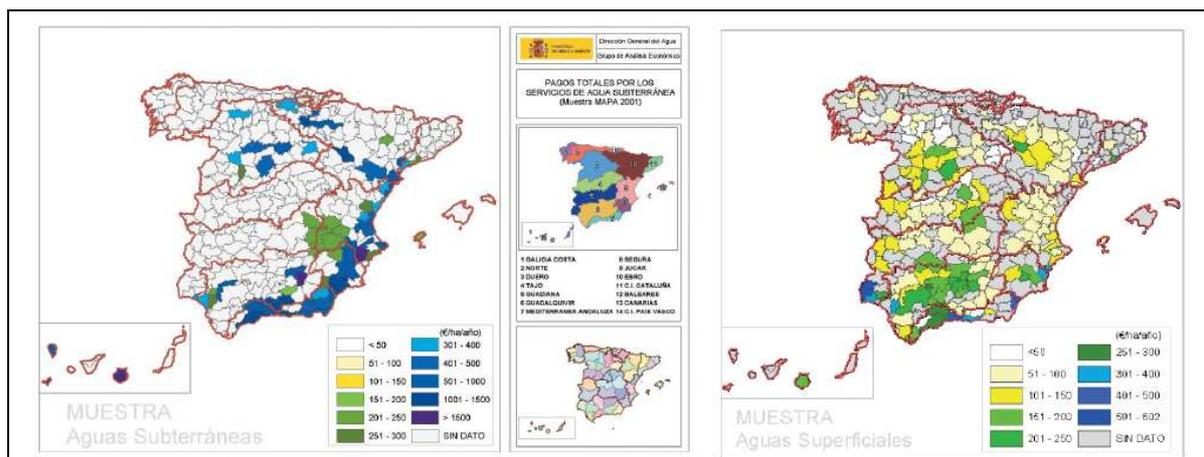


Ilustración 8 Pago por los servicios del agua (€/ha/año) por los colectivos de riego en España para aguas subterráneas (izquierda) y aguas superficiales (derecha).

No obstante, si se tienen en cuenta los datos de toda España, los valores medios del pago por los servicios y uso del agua por parte de los colectivos de riego suben hasta los

107 €/ha ó 0,02 €/m³ en el caso de aguas superficiales (horquilla que va desde 0 – 1324 €/ha e incluye los costes en alta de TUA y CR y los costes en baja de energía, redes, guardería y administración). En el caso de riegos con aguas subterráneas el valor medio en España es de 500 €/ha ó 0,09 €/m³, que incluyen los costes por los consumos energéticos de elevación de agua y los costes de mantenimiento de las instalaciones fundamentalmente. Los costes se completan con los derivados de la inversión y del mantenimiento de las propias instalaciones de riego.

Costes energéticos en el regadío:

Los costes energéticos en el regadío están asociados a los pagos por parte de los regantes o las CCRR en concepto de la potencia y la energía consumida para los sistemas de riego (transporte y sistemas a presión de puesta en parcela: aspersión y localizado) en el caso de aguas de origen superficial, y además el bombeo para la extracción de agua en el caso de aguas de origen subterráneo.

Los costes energéticos son mucho mayores en aquellas zonas donde el regadío se realiza con agua bombeada de los acuíferos y además éstos crecen exponencialmente en función de la potencia necesaria de la bomba y con el descenso del nivel freático en acuíferos sobreexplotados. Además el precio de la energía ha aumentado considerablemente en los últimos años, desde los años 2006 y 2007, y han desaparecido las tarifas especiales R para regadío reguladas por el RD 871/2007, desde la aprobación de la Orden ITC/3519/2009. A todo ello se suma el incremento del IVA en julio de 2010, lo cual incrementa aún más el coste energético en las producciones con sistemas de regadío a presión o que obtienen el agua mediante bombeo de los acuíferos.

De un estudio de FENACORE del año 2010, en los que se estima el incremento del gasto por costes energéticos en el sector del regadío debido al incremento del IVA, se extraen unas estimaciones de los costes energéticos anuales por hectárea de entre 35 y 50 €/ha.

Aguas superficiales:

En el caso de aquellos aprovechamientos agrícolas de regadío con aguas de origen superficial, los costes energéticos provienen fundamentalmente del consumo de energía de los sistemas de riego a presión existentes. En ocasiones aisladas, pueden existir pequeños consumos energéticos asociados a pequeños bombeos en impulsiones para salvar pequeñas diferencias de cota entre el punto de suministro desde alta y la zona regable.

En función de la tecnología de riego utilizada, los consumos energéticos aproximados por el sistema de riego son los siguientes:

Sistema de riego	Consumo (kWh/ha/año)
Aspersión convencional	2846
Aspersión pivot	4695
Localizado goteo	1084

Localizado micro-aspersión	1355
----------------------------	------

Ilustración 9 Tabla con los consumos energéticos medios (kWh/h/año) según sistema de riego aplicado. (Elaboración propia. Fuente: J.F. Alfaro y J. Marín V. PNUD Brasil)

Aguas subterráneas:

En el caso de los regadíos con aguas de origen subterráneo, los consumos energéticos son mucho mayores, pues a los costes energéticos de los sistemas de riego en parcela, hay que sumar los costes energéticos asociados a la elevación del agua o bombeo desde el nivel freático hasta la superficie mediante bombas. Estos costes energéticos, además de ser significativos, aumentan considerablemente con el descenso del nivel freático, ya que hay que utilizar bombas de mayor potencia con incrementos considerables de combustible y/o energía.

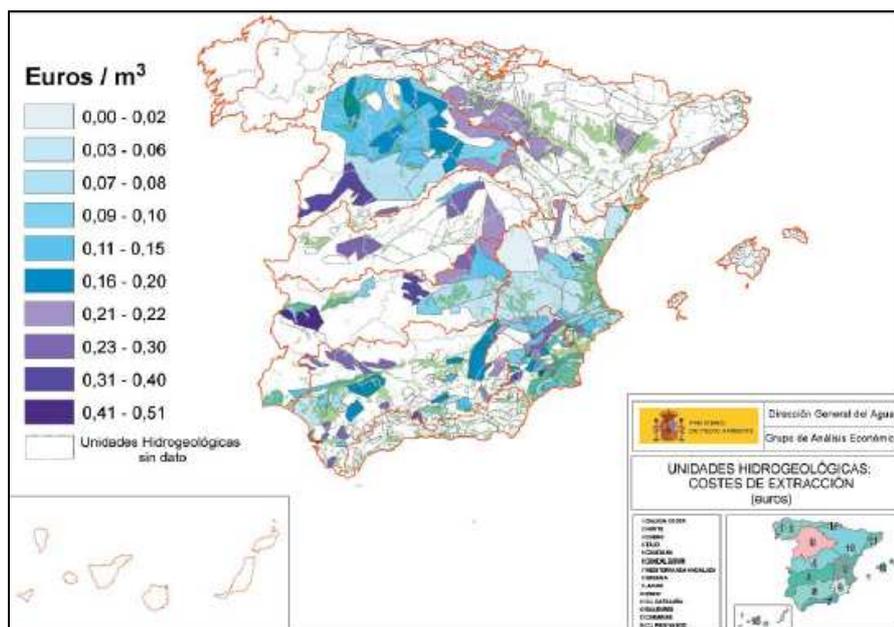


Ilustración 10 Mapa de costes del agua de origen subterráneo en España (€/m³). Fuente: Grupo de Análisis Económico del Agua (DGA- MMA 2003): "Valoración del coste de las aguas subterráneas en España".

6 Resultados

Escenario A: Cambio Climático y Sequías:

La mayoría de los estudios actuales relativos a la evaluación de los impactos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos apuntan a un descenso de las precipitaciones y a un incremento de la heterogeneidad en la distribución espacial y temporal de las

aportaciones naturales. Además, el aumento de las temperaturas significará un aumento de las necesidades hídricas de los cultivos debido a la mayor evapotranspiración.

En el apartado 2.4.6 (Tabla 7) de la Instrucción de la Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008, de 22 de septiembre) se dan unas horquillas orientativas de los posibles porcentajes de reducción de las aportaciones naturales en las DDHH intercomunitarias españolas, que oscilan desde un descenso del 2% en el Cantábrico a un 11% en las DDHH del Tajo y del Segura.

En cuanto a la afección en el regadío por los episodios de sequía, a modo de ejemplo, y considerando una productividad media de los cultivos de regadío en España en torno a 0,3 €/m³ utilizado (Cuadro 1. A. Garrido et al. 2007) y una dotación media de unos 4.000 m³/ha, en un escenario de persistencia de sequías, en el que se pueden perder gran cantidad de las cosechas, supondría unas pérdidas económicas de 1.200 €/ha/año (cálculo a modo de ejemplo y aproximado).

Cuadro 1. Usos del agua en las cuencas según rangos de productividad

CUENCA	Rangos de productividad (en €/m ³)							TOTAL (hm ³)	MEDIA (€/m ³)
	<0,02	0,02-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-1,0	1,0-3,0	>3,0		
Duero	495	1.202	334	113	11	1		2.156	0,11
Ebro	401	1.499	768	675	45	23		3.411	0,23
Guadalquivir	733	1.151	1.012	443	155	21	16	3.531	0,23
Guadiana	1.001	496	78	256	62	157		2.050	0,24
Júcar	119	581	391	583	206	12	8	1.900	0,37
Segura	54	272	174	271	171	51	19	1.012	0,55
CM Andaluzas	97	42	38	11	39	11	93	331	1,32
Tajo	299	463	16	47	24	104		953	0,21
Canarias	7	1			36	32		76	0,91
TOTAL (hm³)	3.208	5.710	2.812	2.407	751	412	137	15.437	0,29
% uso de agua	21%	37%	18%	16%	5%	3%	1%	100,00	
% VABpm	1%	5%	11%	9%	9%	20%	47%	100,00	

Fuente: MIMAM (2007).

Esto muestra una debilidad del sector ante los escenarios de sequías, que podría resolverse mediante la diversificación de la producción, introduciéndose en el mercado de producción de energía mediante renovables (energía eólica, energía solar fotovoltaica, y energía de la biomasa, aprovechándose en esta última los residuos vegetales de la productividad agrícola), y realizando una gestión planificada de los riegos permitiendo la recuperación de los acuíferos sobreexplotados, como se explica en los 2 siguientes escenarios.

Escenario B: Autosuficiencia Energética:

Se ha realizado un cálculo sencillo y aproximado de los costes que supondrían para una Comunidad de Regantes el implantar un sistema de generación de energía renovable, como son los aerogeneradores.

Costes de implantación y mantenimiento:

Se ha considerado la adquisición, instalación y mantenimiento de 2 aerogeneradores de 660 kW cada uno, para cubrir las necesidades energéticas de una Comunidad de Regantes tipo que cuenta con 10 bombas de 110 kW. La instalación por duplicado se

realiza para que no se pare la producción durante fallos o mantenimientos del sistema de generación. Instalando un número mayor se aumentaría el tiempo de operación efectivo.

Se ha considerado un coste de adquisición para cada aerogenerador de 600.000 € y unos costes de 180.000 € de instalación. Con lo que la inversión inicial por adquisición e instalación de los aerogeneradores asciende a 1.560.000 €.

Los costes de mantenimiento de los aerogeneradores se estiman del orden de 9.000€/año, cada uno durante su periodo de funcionamiento estimado en 20 años.

No se consideran otros costes, en particular de suelo ya que se considera la instalación sobre el propio terreno agrícola existente. En un planteamiento más desarrollado para su aplicación deberían considerarse costes de gestión y compra-venta de terrenos entre particulares de la comunidad de regantes y modificación de las inscripciones catastrales. Los costes de proyecto se encuentran considerados dentro de los costes de instalación.

Costes de amortización de la inversión:

Se ha considerado un préstamo del 60% de la inversión necesaria a un 10% de interés durante un plazo de amortización de 10 años.

Ingresos:

Se ha considerado el menor precio de venta de la energía, 6 céntimos de €/kWh, que corresponde con el precio mínimo fijado para el periodo posterior a los primeros 15 años desde la instalación.

Contando con una producción media de energía anual de 3,3 GWh, en una zona del interior con vientos de entre 2,5 y 5 m/s resultan unos ingresos de 198.000 €/año.

Costes eléctricos del equipo de bombas

Al ser la potencia requerida por el grupo de bombas de 1.100 kW se ha estimado que la tarifa contratada corresponde con la de seis tramos. Se supone, además, que los consumos energéticos se han optimizado al máximo procediendo a realizar los riegos en franjas de utilización barata, con riegos nocturnos, y sin incurrir en excesos de potencia que son los que más penalizan la factura eléctrica.

Así, el coste por la potencia contratada puede suponer unos 30.000 €/año y en términos de energía unos 60.000 €/año.

Balance anual

Sin tener en cuenta los costes financieros de la operación, el balance anual a precios corrientes supone:

Costes anuales	€/año
Mantenimiento aerogeneradores	18.000
Potencia contratada (1.100 kW)	30.000

Consumo 10 bombas	60.000
Total costes anuales	108.000
Ingresos anuales	198.000
Resultado	90.000

Balance plurianual:

Se ha supuesto un incremento de los costes anuales del 2,5% anual. Además se ha supuesto que el precio de venta se mantiene constante al menor precio fijado (correspondiente a los últimos 5 años de periodo de vida útil), considerándolo como una cota inferior del precio que no se espera sea superada aunque se incremente la oferta de producción de energía renovable.

<u>Año</u>	<u>Costes</u>	<u>Amortización préstamo</u>	<u>Ingresos energía</u>	<u>Balance</u>
<u>1</u>	<u>108.000</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>15.784</u>
<u>2</u>	<u>110.700</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>13.084</u>
<u>3</u>	<u>113.468</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>10.317</u>
<u>4</u>	<u>116.304</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>7.480</u>
<u>5</u>	<u>119.212</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>4.572</u>
<u>6</u>	<u>122.192</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>1.592</u>
<u>7</u>	<u>125.247</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>-1.463</u>
<u>8</u>	<u>128.378</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>-4.594</u>
<u>9</u>	<u>131.588</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>-7.803</u>
<u>10</u>	<u>134.877</u>	<u>74215,8</u>	<u>198.000</u>	<u>-11.093</u>
<u>11</u>	<u>138.249</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>59.751</u>
<u>12</u>	<u>141.705</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>56.295</u>
<u>13</u>	<u>145.248</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>52.752</u>
<u>14</u>	<u>148.879</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>49.121</u>
<u>15</u>	<u>152.601</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>45.399</u>
<u>16</u>	<u>156.416</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>41.584</u>
<u>17</u>	<u>160.327</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>37.673</u>
<u>18</u>	<u>164.335</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>33.665</u>
<u>19</u>	<u>168.443</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>29.557</u>
<u>20</u>	<u>172.654</u>	<u>0</u>	<u>198.000</u>	<u>25.346</u>
Total	<u>2.758.823</u>	<u>742.158</u>	<u>3.960.000</u>	<u>459.019</u>

De los resultados de los cálculos efectuados para el caso de instalación de aerogeneradores, se desprende que económicamente es viable la instalación de los aerogeneradores, suponiendo principalmente un problema económico de financiación. Además, los cálculos se han realizado suponiendo el valor mínimo del precio de venta de la energía y redondeado a la baja (0,06 €/kWh), por lo que el beneficio podría ser mayor, en especial durante los primeros años.

En el caso de aprovechar la energía producida primero para los autoconsumos energéticos del regadío y efectuar la venta únicamente de los excedentes producidos, el resultado sería más ventajoso, pues la energía consumida comprada tiene un precio superior al precio de venta.

El caso de los paneles solares o fotovoltaicos se ha descartado, debido a las elevadas necesidades de superficie requeridas perdiéndose superficie útil para la actividad agrícola.

La producción de energía con biomasa, aunque se aplica desde hace años en países como Austria y Alemania, en España está despegando ahora y tiene un gran potencial. Según estudios del IDAE (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), hay un potencial de producción de biomasa de unos 20 M t/año entre residuos agrícolas, forestales y cultivos energéticos. Sin embargo no se evitan emisiones a la atmósfera. Este aprovechamiento podría ser significativo en instalaciones centralizadas de producción de energía térmica en pequeños núcleos urbanos ligados al lugar en donde se ha producido el residuo, evitando largos transportes, o en zonas industriales aledañas. La valorización de los residuos mediante su empleo para la producción de energía eléctrica puede resultar inviable económicamente debido a los altos precios de instalación y mantenimiento de las turbinas necesarias.

Escenario C: Buen estado cuantitativo de los acuíferos:

Este escenario es aplicable para el caso particular de los regadíos con aguas de origen subterráneo, donde los costes energéticos asociados al bombeo de agua para el riego descenderían al tener que salvar una diferencia de niveles menor (H_0) y necesitar equipos de bombeo de menor potencia.

Según se aprecia en la Ilustración 8, el coste estimado para las aguas subterránea puede variar desde 0,02 hasta 0,51 €/m³. Esto supone un rango de variación en €/ha regada desde 80 a unos 2.000 €/ha, suponiendo una dotación media de unos 4000 m³/ha (a modo de ejemplo). Valores también acordes con los datos publicados en MMA 2007. Estas variaciones tan grandes en los costes de elevación dependen fundamentalmente de los niveles freáticos y de la geología del acuífero.

Por lo tanto, mantener unos adecuados niveles en los acuíferos supone un beneficio para el medio ambiente y para el sector del regadío por cuanto disminuye los costes energéticos y aumenta la garantía del recurso hídrico. Es muy importante avanzar de forma progresiva hacia un escenario de buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea, porque a largo plazo:

- Mejoraría el estado ecológicos de los ríos conectados con los acuíferos,
- Disminuirían los costes energéticos del bombeo, con el añadido de la reducción de emisiones a la atmósfera,
- Permitiría contar con unas reservas de agua para afrontar los períodos de sequía, también a un coste menor, aumentando la garantía del recurso, y
- En el caso de convertirse en productores de energía mediante implantación de sistemas de energías renovables (energía eólica, solar fotovoltaica, energía de la biomasa, etc.) paliar las pérdidas de productividad en épocas de sequía con los

ingresos de la venta de la energía y reducir los costes energéticos para la actividad del regadío en años normales (diversificación de la actividad productiva).

7 Retos para el futuro

Si se cumplen las actuales previsiones para España de los efectos del cambio climático con una menor disponibilidad de recursos por un descenso de las precipitaciones y una distribución espacial y temporal aún más irregular, y un incremento de la frecuencia de episodios de sequías, el sector agrícola debería prepararse para una interiorización en sus costes de producción, de los costes asociados al consumo energético de los nuevos sistemas de riego más eficientes y de las tecnologías de producción de agua mediante técnicas de depuración y regeneración.

En aquellos cultivos, que por tener un margen de beneficio pequeño no sea posible afrontar costes adicionales por consumos energéticos, se podría reorientar el sector hacia producciones energéticamente autosuficientes aprovechando las fuentes renovables de energía: energía eólica, energía solar fotovoltaica e incluso energía por incineración de biomasa. En el caso de no poder afrontar la inversión necesaria para implantar un sistema de generación de energías renovables, se deberá reorientar la producción con otro tipo de cultivo de mayor rentabilidad, buscar fuentes de financiación, o ayudas o subvenciones de las administraciones públicas..

Lógicamente esta adaptación del sector hacia un autoabastecimiento energético supondrá una inversión adicional que puede no ser costeable por pequeñas explotaciones y que posiblemente conducirá, en los casos en los que ya no exista, a mancomunidades o agrupaciones en cooperativas que puedan aprovechar las economías de escala en la inversión inicial de implantación y unos costes unitarios de mantenimiento y explotación de las instalaciones menores.



Probablemente se debería dirigir en los próximos años las políticas agrarias (subvenciones), las actuaciones de la Estrategia Nacional para la Modernización Sostenible del Regadío Horizonte 2015 (ENMSR-H2015) o la utilización de fondos de la PAC u otros, hacia una reconversión energética del sector. Además también podrían autofinanciarse estos sistemas de producción de energía, inyectando energía en la red de distribución y suministro de la red eléctrica, es decir, vendiendo energía.

Desde el punto de vista medioambiental, se ha generado y arraigado entre la sociedad en los últimos años, la necesidad y responsabilidad de mantener en un “buen estado de salud” nuestros ríos, lagos, costas, etc., así como sus ecosistemas asociados. Para ello la Administración pública del Estado Español apuesta por el establecimiento en un futuro próximo de un régimen de caudales ecológicos en los ríos españoles y ha promovido

planes de restauración de riberas en el marco de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos del Ministerio de Medio Ambiente.

Todo ello implica, que se deben erradicar antiguas prácticas humanas de utilización del agua, a través de las cuales, se han llegado a secar algunos ríos en algunos tramos por extracciones excesivas de aguas superficiales o por descuelgue de los ríos y los acuíferos por sobreexplotación de éstos últimos con tasas de extracción muy superiores a las tasas naturales de recarga, pasando el río a ser perdedor frente al acuífero.

Esto constituye otro posible reto para el sector agrícola, y en concreto del regadío en España. Realizar una gestión integral del recurso combinando las distintas disponibilidades del recurso (aguas superficiales, aguas subterráneas y recursos extraordinarios) y gestionarlas de una manera planificada, compatible y sostenible, de manera que se aproveche la capacidad de almacenamiento y regulación de los acuíferos, además de la de las infraestructuras existentes para aguas superficiales, y limitar siempre las extracciones, como máximo salvo en épocas de sequía, a las tasas naturales de recarga de los acuíferos.

Para ello, es necesario, llegar a realizar una verdadera gestión integral del recurso disponible para riego que sea eficaz pero sostenible al mismo tiempo, tomándose las medidas de gestión y explotación, de los recursos hídricos, necesarias de forma anticipada mediante el análisis del riesgo y la planificación. Esto ya se ha aplicado en algunas cuencas españolas como es el caso de las cuencas del Júcar y del Turia en la demarcación hidrográfica del Júcar durante la sequía 2004-2007. En este caso en concreto, se aplicó el Sistema de Ayuda a la Decisión (SAD) Aquatool, herramienta que permite la simulación del comportamiento de los sistemas de explotación frente a escenarios deterministas de suministro, analizando el riesgo de las medidas adoptadas para afrontar situaciones de sequía, y se aplicaron también medidas de suministro combinado al abastecimiento de Valencia mediante recursos procedentes de fuentes distintas del recurso. En concreto, se complementó el suministro de agua a la ciudad de Valencia con agua procedente del Canal Júcar-Turia para dar un respiro al río en los meses más severos de la sequía.

8 Conclusiones

Analizando el marco descrito del sector agrícola en España y los efectos del cambio climático y sequías, surge la conclusión de que, frente a un hipotético, aunque bastante probable, escenario de menor disponibilidad del recurso agua en régimen natural y la persistencia de los episodios de sequía, la solución desde el punto de vista hídrico pasa por el fomento de tecnologías de riego más eficientes, la movilización cada vez mayor de recursos hídricos no convencionales, lo que supondrá en principio unos consumos energéticos asociados mayores. El uso eficiente y sostenible del agua es sólo uno de los retos para los que se debe preparar el sector para adaptarse a las nuevas situaciones y asegurar su competitividad.

Hemos mostrado que el sector del regadío en España puede enfrentar el reto de ser energéticamente autosuficiente como una de las alternativas posibles si quiere ser rentable, competitivo, sostenible y compatible con la protección del medioambiente hídrico.

A continuación se proponen una serie de medidas de planificación y gestión, basadas en buenas prácticas agrícolas y de riego, que podrían suponer ahorros considerables de agua y energía, y en definitiva económicos, aumentando la productividad de los cultivos y la sostenibilidad del sector, para lo que están prestando una incuestionable ayuda los Sistemas de Asesoramiento al Regante de las distintas Comunidades Autónomas o del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y la tecnificación de las Comunidades de Regantes:

- Realizar una buena selección del tipo de cultivo adaptado a la zona geográfica en función de las productividades, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y la topografía.
- Realizar los riegos en las fases clave del ciclo del cultivo y ajustando en todo lo posible el funcionamiento de la instalación de riego a los periodos tarifarios de menor coste de la energía (riegos programados en horas nocturnas), disminuyendo las evaporaciones y el precio más barato de la energía. También evitando los días de fuerte viento, que pueden disminuir la eficacia del riego considerablemente en determinados sistemas de riego y aumentar las evaporaciones.
- Limitar las extracciones lo máximo posible en casos de acuíferos sobreexplotados para permitir la recuperación de los mismos a través de un riego planificado y eficiente y reducir a largo plazo los costes de elevación.
- Contratar, para cada periodo tarifario, la potencia que realmente se va a utilizar de forma simultánea y no la potencia total instalada, de forma que mensualmente se podrá reducir la cuota fija que se paga por contratación de potencia.
- Reducir la energía reactiva producida por la instalación incorporando la correspondiente batería de condensadores en aquellas líneas eléctricas que alimentan a los grupos de impulsión, y realizar su adecuado mantenimiento.
- Aprovechar la oportunidad de las energías renovables para aprovechar recursos, disminuir costes energéticos e incluso poder llegar a contar con ingresos extras por la venta de la energía.

Finalmente, el sector requiere del apoyo de las administraciones para afrontar los retos venideros coordinando y apoyando propuestas como las mostradas. Uno de los aspectos más difíciles de resolver en un mercado globalizado será enfrentar la competitividad con producciones externas a las fronteras de la Unión Europea, en donde en ocasiones no se mantienen las mínimas garantías con el medioambiente ni con los trabajadores, y por lo tanto parten con una ventaja económica importante.

9 Referencias

9.1 Referencias Bibliográficas:

- A. Garrido et al. 2007 "Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español". Alberto Garrido; Marina Gil; Almudena Gómez-Ramos. (Dpto. de Economía y CCSS agrarias UPM. Madrid. Dpto. Ingeniería Agrícola y Forestal. Universidad de Valladolid).

- A. Rico Amorós 2006. Artículo “Políticas Agrarias, Eficiencia Socioeconómica y Retos de Futuro en los Regadíos Intensivos”. Antonio M. Rico Amorós (Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante).
- Datos de energía consumida mensual, instalación hidráulica y costes anuales consumo de energía de: http://crea.uclm.es/crea2/sp/actividades/documentos/Tarifas_CREA.pdf
- Datos de costes instalación y mantenimiento de aerogenerador (actualizados y redondeados por exceso) de: <http://guidedtour.windpower.org/es/tour/econ/econ.htm>
- Datos de precio de venta de la energía (caso productor): <http://www.mityc.es/energia/electricidad/Tarifas/Instalaciones/Paginas/Instalacione sB.aspx>
- ESYRCE 2009. “Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre regadíos en España”. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- FENACORE octubre 2010. Artículo de Ion Comunicación <http://www.ioncomunicacion.es/noticia.php?id=8050>
- IDAE oct. 2005: “Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”. IDAE octubre 2005. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio”.
- IDAE marzo 2005: “Consumos Energéticos en las operaciones agrícolas en España”. IDAE marzo 2005. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio”.
- ISA de la ENMSR-H2015: Informe de Sostenibilidad Ambiental de la Estrategia Nacional de Modernización Sostenible de Regadíos – Horizonte 2015.
- J.F. Alfaro y J. Marín V. PNUD Brasil. “Uso de agua y energía para riego en América Latina” http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/alfaro.html)
- MMA 2007: “Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España. Artículo 5 y anejo III de la Directiva Marco de Agua”. Año 2007.
- SIAR abril 2009. “Eficiencia energética en las instalaciones de riego”. SIAR Hoja Informativa Nº17 abril 2009 (Universidad Castilla La Mancha – CREA).

9.2 Referencias Normativas:

- Ley de Aguas de 2001. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 julio, que aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA).
- Real Decreto 287/2006 de 10 de marzo por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadíos, con objeto de obtener un adecuado ahorro de agua que palie los daños producidos por la sequía, publicado en BOE de 11 de marzo de 2006.
- Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007.

- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- IPH 2008: "Instrucción de Planificación Hidrológica". Aprobada por Orden Ministerial ARM/2656/2008, de 10 de septiembre.
- ITC 2009. Orden ITC/3519/2009, de 28 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2010 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.

10 Lista de acrónimos y abreviaturas utilizados

AGE: Administración General del Estado.

CCAA: Comunidades Autónomas.

CCRR: Comunidades de Regantes.

CH: Confederación Hidrográfica.

CR: Canon de Regulación.

DAFO: Análisis de Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades.

DDHH: Demarcaciones Hidrográficas.

ENMSR-H2015: Estrategia Nacional de Modernización Sostenible del Regadío – Horizonte 2015.

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

FENACORE: Federación Nacional de Comunidades de Regantes.

ha: hectárea.

hm³: hectómetro cúbico, equivalente a 1 millón de m³.

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

ktep: kilo toneladas equivalentes del petróleo.

kW: Kilovatio, unidad de potencia.

kWh: Kilovatios hora, unidad de energía eléctrica (equivalente a 3.6 MJ).

L: litro.

m³: metro cúbico.

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

MARM: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

MMA: Ministerio de Medio Ambiente.

PAC: Política Agraria Común.

PDR: Programas de Desarrollo Rural.

PENDR: Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural.

PNACC: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

PNR 2008: Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008

SAD: Sistema de Ayuda a la Decisión.

SIMPA: Sistema Integrado de Precipitación Aportación.

t: tonelada.

TUA: Tarifa de Utilización del Agua.