

Las identidades española y argentina: Agricultura, Agua y Energía^{1*}

Joaquín Melgarejo Moreno

M^a Inmaculada López Ortiz

Dpto. Análisis Económico Aplicado

Universidad de Alicante

Resumen

La estrategia mundial para garantizar el abastecimiento de alimentos a la actual población de más de seis mil quinientos millones de personas, y que podría alcanzar los ocho mil quinientos millones en el año 2030, contempla inevitablemente un aumento paralelo de la producción agraria, confiándose en gran parte este esfuerzo al regadío. Teniendo en cuenta que salvo excepciones, las nuevas transformaciones son cada vez más difíciles y costosas, el gran reto reside en mejorar la eficiencia y rendimiento agrario, hídrico y energético de los regadíos existentes.

Palabras clave: Agricultura; Agua; Energía

Abstract

The global strategy to ensure food supply to the current population of over 6.500 million people -that could reach 8.500 million in 2030- inevitably includes a parallel increase in agricultural production. A large part of this effort is relayed on irrigation. Beyond exceptions, the new transformations are increasingly difficult and expensive, therefore the big challenge is to improve the efficiency and performance of agriculture, water and energy from existing irrigated fields.

Keywords: Agriculture; water; energy

¹ Este artículo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (actualmente Ministerio de Economía y Competitividad), bajo el siguiente proyecto de investigación: “Calidad de los acuíferos e impacto de fuentes agrarias” (DER2011-27765).

Introducción

La estrategia mundial para garantizar el abastecimiento de alimentos a la actual población de más de seis mil quinientos millones de personas, y que podría alcanzar los ocho mil quinientos millones en el año 2030, contempla inevitablemente un aumento paralelo de la producción agraria, confiándose en gran parte este esfuerzo al regadío. Teniendo en cuenta que salvo excepciones, las nuevas transformaciones son cada vez más difíciles y costosas, el gran reto reside en mejorar la eficiencia y rendimiento agrario, hídrico y energético de los regadíos existentes.

Aunque se acepta de forma generalizada que el cambio climático está siendo provocado por el hombre, la mayoría de los países no han reducido de manera efectiva sus emisiones de gases de efecto invernadero y no han incrementado el peso de las fuentes de energía renovables que están utilizando. La economía verde es el único camino hacia un desarrollo sostenible. En una época caracterizada por el calentamiento del planeta y la escasez de recursos, las fuentes de energía utilizadas son un elemento fundamental de la política medioambiental. Es imprescindible que disociemos el crecimiento económico del consumo de recursos naturales. En Río de Janeiro 2012, la comunidad internacional reconoció que la economía verde era un instrumento estratégico esencial para el desarrollo sostenible. Se llegó a la conclusión de que la evolución hacia una economía verde es una tarea de todas las naciones, tanto de los países en vías de desarrollo y emergentes como de los industrializados.

No se suele dar mucha importancia a la relación entre el consumo de agua y sus necesidades de energía, como tampoco parece trascendente el agua utilizada para la producción de energía. Sin embargo ambos recursos están muy unidos. Se requiere energía para extraer agua, transportarla, distribuirla, desalarla, reutilizarla, depurarla.... Y, se necesita agua para generar electricidad en las centrales hidroeléctricas, para refrigerar turbinas de centrales térmicas, así como para extraer petróleo, para cultivar biomasa o biocombustibles, para producir hidrógeno etc. Agua y energía son dos elementos esenciales para el desarrollo humano, económico y social. Sin agua no es posible la vida y sin energía no se puede obtener agua en la calidad y la cantidad necesarias para el consumo humano o para la actividad productiva. El problema es que

agua y energía son dos bienes cada vez más escasos y los modelos por los que se rigen son difícilmente sostenibles. El modelo actual del sector energético, basado en los combustibles fósiles y en el crecimiento constante de la demanda, es claramente insostenible. Y esto es así, fundamentalmente, porque la transformación y el uso de la energía genera dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el modelo del agua está basado en un uso intensivo del recurso y en un crecimiento exponencial de la oferta que muestra claros signos de insostenibilidad en lo que se refiere a los procesos de degradación de los recursos y de sobreexplotación de acuíferos.

El nexo agua-energía presenta dos vertientes diferenciadas. Por un lado está la energía que es necesaria incorporar en el ciclo del agua y en todos sus usos, por ejemplo para el transporte y la elevación masiva de agua, y la aplicación de procesos físicos y químicos para tratar las aguas blancas o potables y las aguas residuales urbanas o industriales. Por otro lado, el sector de la energía emplea el agua en las centrales hidroeléctricas y en los sistemas de refrigeración de todas las centrales térmicas (nucleares, de combustión de carbón, gas y fuel) y en las termosolares (Aldaya, M.M. y Llamas, R.; 2012:31). El trasiego del agua (un m³ pesa una tonelada) demanda importantes cantidades de energía por lo que siempre se ha preocupado la mejora del rendimiento de los bombeos, como la optimización de los procesos de tratamiento y depuración.

En Europa hay una preocupación creciente por la relación agua-energía, todos los organismos e instituciones relacionados con el tema persiguen un objetivo: la reducción del consumo de energía en la gestión del agua. Los estudios sobre esta relación son recientes².

Las cada vez más frecuentes sequías y el reto del cambio climático exigen mayores niveles de eficiencia en el uso de estos tres recursos (agua-energía-suelo), sobre todo

² A. Hoffman en 2004 escribió “la seguridad energética para los próximos años en USA está estrechamente unida al estado de los recursos hídricos. No se puede dar por hecho que se dispone de agua si se pretende disponer de seguridad energética para los próximos años o décadas. Al mismo tiempo, la seguridad de los recursos hídricos de USA no se pueden garantizar sin poner atención muy cuidadosa en los temas energéticos relacionados. Ambos asuntos están íntimamente relacionados”. (Hoffman, A.; “The connection: water and energy security”. Institute for the analisis of globalsecurity. www.iags.org, 2004.)

porque su interdependencia amplifica el problema. Existe un estrecho vínculo entre estos tres recursos fundamentales: se precisan grandes cantidades de agua para generar productos agrarios y energía, y se consume mucha energía para aprovechar el agua y obtener rendimientos en la agricultura. Pero en muy pocas ocasiones se lleva a cabo una planificación conjunta de los tres elementos. Evitar planteamientos y decisiones irracionales sobre el vínculo agricultura-agua-energía podría suponer un alivio económico tanto en España como en Argentina³.

A veces, la implicación del agua en la generación de energía se lleva al extremo de desviar la producción agraria a la obtención de biocombustibles. Estas prácticas pueden ser puntualmente útiles, pero nunca resolverán problemas a escala global. Algunos datos pueden ser ilustrativos, así, la energía ingerida por un ser humano como alimento supone de media alrededor del 7% del total de energía consumida por esa persona. Si no somos capaces de evitar las hambrunas, si no somos capaces de conseguir que la tierra y el agua aseguren ese 7% de la energía imprescindible para la vida, mucho menos podremos pensar que puedan contribuir de manera apreciable a evitar problemas de escasez energética.

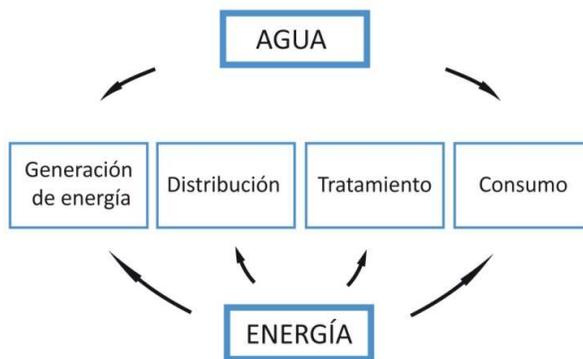
Al agricultor, no le interesa tanto la cantidad de agua que puedan transpirar las plantas, sino la que tiene que aportar al cultivo para que produzca una buena cosecha. No toda el agua que el agricultor aporte al cultivo va a ser absorbida y transpirada por la planta ya que una parte de ella se evaporará directamente desde el suelo y otra se quedará fuera del alcance de las raíces de las plantas o se perderá por drenaje o escorrentía. Cuanto mejor sea la técnica de aplicación del agua de riego, menores serán estas pérdidas, que en cierta medida pueden ser controladas por el agricultor. Además, al agricultor no le suele interesar toda la biomasa producida por la planta, sino solamente la que puede cosechar, y dentro de ésta la que tiene valor comercial.

Se sabe que la energía es necesaria en todas las etapas del ciclo integral del agua. Tanto

³ Un 10% del consumo de electricidad en España está vinculado a la gestión del agua (se necesita energía para su captación, distribución, tratamiento, riego, etcétera). Si a ello le añadimos el consumo energético para calentar el agua en nuestros hogares y centros de trabajo, las cantidades de energía eléctrica consumida en relación con el agua aumentan notablemente.

es así, que se requiere energía para extraer agua, transportarla, distribuirla, desalarla, reutilizarla, depurarla. Y se necesita agua para generar electricidad en las centrales hidroeléctricas, para refrigerar turbinas de centrales térmicas, para la extracción y producción de los diferentes derivados del petróleo, para los biocombustibles, para producir hidrógeno, para su uso en la industria, para su uso doméstico etc.

Figura 1: Marco integrado de agua y energía



Fuente: Wang, Y. D, 2009. Elaboración propia

La conservación del agua puede ser definida como cualquier acción, que reduce el consumo/pérdida en los diferentes usos del agua. Para el desarrollo de dicha acción la inversión en recursos utilizados para generar el ahorro tiene que tener un valor menor que los invertidos en la obtención del recurso ahorrado. Acciones que van desde la captación de agua de lluvia hasta la recarga de acuíferos, están dentro del concepto de conservación de agua, dado que el mismo es amplio y básicamente busca optimizar el uso del agua en sus diferentes etapas.

La correcta asignación del precio del agua de riego (o de cualquier otro recurso o insumo crítico en un proceso productivo) se vincula directamente con el objetivo de eficiencia económica y por extensión con objetivos de sostenibilidad financiera y ambiental. El análisis microeconómico demuestra, que en condiciones de concurrencia perfecta se consigue asignar eficientemente un recurso cuando el precio del mismo iguala al valor de la productividad del mismo en el margen, es decir, cuando iguala a la productividad de la última unidad utilizada en el conjunto de usos económicos de dicho

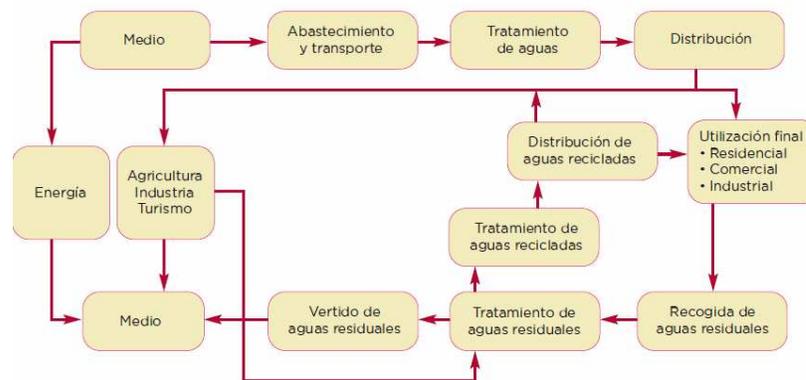
recurso. Sin embargo, algunos autores también reconocen que la determinación del precio a partir del nivel de productividad presenta problemas importantes (Caballer y Guadalajara, 1998). En primer lugar, el nivel del valor de la productividad puede variar en el corto plazo en función de las modificaciones de los precios de los productos agrícolas y de las perturbaciones climáticas (granizo, vientos, otros) que afectan los rendimientos de los cultivos. En segundo lugar, la incorporación del cambio tecnológico puede impactar severamente a los niveles de producción agrícola, inclusive en pocos años, y generar condiciones de inestabilidad poco apropiadas para el cálculo de la tarifa de un recurso ante situaciones de gran volatilidad en relación a su productividad. Es por ello que se consideran para el cálculo empírico del precio del agua otros enfoques, vinculados con el coste de suministro del recurso, pero no con su productividad. Estas perspectivas consideran que el precio del agua debe ser igual al “coste pleno” (“full water cost”) del servicio o, los llamados costes de provisión del servicio. La cobertura debe incluir a los costes administrativos de gestión, los costes operativos del suministro, los costes del capital y los ambientales. La DM 2000 del Agua en la Unión Europea potencia: la recuperación de integra de los costes de la provisión del recurso agua.

Ahorrar agua en la actualidad puede ayudarnos a evitar los proyectos más intensivos en energía y suministros en el futuro, sin embargo, vale la pena apuntar que la tecnología de conservación del agua puede incrementar o reducir la intensidad energética, cantidad de energía consumida por unidad de agua para llevar a cabo acciones relacionadas con la gestión del agua tales como la desalación, bombeo, sistemas de presurización, la extracción de aguas subterráneas, transporte y tratamiento. En el caso de la conservación del agua, algunos programas pueden consumir mucha energía en una determinada fase del ciclo de utilización de energía/agua, pero seguir reduciendo la cantidad de energía total utilizada⁴. Es por ello que los planificadores hídricos como

⁴ La conservación de agua puede aumentar la intensidad energética y el consumo total de energía: Una determinada tecnología de riego podría reducir el consumo de agua en un 5%, pero necesita tanta energía para funcionar que aumentaría la intensidad energética en un 10%. Esto aumentaría el consumo total de energía en un 4,5%. La conservación de agua puede aumentar la intensidad energética pero reducir el

responsables en la toma de decisiones, deberían fijarse, no sólo en la intensidad energética específica, sino también en la energía total consumida desde el origen hasta el destino, dándole un enfoque integral y pensando siempre en la conservación y ahorro de agua y energía.

Figura 2: Cuantificación de los usos del agua en España



Fuente: Ciclo de utilización del agua en España, Hardy et al. (2012).

En Europa la Comisión Europea (octubre de 2006) evaluó las prácticas de gestión del agua y reveló que las mismas tienen un amplio margen de mejora, por ello, delegó un estudio para valorar el potencial de ahorro de agua de la UE en 2030. El estudio se centró principalmente en dos formas de lograr el ahorro de agua: mediante la aplicación de medidas técnicas que inducen el uso del agua más eficiente y mediante el cambio de comportamientos de usuarios del agua y de producción. Las medidas examinadas incluyeron instrumentos económicos, cambios institucionales, campañas de información y cambios regulatorios. Aunque el potencial de ahorro de agua es diferente entre los distintos sectores y regiones, los resultados generales de este estudio indican un importante potencial de ahorro de agua que alcanza hasta un 90 % identificados en los

consumo total de energía. La conservación de agua puede reducir la intensidad energética y el consumo total de energía. La intensidad energética descende porque los aspectos mecánicos de las máquinas se han mejorado. Reduciendo el consumo total de agua y la intensidad energética, el consumo total de energía se reduce hasta en un 48%.

cinco sectores analizados: agricultura, hogares, industria, energía y turismo⁵. En la agricultura se podría obtener un gran potencial por las mejoras en la infraestructura de riego⁶. Basándose en la aplicación de medidas en el sector de riego se llega a estimar un potencial de ahorro total de 28.420 millones de m³ al año (43% de la extracción de hoy) y el ahorro potencial de agua de 52.740 millones m³ (aplicando el mismo valor del 43% del ahorro potencial de agua debido a las mejoras) por año en 2030.

Agua, Agricultura y Energía en España

La agricultura española cada vez consume menos energía y agua y emite menos gases a la atmósfera para producir una unidad o un euro de producto. Un estudio centrado en indicadores económicos, medioambientales y sociales para agricultura y ganadería en España, refleja que hay un uso más eficiente de los recursos naturales de los que se dispone, en parte por las mejoras tecnológicas de los últimos 30 años, y que esto genera una alimentación más barata y con menor impacto medioambiental⁷.

Con respecto a los indicadores medioambientales, se concluye que la agricultura española cada vez consume menos agua y energía, pierde menos suelo y emite menos gases a la atmósfera para producir una unidad de producto (kg, litros) o un euro de producto. Habiendo diferencias en la medida y el ritmo en que esas mejoras se han

⁵ Ecologic -Institute for International and European Environmental Policy. *EU Water Saving Potential*. (Del Resumen de datos generales). <http://ecologic.eu/2175> (Consultada 12 de septiembre 2012). Este informe aporta una visión general del potencial de ahorro de agua actual y en 2030, sabiendo distinguir entre el ahorro de agua que se llevaría a cabo como parte del escenario de referencia (es decir, sin intervención de política específica) y el ahorro de agua específico que necesitaría una acción política específica para que pueda ocurrir.

⁶ Para la UE-30 se detallan los siguientes ahorros potenciales: Por la mejora de la eficiencia de las conducciones en los diferentes tipos de riego (10-25 %). Por la eficiencia en la aplicación (15-60%) según la región y tecnologías actuales de riego. Por los cambios en las prácticas de riego (30%). Por el uso de cultivos más resistentes a la sequía (50 %). Por la reutilización de agua tratada, los efluentes (alrededor del 10%).

⁷ Villarroel, A. y Garrido, A.; “Primeros indicadores de sostenibilidad en la agricultura y en la ganadería española”. Plataforma Tecnológica de la Agricultura Sostenible”. http://www.agriculturasostenible.org/v_portal/informacion/informacionver.asp?cod=1788&te=414&idage=2198, 2011.

llevado a cabo en las distintas producciones analizadas, las ganancias en productividad han permitido avances importantes en la sostenibilidad general de la agricultura⁸.

En España, al igual que ocurre en el resto de países de la cuenca mediterránea, el agua es un recurso escaso, frágil e irregularmente distribuido. A la escasez de precipitaciones, la elevada evapotranspiración, la alta variabilidad espacial y temporal de las lluvias, la desigual distribución de los recursos hídricos y la frecuencia de las sequías, se unen problemas comunes al resto de los países de la Unión Europea, como son el aumento de presión al que se ven sometidos los recursos hídricos, el déficit creciente que sufren algunas cuencas y la salinización o la contaminación de acuíferos, convirtiendo en un auténtico reto la satisfacción, en cantidad y calidad, de las necesidades de todos los usos del agua. Ante esta realidad, el desarrollo de políticas de gestión del agua que promuevan el uso eficiente del recurso es imprescindible y prioritario, particularmente en aquellos sectores donde se producen las mayores demandas de agua, como son los abastecimientos urbanos, la industria y el regadío.

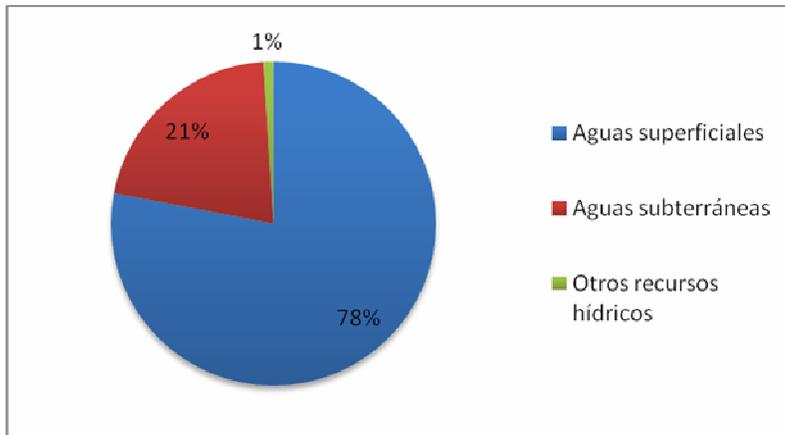
La agricultura junto con la ganadería son los principales usuarios del agua en España con un 75 % del total de la demanda consuntiva, según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2008. La tendencia actual del consumo de agua destinada al regadío es decreciente, como consecuencia de una activa política de modernización de regadíos (MARM, 2006), que indica que el regadío consume en torno al 68 % de los recursos hídricos.

Según la Encuesta Sobre el Uso del Agua en el Sector Agrario del año 2007 (INE), el 77,9% del agua disponible para riego fue de origen superficial, un 21,1% de origen subterráneo y un 1,0% de otros recursos hídricos, como el agua desalada (marina o

⁸ Destacan, por ejemplo, los aumentos en la productividad del maíz, la remolacha, el viñedo, el olivar de transformación, el melón o el tomate, superiores al 200%, requiriendo en el presente una fracción del volumen de agua, tierra, o energía similares a los que eran precisos hace 30 años. En los otros cultivos girasol, cítricos, trigo y cebada, la productividad aumentó entre el 25 y el 70%, mejoras evidentes pero que muestran signos de desaceleración en la última década. En el caso de los cereales y el girasol, esto se ha debido a que son cultivos mayoritariamente de secano, y en el caso de los cítricos, porque se ha trabajado más en la calidad y en el desarrollo de variedades menos productivas, pero más tempranas o más tardías y menos adaptadas a la climatología de las zonas cítricas.

salobre) o reutilizada (procedente de las estaciones de depuración de aguas residuales).

Gráfico 1: El regadío en España según su origen, 2007



Fuente: INE, 2007. Elaboración propia

Cada unidad de masa de agua, en función de sus características y localización, tiene un potencial o capacidad de desarrollar un trabajo. Es decir, tiene una energía que, bajo ciertas condiciones, se puede reducir o aumentar a voluntad, si bien con sus correspondientes rendimientos. El agua se mueve espontáneamente en la dirección en la que decrece su potencial y en su recorrido pierde la energía correspondiente al salto entre los niveles inicial y final.

Un aspecto fundamental, para ahorrar agua y, en este caso, energía, es el mantenimiento y supervisión de las instalaciones para que funcionen según fueron proyectadas. En este sentido, cabe calificar de acertadas las iniciativas como la de la obligatoriedad de llevar a cabo auditorías energéticas a las Comunidades de Regantes que opten a ayudas autonómicas y estatales (IDAE 2010), o que puedan implantarse tarifas progresivas que sancionen los excesos de consumos e incentiven el uso racional del agua y de la energía. Aunque el agua sea un recurso especial, la valoración económica de cada m³ en función de su ubicación y calidad, es posible. Aun con sus dificultades, los resultados ayudarían en la toma de decisiones tanto de acometer o no modernizaciones, como de seleccionar métodos para la gestión de los recursos hídricos. Para ello, los costes de la desalación,

de la regeneración de aguas residuales o, en definitiva, cualquiera que permita transformar un agua improductiva en productiva, se convierten en valores de referencia necesarios y, en la medida que puedan precisarse mejor, las valoraciones serán de mayor utilidad. No obstante, para la mejora de los resultados, tanto en el recurso agua como en el de energía, seguramente la medida más eficaz es un adecuado mantenimiento de las instalaciones y la realización de evaluaciones que corroboren que las aplicaciones siguen siendo apropiadas tal como se proyectaron.

En España siguiendo la información de J. Corominas 2009 quizás el dato más destacable es que cada m^3 de agua usado es elevado por término medio a 88 m de altura, a pesar de que el mayor volumen de agua todavía se aplica por gravedad. El uso unitario en las explotaciones estaría por debajo de los $5.000 m^3/ha$. Si consideramos como necesidades medias los $4.100 m^3/ha$ que se estimaban en el Plan Nacional de Regadíos de 2001, se estaría también en relaciones consumo/uso por encima de 0,80, relativamente difíciles de aumentar en la práctica sin un riego deficitario. Parece que estos valores se han podido alcanzar gracias al incremento de la superficie de olivo y vid (cultivos con menos necesidades y en los que no suelen completarse las necesidades potenciales) y a la falta de disponibilidad de agua.

Tabla 1: Consumo energético unitario en el regadío según la fuente de agua y el tipo de regadío realizado

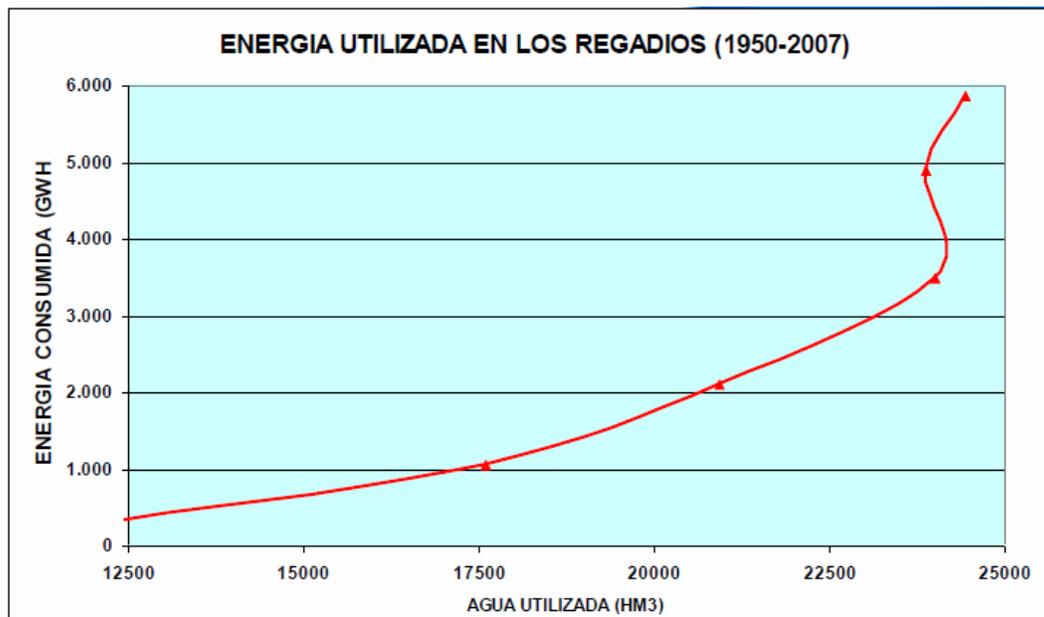
	Gravedad	Aspersión	Localizado
Uso medio de agua	m^3/ha		
	7.500	6.500	5.000
Consumo energético unitario	kWh/m^3		
Agua subterránea	0,15	0,49	0,68
Agua superficial	0,02	0,29	0,28
Trasvase	1,20	1,44	1,38
Desalación*	4,20		
Reutilización	0,25	0,49	0,43

*Las plantas más modernas consumen a pie de planta $4,20 kWh/m^3$, a lo que se sumaría

el resto gastos energéticos como elevaciones, presión etc.

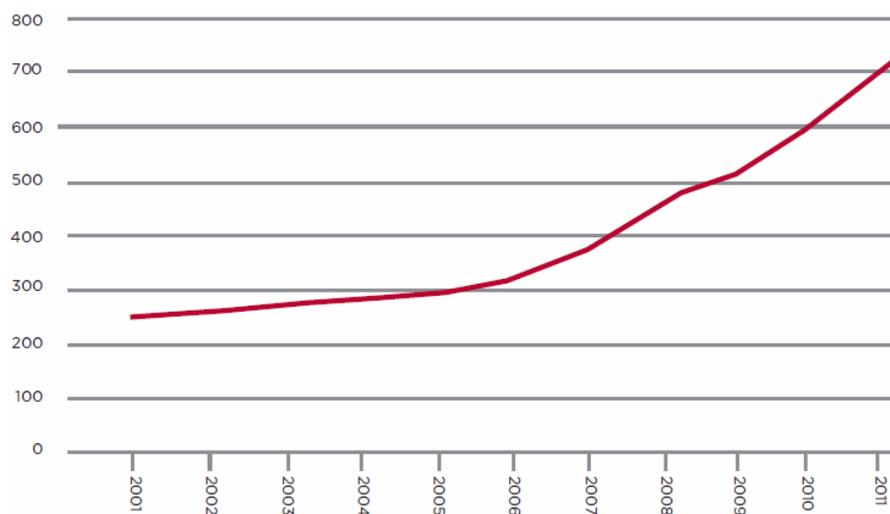
Fuente: Corominas, 2009, Melgarejo, 2009 y Melgarejo y Montaña, 2009. Elaboración propia.

Gráfico 2: Eficiencia del uso del agua y de la energía en el regadío en España



Fuente: Corominas, 2009.

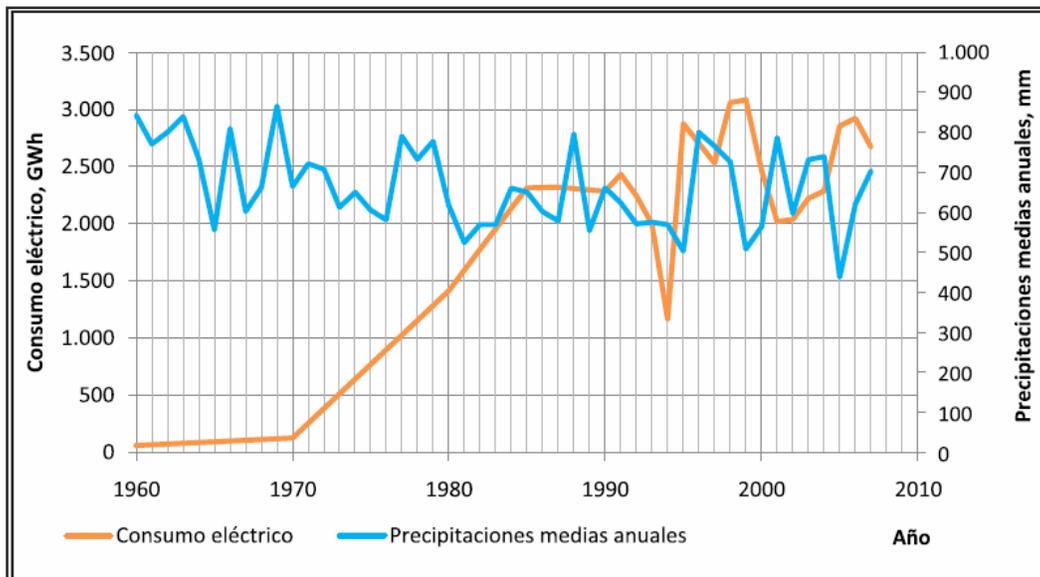
Gráfico 3: Gasto total de energía eléctrica en el sector agrario en M€ (2001-2011)



Fuente: MAGRAMA, 2012

La agricultura ha cambiado significativamente en los últimos años, pero ha sido en los últimos 40 años cuando el nexo agua-energía se ha alterado dramáticamente. Tal como se aprecia en el Gráfico 4, la tendencia general del consumo de electricidad en el regadío ha sido creciente desde los años sesenta hasta el presente. Según E. Cabrera y otros, 2009, el gasto total de agua para el regadío en España asciende a 23.800 hm³/año, con un consumo unitario medio de 0,2 kWh/m³, para lo que se requiere una energía de 4.760 Gwh.

Gráfico 4: Evolución del consumo eléctrico neto en el regadío español



Fuente: Hardy, L. y Garrido, A. (2010), con datos de MITYC 1960 hasta 2007, MARM 2010

Las desviaciones en torno a la tendencia creciente de electricidad pueden explicarse por las variaciones de precipitaciones en España. Disponemos de los datos de precipitaciones medias anuales entre los años 1941 y 2009 (MARM 2010). Éstos nos permiten destacar una relación inversa entre el gasto eléctrico en el regadío y el volumen de agua verde (agua de lluvia). Es decir que en periodos de menor disponibilidad en recurso agua, el gasto eléctrico es mayor, ya que el uso de agua de

agua azul es mayor (agua suministrada por sistemas de riego), y probablemente debido a un uso mayor de las aguas subterráneas, que tienen un gasto energético unitario más elevado que las aguas superficiales (0,15-0,50 kWh/m³ frente a 0,02-0,15 kWh/m³, respectivamente).

En el debate sobre ahorros posibles tanto en agua como en energía en el sector del riego, se pueden destacar dos posiciones: A) La modernización de los riegos. Desde su entrada en la Unión Europea en 1986, España ha visto como su agricultura ha ido evolucionando en la línea de la intensificación. En el pasado se tenía una visión diferente de la agricultura, pues el factor limitante era el agua y la tierra: la expansión del riego y su posterior modernización pretendieron mejorar la eficiencia productiva en términos de valor cosecha por unidad de tierra y de agua. La modernización del riego se justificó para lograr tanto objetivos de producción como de mejoras en la utilización de los recursos (agua y energía). En la actualidad, el objetivo de la productividad ha sido ya alcanzado pero con la creciente demanda de energía, el objetivo principal ahora es el ahorro de energía que es indisoluble de la mejora del uso del agua. La modernización de los riegos en España, centrada en reducir el uso del agua, ha conllevado un aumento del consumo eléctrico. Entre 1950-2007, la superficie de riego se ha multiplicado por 2,5 y los consumos energéticos por 19. Durante el periodo 2002-2009, 45.000 ha/año de riego por gravedad han sido sustituidas por riego localizado (67.000 ha/año). Y, B) Las tarifas eléctricas. En 1997 comenzó el proceso de liberalización del sector de la electricidad. Esto permitió a los agricultores el poder acudir al mercado libre para contratar una u otra empresa comercializadora. En julio del 2008 desapareció la tarifa R de riegos agrícolas regulada por el Ministerio de Industria, lo que obligó a las comunidades de regantes o sus entidades colectivas de riego a acudir al mercado libre y negociar el contrato más interesante para sus necesidades con una empresa comercializadora, lo que trajo consigo un incremento notable de los precios de la energía para los organismos de riego, aunque el objetivo anunciado con la liberalización del mercado de la electricidad era una disminución de los precios de la

electricidad en realidad se produjo el efecto contrario⁹.

En la última mitad del siglo pasado, las bombas hidráulicas con sistemas de distribución a presión han permitido llevar el agua a casi cualquier lugar. La superficie con infraestructura de riego, 1,5 Mha, de 1950 se había multiplicado por 2.5 a finales del siglo, 3,7 Mha. En algunos casos, se distingue entre superficie con infraestructura de riego (regable) y superficie realmente regada, siendo esta última algo menor, 3,4 Mha. En el nuevo siglo, la escasez de agua alcanzó a otros sectores, llevando a las administraciones a no autorizar nuevas concesiones y, como consecuencia, se ha frenado la expansión del regadío. En la actualidad, la superficie de regadío está prácticamente estancada o en ligero retroceso. Al ser el regadío el usuario cuantitativamente más importante, surge la necesidad de mejorar la eficiencia de sus aplicaciones. En 2006, el Ministerio de Agricultura y el de Medio Ambiente emprendieron un “Plan de Choque de Modernización de Regadíos”, BOE 11/03/2006, consistente en la realización de un conjunto de actuaciones, con una inversión de 2.344 M€ que afecta a una superficie regada de 0,87 Mha, con objeto de ahorrar un volumen de agua de 1.162 hm³/año.

Durante todo este proceso de modernización ha perdido peso una agricultura social y económicamente ineficiente, de subsistencia, a favor de una agricultura más profesionalizada e industrial. Pero, también se han provocado importantes cambios en los equilibrios de los ecosistemas y un aumento espectacular del consumo energético. En la fase de expansión, siempre con importantes ayudas de la Administración, los nuevos regadíos a presión, consumen energía y requieren de inversiones, pero la garantía y el incremento de producción compensan los gastos. El consumo energético se

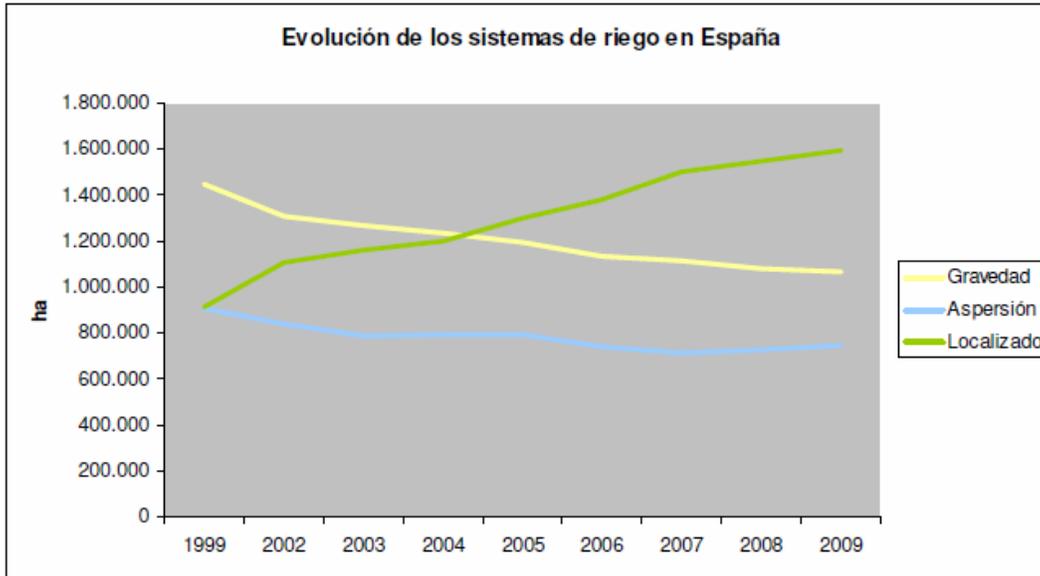
⁹ El precio de la electricidad para comunidades de regantes consta de 2 términos: el término de potencia (regulado por el Ministerio de Industria, y publicado en el BOE semestralmente) y el término de energía (se negocia en el mercado libre y tiene una vigencia de 6 meses aproximadamente). Mientras el término de potencia es un gasto fijo, el término de energía se factura en función del consumo y tiene un mayor peso en el importe de la factura (un 85%). En 2010, el precio medio del término de potencia fue de 369 c€/kW mensualmente; y el término de energía 7,4 c€/kWh. A los precios de potencia y de energía, se les agregó el Impuesto Eléctrico (4,86% x 1,0511) así como el I.V.A. (16%). En septiembre de 2012 el IVA se ha elevado al 21%.

dispara pero sus costes han sido previstos y, en general, no suponen un freno a una cierta ambición de modernidad. El consumo de agua, que inicialmente no es un problema, va aumentando progresivamente hasta que se observa, en su fase final, que se ha producido una importante afección ambiental y que no es sostenible su crecimiento. En la última fase, la presión sobre el recurso agua crea una cierta obsesión por su ahorro. Se usan o están en mente fáciles descalificaciones, con frecuencia injustas, para el tradicional método de riego por gravedad, que desemboca en una importante reducción de su superficie, pasando el riego localizado a ser el de mayor extensión, circunstancia que hasta este momento únicamente se producía en Israel.

Según el Plan Nacional de Regadíos de 2001 la superficie con riego por gravedad representaba un 60% del total y la del riego por goteo no llegaba al 20%. En 2005, ambas superficies se habían igualado y, en los últimos datos de 2010, la superficie con riego por goteo, 1,6 Mha, el 45%, supera claramente a la de riego por gravedad, 1,1 Mha, el 30%¹⁰. La modernización de los antiguos regadíos, en aras de conseguir la sostenibilidad de los mismos, ha provocado una tendencia constante en la superficie total regada en España y una clara expansión del riego localizado, con un incremento de casi el 44 % de superficie regada por goteo entre los años 2002 y 2009, en detrimento del resto de sistemas, fundamentalmente del riego por gravedad, fruto del esfuerzo realizado en mejora y consolidación de regadíos en los últimos años, con el objeto de aumentar la eficiencia en la aplicación del riego y el consecuente ahorro de agua y también de la iniciativa privada de los propios regantes por modernizar sus explotaciones (MAGRANA, 2010:16).

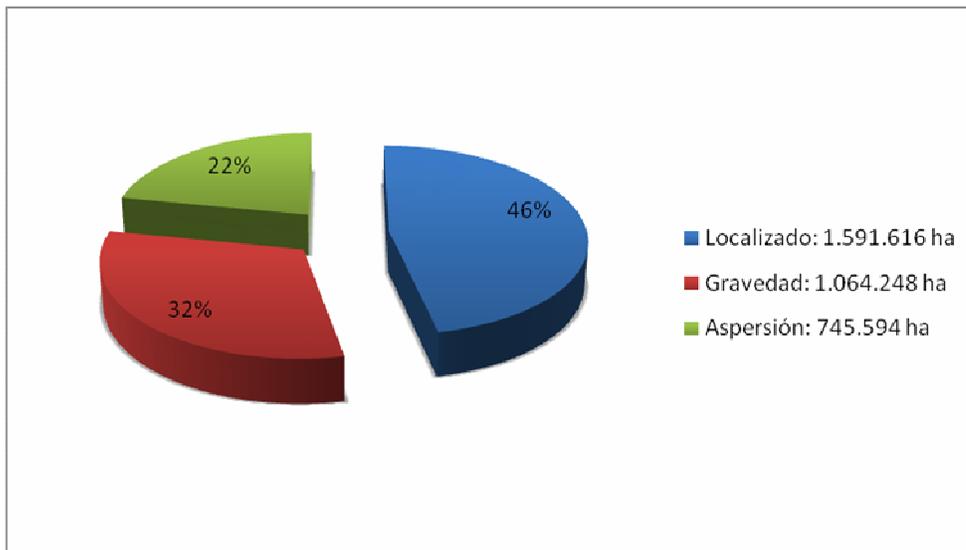
¹⁰ En Estados Unidos el método mayoritario es el de aspersión y el de gravedad representa un 40%, pero este porcentaje sube al 57% en el Estado de California. En Australia el riego por gravedad ocupa el 50%.

Gráfico 5: Evolución de los sistemas de riego en España



Fuente: MAGRANA, 2010:17

Gráfico 5: Superficie ocupada por los distintos tipos de riego en España 2009

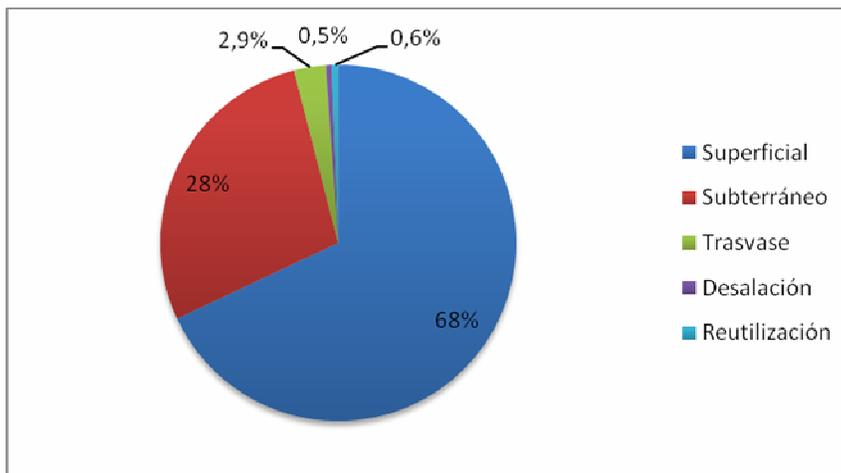


Fuente: MAGRAMA, 2010. Elaboración propia.

La agricultura es el principal sector consumidor de agua, con una demanda bruta para

España de 23.298 hm³ (MARM 2008). El volumen anual de agua consumida, tras haber restado los retornos a las fuentes naturales, es de 20.432 hm³ (MARM 2008). Un 68% del volumen del agua que se utiliza en el regadío es de origen superficial y 28% son captaciones de agua subterránea, el 4% restante se divide entre agua de trasvases (un 3%), reutilización de agua (un 0,5%) y agua de desalación (un 0,5%), como se ilustra el Gráfico 6. Las necesidades de electricidad para el manejo del agua en el sector de la agricultura representan el 23% de las necesidades del ciclo integral del agua.ç

Gráfico 6: Proporción entre fuentes de agua utilizada en el riego agrario 2010



Fuente: MARM, 2008. Elaboración propia.

El consumo de energía esta alrededor de unos 6.670 GWh, en la Tabla 2, se observa el desglose del consumo eléctrico para el regadío en el sector de la agricultura en el año 2008.

Tabla 2: Consumo de energía en la agricultura en España, 2008

SISTEMA DE RIEGO	SUPERFICIE RIEGO 2008 (HA)	ORIGEN DEL AGUA (%)					USO MEDIO DE AGUA (M ³ /H)
		SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEO	TRASVASES	DESALACIÓN	REUTILIZACIÓN	
Gravedad	1.082.602	84	13.2	2.7		0.1	7500
Aspersión y automotriz	727.523	71	28.6	0.1		0.3	6500
Localizado	1.482.054	54	39.3	4.5	1.1	1.1	5000
TOTAL REGADÍOS*	3.308.643	28.4	2.9	0.5	0.6		6.154

*Habría que sumar 65.991 ha bajo invernadero Fuente: MAGRAMA, 2012.

Elaboración propia

Tabla 3: Consumo de electricidad en el sector de la agricultura para utilización y consumo de agua en el año 2008

Categoría	Consumo de energía (GWh)
Abastecimiento de agua para regadíos	
Suministro por trasvases a Comunidades de regantes	717
Bombeo de aguas subterráneas	2.251
Bombeo de aguas superficiales	826
Agua procedente de la desalación de agua	331
Agua procedente de la reutilización de agua	76
Regadío en parcela	
Regadío por gravedad	0
Regadío por aspersión	1.135
Regadío por goteo	1.334
Energía eléctrica gastada total	
Total abastecimiento regadío	4.201
Total regadío en parcela	2.469
TOTAL	6.667

Fuente: Corominas, 2009.

La intensidad energética del bombeo para alimentar las necesidades de las centrales de generación se sitúa dentro del rango 0,09-0,30 kWh/m³ (se ha calculado el promedio de los consumos energéticos del bombeo de agua superficial y de agua subterránea realizado en el sector agrario). El importe de la energía es clave para que la agricultura sea económicamente sostenible, ya que la mayor parte del coste del agua es energía (Tabla 4).

Tabla 4: Evolución del consumo de agua para riego en España

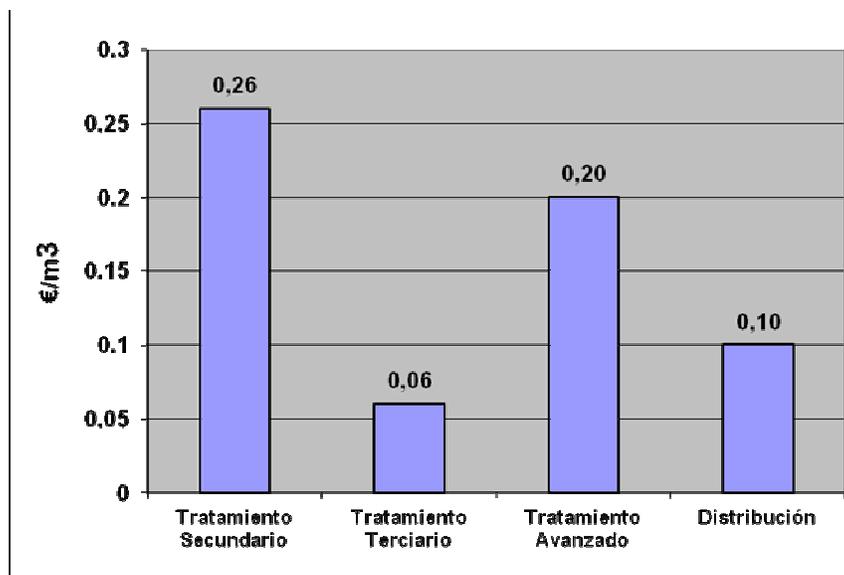
Año	Superficie Miles ha	Uso de agua hm³	Consumo de agua hm³	Consumo de energía GWh
1900	1000	9000	5400	0
1930	1350	12150	7594	182
1940	1500	12750	8288	191
1950	1500	12375	8353	309
1970	2200	17600	12320	1056
1980	2700	20925	14648	2093
1990	3200	24000	17400	3480
2000	3410	23870	18499	1893
2007	3760	24440	20163	5866
2007/1950	2,5	2,0	2,4	19,0

Fuente: Cabrera, 2012.

El uso de recursos hídricos alternativos (no convencionales) ha sido empleado cada vez con mayor aceptación en las recientes obras de modernización de regadíos y tiene aún un gran potencial de utilización. Su aplicación en regadío disminuye la presión sobre las fuentes naturales del recurso, permitiendo su liberación para otros usos. Las mejoras tecnológicas en la regeneración y en las propias instalaciones de riego, como la aplicación de radiación ultravioleta al agua previa a su impulsión a la red, están permitiendo mejorar cada vez más la calidad físico-química y sanitaria de esta agua, que en muchas zonas regables supera ampliamente la calidad del agua superficial o subterránea. La evolución tecnológica de los procesos de regeneración está permitiendo disminuir los costes energéticos, lo que hace posible su incorporación al uso agrícola, por encontrarse ya dentro de los márgenes económicos admisibles de este sector. En el caso de aguas depuradas regeneradas, su uso para riego permite aprovechar un recurso que de otra forma sería vertido al medio, con el consiguiente coste de oportunidad. En muchas zonas, su introducción en la zona regable compensa la falta de disponibilidad de recursos tradicionales o su progresiva pérdida de calidad, mejorando la garantía de

suministro a los agricultores. Igualmente, permite aprovechar los nutrientes que contiene en la explotación, minimizando la necesidad de incorporarlos externamente, y elimina el impacto visual y social del vertido. En España se depuran aproximadamente 3.400 hm³/año de aguas residuales urbanas, existiendo 2.514 estaciones depuradoras que tratan caudales correspondientes a cargas mayores de 2.000 habitantes equivalentes (CEDEX, 2006). De los caudales tratados en estas depuradoras 357 hm³/año están concesionados o en trámites de concesión para su reutilización directa, principalmente en la agricultura que absorbe más del 70% de estos nuevos recursos. Según A. Corrochano en 2008, considerando todas las depuradoras, las aguas depuradas reutilizadas alcanzaban los 447,3 hm³/año y, en 2015, se llegarán a reutilizar alrededor de 1.200 hm³/año de aguas depuradas en España. Teniendo en cuenta el coste de reutilización, el precio del agua regenerada asciende a 0,39 €/m³ (0,22 €/m³ del tratamiento secundario, 0,06 €/m³ del tratamiento terciario, 0,06 €/m³ de la distribución y 0,04 €/m³ de la amortización), la energía representa aproximadamente el 20% del total de los costes del agua depurada reutilizada (Melgarejo, 2009)

Gráfico 7: Costes medios de explotación unitarios y costes de distribución en la Comunidad Valenciana (España).

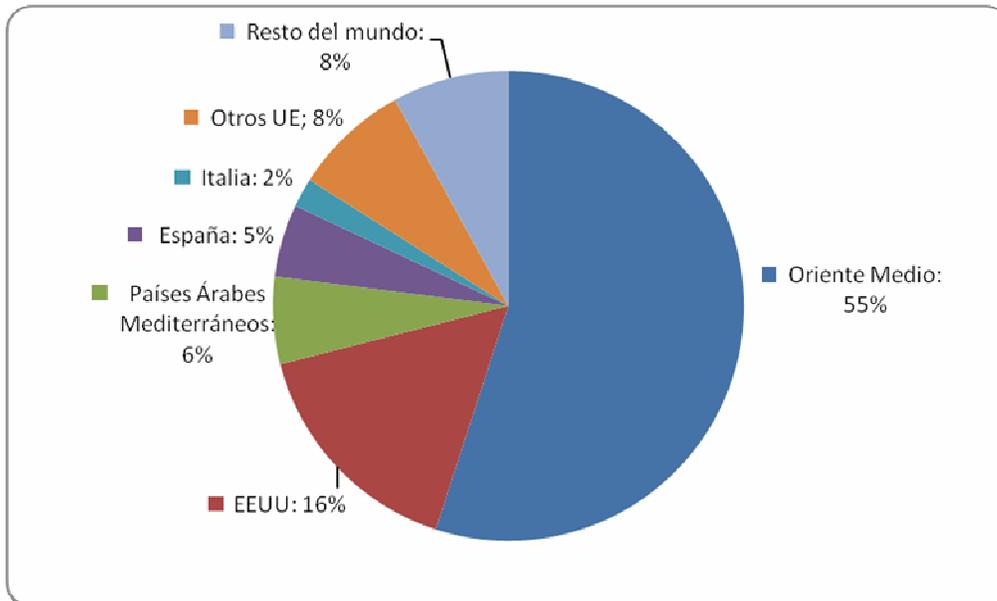


Fuente: EPSAR, 2009. Elaboración propia.

Una nueva fuente de recursos no convencionales: la desalación de agua de mar y salobre, se ha incorporado para los distintos usos, también para la agricultura, aunque en este caso sólo aquellos cultivos de alto valor añadido pueden utilizar esta agua, debido a sus altos precios $1,1\text{€}/\text{m}^3$, de los cuales entorno al 40% se deben al coste de la energía. Esta tecnología relativamente reciente es especialmente interesante para territorios donde sea realmente difícil obtener otro tipo de recursos hídricos y con grandes posibilidades para los tratamientos de depuración de aguas residuales, puesto que con los tratamientos tradicionales no se eliminan las sales disueltas en ellas. Se trata de una gran oportunidad para aquellos lugares de costa con clima árido o semiárido y para zonas de interior que dispongan de aguas salobres o procedentes de la depuración de aguas urbanas. Los costes energéticos de la desalinización dependen del tipo de proceso que se emplee para desalinizar el agua, de la antigüedad de la instalación, del tamaño de la planta y de la densidad del agua a tratar. En cualquier caso los costes energéticos de la desalinización entre $3,8$ y $4,2 \text{ kWh}/\text{m}^3$ para agua de mar son muy superiores a los del trasvase Tajo-Segura $1,1 \text{ kWh}/\text{m}^3$. Debido fundamentalmente al componente energético, el agua del trasvase Tajo-Segura es más eficiente en costes que la desalada (Melgarejo, 2009)

La mayor parte del agua del planeta tiene un alto contenido en sales. Las sales reducen la energía del agua, la planta en contacto con agua salada, en vez de absorberla, la cede y se deshidrata. El agua, una vez desalada, se convierte en un recurso útil. En definitiva, es posible un intercambio agua-energía y, por tanto, establecer equivalencias de paso. (Prats y Melgarejo, 2006).

Gráfico 8: Distribución mundial de la capacidad de desalinización en el 2004



Fuente: M. Torres, 2004. Elaboración propia.

Tabla 4: Capacidad de desalación en España, situación actual y planeada

	Plantas en funcionamiento		Plantas contratadas		Plantas planificadas	
	Volumen de salida m ³ /día	Número de plantas	Volumen de salida m ³ /día	Número de plantas	Volumen de salida m ³ /día	Número de plantas
Aguas salobres	2.955.286	202	48.700	3	229.000	6
Salmueras	43.600	5				
Dulces	21.800	7				
De río	189.352	16	206.064	1		
Marinas	2.163.751	189	864.818	18	620.300	14
Residuales	188.886	34				
Total	5.562.675	453	1.119.582	22	849.300	20

Fuente: Hardy y Garrido, 2010.

Tabla 5: Consumos en desaladoras del área de influencia del trasvase Tajo-Segura (kWh/m³)

PLANTA	Bombeo hasta filtros	Turbobombas	Bombeo Producto	Tratamiento y S.A.	Σ Total de Procesos
ALICANTE I	0,892292	3,482022	0,648673	0,122435	5,145423
SAN PEDRO I	0,4118035	3,09459568	0,39547927	0,041451	3,943629
SAN PEDRO II	0,3797953	3,086668	0,34190166	0,163435	3,971800

Fuente: Melgarejo, 2009. Elaboración propia

Por último, una breve referencia a los trasvases de agua entre diferentes cuencas hidrográficas. El más importante de ellos es el trasvase Tajo-Segura, diseñado para transportar 1000 hm³/año. En la actualidad sólo está funcionando la I Fase, con una capacidad máxima de 600 hm³/año. De ellos 400 son para el regadío. El consumo energético es de 1,1 kWh/m³ y el precio que pagan los agricultores por el agua ha sido revisado en febrero de 2012, pasando de 17,5 c€/m³ a 12,5 c€/m³; este precio incluye la totalidad de los costes: amortización del coste de las obras, gastos fijos y gastos variables (el más importante de ellos es el de la energía).

La agricultura de regadío aporta en España más del 50% de la producción final agraria, aunque solamente ocupa el 13% de la superficie agrícola útil y el 7% de la superficie nacional. Desde el punto de vista económico contribuye en un 2,4% al PIB, empleando al 4% de la población. El regadío consume alrededor del 70% de los recursos hídricos totales disponibles.

Los regadíos en Argentina

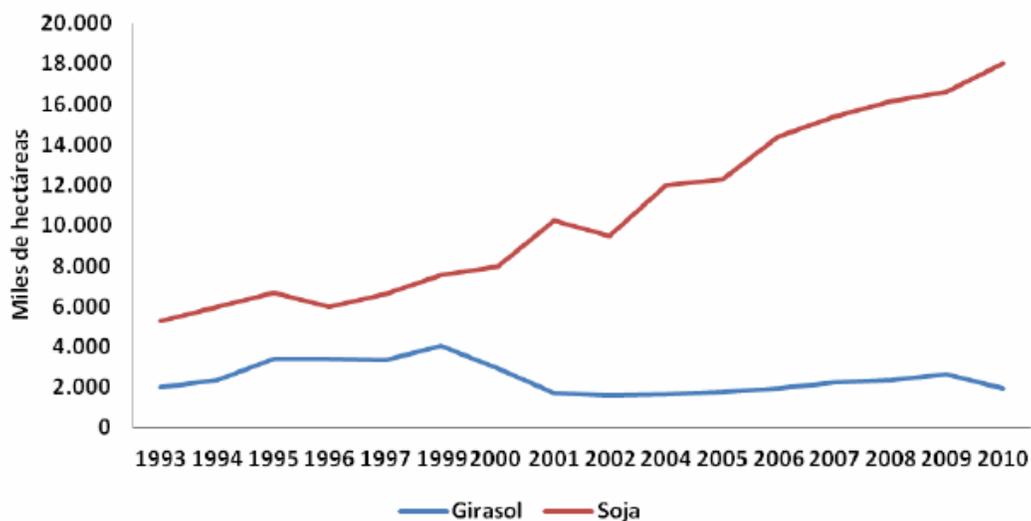
En Argentina, la mayor disponibilidad de agua dulce se concentra en las áreas húmedas y subhúmedas del país, vinculadas principalmente con la cuenca del Plata. Por el contrario, la disponibilidad de cursos de agua con caudales importantes es menor en la región árida del país, localizada hacia el Oeste y el Sur del mismo. Es importante destacar que alrededor del 65 % de la superficie del país se corresponde con climas semiáridos y áridos (Papadakis, 1955) y en gran parte de esos espacios secos el acceso a los recursos hídricos es escasa.

La agricultura argentina ha sufrido en los últimos cuarenta años una profunda transformación productiva y territorial a raíz de la introducción de nuevas áreas de producción y de una creciente integración tecnológica. Durante estos años, la región pampeana fue el principal centro productor agrícola argentino. En general, en esta región siempre han predominado los establecimientos diversificados, pero con una tendencia a concentrarse en pocas actividades de cultivos (Pizarro, 2003: 25). Por otra parte, la tradicional rotación de la agricultura con pasturas practicadas durante más de un siglo en la Pampa húmeda, fue una de las prácticas clave de manejo del agrosistema para preservar y mejorar la sostenibilidad de su productividad y de la rentabilidad del sistema en general (Herrick, 2000:79). Después de la crisis de 2001, la tierra se convierte en un valor refugio y sinónimo de solución a la profunda crisis económica que vive el país. El precio de la hectárea pasó de 2.000 a los 8.000 dólares (Robin, 2008: 386). Esto ha provocado importantes traspasos de tierras dando lugar a una fuerte concentración, que a su vez ha supuesto la desaparición de muchas explotaciones agrarias. Se sustituyen los agricultores por inversores en busca de beneficios por lo que se optará por el monocultivo extensivo de un bien que proporcione elevados rendimientos. En definitiva, la agricultura argentina se caracterizará por un menor número de unidades productivas pero de mayor tamaño, liquidación de la pequeña y mediana producción, y avance del “desierto verde” característico de una agricultura con cada vez menos agricultores¹¹.

¹¹ Azcuy Ameghino, E. y Fernández, D.; “Yo acumulo, tú desacumulas, él se funde: en torno a los

Tradicionalmente, la principal producción de la agricultura argentina fue el girasol, lo que la sitúa como la principal exportadora a escala mundial de harina y aceite de girasol¹². Sin embargo, actualmente también es la principal exportadora de harina y aceite de soja, y tercera exportadora de soja en grano. Este posicionamiento dominante en el mercado mundial de la soja ha trastocado la estructura productiva del sector primario del país¹³.

Gráfico 9. Evolución de la superficie de girasol y soja en Argentina



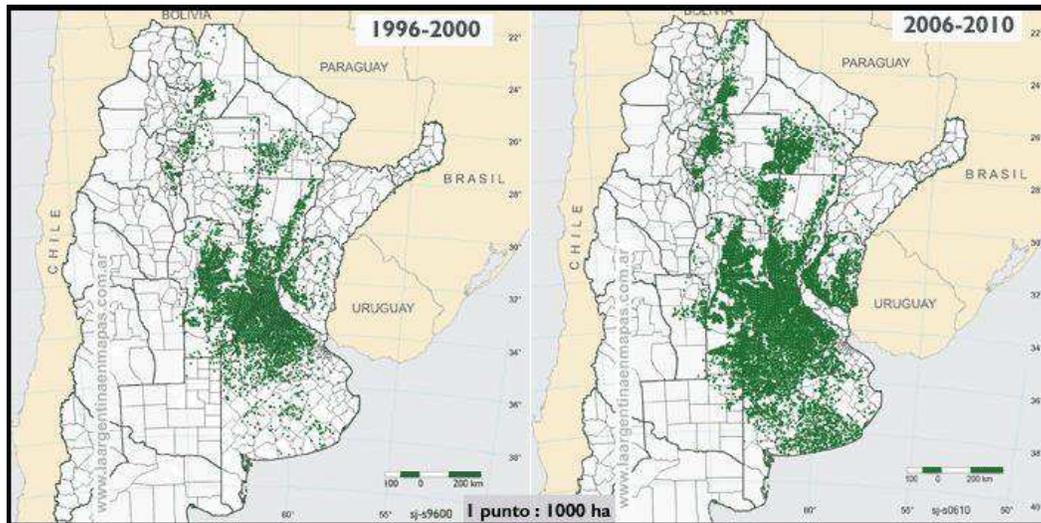
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca e Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

mecanismos económicos del proceso de concentración del capital en la agricultura argentina a comienzos del siglo XXI". *V Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, 2007, p. 110.

¹² Según el *ranking* mundial de exportaciones, FAO (2012).

¹³ Esta expansión se da, como cabe esperar, a costa de reemplazar ganadería por agricultura, eliminar otros tipos de cultivos, o la deforestación de extensas áreas como el bosque chaqueño. Se caracteriza por la velocidad e intensidad con la que aparece y se extiende por todo el territorio, afectando considerablemente a regiones de poca tradición agrícola como es el Noroeste argentino.

Gráfico 10. Expansión del cultivo de soja en Argentina



Fuente: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

El riego es el destino principal de los recursos hídricos que se utilizan en Argentina. Del total anual de agua consumida en el país, el 70% se emplea en la agricultura y en las provincias áridas esta cifra llega a más del 90% (Banco Mundial, 2000). La tenencia de derechos de agua, las normas de distribución de los turnos de riego y la tecnología utilizada son elementos fundamentales para explicar las formas de uso del agua en las zonas de regadío. Tal vez el lugar central que ocupó y ocupa el factor de producción tierra en la agricultura de la región de la Pampa húmeda influyó en cierto desinterés por reflexionar acerca del agua para riego y por llevar a cabo un proceso de análisis que sitúe a los recursos hídricos en el conjunto de relaciones sociales que se han establecido en la agricultura de los espacios áridos. El control de las aguas provinciales ha sido un medio de poder y una palanca política en los territorios áridos. Las instituciones y leyes de irrigación fueron establecidas para proteger la primacía de los intereses agrícolas. En la actualidad, se aplican códigos de agua provinciales que son el legado de una estructura de normas y regulaciones que se desarrolló cuando la oferta de agua era mayor que la demanda (Miranda, 2009).

La superficie regada alcanza en Argentina a 1.6 millones de ha en 2001 (Florentino y otros 2003). La mayor parte de la superficie irrigada (1.1 millones de ha, equivalentes al

70 % de la superficie irrigada nacional) se encuentra en las zonas áridas y semiáridas de país. La composición de la producción de la agricultura de riego es variada. Se distribuye, en el año 2000, entre un núcleo importante de cultivos hortofrutícolas (alrededor de 28 % del área ocupada), caña de azúcar, tabaco y aromáticas (15 %), forrajeras y cereales (14 %), hortalizas (12 %); cítricos, olivos y nogales (3.3 %), algodón (1.9 %), forestales (9.1 %) y otros cultivos (16 %). La producción regada argentina representa, en términos del valor económico creado, alrededor del 26 % del total de la producción agrícola, pero en algunas provincias muy importantes por su grado de desarrollo relativo, como Mendoza y Río Negro, representa más del 90 %.

Si bien continúan predominando los sistemas de riego tradicionales, es decir, por inundación y por surco, paulatinamente se va produciendo un importante proceso de modernización en el que están cambiando los fundamentos de la elección tecnológica en el riego de los cultivos de las zonas áridas. Las innovaciones en los sistemas de riego han sido dinamizadas por los beneficios impositivos, por los avances en las técnicas de bombeo y presurización de agua y por la disponibilidad de insumos para distribución, fertirriego y filtrado de agua¹⁴.

Desde principios del siglo XX existe un estancamiento en la evolución de la superficie cultivada bajo riego. Existían 1.380.000 ha regadas en Argentina (Soldano, 1923); mientras que en el año 1988 había 1.159.409 ha regadas y en 2001 1.355.600 ha (INDEC, 2006) y alrededor de 1.700.000 ha en la actualidad. El grupo de cultivos con mayor participación en el área regada es el de los frutales (426.884 ha), seguido por cereales y oleaginosas (348.352 ha), alfalfa (226.247 ha), hortalizas (185.946 ha) y cultivos industriales (168.173 ha), entre los que se destaca la caña de azúcar con 121.289 ha. Sin embargo, con algo más del 4% de la superficie agrícola nacional, los

¹⁴ Este tipo de prácticas tiene una eficiencia promedio de aplicación de 40%, lo cual significa que por cada 100 litros de agua que se destinan al cultivo, tan sólo 40 litros son aprovechados efectivamente por la planta. El resto se pierde por evaporación y, principalmente, por drenaje al subsuelo. Esto último produce perjuicios ambientales como son la salinización del suelo agrícola y la elevación de las napas de agua subterránea. Se estima que un tercio de la superficie agrícola regada del país tiene problemas de productividad originados en la aplicación deficiente de agua y en la inexistencia o mal funcionamiento de las redes de drenaje.

cultivos irrigados contribuyen con casi el 30% del valor bruto de la producción del sector (Fiorentino, 2005). La superficie cultivable potencial con riego de acuerdo a la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos es de 6.128.000 ha (INTA, 1986), de las cuales sólo 2.500.000 ha pueden habilitarse para riego integral y las restantes son aptas para riego complementario. Para ello Argentina tendría que hacer un gran esfuerzo inversor en modernización y tecnología, que inexorablemente dispararía los costes energéticos y ambientales que esa transformación supondría.

La disponibilidad de agua de riego se incrementa sustancialmente a partir de la década de 1950, con la utilización de agua subterránea. Dicha utilización permitió ampliar la superficie cultivada y a la vez mejorar la eficiencia de riego. La calidad del agua subterránea es mayor en la región húmeda y subhúmeda. En las regiones áridas de Argentina la sobreexplotación de los acuíferos y la obsolescencia de los pozos han contaminado las fuentes de agua subterránea. El primer período (1979-1982) de expansión del regadío correspondió a la ejecución de proyectos de desarrollo de la infraestructura de riego financiados en gran parte por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. La financiación se concentró en Río Negro, San Juan, Santiago del Estero y otras provincias. El segundo período de expansión (1998-2003) se corresponde con la incorporación de nuevos productos, vinculados con ventajas de orden impositivo en varias provincias argentinas y, sobre todo, con una activa incorporación de innovaciones tecnológicas en nuevas producciones dirigidas a los mercados internacionales, como la aceituna de mesa, el aceite de oliva y la uva de mesa. En Argentina, el promedio de eficiencia conjunta de conducción y distribución no supera el 30 %. Este valor es comparativamente muy bajo en relación a los países líderes del continente europeo pero también respecto a países vecinos en el continente americano. Las superficies con sistemas de riego de alta eficiencia (conducción entubada, distribución localizada) son insignificantes en la Argentina, ocupando menos del 3 % de la superficie regada total. Tres son los problemas que afronta la agricultura argentina de regadío: la tecnología de riego, el uso de recursos y el cuidado del medio ambiente. La baja eficiencia de riego, la inadecuada y obsoleta tecnología de riego y la subutilización del recurso agua disponible. El efecto de estas dificultades es la escasez

“localizada” del agua, la salinización generalizada de vastas áreas, la contaminación de reservorios y acuíferos y el desperdicio de los recursos hídricos (Banco Mundial, 2000). No se cuenta en Argentina (Fiorentino, 2005:13) con un marco legal, operativo y financiero que genere incentivos para el uso eficiente del agua de riego, tanto en lo que se refiere al nivel de tarifas como al desarrollo de un mercado transparente del agua¹⁵. Tampoco se cuenta con un esquema de valoración del agua que sea compatible con la utilidad del recurso para los usuarios privados y con su real importancia para la sociedad. Hay tres elementos que influyen en la dinámica de la elección tecnológica del sistema de riego. En primer lugar, está el nivel de escasez de recursos hídricos. La disponibilidad de agua depende tanto de factores climáticos que afectan a los recursos superficiales y a los acuíferos subterráneos como de condiciones deficientes de suministro en las redes públicas. Uno de los caminos para hacer frente a la escasez es la adopción de riego por goteo, el cual permite hacer un uso más eficiente del agua de riego. En segundo lugar, está la reestructuración productiva de los oasis irrigados del oeste, San Juan y Mendoza, del país inducida por hábitos de consumo de alimentos saludables y hedónicos (olivo, vid de mesa y cítricos). El paquete tecnológico asociado a los nuevos cultivos incluye al riego por goteo, el cual forma parte de técnicas de producción innovadoras que tienen como denominador común mayor intensidad de capital y mayor productividad de la mano de obra, así como del incremento de la factura energética. Finalmente, en tercer lugar, aparece el tamaño de las fincas, las economías de escala. La presencia de indivisibilidades en los equipos de riego hace que disminuya su coste por hectárea a medida que aumenta la superficie regada.

El riego complementario de cultivos extensivos en la Pampa húmeda es una práctica agronómica que altera notablemente los datos y resultados de la información sobre la

¹⁵ Los mecanismos de asignación de precios no reconocen el valor económico del agua. El canon de riego no cubre los costos operativos de los sistemas de riego y menos aún la amortización de las inversiones públicas en grandes infraestructuras. Los valores del canon de riego son además extremadamente variables entre provincias y su nivel de cobro es todavía bajo o muy bajo en muchas provincias. A pesar de ello, no se registran cortes de suministro como sanción por la falta de pago. La combinación de tarifas muy reducidas y baja “cobrabilidad” genera un formidable “stress” financiero, que debe ser cubierto por aportes exógenos de los gobiernos provinciales.

agricultura de regadío en Argentina¹⁶. La principal característica del riego complementario es que las aplicaciones de agua al cultivo se realizan cuando la humedad del suelo se aleja del rango considerado óptimo, resultado de la dinámica hídrica generada principalmente por la recarga por lluvias y la descarga por consumo evapotranspiración, durante las etapas fenológicas en que los cultivos presentan elevada sensibilidad al déficit hídrico. Esto permite alcanzar respuestas productivas máximas, cercanas al potencial genético de las plantas, aunque la cantidad total de agua regada no supere generalmente los 300 mm por campaña agrícola (Génova et al, 1998). Por lo tanto, el riego complementario difiere del riego integral, practicado en las zonas áridas, en el número de riegos y fundamentalmente en el volumen total de agua aplicada, ya que las láminas totales regadas oscilan entre 600 y 1200 mm, distribuidas durante todo el ciclo de los cultivos.

Tabla 6: Superficie de riego en Argentina

Lugar	Superficie regada		Riego gravedad		Riego aspersión			
	ha	%	ha	%	ha	%		
Otros	ha	%	ha	%	ha	%		
Argentina	1355600	100	946575	100	281360	100	127665	100
B. Aires	166483	12,3	69540	7,3	89662	31,9	7281	5,7
Córdoba	93835	6,9	36200	3,8	56850	20,2	785	0,6
Entre Ríos	71736	5,3	47919	5,1	19166	6,8	4651	3,6
San Luis	18575	1,4	3569	0,4	14940	5,3	66	0,1
Santa Fé	37425	2,8	10030	1,1	25476	9,1	1919	1,5
ZHúmeda-sub	388054	28,6	167258	17,7	206094	73,2	14702	11,5

Fuente: L.J. Génova, 2011.

¹⁶ Las aguas disponibles en los acuíferos Pampeano y Puelches son mayoritariamente aptas para ser utilizadas en el riego complementario de cultivos extensivos en la región pampeana húmeda (Génova, L. J.; "Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina". Rev. Fac. Agron. Vol 110 (2): http://www.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/RevAgro_110_2_63_81.pdf, 2011, p. 16)

La potencial expansión de la superficie regada en Argentina se estima en unos 16.000 millones de hectáreas, el 44% en las regiones áridas y el 56% en las regiones húmedas, de los cuales 6 millones serían de riego integral y 10 de riego complementario (BID, 2007).

CONCLUSIONES

La necesidad de garantizar el uso sostenible de los recursos, los principios de seguridad y garantía alimentaria, el equilibrio territorial, la adaptación al cambio climático y las necesidades objetivas del sector, junto con la necesidad de conseguir una agricultura cada vez más sostenible y respetuosa con el medioambiente, hacen imprescindible un nuevo impulso a la modernización de regadíos. Los procesos de cambio climático han convertido en más grave y urgente la necesidad de utilizar los recursos energéticos e hídricos con criterios de sostenibilidad. Por ello, el calentamiento global potencia la búsqueda integrada de respuestas, ya que existen importantes sinergias en las "nuevas culturas" del agua y la energía.

El agua y la energía son dos recursos esenciales para la vida. Sin embargo, la situación de ambas y sus perspectivas futuras a escala global, se reflejan en una palabra: escasez. En el contexto actual, de los ya conocidos efectos del cambio climático y de una creciente población mundial (que lleva a mayores demandas y competencias por el agua y la energía) llega el momento de integrar la gestión de estos recursos sabiendo que están íntimamente relacionados.

El uso de recursos hídricos no convencionales (desalación y reutilización de aguas depuradas) ha sido empleado cada vez con mayor aceptación en las recientes obras de modernización de regadíos y tienen aún un gran potencial de utilización. En países con problemas de escasez, el agua depurada con unos niveles de exigencias aceptables se hace imprescindible para su posterior reutilización. El aumento de la calidad del agua depurada regenerada, teniendo en cuenta los costes económicos y ambientales que supone la extracción de agua subterránea, está favoreciendo la aceptación e introducción de fuentes alternativas en las zonas regables, revelándose como una buena herramienta

para aliviar la presión sobre los recursos subterráneos y superficiales. Los beneficios de la reutilización se manifiestan principalmente en el incremento de los recursos disponibles, teniendo en cuenta además, que frente a otros recursos alternativos, las aguas regeneradas tienen unas importantes ventajas: son un recurso estable al estar condicionado por el abastecimiento y en zonas costeras este aumenta en verano; es más barato que los trasvases o la desalinización, ya que consume menos energía que los anteriores métodos de incremento de la oferta. Con los tratamientos actuales su calidad es suficiente para la mayoría de los usos, por lo que carece de sentido usar agua de mejor calidad para el riego u otras actividades a un coste excesivo. Los tratamientos para la regeneración incrementan la garantía sanitaria en aquellas zonas en las que ya venían siendo utilizadas las aguas residuales con inferior tratamiento para el riego; mejoran la productividad de los cultivos, al eliminarse sustancias perjudiciales y eliminan la contaminación por vertido al dominio público, en caso de no reutilización directa. Derivados de estos hay que señalar otros beneficios indirectos que pueden obtenerse como la demanda de actividad en el sector de la construcción y la creación de empleo que conlleva el esfuerzo inversor en infraestructuras y el mantenimiento de la agricultura y sus valores ambientales, sociales y patrimoniales.

Garantizar la mayor eficiencia energética en el desarrollo del riego es prioritario para satisfacer la sostenibilidad de la actividad, en cuanto al uso de los recursos y viabilidad económica de la agricultura de regadío, dado el escenario actual de encarecimiento de las tarifas eléctricas, el posible incremento de consumo energético para los regantes debido a mejoras necesarias para optimizar la eficiencia hídrica del regadío, y los ajustados márgenes de algunas explotaciones agrarias. Parece necesario, promover el uso de energías de autoconsumo siempre que sea posible, y que las instalaciones generadoras de energía provengan de fuentes renovables.

En definitiva, se trataría de gestionar los recursos de forma integrada, en este caso las mejoras en la eficiencia de agua, suelos y energía son garantía de continuidad para el sector agrario, que tan íntimamente está relacionado con la calidad ambiental y la sostenibilidad. La combinación de políticas de oferta (trasvases, desalación, presas, canales...) y de gestión de la demanda (depuración de aguas residuales con posterior

reutilización, potenciación del ahorro en redes, modernización, distribución...) contribuirán a una mayor productividad y sostenibilidad de la agricultura en su conjunto.

Bibliografía

Aldaya, M.M. y Llamas, R. (eds.); *El agua en España: bases para un pacto de futuro*. Fundación Botín, 2012.

Azcuy Ameghino, E. y Fernández D.; “Yo acumulo, tú desacumulas, él se funde: en torno a los mecanismos económicos del proceso de concentración del capital en la agricultura argentina a comienzos del siglo XXI”. *V Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, 2007.

Banco Mundial; “Argentina, gestión de recursos hídricos”, Inf. 20729 AR, Washington D.C., agosto de 2000.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo); “Estrategia para el manejo integrado del agua para riego en Argentina”, AR-TC (ATN/WP-10332, PROSAP, 2007.

Caballer, V. y Guadalajada, N. *Valoración económica del agua de riego*; Madrid, Mundi-Prensa, 1998.

Cabrera, E.; et al; “Agua y Energía en España. Un reto complejo y fascinante”. *Jornada de Ingeniería del Agua, JIA 2009*, 2009.

Cabrera, E.; *El bombeo de aguas subterráneas. Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control*. Universidad Politécnica de Valencia, 2012.

Calcagno, A., Mendiburo, N. y Gaviño Novillo, M.; “Informe sobre la gestión del agua en la Republica Argentina. Agua para el siglo XXI: de la visión a la acción”, Global Water Partnership, 2000.

Camarero Rodríguez, F. (Coord.); *Huella hídrica, desarrollo y sostenibilidad en España*, Fundación MAFRE, 2011.

CEC (California Energy Comisión); “California’s Water- Energy Relationship. Final staff report”. CEC 700 – 2005 – 011 SF California Energy Comisión, State of California, noviembre de 2005.

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX); *Realización de una base de datos sobre los sistemas de reutilización de aguas depuradas en España*, Madrid, 2008.

Comisión Europea; “Ecologic-Institute for International and European Environmental Policy”, EU Water Saving Potential, <http://ecologic.eu/2175>, 2006.

Consejo Profesional de Ciencias Económicas; “La economía del agua”, Informe económico de coyuntura, Buenos Aires, 2004.

Comunidad de Madrid; “Guía sobre Hidroeficiencia Energética”, 2012.

Corrochano Codorniu, A.; *Nuevo real decreto sobre reutilización de aguas depuradas*, Ambianta, Madrid, MMA, 2008.

Ederra I. y Murugarren N. “La nueva tarifa eléctrica, la nueva escala de los precios del agua de riego”, Servicio de Asesoramiento al Regante, 02 de marzo de 2010.

EPSAR (Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales, Comunidad Valenciana); *Memoria*, 2009.

Fiorentino, R.; “La agricultura irrigada en Argentina y su contribución al desarrollo de las economías regionales”. Buenos Aires, Banco Mundial, Documento de Trabajo, http://www.rimisp.org/FCKeditor/UserFiles/File/documentos/docs/pdf/presentaciones_bm_3.pdf, 2005.

Génova, Leopoldo J. “Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina”. *1Rev. Fac. Agron.* Vol 110, Año 2, 2011, pp. 63-81, http://www.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/RevAgro_110_2__63_81.pdf.

Hoffman, G. L, Howell T. A, Solomon K. H (Eds.); “Management of Farm Irrigation Systems, American Society of Agricultural Engineers (ASAE)”, St. Joseph, MI 49085-9659, USA, 1990.

Hoffman, A.; “The connection: water and energy security”, *Institute for the analysis of globalsecurity*, www.iags.org, 2004.

Hardy, L. y Garrido, A.; “Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España”, *Papeles de Agua Virtual*, nº 6, Santander, Fundación Botín, 2010.

Hardy, L., Garrido, A. y Juana, L.; “Evaluation of Spain’s water–energy nexus”, *International Journal of Water Resources Development*, 28: 1, 2012, pp 151-170.

Herrick, J. E.; “Soil quality: an indicator of sustainable land management?”, *Applied Soil Ecology*, N 15, 2000.

Iagua; “La escasez de agua y la sequía, una preocupación esencial para muchas zonas de Europa”, Iagua, información y opinión sobre agua de la red, <http://iagua.es/2010/05/la-escasez-de-agua-y-la-sequia-una-preocupacion-esencial-para-muchas-zonas-de-europa/>, (Consultada el 22 de junio de 2010).

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía); “Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2011-2020”, *Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*, España, 2010.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía); “Plan de acción de ahorro y eficiencia energética, 2011-2020”, *Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*, España, 2011.

López Ortiz, M. I. y Melgarejo, J.; “Depuración y reutilización de aguas en España: los casos de la Comunidad Valenciana y Murcia”, en González Varas, S. (Coord.): *Nuevo Derecho de Aguas*, Navarra, Civitas/Thomson, 2007.

MAGRAMA; *Estrategia nacional para la modernización sostenible de los regadíos H2015*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2010.

MAGRAMA; *Anuario de Estadística Agraria 2011*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

MARM; *Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España*, 2006.

MARM; *Plan Nacional de Regadío-Horizonte 2008*, 2008.

MARM; “Agricultura y Biocarburantes”, *Agrinfo-Enfoque*, 2008.

Melgarejo Moreno, J. (Coord.); *El trasvase Tajo Segura. Repercusiones, económicas, sociales y ambientales en la cuenca del Segura*, Alicante, CAM, 2009.

Melgarejo Moreno, J.; “Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España”, *CLM Economía*, N° 15, 2009.

Melgarejo Moreno J. y Montaña Sanz B.; “La eficiencia energética en el trasvase Tajo – Segura”, *Cuides, Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, No. 3, Fundación CajaMar, 2009.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPYA); “Plan Nacional de

- Regadíos”, Madrid, 2001.
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA); *Libro blanco del Agua en España, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas*, Secretaria de Estado de Aguas y Costas, 2000.
- Miranda, O.; “Trayectoria tecnológica y uso del agua en la agricultura argentina bajo riego”. Simposio “El acceso al agua en América: historia, actualidad y perspectivas”, 53 *Congreso Internacional de Americanistas*, México, julio de 2009.
- OPTI (Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial); “Agua y Energía”, *Estudio Prospectiva*, Madrid, septiembre de 2009.
- Papadakis, J.; “Los climas de la República Argentina”, *INTA*, Buenos Aires, 1995.
- Pizarro, J. B.; “La evolución de la producción agropecuaria pampeana en la segunda mitad del siglo XX”, *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, N 18, 2003.
- Prats, D. y Melgarejo, J.; *Desalación y reutilización de aguas. Situación en la provincia de Alicante*, Coepa, 2006.
- Reboratti, C.; *Agricultura, Sociedad y Ambiente. Miradas y conflictos*, Buenos Aires, Flacso Argentina, 2010.
- Robin, M. M.; *El mundo según Monsanto: de la dioxina a los OMG. Una multinacional que les desea lo mejor*, Barcelona, Península, 2008.
- Soldano, F.; *La irrigación en la Argentina*, Buenos Aires, Casa Editora de Pedro García “El Ateneo”, 1923.
- Tellinghuisen, S.; “Water Conservation = Energy Conservation”, *Page*, N 11, Western Resource Advocates, 2009.
- Torres Corral, M.; “Avances técnicos en la desalación de agua”, *Revista Ambiental*, Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, 2004.
- Villarroel, A. y Garrido, A.; “Primeros indicadores de sostenibilidad en la agricultura y en la ganadería española”, Plataforma Tecnológica de la Agricultura Sostenible, http://www.agriculturasostenible.org/v_portal/informacion/informacionver.asp?cod=1788&te=414&idage=2198, 2011.
- Wang, Y. D.; “Integrated Policy and Planning for Water and Energy”, *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Educación*,

Issue 142, August 2009.