



Noviembre 2020

Renovables y eficiencia en el regadío

Materia adscrita: Conocimiento y
defensa del medio natural



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Participantes en el proyecto

Fernando Martínez Sandoval. Técnico de proyectos. Fundación Renovables

Mariano Sidrach de Cardona Ortín. Catedrático de Física Aplicada II. Universidad de Málaga

Domingo Jiménez Beltrán. Patrono. Fundación Renovables

Raquel Paule Martín. Directora General. Fundación Renovables

Manuel Abeledo Losada. Área Técnica. Fundación Renovables

Luis Morales Carballo. Responsable de Relaciones Institucionales y Comunicación. Fundación Renovables

Meritxell Bennasar Casasa. Responsable de Relaciones Institucionales e Internacionales. Fundación Renovables

Ismael Morales López. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables

Alexandra Llave. Colaboradora. Fundación Renovables

María Isabel Núñez García. Gerente. Fundación Renovables



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Pedro Heredia 8, 2º Derecha

28008 Madrid

www.fundacionrenovables.org



Índice

1. Introducción	5
2. Los cultivos en España	8
2.1. Tipos de cultivo	9
2.2 Sistemas de cultivo.....	11
2.3 Proceso productivo en la agricultura	16
3. Los consumos energéticos en la agricultura	22
4. El regadío	26
4.1 Impacto económico del regadío	28
4.2 Regadío y cambio climático.....	29
4.3 Consumo energético en el regadío	30
5. Renovables en el regadío. Bombeo fotovoltaico	33
5.1 Ejemplo de bombeo fotovoltaico.....	34
5.2 Análisis económico.....	36
6. Buenas prácticas	46
6.1 Ahorro en la tarifa eléctrica	46
6.2 Eficiencia energética en la bomba y en la instalación de riego	48
7. Apuesta por el desarrollo socio energético agrícola y rural	51
7.1 El binomio agua-energía	51
7.2 Agricultura sostenible y protección del suelo.....	52
7.3 Las renovables en la agricultura.....	53
7.4 Hacia una agricultura diversificada y multifuncional.....	54
7.5 Las nuevas comunidades de agricultores	56
Bibliografía	58
Índice de ilustraciones	59



Renovables y eficiencia en el regadío
Introducción



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

1. Introducción

El presente documento **“Renovables y eficiencia en la agricultura”** es el primero elaborado a partir de un análisis profundo que pretende identificar la situación actual de la agricultura en España y su relación con el consumo de energía. Esta nueva línea de investigación de la **Fundación Renovables** quiere ahondar en los problemas energéticos y medioambientales de la agricultura, un sector en el que aún queda mucho que hacer, respecto al tema energético. En este estudio se pretende identificar y analizar **el consumo energético en el regadío**, uno de los más representativos en el sector, junto con la maquinaria. A partir de este análisis, se realizan unas propuestas de mejores prácticas para eficiencia energética y se muestra que las energías renovables ya ofrecen opciones competitivas y que pueden jugar un papel protagonista en el presente y futuro próximo del sector agrícola.

La situación de emergencia climática que vivimos nos ha obligado a reflexionar sobre la necesidad de modificar nuestros hábitos y sistemas de producción, orientándolos hacia sistemas más eficientes que hagan un uso responsable de los recursos.

El último informe del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) [\[1\]](#) indica que **la agricultura es una de las principales causas de degradación de la tierra debido a una explotación sin precedentes y a la intensificación de la gestión de la tierra**. Entre 1961 y 2016, las emisiones de CO₂ debidas a actividades agrícolas casi se duplicaron y ahora representan más de la mitad de las emisiones totales. La industrialización agrícola de las últimas décadas ha provocado que el sector represente el 14% de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), sin incluir las emisiones indirectas asociadas al uso de energía en la fabricación de fertilizantes, producción y uso de maquinaria agrícola o transporte de productos que no se incluyen en el sector.

El suelo puede actuar como sumidero de carbono, pero esta característica se está viendo reducida por las actividades agrícolas intensivas que se llevan a cabo y el cambio climático. **El aumento de las lluvias, las inundaciones, las sequías, ..., así como la nueva agricultura industrializada están reduciendo la capacidad de los suelos para almacenar dióxido de carbono.**

A este problema se le suma el del consumo de agua. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura el 70% del consumo de agua dulce mundial se destina a la agricultura [\[2\]](#). Teniendo en cuenta que la población mundial alcanzará unos diez mil millones de personas en 2050, se espera que la demanda de alimentos aumente un 50%, con el consecuente incremento de la necesidad de agua. Este hecho sumado al descenso de las precipitaciones por el cambio climático provocará muchos problemas para satisfacer las necesidades de agua en todos los ámbitos. Además, nuestro país se incluye entre uno de los países que serán más castigados por la escasez de agua en 2040.





Los usos del agua suponen consumos de energía y viceversa y **este binomio agua-energía es protagonista en la agricultura**. La tecnificación e industrialización de la agricultura ha hecho que el consumo energético de esta haya aumentado anualmente y, aunque es cierto que esta tecnificación ha comenzado a tener en cuenta el uso eficiente del agua, no ha sido así para el uso de la energía.

Por todo ello, es necesario aplicar medidas en este sector de cara a realizar un **uso eficiente de la energía y del agua**, así como implantar prácticas que no degraden los suelos y el medio ambiente. En España, por el protagonismo de este sector y por ser uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático, se hace aún más urgente esta actuación.

Renovables y eficiencia en el regadío
Los cultivos en España



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

2. Los cultivos en España

En el territorio español confluyen diferentes factores que hacen que cualquier tipo de cultivo pueda prosperar. El **tipo de terreno** es uno de estos factores determinantes para el cultivo; la elección del tipo de suelo adecuado según lo que vaya a ser cultivado debe realizarse con precisión. La **orografía** española permite, además, que un gran número de ríos, tanto superficiales como subterráneos, recorran el terreno enriqueciéndolo de forma natural y permitiendo aprovechar este agua para los cultivos. Estas circunstancias hacen muy propicio el terreno para la agricultura, de hecho, **el 33% del territorio español está destinado a tierras de cultivo**.

A estas dos características, el terreno y la orografía, se le suman las horas de sol, con una media en torno a las 2.500 horas de sol anuales. La luz solar, junto con los nutrientes que absorben las plantas juega un papel principal en el proceso de alimentación de estas, permitiendo que crezcan con fuerza y rapidez.

Por último, los distintos climas presentes en el territorio nacional, destacando como principales el Atlántico, el Mediterráneo, el de Montaña y el Subtropical, permiten que se puedan llevar a cabo una gran variedad de cultivos, ya sean de secano o de regadío.

Muestra de la importancia de la agricultura en el país es que **la Superficie Agraria Útil de España (SAU) supone más de 23 millones de hectáreas**, casi la mitad del territorio español, de las cuáles en torno a los 17 millones de hectáreas son de cultivo.



Ilustración 1. Superficie agraria utilizada España.

Fuente: MAPA.



2.1. Tipos de cultivo

La agricultura española presenta una gran variedad de cultivos debido, principalmente, a dos de los factores citados anteriormente como son la variedad de suelos y de zonas climáticas presentes en el territorio. Este hecho provoca que haya grandes diferencias de unas Comunidades Autónomas (CC.AA.) a otras, tanto en los tipos de cultivos como en los métodos agrícolas que se utilizan.

a. Cereales

Los cereales son los cultivos más extendidos en España en cuanto a ocupación territorial se refiere, desatacando entre ellos el trigo, el maíz o la cebada. Se pueden cultivar en cualquier época del año y el factor que más influye en su crecimiento son las condiciones químicas y físicas del suelo. Las CCAA en las que más destaca su cultivo son Castilla y León, Castilla La Mancha, Aragón y Andalucía. Los cereales más destacados para alimentación humana son el trigo y el arroz, para alimentación animal la cebada, el maíz, la avena y el centeno y, por último, para la producción de biocarburantes la cebada y el trigo.

En España se cultivan una media de 6 millones de hectáreas de cereales, siendo el sector que ocupa una mayor superficie territorial y de distribución a lo largo de todo el territorio. En el año 2018 el sector tuvo un valor de producción estimado de más de 4.000M€, ocupando, además, el quinto puesto como productor de la Unión Europea (EU).

Los cultivos principales en España, teniendo en cuenta la superficie ocupada, **son la cebada, el trigo y la avena**. El 85% de estas explotaciones son de secano, frente al 15% de regadío que, por otro lado, ha ido en aumento en los últimos años.

b. El olivo

El olivo es otro de los cultivos más importantes en España, tanto para el consumo de la aceituna como para la producción de aceite de oliva. España es el principal productor mundial de este producto y supone una gran fuente de ingresos para el país, así como la generación de empleo.

La aceituna de mesa suele tener un valor medio de producción de unos 270M€ cada campaña y el aceite de oliva en torno a 1.886M€ y generan alrededor de 9 y 46 millones de jornales cada campaña, respectivamente.

La superficie de este cultivo es destinada, en su mayor parte, a la producción de aceite de oliva y se concentra en Andalucía, con un 80%, y en Extremadura, con el 18%. Es el segundo cultivo con mayor superficie después de los cereales. En su mayoría son



cultivos de secano y se caracterizan por su marcado carácter vecero que supone alternancia de producciones altas y bajas entre unas cosechas y otras.

En cuanto a la aceituna de mesa, España es el primer exportador mundial estando presente en más de 100 países en los cinco continentes. Respecto al aceite de oliva es el cuarto producto alimentario más exportado, sólo por detrás de los cítricos, el vino y la carne de porcino. En ambos casos, más del 60% de la producción es exportada a otros países.

c. Los viñedos

Los viñedos son otro de los cultivos más representativos en España y en su producción podemos diferenciar la uva de mesa y la uva para la transformación en vino a la cual se destina la mayor parte de la producción. El vino español es considerado de gran calidad y compite con los mejores vinos internacionales.

España cuenta con casi un millón de hectáreas de viñedo lo que representa en torno al 13% del total mundial, produciéndose una media anual de vino y mosto de entre 40 y 42 millones de hectolitros. La facturación total del sector asciende a más de 6.000M€ y representa alrededor del 1% del PIB. Además, el cultivo del viñedo genera unos 18 millones de jornales al año.

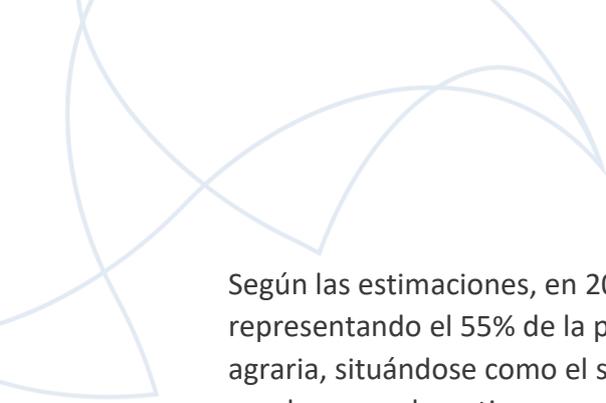
La superficie de cultivo ronda el millón de hectáreas y más del 90% está destinada a la producción de uva de vinificación, de la que el 50% se dedica a las variedades tintas. La producción de este cultivo varía mucho de un año a otro ya que es bastante sensible a las condiciones climatológicas. En todo el territorio español hay campos de viñedos, pero donde más se concentran y mejores condiciones climáticas existen para su correcto crecimiento es en Castilla La Mancha, La Rioja, Cataluña y Extremadura.

En el mercado exterior España es el mayor exportador de vino en volumen, por delante de países como Francia o Italia, y respecto al valor económico España suele ocupar la tercera posición por detrás de estos dos países. La mayoría de las exportaciones se destinan a los países europeos, pero también destacan las destinadas a Estados Unidos y China.

d. Frutas y hortalizas

El clima mediterráneo español permite cultivar una gran variedad de frutas y hortalizas, un gran número de productos con modelos de producción muy diversos en todo el territorio español. Prácticamente en todas las CC.AA. se produce una hortaliza o fruta característica.





Según las estimaciones, en 2018 el sector hortofrutícola representó unos 17.700M€, representando el 55% de la producción vegetal final y en torno al 30% de la rama agraria, situándose como el sector más importante del conjunto agrario. El 25% de los empleos anuales a tiempo completo del sector agrario se dedican a frutas y hortalizas, unos 200.000. Además, a este empleo directo se le suman 100.000 empleos indirectos en labores de manipulación y envasado de la producción.

La superficie dedicada al cultivo de frutas y hortalizas en España era de unas 1.755.000 hectáreas en 2017, un 8% más que la media de los últimos 5 años. Además, existe una tendencia a incrementar la superficie destinada a hortalizas y frutas tropicales, mientras que la de fruta dulce se mantiene estable y la de cítricos presenta un retroceso. El 25% de la producción hortofrutícola europea proviene de España y ocupa la sexta posición a nivel mundial. Más del 50% de la producción es de hortalizas, a la que siguen los cítricos con un 24% y la fruta dulce con un 11%.

En cuanto al comercio exterior, España es el primer exportador de la UE y uno de los tres primeros exportadores mundiales, junto con China y Estados Unidos. Dentro de los subsectores del conjunto agrícola es el que más exporta con un 50% de la producción. En 2017 el valor de las exportaciones fue de 15.000M€.

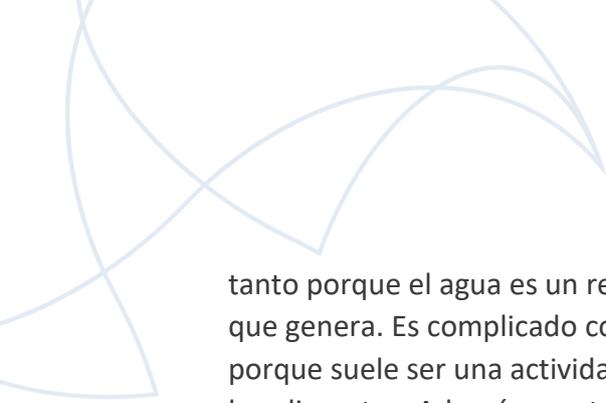
Entre los principales productos exportados se encuentran las hortalizas de invernadero como el tomate, el pepino y el pimiento además de cítricos, melocotón y nectarina.

2.2 Sistemas de cultivo

Existen distintos sistemas de cultivo según la disponibilidad del agua, elemento fundamental en la agricultura. Según el uso de esta dividimos principalmente entre **sistemas de secano**, en los que el aporte de agua depende exclusivamente de las precipitaciones, y **sistemas de regadío** en los que se realiza un aporte de agua al cultivo. Existe un tercer tipo de cultivo: **los invernaderos**, en los que el cultivo se realiza en el interior de una estructura o cubierta y que también suelen contar con un sistema de riego.

Los mayores rendimientos en cultivos se obtienen con el regadío, duplicando a los de secano. A pesar de ello, el regadío contribuye menos a la producción agrícola que el secano. De las tierras cultivadas en todo el mundo, en torno al 80% usan agricultura de secano y producen más del 60% de alimentos en todo el mundo. En zonas de secano o con falta de agua predomina, claramente, la agricultura de secano ya que los cultivos de riego no resultan viables económicamente por los elevados costes. **En España, de acuerdo con la situación global, el tipo de cultivo más generalizado es el de secano, pero, sin embargo, el cultivo de regadío aporta más producción que el de secano.**

Los cultivos de riego han ido aumentando mucho en estos últimos años, pero se debe tener especial cuidado porque es una actividad cada vez más en el punto de mira,



tanto porque el agua es un recurso cada vez más escaso como por los costes externos que genera. Es complicado conocer los costes reales del regadío, principalmente porque suele ser una actividad subvencionada y no se repercuten en el precio final de los alimentos. Además, a estos costes económicos hay que sumarles los medioambientales. **Los riegos intensivos pueden causar en las tierras anegamiento y salinización haciendo que el área disponible para cultivo se reduzca principalmente por los efectos de esta última.** Según algunas estimaciones, el 30% de las tierras regadas están moderada o totalmente afectadas. El uso del agua en el riego requiere de estudios precisos y de mejoras en la eficiencia para reducir y evitar, en la medida de lo posible, los daños medioambientales y el derroche de este recurso tan valioso.

a. Cultivo de secano

El **cultivo de secano** es el tipo de agricultura más antiguo. Se caracteriza por no usar ningún sistema de riego y, por tanto, los cultivos se alimentan únicamente por el agua de las precipitaciones. Por este hecho, donde más se extiende es en zonas semiáridas como es el caso de España, principalmente en zonas en las que la precipitación anual es inferior a 500 mm.

Los cultivos de secano se basan en técnicas específicas que se centran en el uso eficiente y eficaz de la humedad del suelo. Es muy importante conocer los factores que influyen en la producción, así como la posible desertificación o los planes de acción para evitar que esto ocurra y no se produzca degradación de los terrenos. Se centra, principalmente, en la conservación y el uso adecuado del agua y del suelo, por lo que en este tipo de cultivos influyen mucho los problemas medioambientales, así como los factores políticos y económicos.

En la agricultura de secano es muy importante evaluar los riesgos y desarrollar un programa de acción que permita un sistema de agua complementario para adaptarse a los cambios naturales como la escasez de precipitaciones que pueden provocar grandes problemas en la producción.

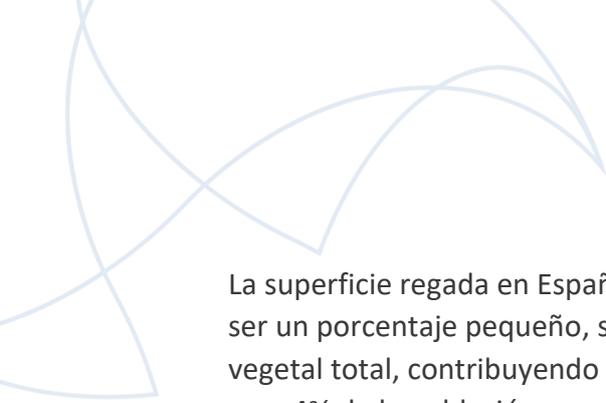
En España, como se ha mencionado antes, los cultivos de secano ocupan en torno al 80% de las tierras cultivadas y entre ellos se encuentran cereales (trigo, cebada, avena y centeno), leguminosas (garbanzos, judías y lentejas), el olivo y los viñedos. Cada tipo de cultivo tiene sus características particulares y dependiendo del sistema utilizado estas pueden variar. En el caso del olivo, por ejemplo, utilizar un sistema de secano permite que la aceituna contenga menos cantidad de agua y produzca un aceite de mayor calidad.

b. Cultivo de regadío

Los cultivos de regadío son aquellos que, como su nombre indica, necesitan del aporte de agua para el correcto desarrollo del cultivo. Esto implica que necesiten mayores inversiones iniciales, tanto por la necesaria instalación de infraestructuras, de sistemas tecnológicos y los mayores consumos energéticos que estos implican, además de la necesidad de **bombear el agua de riego**. Los cultivos de regadío tienen grandes consumos de agua y la escasez de este recurso está generando grandes problemas. Existen distintos tipos de regadío según la técnica usada para ello, pero los principales y más característicos son:

- **Riego de superficie o gravedad.** Consiste en la distribución del agua a través de canales o surcos. Para ello, es necesario contar con un estanque o embalse lo suficientemente grande para acumular el agua que se distribuirá al cultivo mediante la fuerza de la gravedad. Es uno de los métodos más antiguos de regadío y requiere conocer bien la capacidad de saturación del suelo que se riega y el tipo de plantación más adecuada para este. Este tipo de riego es de los que menor inversión económica inicial necesita y de los que menor consumo energético tiene al funcionar únicamente por gravedad, excepto en el caso en el que sea necesario bombear el agua del embalse.
- **Riego por aspersión.** El agua se distribuye a través de tuberías de alta presión hasta los mecanismos de aspersión. Los sistemas de distribución pueden ser fijos, cubriendo la totalidad de la parcela, o portátiles, efectuando el riego por zonas. El riego por aspersión es uno de los más usados y dependiendo del sistema pueden tener mayor o menor coste. Estos sistemas permiten automatizar y requieren de inversiones iniciales elevadas, aunque también tienen un alto margen de mejora de la eficiencia.
- **Riego localizado.** El más característico es el riego por goteo, en el que el agua se distribuye a través de orificios emisores o goteros. Suele ser un sistema fijo, pudiendo estar enterrado el sistema de distribución. Es el riego más utilizado en las zonas áridas con escasez de agua y el agua se distribuye ya filtrada y con fertilizantes. Este tipo de riego permite evitar fluctuaciones en la humedad del suelo y un crecimiento adecuado del sistema de raíces. Además, evita el crecimiento de la maleza al concentrarse el riego y no realizarlo en toda la parcela. Otra de sus ventajas principales es que permite un uso eficiente del agua.

La elección de un método u otro depende de diversos factores como son la topología del terreno, las características del suelo, el tipo de cultivo, el acceso al agua y su calidad y el efecto en el medio ambiente.



La superficie regada en España supone en torno a un 20% de la SAU, pero, a pesar de ser un porcentaje pequeño, su producción representa más del 50% de la producción vegetal total, contribuyendo con un 2,4% al Producto Interior Bruto (PIB) y empleando a un 4% de la población.

Sin embargo, el potencial productivo de este tipo de agricultura tiene en contra algunos factores como son la escasez de agua en nuestro país, la competencia de otros sectores que usan este recurso o los problemas medioambientales.

Los cultivos de regadío no pueden depender de la estación o de las precipitaciones y necesitan un aporte constante de agua como en el caso de algunas frutas y hortalizas y el arroz, que necesita abundante agua para su desarrollo, o los cereales.

c. Los huertos

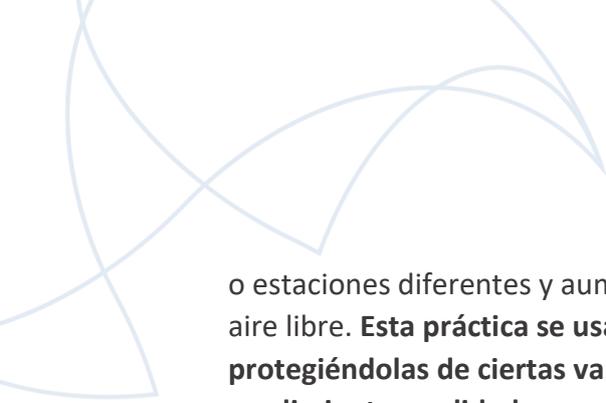
Entre los cultivos de regadío cabe hacer una especial mención a los huertos, espacios destinados principalmente al cultivo de vegetales y hortalizas. Pueden ser de distintos tamaños, clases de cultivo y formas de riego. Son un tipo de cultivo de regadío muy frecuente en las vegas de los ríos al necesitar de cantidades abundantes de agua, aunque la extensión del riego por goteo, muy eficaz en este caso, aumenta la eficiencia en el uso del agua y permite su implantación en distintas zonas geográficas.

Una de las características más atractivas de los huertos es que permiten espacios cultivados de cualquier tamaño por lo que no se centran en una producción masiva. Este hecho provoca que muchos de ellos no estén destinados a una gran producción buscando únicamente la ganancia económica, sino a generar una producción para consumo familiar o local. Esta característica es la que los hace diferentes a otros tipos de cultivo.

Los huertos están adquiriendo en la actualidad cada vez más importancia ya que son espacios de cultivo que no alteran el espacio natural ni tienen grandes impactos en el medio ambiente. Además, alimentan la tierra en la que se cultiva. Los productos obtenidos tienen la ventaja de ser mucho más naturales y saludables ya que no suelen utilizar pesticidas y permiten la conexión con la naturaleza, a la vez que se producen alimentos para autoconsumo y se reducen gastos económicos.

d. Los invernaderos

Los invernaderos son otro tipo de cultivo especial que, casi en su totalidad, también necesitan sistemas de regadío. Son estructuras cerradas cubiertas por materiales transparentes, habitualmente vidrio o plástico, permitiendo el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales que posibilitan establecer microclimas. De esta forma, se pueden desarrollar cultivos agropecuarios en periodos



o estaciones diferentes y aumentar la producción en comparación con los cultivos al aire libre. **Esta práctica se usa principalmente para el cultivo de hortalizas, protegiéndolas de ciertas variaciones del clima y logrando cosechas de mayor rendimiento y calidad.**

Entre las ventajas de los invernaderos están la precocidad en los frutos, alimentos de calidad y la mejora del rendimiento, una producción fuera de época, el ahorro de agua y fertilizantes y un mejor control de insectos y enfermedades, pero como contrapartida requieren altas inversiones iniciales y mayores costes de operación, además de una mayor especialización que otros cultivos tradicionales.

A la hora de elegir un tipo de invernadero u otro se deben tener en cuenta diversos factores como son la topografía, el viento, las características climáticas de la zona geográfica, las exigencias bioclimáticas según el cultivo, la disponibilidad de mano de obra y otros recursos y el mercado.

Existen diversos tipos de invernaderos según las diferentes características como las temperaturas a mantener (fríos, templados o cálidos), los materiales de cubierta (vidrio o plástico), la estructura (madera, acero, hormigón o aluminio) y su forma (capilla, curvo o parral). **Los invernaderos más comúnmente utilizados son los de cubierta de plástico.**

En España, la agricultura con métodos clásicos ha sufrido una reducción en las últimas décadas, pero se han extendido nuevos métodos de cultivo como los invernaderos. Esta tecnología ha permitido mejorar la productividad y la calidad de los productos, así como la eficiencia en los procesos y las condiciones de trabajo. En cuanto a superficie de invernaderos España ocupa el segundo lugar por detrás solo de China, concentrándose en su mayoría en Andalucía, sobre todo en Almería, Murcia y Canarias.

En cuanto a los cultivos bajo invernadero en España más del 80% se dedicada al cultivo de hortalizas, destinando el resto a flores y plantas ornamentales y, en menor medida, a frutas. **En algunos invernaderos se dan dos e incluso tres ciclos de cultivo al año, combinando cultivos de otoño/invierno con otros de primavera.**

A pesar de las ventajas de los invernaderos se debe prestar especial atención a los problemas medioambientales que crean relacionados con el plástico y los plaguicidas que utilizan. La agricultura intensiva de invernaderos genera anualmente una gran cantidad de plástico al renovar sus cubiertas. Para evitar el problema se necesitan planes de incineración y reciclado adecuados para que estos plásticos se traten convenientemente evitando que se formen vertederos incontrolados. De la misma forma, la mala utilización de los plaguicidas puede generar problemas graves para la salud y el medio ambiente, al contar con compuestos químicos tóxicos que pueden generar problemas en ríos y aguas costeras.

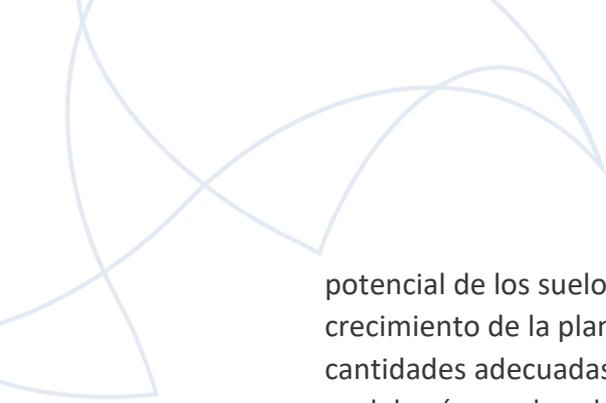
2.3 Proceso productivo en la agricultura

En la agricultura, desde que se inicia la preparación del suelo hasta que se obtiene la producción para el consumo, transcurren diferentes fases en las que se requieren distintos recursos físicos, mecánicos y energéticos. En todo el proceso agrícola, desde la preparación del terreno a la comercialización del producto, se utilizan distintas técnicas que se han ido desarrollando a lo largo de los años y que dependerán del tipo de cultivo que se trabaje. Aunque estas técnicas difieran según el cultivo hay unas fases principales comunes a cualquiera de ellos:

a. Preparación del terreno. Pre labranza y labranza

El primer paso, antes de proceder a la siembra, es la preparación de la tierra para que esta adquiera los nutrientes y la humedad adecuadas para que pueda absorber la cantidad de agua necesaria para el correcto crecimiento de la planta. En esta etapa, si son necesarios, también se aplican herbicidas, fertilizantes o plaguicidas. Existen distintos tipos de labranza para la tierra:

- **Labranza convencional.** Es el tipo de laboreo utilizado convencionalmente en el que se invierten y mezclan las primeras capas del suelo, en torno a los primeros 15 cm, mediante aperos. Implica más de una operación de corte e inversión del suelo para airearlo y mezclarlo facilitando la penetración del agua y de los nutrientes y reduciendo la probabilidad de plagas en la superficie. Esta técnica también hace que se reduzca rápidamente la cobertura del suelo arado, acelerando procesos como la degradación de la materia orgánica, por lo que se realiza en varias ocasiones, aunque provoca una mayor erosión del suelo.
- **Labranza mínima.** La labranza mínima es similar a la anterior, con la diferencia de que los cortes e inversiones del suelo son mínimos y se suelen hacer únicamente en la zona en la que se plantará, no en la totalidad del suelo. Este tipo de labranza permite reducir el riesgo de erosión al quedar más restos de plantas sobre la tierra.
- **Siembra directa.** Como su nombre indica, no se realiza la labranza del suelo, sino que se siembra directamente únicamente aflojando el suelo en la zona en la que se planta la semilla. Es el mejor sistema para evitar la erosión del suelo, pero, sin embargo, suele necesitar, en muchas ocasiones, herbicidas y/o fertilizantes porque la mineralización de los nutrientes suele ser más lenta.
- **Agricultura de precisión.** Es un tipo de preparación del suelo más moderno en el que se realizan estudios de las condiciones ideales del suelo, de los productos químicos a utilizar, de las semillas más idóneas, etc. Se estudia el



potencial de los suelos en función de sus características, así como el crecimiento de la planta una vez se inicia. De esta forma, se controlan las cantidades adecuadas de fertilizantes en función del potencial del suelo, cómo se deberá cosechar de forma adecuada o cómo evitar la maleza o las plagas con la dosificación de productos químicos.

b. Siembra o plantación

En primer lugar, es importante distinguir entre sembrar y plantar ya que son procesos diferentes. **Plantar**, como su nombre indica, **es colocar una planta, normalmente pequeña o joven como un esqueje en el terreno**. Es la técnica que se suele utilizar, por ejemplo, para árboles frutales. Por otro lado, **el proceso de siembra consiste en colocar una semilla directamente en el terreno**, como en el caso de las hortalizas o los cereales. En ambos casos es muy importante la elección del terreno y la climatología según la especie de cultivo.

La técnica del sembrado ha ido transformándose a lo largo de los años, pasando de un proceso más artesanal a estar cada vez más mecanizado. Los dos tipos principales de siembra son **“a voleo”**, en el que las semillas se esparcen de forma desorganizada por el terreno, en ocasiones se revuelve la tierra después para que esta no quede al descubierto. El otro tipo es **“en hoyo”**, en el que la semilla se coloca en el espacio previamente preparado y normalmente organizado en hileras. En el caso de siembras de poca cantidad se pueden usar otros métodos como siembra en contenedores, en semilleros, etc.

En grandes plantaciones cada vez son más utilizadas las **máquinas sembradoras**, que ofrecen la distribución automática de las semillas de forma más eficiente por el ahorro de tiempo y el aprovechamiento de los recursos, principalmente por la reducción de costes en la mano de obra y la rapidez en espacios amplios. Otra de las ventajas es que la misma máquina permite el labrado o apertura de surcos en el terreno antes de realizar la plantación de las semillas. Existen sembradoras de distintos tipos, adaptables a diferentes cultivos y siembras, si bien las más usadas son de **precisión, a chorrillo y neumáticas**.

Ocurre lo mismo en el caso de los árboles que ha ido evolucionando hacia la intensificación y progresiva mecanización de la plantación y tratamiento. Los sistemas de plantación han evolucionado hacia la búsqueda de árboles más pequeños, con copas que facilitan el acceso y de forma más eficiente a personas y máquinas. En el caso de la fruta dulce la mayoría de las operaciones, como la poda o la recolección, dependen más de la mano de obra, pero para la fruta seca la mayor parte de operaciones son completamente mecanizadas. Este hecho, más evidente en grandes explotaciones, hace que la mano de obra necesaria sea cada vez más especializada.

c. Cosecha

La cosecha es el proceso de separación de la planta del producto que se comercializa, ya sean frutos, raíces, bulbos, tubérculos, tallos, etc. Con esta etapa finaliza el proceso de cultivo, para a continuación abordar la preparación y el acondicionamiento para la comercialización.

La recolección o cosecha puede ser manual, mecánica o una combinación de ambas. El uso de un proceso u otro dependerá del cultivo. La recolección manual se utiliza más en el caso de los productos para el consumo en fresco, mientras que la mecanizada se usa con productos resistentes al daño mecánico y en producciones de grandes extensiones con fines industriales.

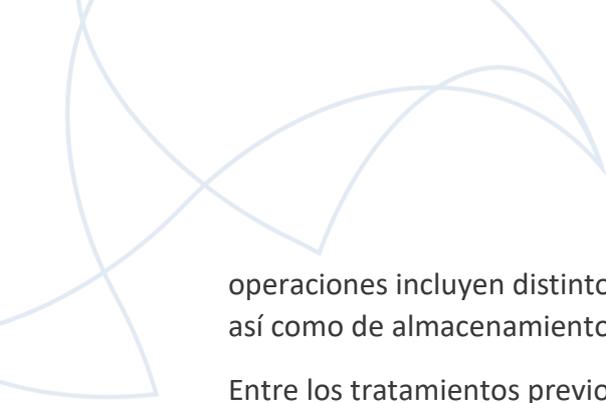
La cosecha mecanizada necesita menos tiempo y tiene un menor coste por tonelada recolectada, pero, al dañar la cosecha, solo puede ser usada en cultivos de maduración concentrada. Este tipo de cosechas necesita inversiones iniciales importantes, a lo que hay que sumar los costes de mantenimiento. Otro de los inconvenientes de la cosecha mecanizada es que todo el proceso de cultivo debe estar mecanizado, desde la siembra a la preparación del producto, así como la venta adaptada a grandes volúmenes. La recolección manual, sin embargo, no requiere grandes inversiones iniciales y se adapta perfectamente a la maduración del producto, obteniendo así productos con un adecuado estado de madurez, de mayor calidad y con menores daños.

La madurez es un factor primordial que tener en cuenta a la hora de la cosecha. Para los frutos que son aptos para el consumo cuando adquieren ciertas características de color, textura y sabor se habla de **madurez**, pero en el caso de especies que no sufren transformación, se trata de **momento de cosecha**. También es importante distinguir entre la **madurez comercial** para la que se tienen en cuenta las condiciones del producto requeridas por el mercado al que va destinado y la **madurez fisiológica** que se refiere al momento de estado del producto en el que se ha alcanzado el máximo crecimiento y maduración.

Una vez finalizada la cosecha del producto, la siguiente fase es **el transporte** que dependerá del destino del producto, del consumo fresco y de la producción a una mayor o menor escala.

d. Tratamientos y comercialización

Una vez recolectado el producto agrícola, se procede con las **operaciones post cosecha** y en fábrica las más comunes son **el secado, el almacenamiento y el empaque**. De todo el proceso estas son las operaciones que demandan un mayor consumo energético ya que, en la mayoría de los casos, están más tecnificadas. Estas



operaciones incluyen distintos tratamientos y acondicionamientos para el producto, así como de almacenamiento para la posterior distribución.

Entre los tratamientos previos podemos encontrar **la limpieza, la selección o el secado**. La función primordial de la limpieza es la eliminación de materiales extraños o diferentes al producto que mezclados pueden reducir la calidad de este. Se puede hacer por métodos secos, como el cepillado y el tamizado, o húmedos como el lavado con agua.

Los distintos tipos de secado se han ido perfeccionando con el paso del tiempo, aunque la técnica de secado utilizada dependerá de las condiciones climáticas. El secado se usa para distintas producciones agrícolas, pero, sobre todo, para el secado de granos. En ocasiones este se puede realizar de forma natural sin necesidad de maquinaria, pero a veces esto no es posible, por lo que se necesitan máquinas como los secadores. Esto requiere altos costes de inversión, en ocasiones inviables, empleados instruidos y tener en cuenta el volumen de producción, la energía disponible y su coste.

A causa de este coste inicial, para que el uso de máquinas de secado sea económicamente viable debe haber un nivel de producción mínimo. Esto no quiere decir que esta tecnología sea recomendable únicamente para grandes producciones, las diferentes técnicas de secado permiten adaptarse a los distintos tipos de producción.

El secado natural o tradicional consiste en colocar el producto al aire libre. Este método no requiere costes, pero tiene inconvenientes como que el alimento no se seque adecuadamente y que pueda quedar expuesto a polvo, insectos u otros animales.

Un método natural más eficaz y sin costes energéticos es el uso de **secadores solares**. Estos mecanismos aprovechan los rayos del sol transformándolos en calor mediante colectores solares y así el producto se encuentra protegido en el interior de las estructuras. Esta técnica no requiere gran inversión ni tendrá costes energéticos. En ocasiones, para grandes producciones o por necesidad de agilizar el proceso, estos secadores disponen de un sistema complementario de calefacción.

El almacenamiento y la conservación de los productos agrícolas deben garantizar la óptima conservación del producto y una prolongada duración de las condiciones hasta su venta. El almacenamiento se puede realizar a temperatura ambiente o en refrigeración, en cualquier caso, es muy importante **controlar las condiciones higiénicas para mantener la calidad del producto**.

El proceso final de acondicionamiento del productor para el transporte y la venta es el **empaque**. La finalidad de este es facilitar el manejo, el almacenamiento y proteger el producto. Este proceso dependerá del producto y en muchas ocasiones se realizan la selección y el empaque en la misma línea de tratamiento. En almacenes pequeños la

forma de envasado suele ser manual, así como la clasificación. Sin embargo, en almacenes de mayor tamaño se utilizan sistemas mecanizados para el embalaje.

Una vez finalizado el tratamiento en fábrica se procede al **transporte del producto**, que dependerá mucho de las distancias y que, a su vez, influirá en el empaque y almacenamiento. Si el producto es enviado a cortas distancias los tratamientos de almacenamiento y empaque serán más sencillos, pero si se exporta a largas distancias se deberán realizar tratamientos y empaques más precisos para mantener la calidad.

e. Transporte

El transporte de los productos recolectados dependerá, en gran medida, del destino del producto: por ejemplo, cuando el producto es para autoconsumo, consumo fresco o local, el transporte tendrá una menor incidencia en el producto final. Sin embargo, cuando hablamos de producción a gran escala donde los productos se transportan grandes distancias o incluso se exportan a otros países, el transporte es una etapa que adquiere relevancia y se debe realizar con sumo cuidado.

La primera fase del transporte sería desde el lugar de la cosecha a la fábrica donde se tratará o almacenará el producto para su distribución. Esta fase suele tener distancias cortas ya que las fábricas están estratégicamente situadas en zonas cercanas a las cosechas. Será en la distribución, después de fábrica, cuando el transporte adquirirá aún más importancia.

El transporte de los productos agrícolas, así como la distribución y su almacenamiento, están regulados por una serie de normas, leyes y acuerdos internacionales de obligado cumplimiento que definen las condiciones que se deben cumplir en cuanto a temperatura, envasado, vehículos, etc. **El objetivo es garantizar que los alimentos lleguen a buen estado a los consumidores.**

Renovables y eficiencia en el regadío
Los consumos energéticos en la
agricultura



FUNDACIÓN
RENOVABLES

3. Los consumos energéticos en la agricultura

El sector agrícola en España es fundamental para la economía y es de especial interés por su alta dependencia de recursos como la energía y el agua, así como por los efectos que tiene en el suelo y el medio ambiente.

Las actividades agrícolas requieren de grandes cantidades de energía y emiten consecuentemente Gases de Efecto Invernadero que contribuyen al cambio climático, cuyas consecuencias tienen efectos adversos para el propio sector como la falta de agua en épocas de sequías o la variación de las temperaturas. En España, la relevancia del sector en la economía y el empleo, así como el hecho de encontrarse en una de las zonas geográficas de mayor riesgo frente al cambio climático, hacen necesario implementar en el sector medidas que reduzcan sus consumos energéticos y la contaminación, a la vez que respeten el medio natural.

El impacto ambiental del sector agrícola se refleja también en las emisiones de GEI asociadas a este que suelen representar un 4% de las anuales de España, sin tener en cuenta las de las actividades asociadas como el transporte o los tratamientos posteriores a la recolección. Teniendo en cuenta esto y la alta dependencia del sector del consumo de recursos naturales, es evidente la necesidad de adoptar medidas frente a la incertidumbre y a las dificultades que plantean los escenarios futuros para el sector.

Es necesario adoptar medidas de eficiencia energética que reduzcan los consumos y la dependencia de los combustibles fósiles, a la vez que las emisiones asociadas. Además, esto reduciría los costes económicos en energía, que no han dejado de ascender para los agricultores en los últimos años. Es necesarios identificar los consumos energéticos predominantes en el sector y las posibles **soluciones de eficiencia energética y de aprovechamiento de energías renovables**.

Los consumos energéticos directos del sector agrícola, es decir, sin incluir pesca y ganadería, representan en torno al **3% anual de la energía consumida en el país**, sin tener en cuenta los consumos derivados.

Según datos de la UE, de la energía consumida en agricultura en la UE-27, el consumo de combustibles fósiles supone en torno a un 50% de la energía total consumida, seguido de la electricidad que representa un 20% y el gas un 17%. La energía consumida proveniente de fuentes de energía renovables equivale únicamente a un 8%. **En España esta situación es aún peor ya que más del 70% de la energía que se consume en el sector proviene de combustibles fósiles, algo menos de un 20% en electricidad, un 6% en gas y únicamente un 3% en energías renovables.**



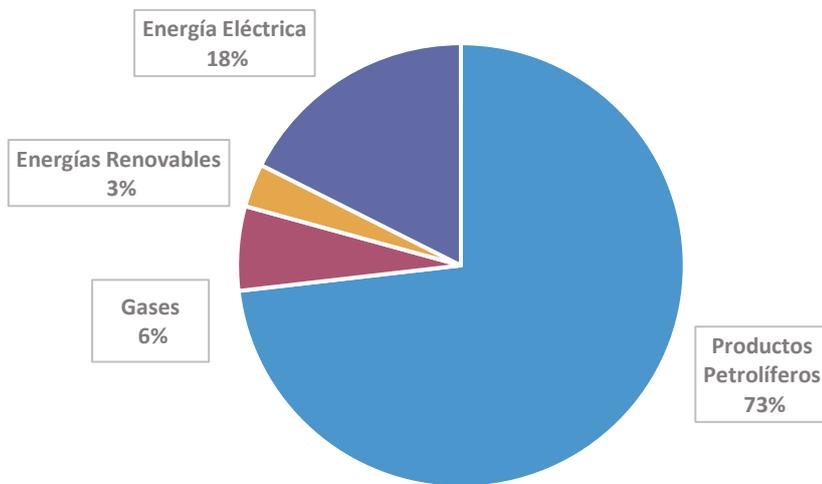


Ilustración 2. Distribución de fuentes energéticas en agricultura. 2018.
Fuente: IDAE.

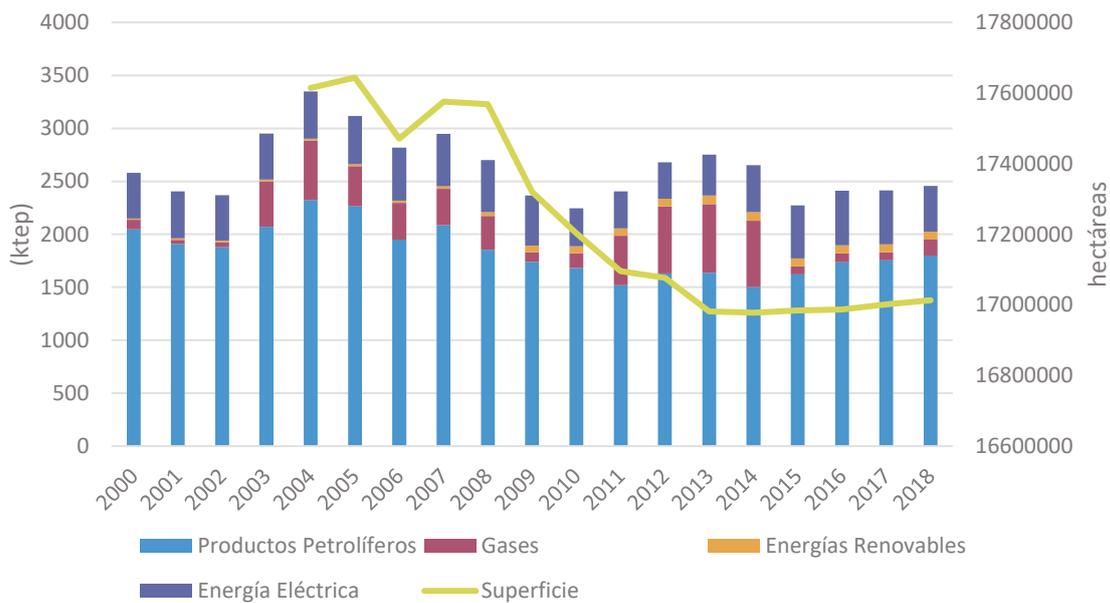


Ilustración 3. Evolución del consumo energético y la superficie cultivada.
Fuente: IDAE y MAPA.

En la *Ilustración 3* se muestra la evolución del consumo energético en la agricultura y la superficie cultivada entre 2000 y 2018 y podemos observar que no ha habido una reducción de los consumos por una mejora de la eficiencia en la agricultura. Es decir, a pesar del descenso de la superficie cultivada y de las medidas de eficiencia aplicadas





en el sector, el consumo de energía se mantiene, principalmente por la sustitución de cultivos de secano por cultivos regadío, que, al estar más tecnificados, necesitan una mayor cantidad de energía.

En cualquier caso, es innegable que la sostenibilidad y la eficiencia energética en el sector agrícola deberían convertirse en un eje prioritario: para los agricultores puede traducirse en un ahorro energético y, por tanto, en una mayor competitividad, y para el país en su conjunto puede suponer el ahorro de una gran cantidad de energía proveniente de combustibles fósiles, dado el consumo del sector, y, por consiguiente, dar un paso importante para liberarse de la excesiva dependencia energética actual.

En torno al 70% de la energía total consumida en el sector corresponde a maquinaria agrícola y regadíos. En concreto, según el estudio de *Espinosa-Tasón, Jaime & Berbel, Julio & Gutiérrez-Martín, Carlos, 2020. "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 233(C)*, sólo el regadío y la maquinaria asociada a este representan actualmente el 60% de la energía consumida en agricultura.



Renovables y eficiencia en el regadío
El regadío



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

4. El regadío

El regadío supone en España el 65% de la producción vegetal. En los últimos años se han ido sustituyendo cultivos de secano por regadío y se seguirá haciendo debido a la escasez de lluvias y a la tecnificación que este permite de cara al ahorro y la eficiencia.

España es el primer país en superficie de regadío de la UE, con 3.733.695 ha, pasando de un 19% de la superficie total de cultivo en 2004 a un 22% actual. De esta, en torno a un 50% es de riego localizado y la otra mitad se divide, casi a partes iguales, entre el riego por aspersión y el riego por gravedad.

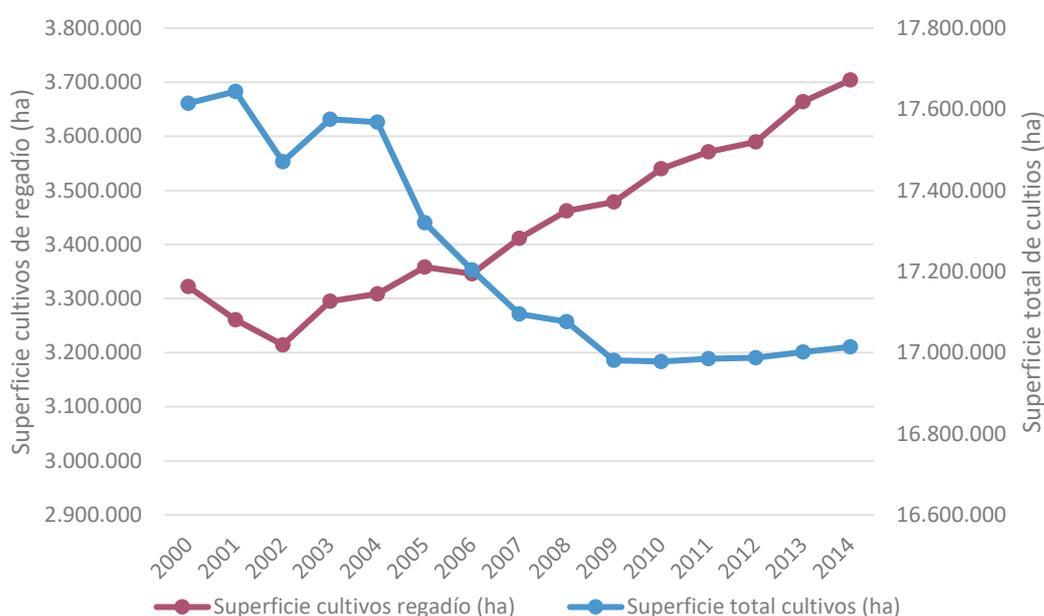


Ilustración 4. Evolución de la superficie de cultivos de regadío y la superficie total de cultivos. Fuente: MAPA.

En la agricultura de regadío el binomio agua-energía está muy presente, siendo, además, un sector que tendrá enormes desafíos frente al cambio climático, tanto por el consumo de combustibles fósiles que implica como por su capacidad para adaptarse a la escasez de agua y a un planeta cada vez más cálido. La técnica de regadío es fundamental en la gestión del agua en el mundo, y en España, como país árido, tiene un peso determinante. Las infraestructuras de regulación del agua tendrán un papel importante tanto en el regadío como en la gestionabilidad de la demanda que apoyará a las energías renovables. **La coordinación entre infraestructuras de agua, gestión de la demanda, almacenamiento y los sistemas de regadío coordinados tendrán un papel importante en la transición energética en España.**

El regadío debe modernizarse y aplicar mecanismos que no sólo le permitan su adaptación al cambio climático, sino, a su vez, mitigarlo con el empleo de energías



renovables y un uso sostenible del agua y los terrenos, manteniendo su importancia económica y de fuente de empleo en el medio rural.

La siguiente *Ilustración* es una muestra fehaciente de la relación entre agua y energía en la agricultura de regadío. Se puede observar cómo **la modernización de los últimos años ha hecho que aumente la energía necesaria por cantidad de agua extraída para riego y, consecuentemente, por hectárea cultivada**. Pero, sin embargo, esta modernización ha hecho que el agua que es necesaria extraer para una hectárea de cultivo haya ido descendiendo. Además, el porcentaje de agua consumida respecto a la extraída ha pasado de un 61% en el año 2000 a un 69% en año 2017, lo que significa que ha habido una mejora tanto en la eficiencia hídrica como en los usos de las infraestructuras de agua y aprovechamiento.

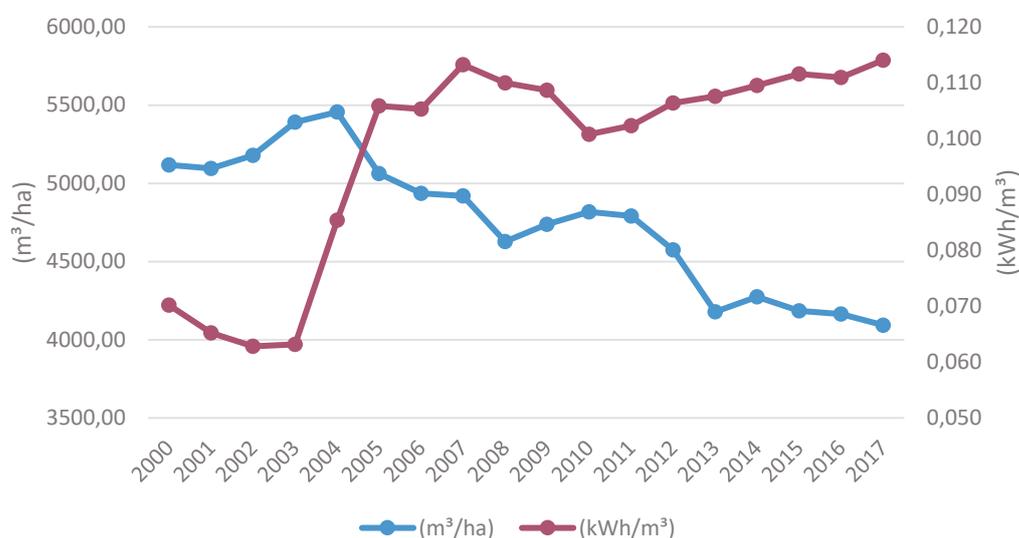


Ilustración 5. Evolución del uso de agua por hectárea y del consumo energético por agua consumida.

Fuente: "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," [3].

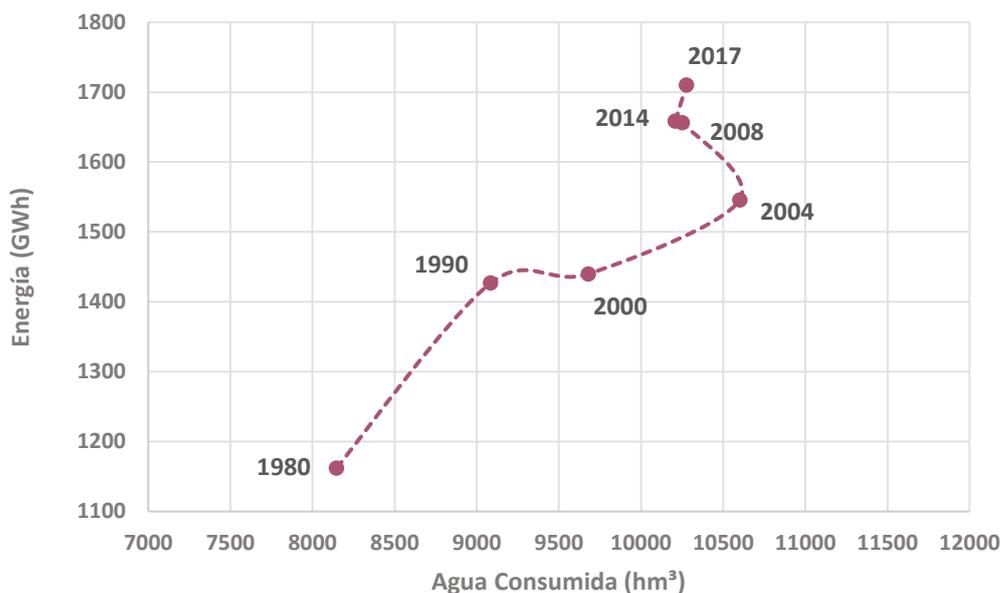


Ilustración 6. Evolución del agua consumida en riego frente a la energía consumida. Fuente: "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," [3]. Elaboración propia.

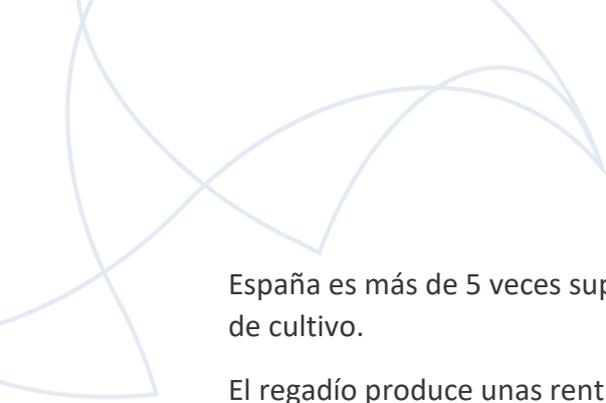
La *Ilustración 6* muestra la evolución de la energía y del agua consumidas en el regadío desde 1950 hasta 2017. Se puede ver cómo en los primeros años el consumo de ambos aumenta en paralelo hasta el comienzo de la modernización del regadío lo que marca un punto de inflexión en el consumo de agua, aunque continúa creciendo el de energía.

El regadío está evolucionando hacia un uso sostenible del agua, pero tiene el reto de evolucionar hacia un uso sostenible de la energía. La modernización de los regadíos en los últimos años hacia un uso eficiente del agua requiere también de un análisis para una adecuada gestión energética, siendo esta una de las palancas para la modernización del regadío español.

4.1 Impacto económico del regadío

La agricultura de regadío en España ha sufrido una rápida expansión en estos últimos años hasta alcanzar en la actualidad en torno a **3,8 millones de ha**, convirtiéndose así en el país con mayor superficie dedicada a ello de toda Europa. El fomento del regadío ha provocado que en muchas zonas rurales se haya ido sustituyendo por el de secano, provocando un descenso en este último, y es que, según datos de la Red Contable Agraria Nacional, el valor anual de la producción de una ha promedio de regadío en





España es más de 5 veces superior a la de secano, dependiendo, por supuesto, del tipo de cultivo.

El regadío produce unas rentas más altas y seguras debido a la mayor diversificación que permite y al menor impacto derivado de la variabilidad de las precipitaciones. La agricultura tiene una dependencia total de la disponibilidad de agua y de ella depende la supervivencia económica del sector, especialmente en zonas áridas donde las producciones de secano resultan menos rentables y más aleatorias.

En muchas zonas rurales, el sector primario sigue siendo la base de las economías locales, representando la principal fuente de ingresos y de empleo para la población, por lo que el regadío debe entenderse no sólo como un elemento generador de renta privada, sino como un elemento productivo que contribuye a la viabilidad económica y a la prosperidad en las zonas rurales de España.

La agricultura de regadío en territorios rurales permite mantener una población estable y muestra de ello es que en zonas rurales de la España vaciada la despoblación es menos acusada allí dónde la agricultura está presente, especialmente la de regadío. Además, la tecnificación del regadío con respecto al secano hace que en las zonas donde está presente haya una mayor población activa y más joven, tanto por el empleo directo como por el derivado y el de los sectores asociados.

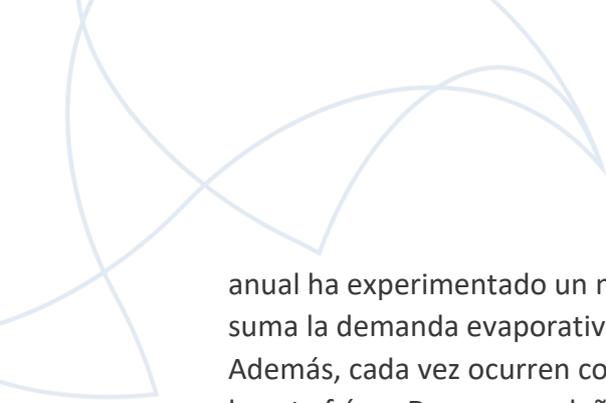
El regadío está presente en mayor o menor medida en el 96% de los municipios españoles. Esta distribución en todo el territorio lo convierte en un elemento vertebrador del medio rural siendo un factor de equilibrio territorial y de equidad y actuando como elemento para evitar la despoblación rural del país.

4.2 Regadío y cambio climático

Actualmente la agricultura de regadío se encuentra en un punto crítico. Deben resolverse distintos problemas para que la actividad pueda funcionar de forma económicamente viable y sostenible. A esto se suma la capacidad que debe tener para adaptarse a los efectos del cambio climático que implican una disminución de los recursos hídricos y un aumento de la frecuencia de las sequías.

La agricultura es la mayor actividad económica demandante de agua en el país con una demanda media anual que representa entre el 75% y el 85% del consumo total. Así, mientras el consumo de agua no se reduce, el cambio climático muestra cada vez más sus efectos. Los ciclos estacionales se hacen cada vez más largos y marcados, disminuyendo así los ciclos intermedios entre el verano y el invierno lo que perjudica a las campañas de los cultivos.

Según el primer [Informe Anual del Estado del Clima](#) elaborado este año por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la precipitación media



anual ha experimentado un moderado descenso en los últimos 50 años, a lo que se suma la demanda evaporativa consecuencia de las temperaturas cada vez más cálidas. Además, cada vez ocurren con más frecuencia los fenómenos pluviales extremos como la gota fría, o Danas, que dañan las cosechas de forma significativa.

La agricultura puede ser un arma para la lucha contra el cambio climático si se aplica adecuadamente y de manera sostenible. Es un sector de producción esencial para la sociedad que depende del buen estado del medioambiente y que, con una buena gestión, puede contribuir a la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, el modelo actual cada vez más amplio de agricultura intensiva tiene efectos negativos para el medio ambiente.

Diferentes estudios [4], [5], [6], han demostrado que la agricultura de regadío intensivo basada en grandes monocultivos no contribuye a la fijación del carbono ni a la lucha contra el cambio climático, sino que el laboreo intensivo de la tierra supone un aumento de la liberación de CO₂. Además de secuestrar muy poco carbono, la mayoría vuelve a la atmósfera de forma casi inmediata cuando se roturan las tierras después de la cosecha. A ello se suma la producción y el uso de fertilizantes en este tipo de agricultura intensiva, una fuente muy importante de GEI que dañan, de forma significativa, el terreno. Además, los regadíos intensivos, con escasa vegetación y pobres en materia orgánica, aumentan el riesgo de erosión y de inundaciones, siendo una de las principales causas de desertificación debido, entre otros, a sus impactos sobre la calidad del suelo.

4.3 Consumo energético en el regadío

Cómo se mencionaba anteriormente, el aumento en la eficiencia del uso del agua en los últimos años y las modernizaciones de los sistemas, así como la elección de cultivos más eficientes hídricamente y más competitivos en los mercados, hacen que en épocas de sequía se mantenga la productividad, pero estas acciones han implicado un **aumento de los consumos energéticos en la agricultura.**

El mercado energético supone para los agricultores entrar en una dinámica más competitiva, dentro de un mercado que, además, les es ajeno y no les permite controlar los costes de producción, lo que beneficia a las grandes explotaciones de agricultura intensiva y asfixia a las medianas y pequeñas plantaciones.

En los últimos años, las tarifas eléctricas que asumen los agricultores en el regadío no han hecho más que aumentar; desde 2008 el recibo eléctrico ha subido más del 100%, principalmente debido a los costes fijos ya que el término de potencia se ha incrementado más de un 1.000%, a pesar de algunas medidas aplicadas como la exención del 85% del impuesto Especial Eléctrico o la reducción de módulos en el IRPF de los regantes.

Año	Término de potencia	Incremento medio factura
2008	+250%	+40%
2009	+60%	+30%
2010	+10%	+10%
2008/2012	+475% - 480%	+80%
2013	+115% - 125%	+20%
2008/20013	+1.000% - 1.200%	+100%

*Ilustración 7. Evolución de los costes energéticos en el regadío.
Fuente: Federación Nacional de Comunidades de Regantes (FENACORE).*

Estas subidas no han hecho más que agravar la situación económica del sector agrícola por las diferencias que existen entre los costes que soportan y los bajos precios a los que venden sus productos.

En resumen, la agricultura de regadío se enfrenta a una serie de cambios que se pueden resumir en los siguientes retos:

- **Producir más con menos.** Conseguir abastecer a una población cada vez mayor de forma sostenible y eficiente, económica y energéticamente.
- **Cambio climático.** Contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático y de sus consecuencias, a las que es un sector muy vulnerable, así como adaptarse a las que ya se están produciendo.
- **Eficiencia hídrica.** Perfeccionar los sistemas de riego e infraestructuras realizando un consumo eficiente del agua, cada vez menos disponible.
- **Eficiencia energética.** La tecnificación y la mejora en los sistemas de regadío para un consumo eficiente del agua implica un aumento del consumo energético y, consecuentemente, de los costes.

Renovables y eficiencia en el regadío
Las renovables en el regadío.
Bombeo fotovoltaico



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

5. Las renovables en el regadío. Bombeo fotovoltaico

Las subidas de precio de la electricidad, la necesidad de aumentar la rentabilidad, la protección del medio ambiente y la reducción de las emisiones están imponiendo en el sector del regadío el uso de las energías renovables, las cuales cada día son más económicas y rentables, siendo el **bombeo fotovoltaico** una de las soluciones más extendidas.

El bombeo fotovoltaico surgió para el suministro de agua en poblaciones rurales, pero ha experimentado una gran expansión estableciendo un mercado estable. En los últimos años, la gran expansión de la fotovoltaica por la reducción de precios ha hecho que esta aplicación de la fotovoltaica sea cada vez más viable económicamente, sustituyendo tanto a los grupos electrógenos como a la red eléctrica convencional en la alimentación de los sistemas de riego.

Los últimos cambios normativos respecto al autoconsumo han facilitado aún más esta situación. A nivel europeo, la [Directiva de Renovables](#) aprobó una enmienda para que los Estados miembros garanticen el derecho de los consumidores a generar y consumir mediante fuentes renovables su propia energía sin que la energía autoconsumida esté sujeta a ningún tipo de tasas ni impuestos. Esto facilitó la derogación en España del llamado "Impuesto al Sol" con la aprobación del [Real Decreto Ley 15/2018](#) de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

Posteriormente, en 2019 se aprobó el [Real Decreto 244/2019](#) por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, permitiendo el desarrollo libre del autoconsumo compartido, individual y de proximidad con simplificación administrativa, así como el reconocimiento del derecho a la remuneración de los excedentes.

El autoconsumo representa una importante oportunidad para mejorar los sistemas energéticos actuales: una oportunidad para ciudadanos, comunidades, asociaciones y empresas. Es un elemento absolutamente crucial de cara a empoderar a los consumidores y convertir al conjunto de la ciudadanía en un sujeto activo y central del sistema energético.

Todo ello y la descentralización de dicha tecnología convierten al bombeo fotovoltaico en una aplicación más que para los agricultores. El bombeo fotovoltaico tiene numerosas aplicaciones en la agricultura de regadío como los bombes a balsa, bombes directos a goteo o aspersores, además de poder alimentar sistemas complementarios como autómatas de regadío.

El aumento de los costes energéticos del regadío en los últimos años lo han convertido en el primer consumidor dentro del sector agrario. Los costes asociados al consumo energético en el regadío representan entre el 30% y el 50% de los costes totales de producción. Este hecho hace que las instalaciones de bombeo fotovoltaico acarreen



unos ahorros muy significativos, consiguiendo recuperaciones de la inversión de entre 5 y 11 años.

En este contexto, surgió en 2015 el proyecto [MASLOWATEN](#), financiado por el programa de fondos de la UE "[Horizonte 2020](#)", con el objetivo principal de introducir en el mercado el bombeo fotovoltaico para irrigación agrícola. **Este proyecto ha demostrado la viabilidad técnica y económica de los sistemas de bombeo fotovoltaico para regadío**, en los que se han conseguido reducciones de los costes del regadío de entre el 50% y el 75%. Incorporando, además, en los sistemas el uso de automatismos, ICT y soluciones agrícolas de precisión han conseguido ahorros de un 30% del consumo de agua. La transmisión de este conocimiento y experiencias ha conseguido que aumente notablemente este tipo de instalaciones en España.

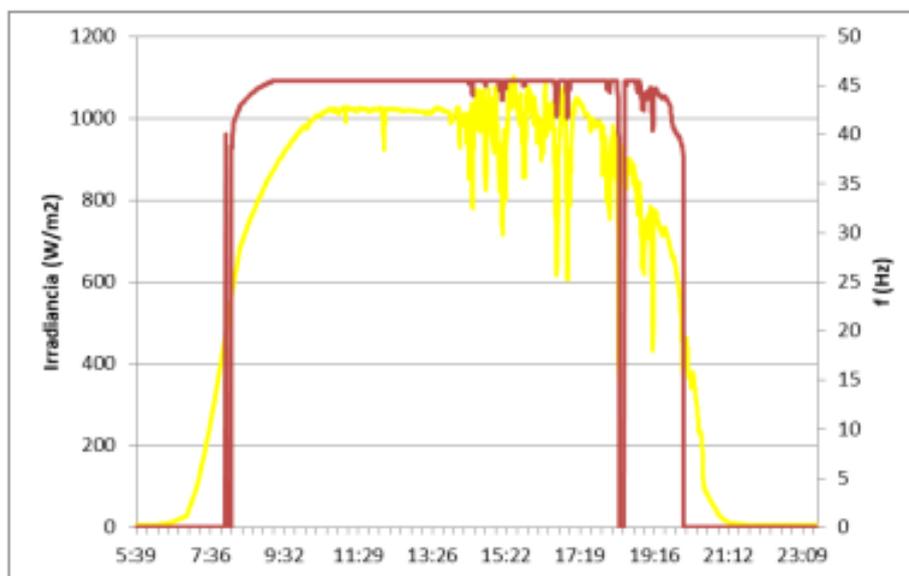
El proyecto también ha demostrado la viabilidad técnica solucionando pequeños problemas que pudieran existir en este tipo de instalaciones como las paradas bruscas en la bomba que pueden causar golpe de ariete, adaptar el sistema a los períodos de riego o la integración del sistema de regadío preexistente.

El objetivo principal del proyecto era la puesta a punto de los instrumentos necesarios para que el mercado del riego fotovoltaico se desarrolle con rapidez y sin problemas derivados de realizaciones de mala calidad. Cuenta con cinco demostradores, hoy en día, todos en funcionamiento y que van desde los 40 kW hasta los 360 kW. Además, las instalaciones son de distintos tipos y configuraciones, con hibridación a la red, aisladas y algunas complementadas con automatismos de riego alimentando, además de al bombeo, a todo el sistema de aspersores, permitiendo riegos a presión y caudal constantes.

5.1 Ejemplo de bombeo fotovoltaico

Uno de los **demostradores** de este proyecto se encuentra localizado en Villena (Alicante), en un pozo de la Comunidad General de Usuarios del Alto del Vinalopó. El sistema consigue que la bomba supla las necesidades de agua de la plantación usando únicamente la energía producida por el generador fotovoltaico. La instalación cuenta con un generador fotovoltaico de 360 kWp y abastece de energía a una bomba de 250 kW que bombea diariamente agua, a razón de un caudal pico de 226 m³/h, a una balsa de 173.000 m³ elevada a 12 metros del suelo. El arranque de la bomba se produce cuando la potencia fotovoltaica alcanza los 160 kW y la parada cuando la potencia es menor a 130 kW.





*Ilustración 8. Irradiancia y frecuencia de la bomba a lo largo del día.
Fuente: "Características y evaluación de un demostrador de bombeo fotovoltaico. (MASLOWATEN)" [4].*

En la *Ilustración 8* podemos observar cómo la bomba arranca cuando la irradiancia alcanza los 600W/m^2 y una potencia fotovoltaica disponible de 157 kW y deja de funcionar en el momento en el que la frecuencia de la bomba era de 38 Hz durante más de un minuto y la potencia menor a 130 kW .

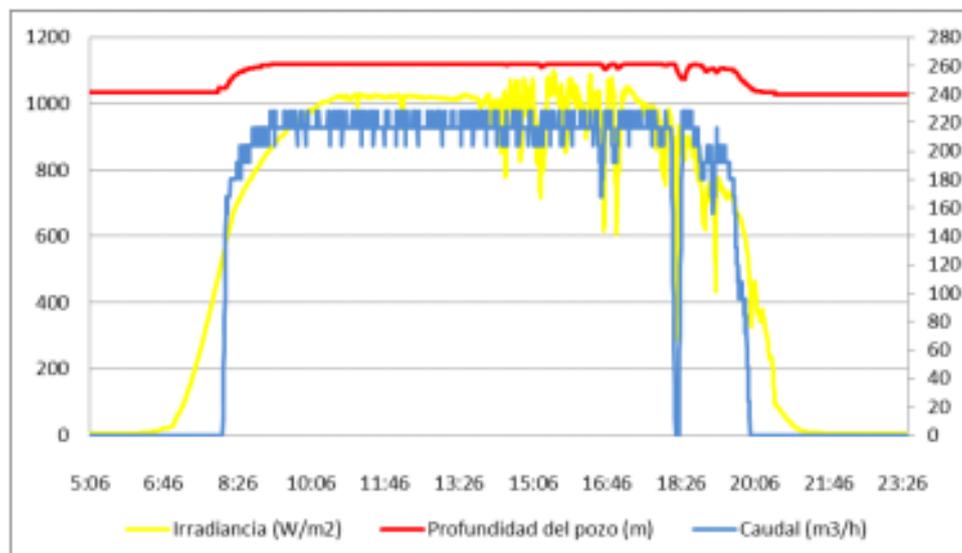
Se puede ver cómo en las primeras horas del día el cielo estuvo despejado ya que la irradiancia no presenta apenas variaciones y la frecuencia de la bomba se mantiene en su valor nominal.

En la segunda parte del día se producen variaciones bruscas de irradiancia ocasionadas por el paso de nubes que pueden provocar la desestabilización de los variadores, causando un ciclo de parada y arranque. Estos ciclos pueden causar una pérdida de volumen bombeado, pero es mayor el problema que pueden ocasionar desgastando los elementos hidráulicos y eléctricos de la bomba y reduciendo así su vida útil.

Este problema se soluciona configurando los variadores de frecuencia de tal forma que los ciclos que se producen son de desaceleración-aceleración y no de parada-arranque. Así, podemos ver cómo, a pesar de algunos descensos bruscos de la irradiancia, la estabilidad del variador de frecuencia se mantiene. La frecuencia del funcionamiento descende, pero no llega a producirse una parada brusca de la bomba.

En un momento determinado se produce la parada controlada de la bomba debido a un brusco descenso de la irradiancia que provoca una potencia disponible menor a 130 kW , evitando daños en los elementos de la bomba.





*Ilustración 9. Irradiancia, profundidad del pozo y caudal de la bomba a lo largo del día.
Fuente: "Características y evaluación de un demostrador de bombeo fotovoltaico.
(MASLOWATEN)" [4].*

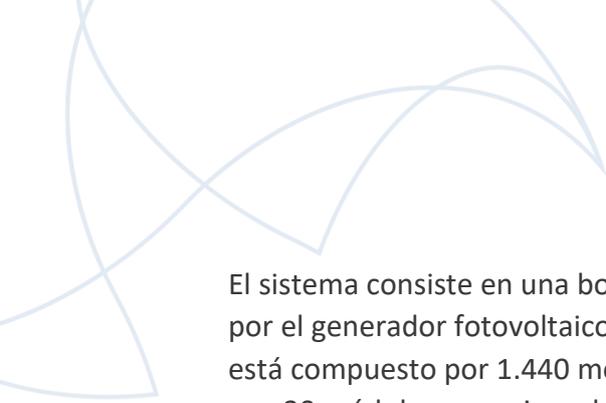
En la *Ilustración 9*, en la que se representa un día de funcionamiento del sistema, podemos ver cómo la evolución del caudal a lo largo del día muestra que la bomba funciona en todo momento en torno al valor nominal, excepto en el momento en que se produce la parada provocada. En este día concreto, el sistema consiguió bombear 2430 m^3 , pero incluso en los peores días, en los que la mayor parte de las horas diarias pueda estar nublado, el sistema ha conseguido bombear en torno a 1.000 m^3 .

5.2 Análisis económico

En los últimos años, el precio de los módulos solares ha llegado a descender más de un 80%. Además continuamente se desarrollan mejoras técnicas que aumentan la eficiencia, en concreto, en los últimos 10 años ha aumentado más de un 5% para módulos comerciales de silicio. El descenso del precio de las instalaciones fotovoltaicas, la mejora en la eficiencia de estas y unos precios de la electricidad en el mercado cada vez más altos hacen que la recuperación de la inversión en estas instalaciones se produzca antes.

Con el fin de estudiar y cuantificar la recuperación de la inversión en este tipo de instalaciones se van a utilizar los datos de este bombeo fotovoltaico a balsa localizado en Villena (Alicante, España) en un pozo de la Comunidad de Usuarios del Alto del Vinalopó.





El sistema consiste en una bomba que funciona únicamente con la energía producida por el generador fotovoltaico. Dicho generador tiene una potencia pico de 360 kWp y está compuesto por 1.440 módulos fotovoltaicos conectados en 72 ramas en paralelo con 20 módulos en serie cada una de ellas. La instalación cuenta con seguidores solares de eje horizontal Norte-Sur, un variador de frecuencia de 355 kW, que se encarga de transformar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna a frecuencia y tensión variable para alimentar la bomba, permitiendo que esta trabaje a diferentes frecuencias dependiendo de la potencia fotovoltaica disponible.

El sistema cuenta, además, con una unidad de control externa o PLC y la bomba sumergible de 250 kW que bombea diariamente agua a razón de un caudal pico de 226 m³/h a una balsa de 173.000 m³ elevada a 12 metros del suelo.

Los datos de consumo de la bomba, el agua bombeada y el presupuesto de la instalación son los siguientes:

- Potencia de la bomba: 250 kW.
- Potencia FV: 360 kWp.
- Volumen anual de agua bombeado: 633.000 m³.
- Horas de funcionamiento al año a caudal nominal de la bomba: 2.706 horas.
- Energía anual necesaria: 688.025 kWh.
- Coste de la instalación: 433.800 €.

Con estas variables y valores se ha calculado el Período Simple de Retorno de la Inversión (PRI), es decir, los años que se tarda en recuperar el dinero invertido en dicha instalación. No se han tenido en cuenta factores como las tasas de descuento, la inflación, las variaciones en el tiempo del precio de la electricidad, etc., y los valores supuestos de la instalación como el precio por kWh son valores actualizados para el 2020.

Este estudio no es un análisis económico exhaustivo de la recuperación de la inversión, pero muestra la viabilidad económica de este tipo de instalaciones. Es necesario destacar que esta instalación fue construida hace más de cuatro años por lo que, muy probablemente, el precio actual para la instalación sería inferior, aunque para los cálculos se ha usado el coste que tuvo en su momento. Por otro lado, si la instalación contara con seguidores solares, el presupuesto se elevaría, ya que estos elementos aumentan mucho el coste y no siempre son necesarios.

Supuesto 1. Grupo electrógeno

En el primero de los casos, para el cálculo de la recuperación de la inversión, se supone que en el emplazamiento del bombeo no existe conexión a red por lo que la única





solución para alimentar la bomba sumergible que extrae el agua del pozo sería la instalación de un grupo electrógeno. **Un grupo electrógeno es un equipo que convierte la capacidad calorífica de un combustible, normalmente gasoil o diésel, en energía mecánica y luego en eléctrica para alimentar el motor de la bomba.**

Es cierto que con un grupo electrógeno la extracción de agua se puede producir a cualquier hora del día y que con la instalación fotovoltaica estará condicionada a las horas de sol. En esta instalación concreta el bombeo es a balsa por lo que no habrá ningún problema, pero incluso en el caso de que no sea a balsa, la instalación de un depósito, elemento sin un coste elevado, permitirá almacenar el agua cuando la instalación fotovoltaica esté produciendo energía para usarla cuando sea necesario. Además, siempre existe la posibilidad de hibridar la instalación dejando un grupo electrógeno auxiliar para extraer agua en caso de urgente necesidad.

La inversión en el momento inicial para una instalación fotovoltaica es mucho más alta en comparación con un grupo electrógeno, pero el gasto en combustible que conlleva a lo largo del tiempo acaba haciendo que los gastos sean mucho mayores. Sin embargo, **la instalación fotovoltaica una vez realizada funciona de forma autónoma, no necesita mantenimiento y no tiene costes variables asociados a la misma.**

Los precios de los combustibles van aumentando cada año y los de la energía solar fotovoltaica, bajando. Esta diferencia de costes hace que el coste unitario del bombeo solar fotovoltaico sea mucho más barato que el de un grupo electrógeno.

El coste de la instalación fotovoltaica se focaliza inicialmente y el del grupo electrógeno se reparte a lo largo del tiempo según lo que se consuma, por ello la amortización del bombeo fotovoltaico se reducirá más cuantas más horas de bombeo se realicen al año. Por el contrario, cuantas más horas se bombeen con el grupo electrógeno, mayor será el gasto. Además, mientras que un grupo electrógeno emite gases contaminantes por la quema de un combustible fósil, con el sistema de bombeo fotovoltaico estaremos generando energía renovable y no contaminante, además de evitar el ruido que hace el generador durante todo el tiempo de funcionamiento.

En este supuesto debemos tener en cuenta que, aunque la bomba sumergible que vamos a alimentar es de 250 kW, técnicamente el grupo electrógeno debe estar sobredimensionado para asimilar los picos de arranque de la bomba. En este caso, no vamos a entrar en detalle, pero para este tipo de bomba con arranque pesado el grupo electrógeno se debería seleccionar multiplicando por tres la potencia de la bomba.

Según lo anterior, se ha elegido un grupo electrógeno del mercado con las siguientes características:

- Potencia nominal: 720 kW.
- Potencia: 900 kVA.
- Consumo de gasoil a plena potencia: 184 l/h.



- Consumo de gasoil al 75% de rendimiento: 141 l/h.
- Consumo de gasoil al 50% de rendimiento: 99 l/h.

A partir de los datos anteriores, para conseguir la misma cantidad de agua bombeada con un grupo electrógeno que con la instalación fotovoltaica, el primero deberá hacer funcionar la bomba a su caudal nominal, 2.706 horas. Para ello, será suficiente con que el grupo electrógeno trabaje a un 35% de su rendimiento durante estas horas. Suponiendo un precio para el combustible utilizado por el grupo de 0,5 €/l y que el grupo electrógeno consume a ese rendimiento 60 l/h, al cabo del año necesitará 162.360 litros, lo que supondría un coste de unos 81.180 €.

En la siguiente *Ilustración* se representa el Período Simple de Retorno de la Inversión para la instalación de bombeo fotovoltaico en comparación con un grupo electrógeno para alimentar la bomba. En el eje de ordenadas se representa el tiempo en años y en el eje de abscisas la suma de los costes de la instalación de bombeo fotovoltaico, cuantificados en euros en negativo pues inicialmente se considera una pérdida de capital el coste de la instalación. Conforme pasa el tiempo este coste tendrá un valor cada vez menos negativo por el ahorro que se produce anualmente en el gasto de combustible para el grupo electrógeno. En el momento en el que el valor de los costes deja de ser negativo se considera que se ha recuperado el coste de la inversión y representa un punto de inflexión a partir del cual los costes representan un ahorro anual. Es decir, a partir de ese momento, al estar amortizada la instalación, no habrá coste de producción y el valor positivo representa el ahorro de lo que costaría el combustible del grupo electrógeno cada año, es decir, un ahorro de 81.180€ anuales.

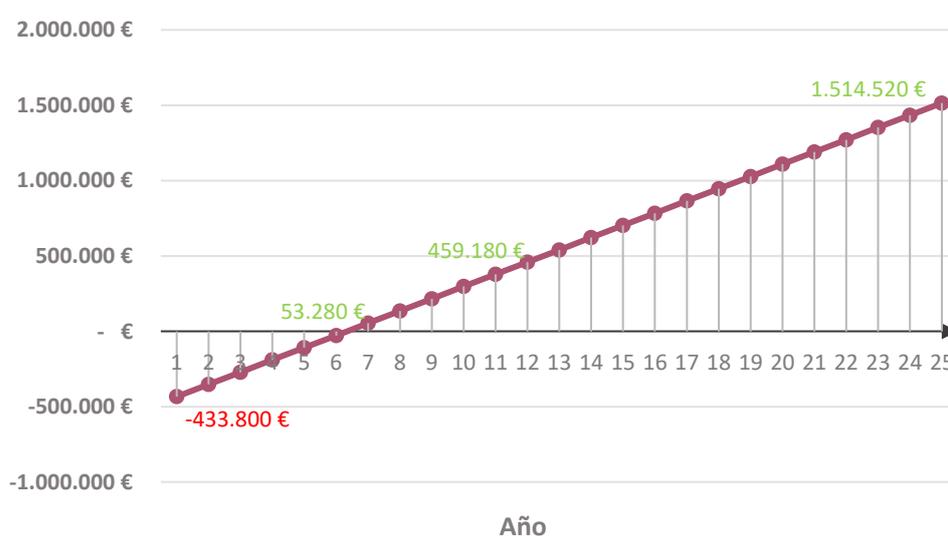


Ilustración 10. Período de retorno de la inversión frente a un grupo electrógeno.
Fuente: elaboración propia.

En el momento inicial la pérdida de capital, es decir el coste de la instalación sería de 433.800€ y con el ahorro de 81.180€ anuales en combustible habremos recuperado la



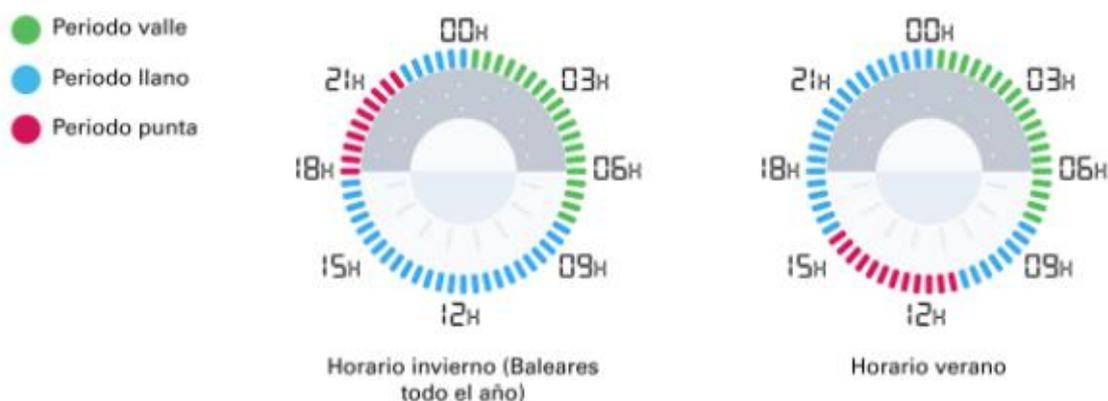
inversión al cabo de 7 años. A partir de ese momento se representa el ahorro conseguido por no consumir el combustible que, al cabo de 25 años, duración que se estima para la instalación fotovoltaica, habremos conseguido un ahorro de 1.500.000 €.

Además, cada litro consumido de este combustible genera 2,6 kg de CO₂ por lo que este grupo electrógeno emitiría 454.608 kg de CO₂ al año, al cabo de 25 años se habrían ahorrado 11.365.200 kg de CO₂, una cifra nada desdeñable para una única instalación.

Supuesto 2. Conexión a red

En este segundo caso, para el cálculo de la recuperación de la inversión se va a comparar la instalación de bombeo fotovoltaico con la alimentación de esta mediante la red eléctrica.

En cualquier caso, para el cálculo de este supuesto se ha utilizado una tarifa eléctrica actual de una compañía al azar para potencias de hasta 450 kW. Dicha tarifa cuenta con tres periodos horarios distintos en los que el precio, tanto del término de energía como del de potencia es diferente. Además, dichos periodos son distintos en invierno y verano.



*Ilustración 11. Discriminación horaria tarifa eléctrica.
Fuente: compañía eléctrica.*



Los precios para dicha tarifa eléctrica son los siguientes:

Periodo	Punta	Llano	Valle
Término de potencia	4,93 €/kW-mes	3,04 €/kW-mes	0,69 €/kW-mes
Término energía	0,095 €/kWh	0,088 €/kWh	0,066 €/kWh

*Ilustración 12. Precios de la tarifa eléctrica.
Fuente: elaboración propia.*

En este caso, igual que en el anterior, el coste de la instalación fotovoltaica se focaliza inicialmente y el precio de la electricidad se repartirá a lo largo del tiempo según el consumo. Por otro lado, la instalación se amortizará antes cuantas más horas de bombeo se realicen al año.

En cuanto a la factura eléctrica, se pagará un término fijo que dependerá de la potencia contratada (en este caso, 250 kW, es decir, la potencia de la bomba). En este caso se tendrá en cuenta que la bomba tiene instalado un variador, por lo que no sería necesario contratar una potencia mucho mayor a la de la bomba. Este pago es independiente de la cantidad de energía consumida y será un precio fijo mensual que depende de la potencia contratada. Por otro lado, se pagará en la factura el término de energía, que dependerá de los kWh consumidos, así como el período en el que sean consumidos. Los datos de consumo para la instalación son los siguientes:

- Potencia contratada (potencia de la bomba): 250 kW.
- Energía anual consumida: 688.025 kWh.
- Volumen de agua anual bombeada: 633.000 m³.
- Horas de funcionamiento a caudal nominal de la bomba: 2.706 horas.

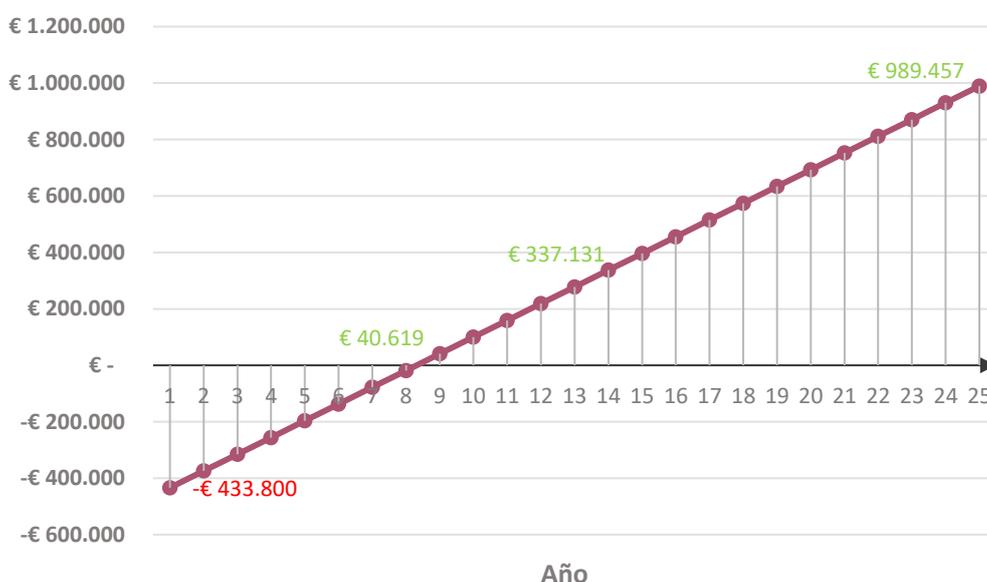
En este supuesto, para representar adecuadamente la estimación se han realizado tres cálculos. En el primero de ellos se tiene en cuenta que toda la energía se ha consumido en periodo valle, el más barato; en el segundo, se considera el consumo en el periodo punta, el más caro y, por último, en el periodo llano. De esta forma se muestra cuánto se puede tardar en recuperar la inversión si se consume la energía al precio más barato posible, al más caro y según un precio intermedio.

El término de potencia será igual en cualquiera de los tres casos ya que, como se ha indicado anteriormente, no depende de la energía consumida, sino de la potencia contratada, en este caso 250 kW. Teniendo en cuenta los distintos precios del kW según el período y la potencia contratada anualmente, se estima un precio medio de 6.060€ en el término fijo. Como, a pesar de contar con la instalación fotovoltaica y consumir la energía que se genera en esta, se seguirá pagando este término de potencia por estar conectado a la red, en los cálculos que mostramos a continuación se



descontará este del ahorro conseguido. En el caso de que no existiera conexión a la red también nos ahorraríamos esta cantidad.

El coste de la energía consumida durante el periodo punta es de 0,095 €/kWh y la energía anual necesaria de la bomba es de 688.025 kWh por lo que el coste anual de la energía en la factura eléctrica será de 65.362€. A este importe, como hemos indicado, le descontamos el importe de la potencia que tenemos contratada (6.060€), por lo que **el ahorro anual será de 59.302€.**



*Ilustración 13. Período de Retorno de la Inversión respecto al consumo eléctrico en periodo punta.
Fuente: elaboración propia.*

En el momento inicial la pérdida de capital, es decir el coste de la instalación, sería de 433.800€ y con el ahorro de los 59.302€ anuales en la factura eléctrica habremos recuperado la inversión al cabo de 9 años. A partir de ese momento se representa el ahorro conseguido al no consumir energía eléctrica de la red, lo que, al cabo de 25 años, duración que se estima para la instalación fotovoltaica, nos **supondrá un ahorro de 989.457€.**

El coste de la energía consumida durante el periodo llano es de 0,088 €/kWh y la energía anual necesaria de la bomba es de 688.025 kWh, por lo que el coste anual de la energía en la factura eléctrica será de 60.546 €. A esta cantidad tenemos que descontarle los 6.060€ anuales del término de potencia y, por tanto, el ahorro anual será de 54.486€. En este caso la recuperación de la inversión se produce a los 9 años y a los 25 años se logra un **ahorro total de 873.869€.**





Ilustración 14. Período de Retorno de la Inversión frente a consumo eléctrico en período llano.
Fuente: elaboración propia.

De igual forma se procede en el caso en el que toda la energía sea consumida en el periodo valle, el más barato posible en el que el coste de la energía consumida durante es de 0,066 €/kWh. A pesar de que en este caso sería en el que menos se ahorraría con la instalación fotovoltaica al compararlo con el precio más barato para la energía eléctrica consumida se consigue una recuperación de la inversión a los 12 años y se traduciría en un ahorro de 560.129€ a los 25 años.

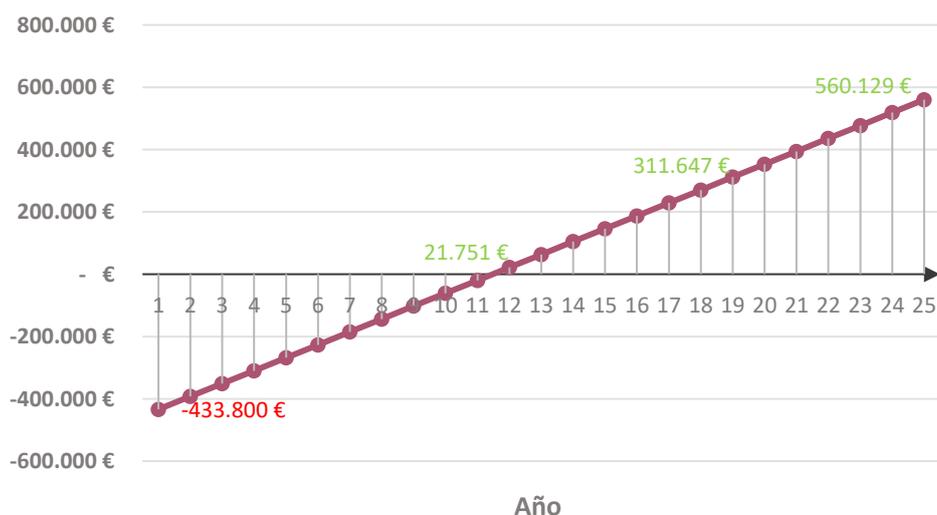
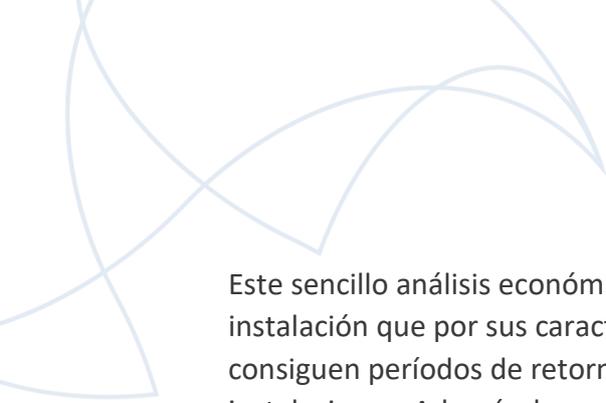


Ilustración 15. Período de Retorno de la Inversión frente a consumo eléctrico en período valle.
Fuente: elaboración propia.





Este sencillo análisis económico muestra cómo se recupera la inversión en una instalación que por sus características tiene un coste elevado. Actualmente se consiguen períodos de retorno de la inversión aun menores para este tipo de instalaciones. Además, hay que señalar que no se han tenido en cuenta subvenciones, ayudas o bonificaciones fiscales con las que suelen contar este tipo de instalaciones.

En este caso, para calcular el ahorro de emisiones de CO₂, se debe utilizar el llamado **factor de emisión del sistema eléctrico**. Este factor indica las emisiones producidas por el consumo de energía eléctrica y varía anualmente según el mix energético, es decir, según las plantas con las que se haya generado la energía. Cuanta más energía se produzca con renovables, menor será el factor de emisión del país. En el año 2019 este factor fue de 0,19 t CO₂/MWh por lo que en este mismo **año se habrían ahorrado 130.724 kg de CO₂**.



Renovables y eficiencia en el regadío
Buenas prácticas



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

6. Buenas prácticas

La penetración de las energías renovables en el regadío es cada vez más importante, pero, además, se pueden conseguir grandes ahorros simplemente con la aplicación de buenas prácticas para mejorar la eficiencia energética e hídrica de las instalaciones. A continuación, se exponen una serie de medidas que llevar a cabo para reducir el consumo de energía que, además del beneficio medioambiental, proporcionan un ahorro en los costes energéticos.

6.1 Ahorro en la tarifa eléctrica

En cuanto a la tarifa eléctrica existen distintas medidas que pueden significar un gran ahorro:

- **Exención del 85% del Impuesto Especial sobre la Electricidad.** El impuesto eléctrico representa un 4% del importe de la factura y desde inicios de 2015 se puede solicitar esta reducción en la agricultura como medida para paliar los altos costes de la energía eléctrica para el campo y cualquier rebaja en la factura ayuda a aliviar los costes de producción. Para ello, el agricultor o la comunidad a la que corresponda el consumo debe dirigirse a la oficina territorial de Hacienda para solicitar la inscripción. Una vez obtenida, se entrega al interesado una tarjeta acreditativa de la inscripción que debe ser presentada al suministrador de electricidad para que se aplique este beneficio fiscal.
- **Ajuste del Régimen de Estimación Objetiva del IRPF.** Consiste en un índice corrector del rendimiento neto que es de aplicación para la renta en el régimen de estimación objetiva del IRPF. Para poder solicitarlo el consumo eléctrico diario medio, en términos de energía facturada en kWh, del período impositivo con mayor consumo debe ser 2,5 veces superior al correspondiente al de dos meses del mismo período impositivo. Para demostrarlo se deberán presentar las facturas correspondientes.
El índice corrector de 0,8 se aplica sobre el rendimiento procedente de los cultivos realizados en tierras de regadío que usen energía eléctrica. Cuando no sea posible delimitar dicho rendimiento, se aplica sobre el resultado de multiplicar el rendimiento procedente de todos los cultivos por el porcentaje que suponga la superficie de los cultivos en tierras de regadío que utilicen energía eléctrica sobre la superficie total de la explotación agrícola.
- **Ajuste del término de potencia.** El término de potencia de la factura eléctrica es la parte fija que se paga por estar conectado a la red eléctrica, variando únicamente según la potencia contratada. El precio de este término está regulado por ley. En las tarifas actuales hay tres tramos (punta, llano y valle) de potencia con distinto precio por kW consumido, registrándose la potencia



máxima demandada en cada uno de ellos. Es importante, por lo tanto, ajustar los kW contratados en cada uno de ellos, teniendo en cuenta las necesidades eléctricas de la instalación, contratando para cada período la potencia que realmente se va a utilizar de forma simultánea y no la potencia total instalada. Si se supera la potencia contratada, se aplican penalizaciones por exceso en el término de potencia. Por ello, es importante conocer bien las necesidades del regadío, así como los períodos de las tarifas para poder ajustar las horas en las que se vaya a regar, las horas en las que se necesitará más potencia, las horas en las que el precio por kW es más bajo y contratar una potencia menor para las horas más caras.

- **Adaptación del consumo horario.** De la misma forma que el término de potencia se divide en tres períodos, el precio de la energía también lo hace en tres períodos horarios a lo largo del día, punta, llano y valle, en orden decreciente por el precio del kWh y con distinta división en invierno y en verano. Cuanta más energía se consuma en el período de valle, normalmente noches y fines de semana, y menos en los otros dos períodos, pagaremos menos por el término de energía.

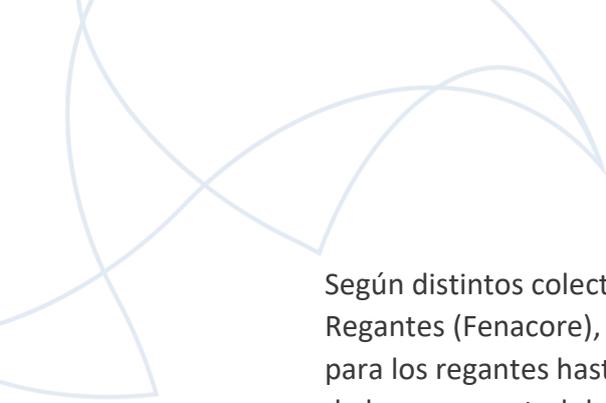
En 2021 comenzarán a aplicarse cambios en la tarifa eléctrica según la nueva metodología propuesta por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). Los consumidores con potencia contratada superior a 15 kW, como el caso en la mayoría de los regadíos, tendrán esta nueva tarifa que implantará una discriminación horaria de seis períodos, tanto en el término de energía como en el de potencia, sustituyendo los tres períodos de las tarifas actuales.

Tensión (kV)	POTENCIA CONTRATADA (Kw)	TARIFA DE ACCESO ACTUAL			NUEVA TARIFA DE ACCESO			
		NOMBRE	Nº PERIODOS POTENCIA	Nº PERIODOS ENERGÍA	NOMBRE	Nº PERIODOS POTENCIA	Nº PERIODOS ENERGÍA	
Baja tensión	V ≤ 1	P ≤ 10	2.0A	1	1	2.0TD	2	3
			2.0DHA	1	2			
			2.0DHS	1	3			
	10 < P ≤ 15	2.1A	1	1				
		2.1DHA	1	2				
		2.1DHS	1	3				
	P > 15	3.0A	3	3	3.0TD	6	6	
Alta tensión	1 < V ≤ 30	P ≤ 450	3.1A	3	3	6.1TD	6	6
		P > 450	6.1A	6	6			
	30 < V ≤ 72,5	6.2	6	6	6.2TD	6	6	
	72,5 < V ≤ 145	6.3	6	6	6.3TD	6	6	
	V > 145	6.4	6	6	6.4TD	6	6	

Ilustración 16. Nuevas tarifas de acceso a la red eléctrica.

Fuente: CNMC.





Según distintos colectivos, como la Federación Nacional de Comunidades de Regantes (Fenacore), estos cambios podrían incrementar la factura eléctrica para los regantes hasta un 73% como consecuencia de los cambios tarifarios y de la nueva metodología para calcular los peajes de transporte y distribución. Manifiestan al respecto que esta subida encubierta de la factura eléctrica agravaría la situación que atraviesa el sector agrícola, saturado por las diferencias entre los costes de producción y los precios a los que venden sus productos.

Desde Fenacore y otras asociaciones de regantes piden para estos la posibilidad de firmar dos contratos eléctricos al año para poder reducir los costes fijos de la factura que, en muchos casos, representan más del 60% de esta.

- **Reducir el consumo de energía reactiva.** La energía que consumimos de la red tiene dos componentes: la energía activa que es la que se consume directamente y la energía reactiva, la que no es útil. La energía reactiva es generada por los campos magnéticos de las bobinas de los motores y es un coste derivado del transporte de la energía por la red eléctrica. Se cobra si supone un porcentaje significativo de la energía total consumida, lo que suele pasar en grandes consumos con potencias contratadas de más de 15 kW con máquinas o motores que generan fácilmente este tipo de energía. Es importante analizar los aparatos y la maquinaria que generan este tipo de energía para comprobar que no se exceda el límite. Para reducir la energía reactiva se pueden reparar o mejorar los condensadores de las máquinas, en concreto usando baterías de condensadores o filtros que evitan la distorsión armónica que provocan estos, reduciendo así la energía reactiva consumida.

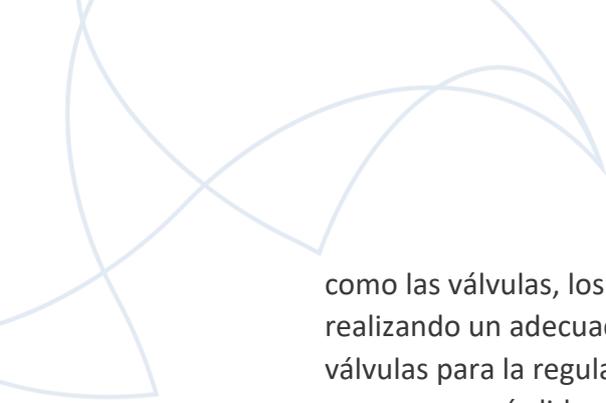
6.2 Eficiencia energética en la bomba y en la instalación de riego

Los sistemas de riego necesitan energía para realizar una correcta distribución del agua sobre la superficie a regar, que es aportada por la bomba.

Las condiciones en las que trabaja la bomba, su rendimiento, el adecuado diseño del sistema de riego, así como el dimensionado del sistema influirán tanto en la energía consumida como en la cantidad de agua.

- **Eficiencia en la red de riego.** La eficiencia energética es la relación entre la energía demandada por el sistema de riego y la aportada por el sistema de bombeo. Es importante evitar malos diseños en las subunidades de riego, evitando grandes diferencias de presión entre dos puntos. Comúnmente se disminuyen los diámetros de las conducciones de riego para reducir la inversión, pero esto provoca grandes pérdidas de carga, lo que se traduce, a su vez, en pérdidas energéticas. Tuberías con el tamaño adecuado requieren una mayor inversión inicial, pero a la largo plazo supondrán un menor coste energético. Se debe prestar atención a todos los elementos de la red de riego





como las válvulas, los contadores, los filtros, los emisores y los codos, realizando un adecuado mantenimiento y limpieza. Otro fallo común es utilizar válvulas para la regulación del caudal de la bomba con cierre parcial de estas lo que supone pérdidas de energía. Utilizar bombas en paralelo o bombas con variadores de velocidad para poder prestar caudales variables son sistemas mucho más eficientes.

- **Eficiencia en el sistema de impulsión.** La eficiencia energética en los sistemas de impulsión se divide en la eficiencia del grupo motor-bomba y la de la instalación eléctrica.

En cuanto al grupo motor-bomba el rendimiento de los motores, que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, suele estar entre el 90% y 95% mientras que el rendimiento de la bomba, que transforma energía mecánica en hidráulica, suele estar entre un 70% y 80% en bombas de gran tamaño y por debajo de estos porcentajes en bombas más pequeñas. Así, los rendimientos del grupo motor-bomba no suelen superar valores de eficiencia del 70%. Las bombas tienen una curva de diseño en la que se indica el rendimiento que se obtendrá según las características de funcionamiento, por lo que en el diseño es importante tener en cuenta la curva para que el grupo motor-bomba trabaje al máximo rendimiento posible en la zona óptima, evitando los sobredimensionamientos del grupo.

Además de realizar un buen diseño de la bomba siempre se debe prestar atención a su mantenimiento para que trabaje siempre al máximo rendimiento. Hay que tener en cuenta el desgaste de los rodets, la existencia de fugas en la bomba o en la columna de impulsión y el descenso del nivel dinámico del sondeo.

Renovables y eficiencia en el regadío
**Apuesta por el desarrollo socio
energético agrícola y rural**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

7. Apuesta por el desarrollo socio energético agrícola y rural

Las profundas transformaciones demográficas y territoriales que se han producido en España en los últimos años han provocado **una fuerte deslocalización y el desplazamiento de la población desde el medio rural hacia las ciudades, traduciéndose en una importante disminución de la mano de obra en el campo y, principalmente, en la agricultura.** Actualmente, las zonas rurales pierden cada año unos 45.000 habitantes. Más de 4.000 municipios españoles sufren problemas de despoblación y 1.840 localidades ya están consideradas en riesgo de desaparición.

Esto se suma al problema de la agricultura industrial e intensiva que ha reducido la mano de obra necesaria. El sector agrícola, que ocupaba a la mayoría de la población española, el 75% en el año 1900, hoy únicamente representa alrededor del 4% y ha hecho que la población rural se reduzca al 25%.

El sistema agroalimentario actual está basado en un modelo de agricultura industrializado e intensivo que, como hemos comentado anteriormente, requiere grandes cantidades de agua y energía, además de dañar significativamente los suelos y el medio ambiente.

En la Fundación Renovables creemos que se deben implantar formas de organización y tecnologías agrícolas sostenibles apostando decididamente por un desarrollo rural sostenible, considerando la agricultura un elemento vertebrador fundamental del medio rural. Urge afrontar esta problemática ya que permitirá solucionar no sólo los problemas actuales de una agricultura insostenible y contaminante, sino los desafíos territoriales vinculados a los efectos de los movimientos de población en España. Por estos motivos, desde la **Fundación Renovables** apostamos por un desarrollo rural sostenible poniendo el foco en:

7.1 El binomio agua-energía

La relación agua-energía adquiere, como hemos visto, una especial relevancia en la agricultura. La industrialización y tecnificación de los últimos años ha hecho que esta relación se acentúe aún más. Las mejoras en el uso eficiente del agua provocan el aumento del consumo de energía que es generada, principalmente, con combustibles fósiles.

El aumento del consumo de energía y un mercado energético más que complicado para los agricultores provoca unos costes nada desdeñables en la producción agrícola que merman su competitividad debido a los altos precios de la energía. Esta problemática beneficia a grandes explotaciones de agricultura intensiva e industrializada y asfixia a los pequeños y medianos agricultores, actores históricos en nuestro país, a la vez que daña el desarrollo, la diversificación y el progreso en el



medio rural. En la **Fundación Renovables** creemos que como solución a esta problemática es necesario apostar por:

- **Labores agrícolas sostenibles**, adaptadas específicamente a la climatología y a la disponibilidad de los recursos de las zonas en las que se ubiquen.
- **La utilización del agua con criterios racionales**, a tenor de la existencia de recursos, seleccionando cultivos en función de la disponibilidad hídrica.
- **Una regulación adecuada** para la promoción y gestión del agua.
- **Protección de aguas subterráneas** mediante la zonificación o la creación de perímetros de protección de los acuíferos.
- **El fomento y desarrollo de actividades de investigación** y proyectos replicables en cuanto al uso eficiente del agua, la depuración y la reutilización de agua en la agricultura.
- El fomento y desarrollo de actividades de investigación y proyectos replicables en cuanto al **uso eficiente de la energía en la agricultura y especialmente en el regadío**.
- **Tarifas eléctricas adecuadas para los agricultores**, facilitando y simplificando los cambios de potencia según las necesidades de regadío.
- **Divulgación y formación** a los agricultores del país en cuanto al uso eficiente del agua y de la energía.

7.2 Agricultura sostenible y protección del suelo

La agricultura intensiva ha multiplicado los impactos negativos sobre el medioambiente que se esconden detrás de un consumo y una producción insostenibles. Este tipo de agricultura hace un mal uso de la tierra, provoca la tala de bosques, salinización y anegamiento de suelos muy irrigados, utiliza escasas técnicas de conservación del suelo y usa numerosos fertilizantes orgánicos facilitando la erosión. En España la degradación de los suelos es un problema que arrastramos desde hace décadas. Los fertilizantes y pesticidas que se utilizan en este tipo de agricultura provocan contaminación de aguas al ser arrastrados por la lluvia, dañando la biodiversidad y la salud humana al contaminar aguas subterráneas y acuíferos.

Además, la agricultura de monocultivos se concentra en grandes extensiones de terreno donde se cultiva una sola variedad lo que supone un empobrecimiento radical del ecosistema, con la consiguiente pérdida de hábitats y especies.

La gran cantidad de energía usada para producir los alimentos en estas plantaciones se traduce en un consumo elevado de petróleo y de otros combustibles fósiles que generan emisiones de GEI, a la vez que eliminan bosques y pastizales reduciendo el número de sumideros de carbono. Para evitar este tipo de agricultura y sus



consecuencias medioambientales desde la **Fundación Renovables** consideramos necesario apostar por:

- **El fomento del consumo de productos de proximidad y de temporada.**
- El control, la regulación y la reducción del uso a cantidades adecuadas de fertilizantes químicos y productos fitosanitarios, **optando por el uso de abonos o fertilizantes ecológicos.**
- **La protección y el uso de técnicas de conservación de suelos fértiles con capacidad agrícola** restaurando suelos agrícolas desaparecidos.
- **Planes de gestión y reciclado de plásticos y residuos de invernaderos.**
- **La salvaguarda de la reutilización de terrenos** que han sufrido incendios o transformaciones no previstas.
- **El fomento y facilitación de acceso a la agricultura de precisión** que permite la reducción del consumo de agua y de energía y reduce los daños medioambientales.
- **Elaborar planes de optimización y gestión de residuos de cultivos.**

7.3 Las renovables en la agricultura

El aumento del consumo energético en la agricultura de las últimas décadas requiere extender prácticas eficientes energéticamente y el uso de energías renovables en un sector en el que aún están poco desarrolladas.

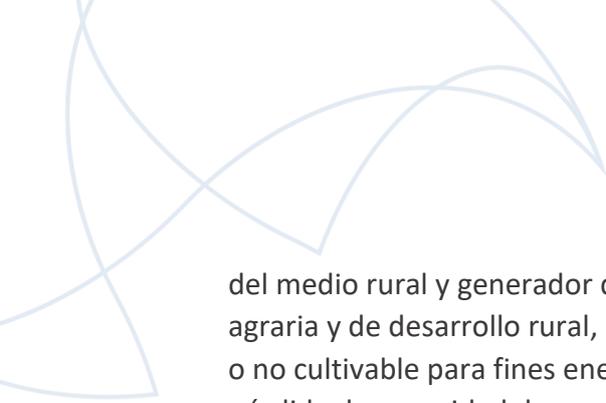
Las energías renovables no sólo permiten al agricultor ser más eficiente, sino reducir el impacto ambiental de la actividad, obteniendo alimentos más sostenibles y que cada día son más demandados. Las energías renovables, combinadas con un correcto diseño y gestión de los sistemas mediante la digitalización, permiten un consumo menor de recursos, ahorrando en costes y mejorando así la rentabilidad y la competitividad en los mercados.

Los costes de instalación de las renovables son cada vez más reducidos, siendo más competitivas que las energías convencionales. Además, permiten sistemas distribuidos que no dependen de la red eléctrica central en casos en los que no existen conexiones próximas. La energía solar fotovoltaica es la más extendida pero cada vez son más viables soluciones como la energía eólica o la minihidráulica.

Las posibilidades de uso de las renovables en la agricultura crecen con la aparición de nuevas técnicas como la **agrovoltaica** que consiste en instalaciones fotovoltaicas en el mismo terreno de un cultivo existente permitiendo, no sólo generar energía limpia, sino favorecer el desarrollo del cultivo.

Desde la **Fundación Renovables** apostamos por la generación de electricidad con energías renovables y la tecnificación de la agricultura como mecanismo vertebrador





del medio rural y generador de empleo. Eso sí, nunca a costa de perder capacidad agraria y de desarrollo rural, apostando en este sentido por el uso de la tierra no fértil o no cultivable para fines energéticos, pero en ningún momento permitiendo la pérdida de capacidad de producción.

En la actualidad se están pagando importantes rentas por el alquiler de grandes superficies de terreno cultivable por parte de empresas promotoras con el objetivo de instalar centrales de generación de electricidad, mucho más rentables que la actividad agraria. Difícilmente se ayuda al desarrollo agrario si el arrendamiento de las tierras de labor para generar energía eléctrica en instalaciones fotovoltaica ocasiona rentas más altas que si se mantuviera la actividad agraria.

Específicamente, consideramos necesario tener en cuenta los siguientes criterios de actuación:

- **Una regulación estricta** que impida la retirada de terreno fértil para la implantación de plantas de generación, estableciendo características de destino y aprovechamiento de las tierras no fértiles.
- **El desarrollo del autoconsumo y la generación distribuida en el sector agrícola y el medio rural.**
- La apuesta por **la creación de comunidades energéticas** en comunidades agrícolas y de regantes.
- **La exigencia de que las instalaciones de riego funcionen con energías renovables**, incorporando requisitos básicos para disponer de los permisos necesarios.
- La consideración de las inversiones en energías renovables en explotaciones agrícolas como elegibles a efectos de la declaración de la renta en Régimen de Estimación Directa Objetiva, incluyendo deducciones adicionales de la inversión a la cuota de amortización de esta.

7.4 Hacia una agricultura diversificada y multifuncional

Actualmente el sector de la agricultura se enfrenta a grandes problemas que requieren una actuación urgente en todos sus ámbitos. Estos problemas van desde los altos costes que sufren los agricultores para producir hasta los problemas asociados al cambio climático y la escasez de agua. La combinación hace que los agricultores, que no pueden fijar los precios, sino sólo bajar los costes, centren sus cultivos en especies concretas, sobre todo de regadío, que puedan generar mayores beneficios lo que, a su vez, agrava el problema del agua.

El incremento de los consumos de agua durante las últimas décadas, como consecuencia de los nuevos regadíos y usos de este recurso, ha provocado una gran escasez y el incremento de concentraciones de nitratos. Para hacer frente a estos



efectos es necesario **recurrir a soluciones como la desalación del agua de mar o la modernización de los regadíos.**

En el futuro será necesario tener en cuenta la predictibilidad del agua disponible para el riego, haciendo que sea un valor que tener en cuenta y que favorezca su uso eficiente. Esto permitirá a un agricultor asegurar su producción a largo plazo y reducir las incertidumbres de una campaña de cultivo a otra, permitiéndole establecer un plan de negocio que no sea cortoplacista. Además, el hecho de poner en cuenta la predictibilidad del agua disponible fomentará el ahorro y la reutilización, promoviendo técnicas como la desalación.

Soluciones como el llamado **“secano asistido”**, en las que se mantiene un cultivo de secano, como es el olivar, pero asistido con un riego controlado y de precisión, permiten que aumente la rentabilidad de estos cultivos sin necesidad de ser sustituidos por especies de regadío, obteniendo rentas iguales o mayores. De esta forma, se evita que aumente aún más el consumo de agua y se mantiene una agricultura diversificada y de especies autóctonas en lugar de un sistema basado en la producción y el consumo de unas pocas especies y variedades.

Ante este problema, y teniendo en cuenta la tendencia climática global que prevé un aumento de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones, **se deben buscar alternativas al modelo agrario dominante en la actualidad, extremadamente dependiente de recursos hídricos, para desarrollar una agricultura que se adapte al cambio climático y sea capaz de producir alimentos sanos, saludables y de calidad para las generaciones actuales y futuras.**

En este contexto, deben adquirir protagonismo plantaciones con potencial de adaptación al cambio climático como los llamados **cultivos promisorios** [11]. Este tipo de cultivos incluyen especies y variedades que en algún momento tuvieron un papel importante en la agricultura y en la alimentación tradicional y que, por diversos factores, se encuentran en desuso. Este tipo de cultivos también incluyen especies que se han mantenido en condiciones climáticas extremas de frío o sequía y que pueden ser adaptados en nuestro territorio (quinoa, amaranto...) como en su día lo fueron los cítricos, frutales, tomates o patatas.

La selección de las especies se debe realizar teniendo en cuenta las condiciones climáticas actuales, los modelos predictivos sobre la evolución del clima a lo largo de este siglo, los recursos hídricos disponibles en el territorio, la calidad nutricional de los alimentos, su uso potencial y la necesidad de recuperar el control de nuestra seguridad y soberanía alimentaria.



7.5 Las nuevas comunidades de agricultores

Los nuevos retos y la evolución de la agricultura actual en cuanto a los usos eficientes del agua, la tecnificación, la relación cada vez más cercana con el sistema energético, la necesidad de proteger el medio ambiente y la adaptación al cambio climático del sector hacen necesaria la evolución del agricultor.

En la actualidad, **las Comunidades de Regantes se han convertido en corporaciones de derecho público, cuya labor reside en organizar los aprovechamientos colectivos de aguas públicas, superficiales y subterráneas.** Son agrupaciones de todos los propietarios de una zona de riego, que tienen como finalidad autogestionarse por sí solos para distribuir el agua de riego de forma eficaz y equitativamente entre todos sus miembros. Las Comunidades tratan de distribuir el agua eficaz y equitativamente, adaptan la oferta y la demanda de agua, velan por el mantenimiento de las infraestructuras de regadío y realizan el seguimiento de las actividades de mantenimiento, facilitando la asistencia a los regantes.

En el contexto actual los agricultores deben dar un paso más en su propio beneficio **con la creación y formación**, no sólo de comunidades o cooperativas de regantes, sino **de comunidades gestoras del agua, del suelo, del medioambiente y de la energía.**

Los agricultores deben hacerse conocedores de las nuevas tecnologías, de las energías renovables y del sector energético, del que hasta ahora han sido ajenos. Las nuevas soluciones en torno a las energías renovables y al autoconsumo, como el bombeo fotovoltaico, las hibridaciones con eólica, los bombeos reversibles, la agrovoltaica, la desalación de agua o las comunidades energéticas les permitirán **ganar protagonismo y ejercer un papel activo no sólo produciendo, sino gestionando, al igual que hacen con el agua, su propia energía y sus terrenos.**



Renovables y eficiencia en el regadío
Bibliografía



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Bibliografía

- [1] [El Cambio Climático y la Tierra. IPCC.](#)
- [2] [El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.](#)
- [3] [Anuario de Estadística 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.](#)
- [4] [Beneficios de la agricultura de conservación en un entorno de cambio climático. Asociación Española de Agricultura de Conservación. Suelos Vivos.](#)
- [5] [Reicosky, D.C. & Lindstrom, Michael. \(1993\). Fall Tillage Method: Effect on Short-Term Carbon Dioxide Flux from Soil. Agronomy Journal – AGRON J. 85.](#)
- [6] [D.C. Reicosky, W.A. Dugas, H.A. Torbert, Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems, Soil and Tillage Research, Volume 41, Issues 1–2, 1997, Pages 105-118.](#)
- [7] [Balances de Energía final \(1990-2018\). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.](#)
- [8] [Market uptake of an innovative irrigation Solution based on LOW WATER-ENergy consumption.](#)
- [9] [Espinosa-Tasón, Jaime & Berbel, Julio & Gutiérrez-Martín, Carlos, 2020. "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 233\(C\).](#)
- [10] [Fernando Martínez Sandoval, Isaac Carrelo Barate y Eduardo Lorenzo Pigueiras. "Características y evaluación de un demostrador de bombeo fotovoltaico \(MASLOWATEN\)". Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, IES-UPM.](#)
- [11] [Egea, Isabel & Fernández, Jose & Sánchez, Jose & Rivera, Diego. \(2015\). Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar el mundo. Una propuesta agroecológica para tierra de íberos.](#)

Renovables y eficiencia en el regadío
Índice de ilustraciones



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Superficie agraria utilizada España.</i>	
Fuente: MAPA.....	8
<i>Ilustración 2. Distribución de fuentes energéticas en agricultura. 2018.</i>	
Fuente: IDAE.....	23
<i>Ilustración 3. Evolución del consumo energético y la superficie cultivada.</i>	
Fuente: IDAE y MAPA.....	23
<i>Ilustración 4. Evolución de la superficie de cultivos de regadío y la superficie total de cultivos.</i>	
Fuente: MAPA.....	26
<i>Ilustración 5. Evolución del uso de agua por hectárea y del consumo energético por agua consumida.</i>	
Fuente: "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," [3].	27
<i>Ilustración 6. Evolución del agua consumida en riego frente a la energía consumida.</i>	
Fuente: "Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950–2017," [3]. Elaboración propia.....	28
<i>Ilustración 7. Evolución de los costes energéticos en el regadío.</i>	
Fuente: Federación Nacional de Comunidades de Regantes (FENACORE).....	31
<i>Ilustración 8. Irradiancia y frecuencia de la bomba a lo largo del día.</i>	
Fuente: "Características y evaluación de un demostrador de bombeo fotovoltaico. (MASLOWATEN)" [4].	35
<i>Ilustración 9. Irradiancia, profundidad del pozo y caudal de la bomba a lo largo del día.</i>	
Fuente: "Características y evaluación de un demostrador de bombeo fotovoltaico. (MASLOWATEN)" [4].	36
<i>Ilustración 10. Período de retorno de la inversión frente a un grupo electrógeno.</i>	
Fuente: elaboración propia.....	39
<i>Ilustración 11. Discriminación horaria tarifa eléctrica.</i>	
Fuente: compañía eléctrica.....	40
<i>Ilustración 12. Precios de la tarifa eléctrica.</i>	
Fuente: elaboración propia.....	41
<i>Ilustración 13. Período de Retorno de la Inversión respecto al consumo eléctrico en período punta.</i>	
Fuente: elaboración propia.....	42
<i>Ilustración 14. Período de Retorno de la Inversión frente a consumo eléctrico en período llano.</i>	
Fuente: elaboración propia.....	43
<i>Ilustración 15. Período de Retorno de la Inversión frente a consumo eléctrico en período valle.</i>	
Fuente: elaboración propia.....	43
<i>Ilustración 16. Nuevas tarifas de acceso a la red eléctrica.</i>	
Fuente: CNMC.....	47





**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28028 Madrid

www.fundacionrenovables.org

yo
SI QUIERO
RENOVABLES