

Impacto de la expansión de cultivos perennes en España (1990-2023)

Antonio R. Hurtado^{1,*}, Jaime Espinosa-Tasón^{1,2} y Julio Berbel¹

¹ Water, Environmental, and Agricultural Resources Economics (WEARE) Research Group, Universidad de Córdoba. Campus Rabanales Building C5, 14014 Córdoba, España.

² Sistema Nacional de Investigación (SNI), Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. La Villa de Los Santos, Los Santos, PA 0739, Panamá.

Resumen

Este artículo analiza los impactos de un aumento de cultivos perennes sobre las necesidades de agua de riego y sobre la vulnerabilidad del sistema agrícola ante eventos climáticos en España, así como sus implicaciones para la política hídrica. El análisis muestra el crecimiento constante de los cultivos leñosos en el periodo 1990-2023 a costa de los herbáceos tanto en secano como en riego y cómo las cuencas del sur del país se han adaptado a la escasez estructural, mediante el empleo de riego de precisión y riego deficitario. Esto tiene consecuencias económicas que se concretan en una mayor productividad del agua y una mayor vulnerabilidad a sequías. En cuanto a las consecuencias hidrológicas, destaca la reducción de los retornos de riego que posiblemente se están sobreestimando en los balances de cuenca con el riesgo de sobreasignación de recursos. La probable frecuencia cada vez mayor de las sequías y el aumento de las necesidades de agua de riego, debido al aumento de las temperaturas, aumentan la vulnerabilidad del sistema a fenómenos climáticos extremos. Estos hallazgos pueden emplearse para apoyar la asignación eficiente de los recursos hídricos, mejorando la política hídrica para la adaptación a los crecientes riesgos relacionados con las sequías y la escasez de agua.

Palabras clave: Cambio climático, cultivos leñosos, cambio de uso del suelo, productividad, riego deficitario.

Impact of the expansion of perennial crops in Spain (1990-2023)

Abstract

This paper analyzes the impacts of an increase in perennial crops on irrigation water requirements and on the vulnerability of the agricultural system to climatic events in Spain as well as its implications for water policy. The analysis shows the steady growth of perennial crops in the period 1990-2023 at the expense of arable crops in both rainfed and irrigated systems and how the southern basins of the country have adapted to structural scarcity by using precision irrigation and deficit irrigation. This has economic consequences in the form of higher water productivity and greater vulnerability to droughts. In terms of hydrological consequences, the reduction of irrigation returns, which are possibly being overestimated

* Autor para correspondencia: es2rohuc@uco.es

Cita del artículo: Hurtado A.R., Espinosa-Tasón J., Berbel J. (2025). Impacto de la expansión de cultivos perennes en España (1990-2023). ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(2): 183-198. <https://doi.org/10.12706/itea.2025.004>



in the basin balances with the risk of over-allocation of resources, stands out. The likely increasing frequency of droughts and increasing irrigation water requirements, due to rising temperatures, increase the vulnerability of the system to extreme weather events. These findings can be used to support efficient allocation of water resources, improving water policy for adaptation to increasing risks related to droughts and water scarcity.

Keywords: Climate change, woody crops, land use change, productivity, deficit irrigation.

Introducción

La expansión de cultivos leñosos en regadío está generando un creciente debate sobre sus implicaciones económicas, ambientales e hidrológicas (Garrido Sánchez-Cano, 2023; Tocados-Franco *et al.*, 2024). Desde el punto de vista económico, el aumento de estos cultivos promete beneficios sustanciales debido a su elevada demanda en el mercado y a su rentabilidad, pero esta bonanza no está exenta de polémica, ya que los críticos sostienen que el riego intensivo que requieren puede no ser sostenible a largo plazo, sobre todo en regiones que sufren escasez de agua (Pérez-Blanco y Sapino, 2022).

Por otro lado, desde una perspectiva medioambiental, se argumenta que el cambio hacia los cultivos leñosos de regadío puede provocar cambios significativos, tanto positivos como negativos, en los ecosistemas locales (Tuninetti *et al.*, 2020). Un primer impacto es el uso de agua para regadío que si no es debidamente controlado y planificado puede potencialmente ejercer una presión considerable sobre los recursos hídricos locales, agravando la escasez de agua y provocando conflictos entre los distintos usuarios en regiones donde la disponibilidad de este recurso es limitada (Rathore *et al.*, 2024). Sin embargo, hay evidencia de que cultivos leñosos manejados de manera extensiva e integrada, como por ejemplo la existencia de cubierta vegetal, tiene un impacto positivo en la biodiversidad y captura de carbono (Horak *et al.*, 2013; Raz *et al.*, 2024).

En este contexto, este artículo tiene como objetivos principales: a) analizar los impactos de la expansión de cultivos leñosos tanto en secano como especialmente en regadío en España, b) evaluar las implicaciones de este fenómeno para la política hídrica (con especial atención a la gestión del agua en escenarios de sequía), y c) proponer recomendaciones para una asignación eficiente de los recursos hídricos y una adaptación efectiva a los crecientes riesgos relacionados con las sequías y la escasez de agua.

Este artículo se estructura en varias secciones en las que se describe los resultados de un análisis de la expansión de los cultivos perennes en España entre 1990 y 2023, así como sus implicaciones para la política hídrica. Se examina en primer lugar la evolución del secano y del regadío, seguida de un análisis específico del crecimiento de los cultivos leñosos durante ese periodo, diferenciando entre su desarrollo en sistemas de secano y de riego. Posteriormente, se abordan los efectos económicos de esta transformación, considerando tanto las necesidades de capital derivadas de la expansión de estos cultivos como su impacto económico general. A continuación, se analiza el impacto sobre el uso del agua, centrándose en el aumento del riego deficitario y en la reducción de los retornos de riego, factores que influyen en la sostenibilidad de los balances hídricos a nivel de cuenca. Finalmente, se discuten las tendencias actuales y futuras de los cultivos leñosos en el contexto agrícola español, poniendo en perspectiva su papel en la adaptación del

sector a las limitaciones hídricas. Los hallazgos de este estudio pueden ser de gran utilidad para una mejor planificación y gestión de los recursos hídricos, proporcionando información relevante para la formulación de políticas a nivel nacional y regional en un contexto de cambio climático y creciente escasez de agua.

Material y métodos

Fuentes de datos y cálculos de productividad agrícola en España

La investigación realizada en este estudio puede caracterizarse como un análisis descriptivo de naturaleza histórica. Las principales fuentes y técnicas empleadas para obtener la información incluyen revisiones documentales y fuentes de datos de estadísticas oficiales. Las variables observadas proceden de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2022) y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2023), complementadas con estimaciones propias debidamente justificadas.

El estudio del impacto económico del cambio de orientación productiva en la agricultura española se lleva a cabo mediante el análisis de la productividad aparente de los factores: i) agua de riego, ii) mano de obra agrícola y iii) tierra, estimándose a partir de la metodología detallada por FAO y UN-Water (2021) que ya ha sido aplicada con anterioridad a la cuenca del Guadalquivir por Expósito y Berbel (2019). Como indicador de productividad se utilizó el valor de la producción final agraria (PFA) transformado a precios constantes mediante el deflactor del producto interno bruto (PIB). La productividad aparente bruta del agua de riego (PAR) se define como la productividad final agrícola (PFA) vegetal dividida por el volumen de agua de riego utilizada, expresada en EUR/m³.

$$PAR_j = \frac{PFA_j \times (1 - P_j)}{V_j} \quad (1)$$

donde:

PAR_j = productividad del agua de riego (EUR/m³) en el año j

PFA_j = producción final agrícola (EUR) en el año j

P_j = porcentaje de PFA producida por la agricultura de secano en el año j

V_j = volumen total de agua utilizada para el riego (hm³) en el año j

Además, P_j puede calcularse en función del porcentaje de tierras de regadío sobre el total de tierras de cultivo, de la siguiente manera:

$$P_j = \frac{1}{1 + \frac{PI_j}{(1 - PI_j) \times 0,45}} \quad (2)$$

donde: PI_j es el porcentaje de tierras de regadío sobre el total de tierras de cultivo en el año j y el valor 0,45 es un coeficiente genérico predeterminado entre los rendimientos de los cultivos de secano y regadío en España (MAPA, 2023).

La productividad de la tierra agrícola (expresada en EUR/ha) se estimó como PFA vegetal agrícola, generada por la superficie cultivada 'S',

$$PT_j = \frac{PFA_j}{S(ha)_j} \quad (3)$$

donde:

PT_j = productividad de las tierras agrícolas (EUR/ha) en el año j

PFA_j = producción final agrícola (EUR) en el año j

ha_j = tierras cultivadas de secano y regadío (ha) en el año j

La productividad de la mano de obra agrícola se estimó como el valor económico medido como la producción agrícola final generada por el número de personas empleadas en el sector agrícola, expresado en EUR/trabajador.

$$PMO_j = \frac{PFA_j}{MO_j} \quad (4)$$

donde:

PMO_j = productividad de la mano de obra agrícola (EUR/trabajador) en el año j

PFA_j = producción final agraria (vegetal + animal) (EUR) en el año j

MO_j = número de personas empleadas en el sector agrario en el año j

Una de las medidas más relevantes de la productividad agrícola es la de la productividad total de los factores (PTF), que mide la cantidad de producción agrícola obtenida a partir del conjunto de tierra, trabajo, capital y recursos materiales empleados en la producción agrícola. Si la producción total crece más deprisa que los insumos totales, entonces la productividad total de los factores está aumentando. Para la revisión de la evolución de las tasas de crecimiento de la PTF agrícola, utilizamos el producto de datos sobre productividad agrícola internacional del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los EE.UU., que ha proporcionado índices anuales de PTF agrícola para países y regiones del mundo desde 1961. La serie, ampliamente revisada y actualizada (Fuglie, 2022), incluye datos sobre la agricultura en España.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación parcial para examinar las relaciones entre los indicadores de productividad agrícola, utilizando el año como variable de control. Los resultados se presentaron en una matriz de

correlaciones parciales, donde cada celda representa la correlación entre dos indicadores, una vez que se ha controlado el efecto del tiempo. Es importante aclarar que, en este contexto, el tiempo (representado por el año) se utiliza como variable de control para eliminar cualquier tendencia temporal común que pudiera influir en las relaciones entre las variables de interés.

La correlación parcial mide la relación lineal entre dos variables, después de eliminar el efecto lineal de una tercera variable. Matemáticamente, se calcula como la correlación entre los residuos de dos regresiones simples. Si denotamos por e_{1i} los residuos de la regresión de Y_1 sobre X , y por e_{2i} los residuos de la regresión de Y_2 sobre X , entonces la correlación parcial entre Y_1 e Y_2 dado X se define como:

$$R(Y_1, Y_2|X) = \text{corr}(e_{1i}, e_{2i}) \quad (5)$$

Esta expresión indica que estamos calculando la correlación entre las partes de Y_1 y Y_2 que no pueden explicarse por la tendencia temporal (es decir, el efecto del tiempo). En otras palabras, el análisis permite examinar la relación entre las variables una vez que se ha ajustado por la influencia temporal.

Resultados y discusión

Evolución del secano y regadío

La Figura 1 muestra la evolución de la superficie cultivada en España, donde puede verse que en el periodo 1965-2023 la superficie total cultivada se reduce en su conjunto en un 18 %, si bien el secano se reduce en un 30 % mientras el riego aumenta en un 207 % (datos de 2023 provisionales). Esto implica que el secano pierde 5,7 M. ha durante este periodo, de las cuales 1,9 M. ha se transforman en nuevos riegos y 3,8 M. ha se abandonan.

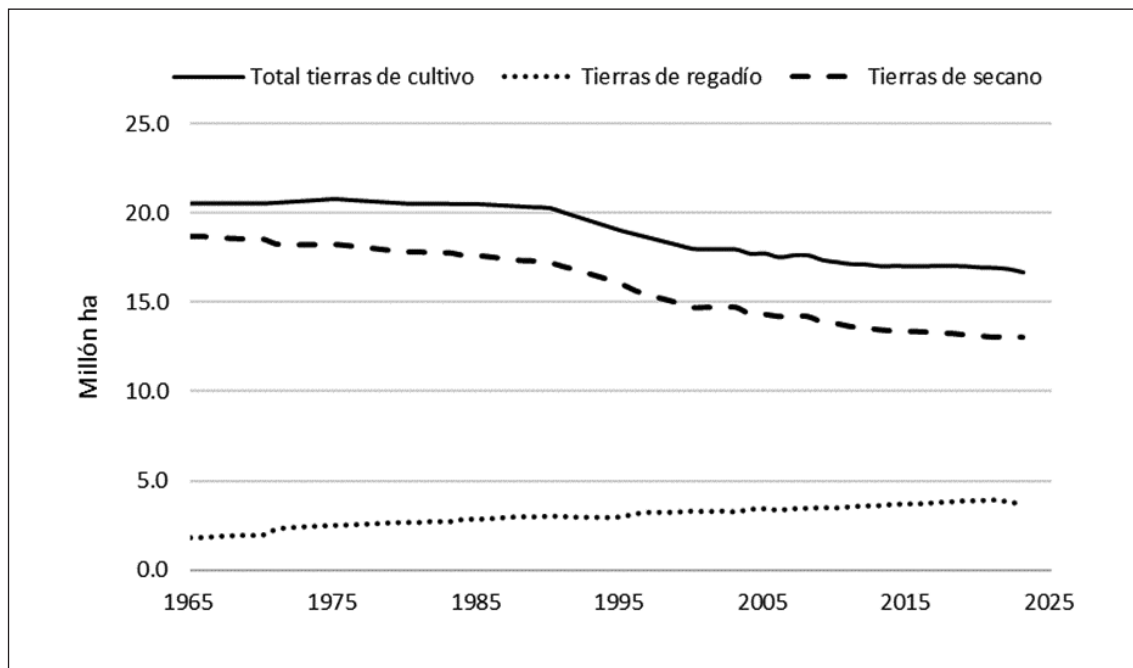


Figura 1. Evolución de cultivos de secano y riego en España, 1965-2023 (M. ha). Fuente: Espinosa-Tasón et al. (2020) (años 1965-2018); elaboración propia a partir de MAPA (2023) (años 2018-2023).

Figure 1. Evolution of rainfed and irrigated crops in Spain, 1965-2023 (Million ha). Source: Espinosa-Tasón et al. (2020) (years 1965-2018); own elaboration based on MAPA (2023) (years 2018-2023).

Evolución de los cultivos leñosos, 1990-2023

Al analizar el decrecimiento de la superficie total cultivada, vemos que este se explica por el abandono del secano, especialmente en el cultivo de herbáceos. En España, el total de estos cultivos se reduce en 2,5 M. ha (0,62 M. ha en riego y 1,96 M. ha en secano) mientras que los leñosos aumentan en su conjunto en 0,58 M. ha, si bien esta cifra oculta una realidad que comentamos en la próxima sección.

Como puede observarse en la Figura 2, el impacto de las sequías en los periodos 1990-1995, 2005-2008 y 2017-2023 produce una reducción más acusada en el cultivo de herbáceos que no afecta el cultivo de leñosos. Es decir, como parte de la adaptación a la sequía, los agricultores reducen el secano y de-

rivan agua a leñosos, ya sea internamente dentro de la propia explotación, a nivel de Comunidad de Regantes, o incluso mediante la compra de derechos.

Evolución de los cultivos leñosos de secano y riego, 1990-2023

La superficie dedicada al riego en cultivos leñosos ha aumentado considerablemente en los últimos años (Figura 3), en detrimento de los cultivos de secano. Este crecimiento se explica en gran medida por la expansión de los olivares bajo riego, que representan alrededor del 50 % de este incremento. Esta transformación, junto con la implementación de técnicas como el riego deficitario, según indican recientes investigaciones de Sánchez-

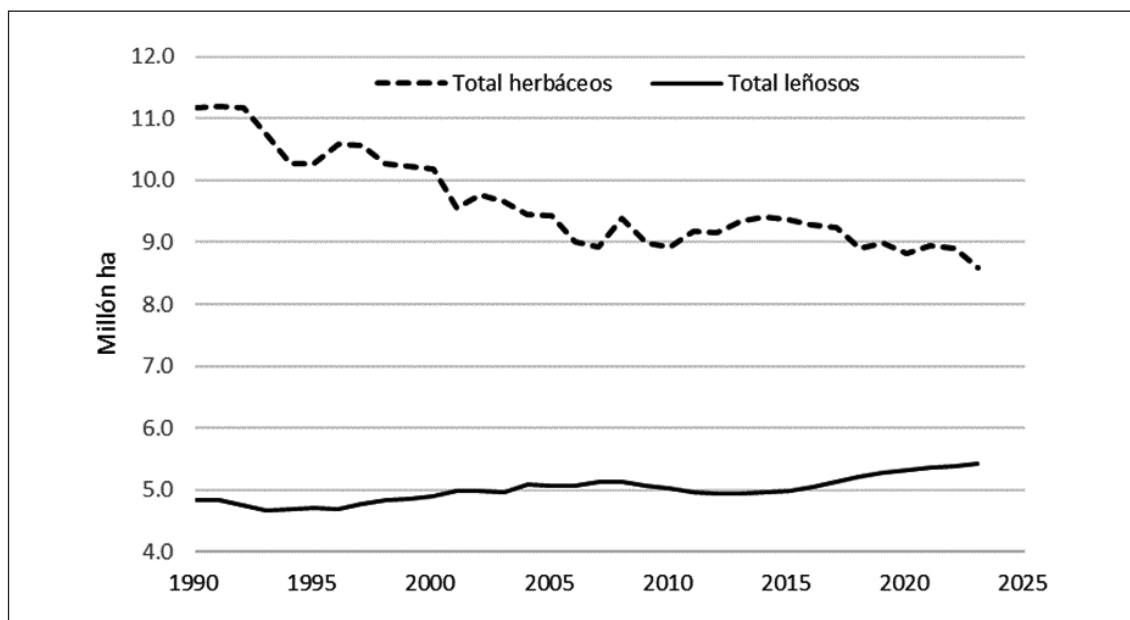


Figura 2. Evolución de cultivos herbáceos y leñosos en España, 1990-2023 (M. ha). Fuente: Espinosa-Tasón et al. (2020) (años 1990-2018); elaboración propia a partir de MAPA (2023) (años 2018-2023).
 Figure 2. Evolution of herbaceous and woody crops in Spain, 1990-2023 (Million ha). Source: Espinosa-Tasón et al. (2020) (years 1990-2018); own elaboration based on MAPA (2023) (years 2018-2023).

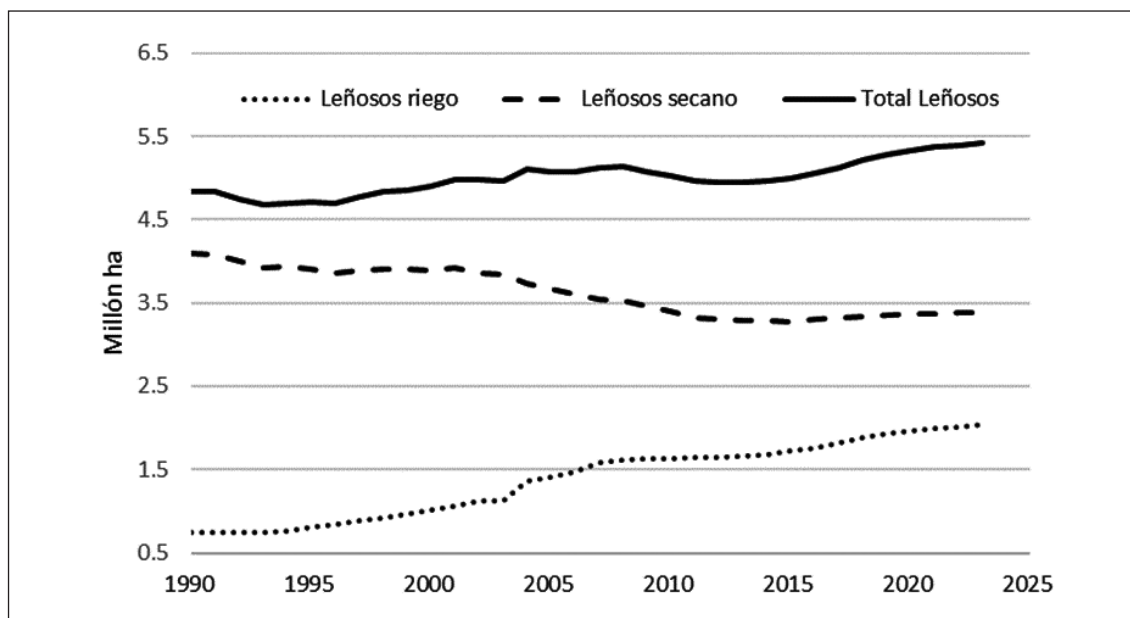


Figura 3. Evolución del cultivo de leñosos en seco y riego en España, 1990-2023 (M. ha). Fuente: Espinosa-Tasón et al. (2020) (años 1990-2018); elaboración propia a partir de MAPA (2023) (años 2018-2023).
 Figure 3. Evolution of rainfed and irrigated woody crops in Spain, 1990-2023 (Million ha). Source: Espinosa-Tasón et al. (2020) (years 1990-2018); own elaboration based on MAPA (2023) (years 2018-2023).

Piñero et al. (2024), permiten ahorrar hasta un 50 % de agua sin afectar la producción, indicando una adaptación del sector agrícola a las condiciones de escasez hídrica.

En la Figura 3 puede observarse también que ocurre un aumento de leñosos en riego más señalado en torno a los años 2003-2004, lo cual coincide con el periodo más intenso de modernización de regadíos. En cuanto al secano, por otro lado, puede verse una primera fase donde hay una reducción prolongada y constante hasta 2015 (que marca el mínimo de la serie), seguida de un aumento de aproximadamente 107.000 ha desde 2016 (mayormente olivares, almendros y pistachos).

Evolución global de los cultivos leñosos secano y riego, 1990-2023

A partir de los datos arriba indicados, se deduce que los leñosos en su conjunto pasan del 24 % del total cultivado en España en 1990 al 32 % en 2023, y que los leñosos en regadío pasan del 25 % al 45 % en el mismo periodo, siendo que en regiones como Andalucía llegan al 66 %. Es decir, vemos que casi la mitad del regadío español ya se ha arbolado, especialmente si descontamos de los herbáceos algunos cultivos muy especializados como los invernaderos o los arrozales de Andalucía y Valencia.

Mientras que el porcentaje de cultivos leñosos sobre la superficie total de cultivo ha aumentado en la mayoría de las comunidades autónomas, la misma tendencia no se observa en Aragón, Baleares, Canarias, Cataluña y la Comunidad de Madrid. En estas regiones, el porcentaje de cultivos perennes ha disminuido, lo cual se explica en gran parte por la significativa reducción de la superficie con cultivos leñosos de secano y la simultánea contracción de la superficie total cultivada (INE, 2022; MAPA, 2023), lo cual sugiere que una parte importante de estas tierras ya no

es utilizada para la agricultura. Esta evolución es objeto de otro estudio detallado actualmente en desarrollo.

Efectos económicos del aumento de cultivos leñosos

Necesidades de capital

El crecimiento de cultivos leñosos en sentido amplio implica un aumento del capital biológico. La inversión necesaria para la implantación de arbolado, por ejemplo, de un olivar tradicional (excluido riego), supone unos 1.500 EUR/ha y puede llegar hasta 4.000 EUR/ha en el caso de un olivar superintensivo (Tribaldos Campos y Tribaldos Campos, 2023). A los costes de implantación hay que añadir el lucro cesante y cuidados necesarios hasta que la cosecha alcance el umbral de rentabilidad. Los costes de estos cuidados son muy variables según la densidad de los cultivos, pero en general pueden ser estimados en 800 EUR/ha·año durante cinco años, lo que nos da un coste de plantación en su entrada en producción (quinto año como referencia) en el rango de unos 4.000 EUR/ha, llevándonos así a un valor del capital biológico de unos 5.500 EUR/ha a 8.000 EUR/ha (Comex Bodi6n, 2023).

Por otro lado, en el caso del almendro cultivado en secano los costes de implantación rondan los 2.500 EUR/ha, mientras que los gastos anuales de mantenimiento (abonado, limpieza, poda, y otros) durante los primeros cinco años en los que los rendimientos son deficitarios suponen un gasto de 900 EUR/ha, lo que supone que en el momento de entrar la plantación en producción rentable lleva acumulada una inversi6n de aproximadamente 7.000 EUR/ha (Junta de Andalucí, 2024).

Con estos ejemplos se pretende dar una idea del capital biológico que se puede traducir en una inmovilizaci6n muy importante de recursos financieros. Estos valores deben incremen-

tarse en el caso del riego con unos 2.000 EUR/ha a 3.000 EUR/ha si consideramos exclusivamente la instalación del sistema de riego en parcela. Este capital biológico determina una corriente futura de cobros mayor que una tierra dedicada a herbáceos, y el valor de la mayor rentabilidad esperada se capitaliza en el precio de la tierra. La Tabla 1 muestra ese valor para Andalucía y España, donde se re-

fleja el capital invertido en la transformación que está observándose en la agricultura española, aunque se debe resaltar que los precios medios de la tierra en España pueden ocultar diferencias importantes debido a la heterogeneidad de las comparaciones (por ejemplo, olivares tradicionales en terrenos marginales frente a plantaciones modernas en Extremadura para el caso del riego).

Tabla 1. Precios medios de la tierra en Andalucía y España (EUR/ha) en 2022.
Table 1. Average land prices in Andalusia and Spain (EUR/ha) en 2022.

	Andalucía	España
Secano		
Herbáceos y barbechos	11.733	7.293
Olivar de transformación	25.983	19.209
<i>Diferencial</i>	<i>14.250</i>	<i>11.916</i>
Riego		
Herbáceos y barbechos	31.870	18.215
Olivar de transformación	39.929	38.906
<i>Diferencial</i>	<i>8.059</i>	<i>20.691</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía (2023).

Impacto económico

La inversión de capital en esta transformación trae consigo un aumento del valor de la producción agraria y del empleo. A este respecto, la Figura 4 muestra la evolución de la producción final agraria (PFA), donde se puede observar su tendencia creciente y el impacto de las sequías en 1990-1995, 2005-2008 y actual (2023).

Por otro lado, el aumento de la productividad total de los factores (PTF) en España muestra oscilaciones propias de choques económicos externos (precios, mercados) y ambientales internos (sequías, eventos extremos). Como se observa en la Figura 5, la productividad de

los principales factores ha aumentado significativamente entre 1980 y 2018, que es el valor más recientemente actualizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) (Fuglie, 2022). Los impulsores del aumento de la PTF en el país han sido el mejoramiento de semillas y genética vegetal, la optimización del uso de agua y fertilizantes, la mecanización y automatización, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la capacitación y extensión agrícola, y la intensificación del capital (Boussemart y Parvulescu, 2021; OECD, 2023; Sapolaite y Balezentis, 2023). Además, en nuestra opinión, también el capital biológico que supone la inversión en cultivos leñosos.

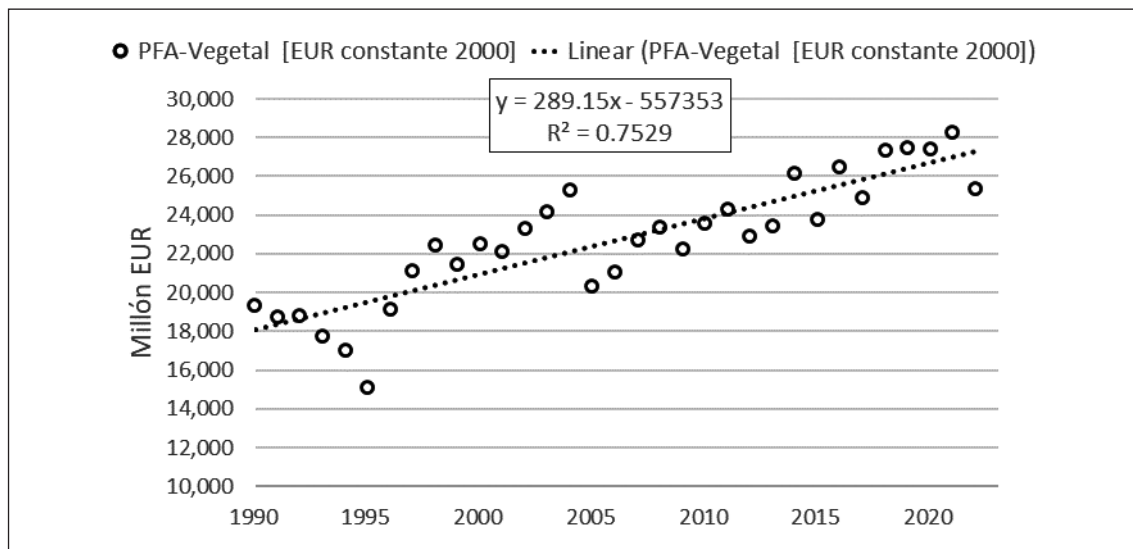


Figura 4. Evolución de la productividad física del agua en España, 1990-2023.

Elaboración propia a partir de MAPA (2023).

Figure 4. Evolution of physical water productivity in Spain, 1990-2023.

Own elaboration based on MAPA (2023).

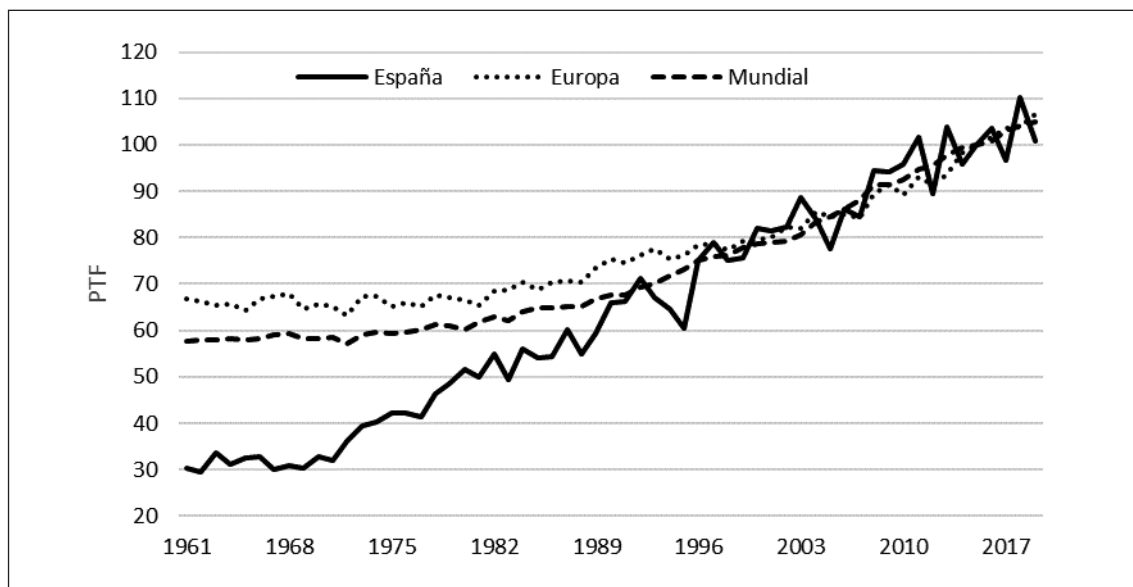


Figura 5. Evolución de la productividad total de los factores (PTF), 1961-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de Fuglie (2022).

Figure 5. Evolution of total factor productivity (TFP), 1961-2018.

Source: Own elaboration based on Fuglie (2022).

La Tabla 2 muestra el análisis de correlaciones parciales realizado, con los años como variable fijada, indicando una fuerte relación lineal entre las diferentes medidas de productividad (EUR/m³, EUR/trabajador y EUR/ha). Esto sugiere que, incluso al controlar el efecto del tiempo, estas variables se mueven en la misma dirección, es decir, al aumentar una, tienden a

aumentar las demás. La sustitución de mano de obra por capital es considerada una fuerza impulsora, especialmente en las explotaciones más grandes y con mayor intensidad tecnológica. Así, como se observa en la Figura 6, la productividad de la mano de obra, tierra y agua en el sector agrícola español han experimentado un aumento significativo a lo largo del tiempo.

Tabla 2. Matriz de correlaciones parciales (número de observaciones = 16) entre indicadores de productividad en España (año fijo).
Table 2. Matrix of partial correlations (number of observations = 16) between productivity indicators in Spain (fixed year).

	Productividad del agua (EUR/m ³)	Productividad de la mano de obra (EUR/trabajador)	Productividad de la tierra (EUR/ha)
Productividad del agua (EUR/m ³)	1,00	<0,0001 ^a	<0,0001 ^a
Productividad de la mano de obra (EUR/trabajador)	0,72	1,00	<0,0001 ^a
Productividad de la tierra (EUR/ha)	0,86	0,81	1,00

^a Nivel de significación estadística asociado con la correlación.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE (2022) y del MAPA (2023).

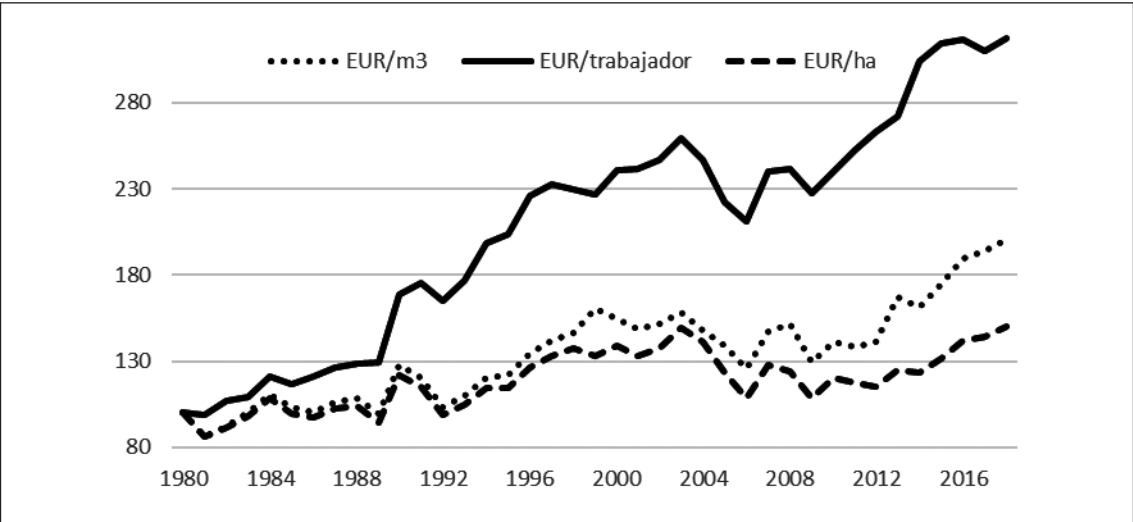


Figura 6. Evolución de la productividad del agua (EUR/m³), de la mano de obra (EUR/trabajador) y de la tierra (EUR/ha) en España, 1980-2018. Elaboración propia a partir de Fuglie (2022).
Figure 6. Evolution of water (EUR/m³), labor (EUR/worker) and land (EUR/ha) productivity in Spain, 1980-2018. Own elaboration based on Fuglie (2022).

Esta tendencia se explica en parte por la disminución de la mano de obra total en el sector agrícola de la Unión Europea (33 % entre 2005 y 2015, frente a 27 % en España en el mismo periodo), al mismo tiempo que el uso total de capital aumentó un 10 % en la región (European Commission, 2016). Sin embargo, es importante recordar que la correlación no implica causalidad. Aunque las variables estén fuertemente relacionadas, no podemos afirmar con certeza que una causa a las otras. Podría existir una tercera variable no observada que influya en todas ellas.

Efectos del aumento de leñosos en el uso del agua

Aumento del riego deficitario

En este apartado nos centramos en el impacto que este aumento de los cultivos leñosos tiene en la gestión de las cuencas. Como ilustración, vemos el caso del río Guadalquivir que es probablemente el más extremo de todas las cuencas españolas donde los cultivos herbáceos disminuyen del 67 % al 37 % de la superficie total regada entre 1989 y 2018, mientras que los perennes, por el contrario, crecen del 33 % hasta el 63 % en el mismo periodo, constituyendo el olivar un total del 50 % de la superficie irrigada en el año 2018 (INE, 2022; Tocados-Franco et al., 2023). Es importante considerar que el arrozal, que representa aproximadamente un 5 % de la superficie regada, se localiza en la zona del estuario y usa aguas de muy baja calidad debido a su salinidad. Dado que estas condiciones impiden su aprovechamiento para cultivos leñosos, dicho porcentaje forma parte del 37 % de superficie dedicada a herbáceos, pero constituye una fracción que, por razones estructurales, no puede ser convertida a otro tipo de cultivo.

De manera simultánea a esta transformación, la superficie total regada en la cuenca del río Guadalquivir aumenta y se reducen las do-

taciones brutas como consecuencia de la modernización. Esto se ve reflejado en la creciente disparidad entre las dotaciones de agua y las necesidades de riego de los cultivos de la cuenca, la cual ha llevado a una condición ‘estructural’ de riego deficitario (RD). Por otra parte, el aumento del suministro relativo de riego (RIS, por sus siglas en inglés), que es la relación entre las dotaciones aplicadas y las necesidades de riego, ha pasado de 0,70 en el año 2000 a 0,56 en el año 2021, lo cual debe considerarse un indicador peligroso de la vulnerabilidad del sistema (Tocados-Franco et al., 2023). Cultivos como el olivar (50 % de la superficie regada) se adaptan bien al RD (aunque se pierde un porcentaje de cosecha), mientras que otros cultivos como el almendro o el naranjo sufren estrés, pero son capaces de sobrevivir con un riego de apoyo en condiciones extremas (con la consiguiente pérdida de cosecha e ingresos). Sin embargo, algunos cultivos sufren significativamente con aplicaciones de agua reducidas que ponen en peligro la rentabilidad y hasta la supervivencia de cultivos y explotaciones agrícolas, como por ejemplo los subtropicales que en 2022-2024 han sufrido pérdidas de cosecha de más del 50 % e incluso arranque de algunas plantaciones como resultado de las restricciones de riego. El RD supone un aumento de la productividad aparente del agua que ha sido estudiado por Expósito y Berbel (2016), quienes analizan los impactos del RD a escala de explotación y lo elevan a escala de cuenca, llegando a la conclusión de que el aumento de la productividad se convierte en una nueva fuerza que retroalimenta la demanda de riego al aumentar el valor del recurso.

Reducción de los retornos de riego

El impacto hidrológico del riego deficitario generalizado es un tema muy relevante que no ha sido estudiado con la profundidad necesaria. Un trabajo pionero al respecto es el de Berbel et al. (2024) que analizan el balance de recursos de la cuenca del río Guadal-

quiver en el Plan Hidrológico vigente y llegan a la conclusión de que los recursos hídricos se sobreestiman sustancialmente cuando se utilizan eficiencias de riego constantes que no tienen en cuenta el impacto del RD. En el Guadalquivir, que es una cuenca típica mediterránea, las eficiencias corregidas por RD, entendidas como la eficiencia calculada para el suministro de riego óptimo económico, dan una eficiencia media de 0,99 (1 % de retornos de riego), excluyendo los cultivos de arroz. Esta cifra es significativamente superior a la eficiencia media de 0,835 (es decir el 16,5 % de retornos de riego asociado) que es estimada por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir siguiendo el protocolo oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (CHG, 2023).

Las pérdidas o “caudales de retorno de riego” se integran en el balance hídrico como un recurso que luego forma parte de la oferta para ser asignada a los diferentes usuarios. Por lo tanto, dado que los retornos reales debido al RD son menores a las “estimaciones estándar de eficiencia constante por sistema”, se acaba produciendo una sobreestimación que adquiere gravedad cuando una cuenca está ya sobreasignada, como es el caso de la cuenca del Guadalquivir (que presenta un déficit hídrico superior a 300 hm³ en el último Plan Hidrológico 2022-2027 (CHG, 2023). En este contexto, el aumento previsto de la frecuencia de las sequías, unido al incremento de las necesidades de agua de riego debido al aumento de las temperaturas, agrava la vulnerabilidad del sistema a los fenómenos climáticos extremos (Iglesias y Garróte, 2015; Eekhout et al., 2024).

Evolución y perspectivas del cultivo de leñosos en el contexto agrícola español

En este trabajo hemos analizado el impacto que el aumento del cultivo de leñosos tiene sobre la agricultura española, el cual es un ele-

mento clave que sirve para explicar los cambios recientes experimentados por el sector, junto a otros factores muy importantes como: (a) el aumento del tamaño de las explotaciones agrícolas, el cual se pone de manifiesto en la reducción de 7,6 % que el número de explotaciones ha experimentado entre los años 2009 y 2020 (INE, 2022); (b) la revolución tecnológica que va generando economías de escala; (c) la entrada de fondos de inversión (aunque este tema está remitiendo y tiene una importancia menor de la que se le suele atribuir) (García Azcárate, 2024); (d) la especialización productiva y la competitividad de subsectores agrarios; e) los cambios en política agraria; y (f) otros muchos factores que pueden ser causa o efecto del fenómeno de aumento de los leñosos que se ha descrito en este estudio.

En el fondo, la clave del aumento en el cultivo de leñosos en España es la búsqueda de rentabilidad del agricultor, ya sea este individual (pequeño-mediano o grande) o societario. La mayor parte del secano español tiene una rentabilidad baja o nula (García Azcárate, 2020) y la mayoría de los “commodities” cultivados en regadío (como el maíz y el algodón, entre muchos otros) tampoco pueden garantizar una rentabilidad adecuada. En este contexto, la respuesta del sistema agrario es el aumento de productividad de la tierra mediante la inversión en capital biológico (leñosos), capital fabricado (equipos de riego, maquinaria) y recursos naturales, en concreto agua. Un caso extremo de esta tendencia es el de los subtropicales en la Axarquía malagueña que ha llevado el sistema a la sobreexplotación (Hurtado et al., 2024) y que se está tratando de resolver recurriendo a fuentes no convencionales (reutilización y desalación).

Esta respuesta es similar a la que se observa en California. En el condado de Kern, por ejemplo, la producción agrícola ha experimentado un rápido crecimiento de los cultivos perennes desde principios de la década de 2000

junto a la disminución de cultivos anuales como la alfalfa y el algodón (Wartenberg et al., 2022), mientras que en el Valle Central la superficie de cultivos leñosos prácticamente se triplicó durante el periodo 1974-2016, llegando a representar aproximadamente el 60 % de la superficie plantada y el 80 % de los ingresos anuales (Mall y Herman, 2019) al mismo tiempo que el uso total de agua en tierras de cultivo se mantuvo constante (Gebremichael et al., 2021). La misma tendencia se observa en la Unión Europea, donde aproximadamente el 80 % de los cultivos leñosos se encuentra en los países mediterráneos (Italia, Chipre, Portugal, Grecia y España) (FAOSTAT, 2022), y un estudio publicado en 2018 por el Centro Común de Investigación (JRC, por sus siglas en inglés) estima que Chipre experimentará el mayor crecimiento relativo de árboles frutales, de más del 30 %, entre 2015 y 2030 (Perpiña Castillo et al., 2018). Por último, esta tendencia también se observa en la cuenca del Murray Darling (Australia), donde los cultivos leñosos han venido creciendo a costa de los herbáceos (Murray-Darling Basin Authority, 2023).

No obstante, recientes investigaciones han demostrado que el cambio climático antropogénico ha ralentizado el crecimiento de la productividad agrícola mundial, haciéndose más vulnerable la agricultura, principalmente la de secano (Arora, 2019; Acevedo et al., 2020; Ortiz-Bobea et al. 2021; Charoenratana y Kharel, 2024). Asimismo, simulaciones realizadas con diferentes escenarios indican que las transiciones en el uso de los suelos agrícolas son especialmente sensibles a las variaciones externas provocadas por el cambio climático y la dinámica del mercado, y que los paisajes agrícolas pasarán por importantes transformaciones en las próximas décadas para adaptarse a estas alteraciones (Wartenberg et al., 2022).

Conclusiones

Este artículo examina la expansión de los cultivos leñosos a expensas de los herbáceos en el periodo 1990-2023, tanto en secano como en regadío. Durante este tiempo, la superficie de cultivos leñosos ha aumentado del 24 % al 32 % en términos generales y, en el caso del regadío, se ha más que duplicado, pasando del 25 % al 55 %. Este cambio responde a la búsqueda de una mayor rentabilidad y resiliencia económica, ya que los cultivos leñosos representan una intensificación del capital biológico por unidad de superficie. Su mayor productividad se debe a un mejor aprovechamiento del agua del suelo, facilitado por su implantación permanente y su sistema radicular más desarrollado, así como al mayor valor de sus producciones (frutas mediterráneas frente a las “commodities” de los herbáceos). Como resultado, esta transición ha sido un factor determinante en el aumento de la PFA española, que entre 1990 y 2018 creció un 41 % (un 1,3 % anual de media). Otras razones que explican el aumento de la productividad de la agricultura junto al crecimiento de leñosos es el propio desarrollo tecnológico del sector con mejores semillas, aumento de la superficie regada y en general el aumento de la productividad total de los factores.

Este proceso ha sido particularmente significativo en las cuencas del sur de España, donde la escasez estructural de agua ha impulsado la adopción de técnicas de riego de precisión y riego deficitario. Si bien estos métodos han mejorado la productividad del agua, también han incrementado la vulnerabilidad del sector ante las sequías, especialmente en los cultivos perennes, cuya capacidad de ajuste frente a condiciones climáticas extremas es limitada. Además, el incremento del regadío asociado a los leñosos ha intensificado la presión sobre los recursos hídricos,

reduciendo los retornos de riego y afectando la sostenibilidad de los balances hídricos en las principales cuencas agrícolas.

Si bien una mayor productividad de todos los factores (tierra, trabajo, agua) genera efectos positivos, también conlleva una mayor vulnerabilidad a las sequías. Para mitigar este riesgo, será necesario adoptar un amplio abanico de medidas que permitan abordar los principales impactos de la expansión de los cultivos leñosos de regadío en España, especialmente en un contexto de creciente escasez de agua y mayor incidencia de sequías debido al cambio climático. Estas deberán incluir, por ejemplo, el apoyo a la aplicación de tecnologías de riego avanzadas como el riego por goteo y los sensores de humedad del suelo, el desarrollo de planes integrales de gestión del agua que integren datos científicos y prioricen la distribución equitativa, y la promoción de variedades de cultivos resistentes a la sequía. Asimismo, serán fundamentales la mejora de las infraestructuras de almacenamiento y transporte de agua, la gestión de la recarga de acuíferos, la aplicación de políticas de tarificación, el uso de mercados de cesión de derechos, el fomento de la colaboración entre las partes interesadas para el intercambio de conocimientos, y la integración de la gestión del agua con la planificación del uso del suelo y los esfuerzos de conservación del medio ambiente. En este contexto, esperamos que este artículo contribuya a arrojar luz y poner en el foco de los investigadores y administraciones públicas un fenómeno que merece una mayor atención de la que se le ha prestado hasta el momento.

Este estudio ofrece un análisis de la expansión de los cultivos perennes en España entre 1990 y 2023 y analiza sus implicaciones económicas e hídricas, aunque presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el enfoque a nivel nacional y regional, con especial atención a Andalucía, puede enmascarar dinámicas locales heterogéneas, ya que la transición hacia cultivos le-

ñosos no se ha producido de manera uniforme en todo el territorio debido a que factores como la disponibilidad de agua, las condiciones del suelo y del clima, y las estrategias de gestión adoptadas por los agricultores varían entre cuencas hidrográficas y sistemas productivos específicos. Asimismo, el estudio se centra en los efectos sobre el uso del agua y la economía agraria, sin abordar en profundidad los factores explicativos de esta transición, como son la evolución de los mercados internacionales, el papel de las políticas agrarias o la influencia del cambio tecnológico en la rentabilidad de los cultivos perennes. Futuros estudios podrían incorporar evaluaciones a nivel local y regional más detalladas, con el fin de capturar de manera más precisa las múltiples dimensiones de la expansión de los cultivos perennes y sus implicaciones para la sostenibilidad del sistema agrícola.

Agradecimientos

Esta investigación forma parte de los proyectos PID2023-146274OB-I00 (Agencia Estatal de Investigación) y TED2021-131066B-I00 (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

Referencias bibliográficas

- Acevedo S., Mrkaic M., Novta N., Pugacheva E., Topalova P. (2020). The effects of weather shocks on economic activity: What are the channels of impact? *Journal of Macroeconomics* 65: 103207. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2020.103207>
- Arora N.K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability* 2(2): 95-96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
- Berbel J., Cuadrado-Alarcón B., Martínez-Dalmau J., Delgado-Ramos F. (2024). Hydro-economic basin impacts of extensive adoption of deficit irrigation by farmers: Are we overestimating water resources? *Journal of Hydrology* 634: 131075. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131075>

- Boussemart J., Parvulescu R. (2021). Agriculture productivity gains and their distribution for the main EU members. *Revue d'Économie Politique*. 131: 137-172. <https://doi.org/10.3917/redp.311.0143>
- CHG – Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2023). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (2022-2027). <https://www.chguadalquivir.es/tercer-ciclo-guadalquivir>
- Comex Bodi6n (2023). ¿Cuál es el Coste de plantación olivar intensivo? Disponible en: <https://comexbodon.com/olivar-intensivo-coste-produccion/> (Consultado: 30/10/2024)
- Eekhout J.P.C., Delsman I., Baartman J.E.M., van Eupen M., van Haren C., Contreras S., Martínez-L6pez J., de Vente J. (2024). How future changes in irrigation water supply and demand affect water security in a Mediterranean catchment. *Agricultural Water Management* 297: 108818. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108818>
- Espinosa-Tas6n J., Berbel J., Guti6rrez-Mart6n C. (2020). Energized water: Evolution of water-energy nexus in the Spanish irrigated agriculture, 1950-2017. *Agricultural Water Management* 233: 106073. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106073>
- European Commission (2016). Productivity in EU agriculture – Slowly but steadily growing. EU Agricultural Markets Briefs No. 10, pp. 1-19.
- Exp6sito A., Berbel J. (2016). Microeconomics of deficit irrigation and subjective water response function for intensive olive groves. *Water* 8(6): 254. <https://doi.org/10.3390/w8060254>
- Exp6sito A., Berbel J. (2019). Drivers of irrigation water productivity and basin closure process: Analysis of the Guadalquivir River basin (Spain). *Water Resources Management* 33: 1439-1450. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2170-7>
- FAO, UN-Water (2021). Progress on change in water-use efficiency. Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4.1. Rome, FAO and UN Water. <https://doi.org/10.4060/cb6413en>
- FAOSTAT (2022). Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Consultado: 21/06/2024)
- Fuglie K.O. (2022). Agricultural total factor productivity growth indices for individual countries, 1961-2015. Washington, D.C., World Bank Group.
- Garc6a Azc6rate T., Langreo Navarro A. (2020). Reflexiones para un futuro Plan Estrat6gico de los secanos principalmente de las dos Castillas. *Revista Espa6ola de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 256: 53-78.
- Garc6a Azc6rate T. (2024). ¿Son los fondos de inversi6n el problema del campo? Plataforma Tierra. Disponible en: <https://www.plataforma-tierra.es/comunidad/las-pildoras-de-la-pac/fondos-de-inversion-el-problema-del-campo> (Consultado: 17/02/2025)
- Garrido S6nchez-Cano S. (2023). La gran proyecci6n de los cultivos le6osos en Espa6a. *Agricultura: Revista Agropecuaria y Ganadera* 1073: 12-16.
- Gebremichael M., Krishnamurthy P.K., Ghebremichael L.T., Alam S. (2021). What drives crop land use change during multi-year droughts in California's Central Valley? Prices or concern for water? *Remote Sensing* 13(4): 650. <https://doi.org/10.3390/rs13040650>
- Horak J., Peltanova A., Podavkova A., Safarova L., Bogusch P., Romportl D., Zasadil P. (2013). Biodiversity responses to land use in traditional fruit orchards of a rural agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 178: 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.020>
- Hurtado A.R., D6az-Cano E., Berbel J. (2024). The paradox of success: water resources closure in Axarqu6a (Southern Spain). *Science of the Total Environment* 946: 174318. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174318>
- Iglesias A., Garrote L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management* 155: 113-124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- INE – Instituto Nacional de Estadística (2022). Censo agrario 2020. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&menu=resultados&secc=1254736195186&idp=1254735727106#!tabs-1254736195761 (Consultado: 02/06/2024)

- Junta de Andalucía (2023). Encuesta anual de precios de la tierra. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/servicios/estadistica-cartografia/estadisticas-agricolas/paginas/encuesta-anual-precios-tierra.html> (Consultado: 11/06/2024)
- Junta de Andalucía (2024). Costes de producción de almendro. Campaña 2022/2023. <https://www.asajajaen.com/wp-content/uploads/2024/02/Costes-almendro-2022-23.pdf> (Consultado: 31/10/2024)
- Mall N.K., Herman J.D. (2019). Water shortage risks from perennial crop expansion in California's Central Valley. *Environmental Research Letters* 14(10): 104014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4035>
- MAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos (ESYRCE). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/> (Consultado: 10/06/2024)
- Murray-Darling Basin Authority (2023). Trends in water use across the basin. www.mdba.gov.au/water-use/trends-water-use-across-basin (Consultado: 21/02/2025)
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2023). Policies for the Future of Farming and Food in Spain. OECD Agriculture and Food Policy Reviews, OECD Publishing, Paris, 180 pp. <https://doi.org/10.1787/a93d26be-en>
- Ortiz-Bobea A., Ault T.R., Carrillo C.M., Chambers R.G., Lobell D.B. (2021). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change* 11(4): 306-312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
- Pérez-Blanco C.D., Sapino F. (2022). Economic sustainability of irrigation-dependent ecosystem services under growing water scarcity. Insights from the Reno River in Italy. *Water Resources Research* 58: e2021WR030478. <https://doi.org/10.1029/2021WR030478>
- Perpiña Castillo C.P., Kavalov B., Diogo V., Jacobs-Crispion C., Silva F.B.E., Baranzelli C., Lavallo C. (2018). Trends in the EU agricultural land within 2015–2030. JRC Working Papers (Joint Research Centre) No. JRC113717, European Commission, pp. 1-6.
- Rathore L.S., Kumar M., Hanasaki N., Mekonnen M.M., Raghav P. (2024). Water scarcity challenges across urban regions with expanding irrigation. *Environmental Research Letters* 19(11): 014065. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad178a>
- Raz S., Hila S., Assaf S. (2024). Ecological, social and economic benefits of organic olive farming outweigh those of intensive and traditional practices. *Science of the Total Environment* 921: 171035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171035>
- Sánchez-Piñero M., Corell M., Moriana A., Pérez-López D., de Sosa L.L., Medina-Zurita N., Castro-Valdecantos P., Martín-Palomo M.J. (2024). Response of young super-high density table olive orchard (Manzanilla de Sevilla) to different water stress levels considering an accurate determination of endocarp development. *Agricultural Water Management* 303: 109044. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109044>
- Sapolaite V., Balezentis T. (2023). Growth in agricultural productivity: data, models, and results. *Journal of Global Information Management* 31(4): 1-16. <http://doi.org/10.4018/JGIM.320815>
- Tocados-Franco E., Berbel J., Expósito A. (2023). Water policy implications of perennial expansion in the Guadalquivir River Basin (southern Spain). *Agricultural Water Management* 282: 108286. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108286>
- Tocados-Franco E., Martínez-Dalmau J., Espinosa-Tasón J., Montilla-López N.M. (2024). Trends in water-energy nexus and carbon emissions balance in Axarquía region, Spain, in the period 1990–2030. *Environmental Processes* 11(1): 1-25. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00689-4>
- Tribaldos Campos J., Tribaldos Campos H. (2023). El olivar en España: Tradicional, intensivo y superintensivo. Disponible en: <https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/ProteccionC3%B3n-y-sanidad/olivar-en-espana/>. (Consultado: 23 febrero 2024)
- Tuninetti M., Ridolfi L., Laio F. (2020). Ever-increasing agricultural land and water productivity: a global multi-crop analysis. *Environmental Research Letters* 15: 0940a2. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abacf8>
- Wartenberg A.C., Moanga D., Butsic V. (2022). Identifying drivers of change and predicting future land-use impacts in established farmlands. *Journal of Land Use Science* 17(1): 161-180. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2021.2018061>

(Aceptado para publicación el 4 de marzo de 2025)