

F-07-2023

Comunicación científico-técnica

Sustentabilidad del riego en España y Portugal, frente a la escasez de agua

Irrigation sustainability in Spain and Portugal, against water scarcity

Canatário-Duarte, A.^{1,2,3}, Ruiz-Canales, A.⁴, Melián-Navarro, A.⁵

1 Instituto Politécnico de Castelo Branco/Escola Superior Agrária, Castelo Branco, acduarte@ipcb.pt

3 Centro de Estudos GEOBIOTEC-Pólo da Universidade da Beira Interior, Covilhã

3 Centro de Estudos CERNAS-IPCB, Instituto Politécnico de Castelo Branco

4 Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria (CIAGRO). Universidad Miguel Hernández, Ctra. de Beniel, km. 3,2 03312 Orihuela (Alicante), aruizcanales@gmail.com

5 Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria (CIAGRO). Universidad Miguel Hernández, Ctra. de Beniel, km. 3,2 03312 Orihuela (Alicante), amparo.melian@umh.es

Resumen: Ante el acelerado crecimiento de la población mundial, la actividad agrícola, especialmente la de regadío, tiene una importancia decisiva en la estructura final de la producción agraria. Actualmente, los cerca de 300 millones de hectáreas de riego existentes en todo el mundo, que apenas representan el 5% de la superficie agrícola contribuyen con el 35% de la producción agrícola total. Este continuo aumento de la población mundial supone un enorme desafío a la producción de alimentos, una presión elevada para el abastecimiento del agua y para su uso racional y eficiente. En la Península Ibérica y fruto de las condiciones climáticas actuales, agravadas en los escenarios de alteraciones recurrentes (fenómenos extremos como inundaciones y sequías), la escasez de agua representa un reto para los intervinientes en estas cuestiones, que inevitablemente tendrán que fomentar su uso eficiente y buscar fuentes alternativas. En Portugal, y sobre todo en el sur del país, el problema se viene agravando en los últimos años, lo que motiva a las instituciones y agricultores a la toma de medidas con vistas a la competitividad de la actividad y el estímulo al uso eficiente del agua. De entre las medidas adoptadas, refiérase los incentivos monetarios que, de acuerdo con el grupo de cultivos y el área, pueden tener valores entre 264 y 37 €/ha para quienes cumplan los compromisos inherentes de uso eficiente del agua. El programa nacional de regadío portugués tenía previsto para la modernización y rehabilitación un área de 41.053 ha, con una inversión de 192,43 millones de euros. En España el Proyecto Estratégico para la recuperación y transformación económica (PERTE) de la digitalización del ciclo del agua trata de dar respuesta a un uso eficiente del agua en torno a un catálogo de soluciones de digitalización del regadío en materia de gobernanza entre otros aspectos. Se han invertido en 2023 430 millones



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



de €. En España la superficie de riego eficiente se sitúa en 2.943 miles de ha, un 77% de la superficie total de riego.

Palabras clave: modernización de regadíos, uso eficiente del agua, sostenibilidad, cambio climático, ODS

Abstract: Given the accelerated growth of the world population, agricultural activity, especially irrigation, has a decisive importance in the final structure of agricultural production. Currently, the nearly 300 million hectares of irrigated land around the world, which barely represent 5% of the agricultural surface, contribute to 35% of total agricultural production. This continuous increase in world population represents an enormous challenge for food production, high pressure for water supply and its rational and efficient use. In the Iberian Peninsula and as a result of current climatic conditions, aggravated in scenarios of recurrent alterations (extreme phenomena such as floods and droughts), water scarcity represents a challenge for those involved in these issues, who will inevitably have to promote its efficient use. and look for alternative sources. In Portugal, and especially in the south of the country, the problem has been worsening in recent years, which motivates institutions and farmers to take measures with a view to the competitiveness of the activity and the encouragement of the efficient use of the water. Among the measures adopted, refer to the monetary incentives that, according to the group of crops and the area, can have values between €264 and €37/ha for those who comply with the inherent commitments of efficient water use. The Portuguese national irrigation program planned for modernization and rehabilitation of an area of 41,053 hectares, with an investment of 192.43 million euros. In Spain, the Strategic Project for the economic recovery and transformation (PERTE) of the digitalization of the water cycle tries to respond to the efficient use of water around a catalog of irrigation digitalization solutions in terms of governance, among other aspects. €430 million have been invested in 2023. In Spain, the efficient irrigation surface is 2,943 thousand hectares, 77% of the total irrigated surface.

Keywords: modernization of irrigation, efficient use of water, sustainability, climate change, SDG

1. Introducción

Ante el crecimiento acelerado de la población global, la actividad agrícola, especialmente el riego, tiene una importancia decisiva en la estructura final de la producción agrícola [1]. Actualmente existen aproximadamente 300 millones de hectáreas de agua en todo el mundo, que sólo representan el 5% de la superficie agrícola y aportan el 35% de la producción agrícola total. Este continuo aumento de la población mundial plantea un enorme desafío para la producción de alimentos, una alta presión sobre el suministro de agua y su uso racional y eficiente. En la Península Ibérica y como consecuencia de las condiciones climáticas actuales, agravadas en escenarios de cambios recurrentes (fenómenos extremos como inundaciones y sequías), la escasez de agua representa un desafío para quienes participan en estas cuestiones, que inevitablemente tenderá a favorecer su uso eficiente y buscar fuentes alternativas. También hay que tener en cuenta que el agua, además de ser un factor de producción agrícola, es un bien y un recurso natural vital para el desarrollo socioeconómico y el equilibrio de los ecosistemas, y debe merecer especial atención por parte de los usuarios en su uso racional [2]. El buen uso del agua implica su uso moderado y equilibrado, así como el mantenimiento de su calidad después de su uso y liberación al medio acuático [3]. Por lo tanto, para la viabilidad y sostenibilidad de la agricultura de regadío, resulta decisivo un buen compromiso entre la productividad agrícola y la protección del medio ambiente.

Se muestran en esta comunicación algunos datos puntuales de la situación sobre la sostenibilidad del riego en España y Portugal, frente a la escasez de agua.

2. Situación climática.

Una de las adversidades para el riego que ya se sienten en las circunstancias actuales, y que ciertamente empeorarán en el futuro, es el cambio climático. Los escenarios futuros apuntan a una disminución de las precipitaciones anuales y un aumento de la temperatura, lo que provocará un aumento de las superficies en condiciones áridas, lo que, combinado con el exceso de fertilizantes incorporados al suelo, inducirá un aumento progresivo de la concentración de sales en el suelo [4]. La Figura 1 muestra que más de la mitad del territorio peninsular español ya se encuentra en condiciones semiáridas, y una pequeña parte entre Almería y Alicante en condiciones áridas, con un volumen de precipitaciones anuales entre 200 y 300 mm. En Portugal continental, las condiciones semiáridas se dan en prácticamente toda la región sur del país, en la zona fronteriza internacional del Tajo y en la región interior sur del Duero. El aumento de la temperatura también influirá en el aumento de los valores de evapotranspiración y, en consecuencia, en un aumento de las necesidades hídricas de los cultivos [5].

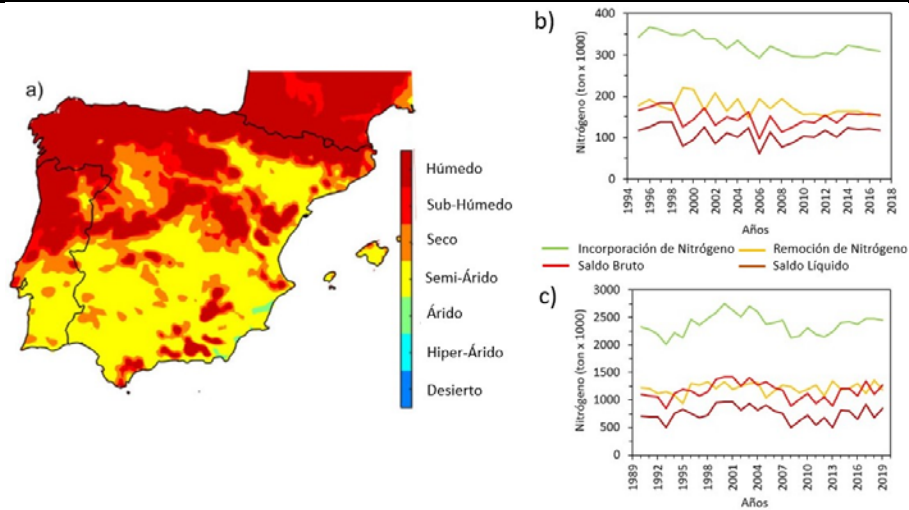


Figura 1 –Índice de Aridez para a Península Ibérica (a) [6], Balance de fertilizaciones nitrogenadas en Portugal (b) [7] y España (c) [8].

No todos los territorios de la península presentan las mismas características. Por ejemplo, el área mediterránea está formada por cuencas pequeñas y medias vertientes al mar. La irregularidad de sus recursos y su escasez no se compensa con las aportaciones fluviales. De norte a sur (área mediterránea) la escasez natural se incrementa, siendo mayor en el área de la Región de Murcia y Almería (Andalucía). Son los regadíos más productivos pero también los más deficitarios. Además esa carestía se ve agravada por los fenómenos extremos (sequías e inundaciones) recurrentes que obligan a pensar en medidas de gestión para prevenir sus efectos y consecuencias. El cambio climático proyecta una disminución para el año 2027 entre el 2 y el 11% en las aportaciones medias de las cuencas peninsulares, cuyos efectos serán de mayor envergadura en las zonas más limitantes o sensibles. La necesidad de riego y la eficiencia del mismo se hace indiscutible.

La disminución del volumen de precipitaciones anuales, que en los escenarios más graves podría ser superior al 20%, especialmente en el sur de Portugal (Figura 2), debería provocar progresivamente un aumento de la escasez de agua, que incluirá precipitaciones más frecuentes y prolongadas. períodos de sequía [9]. Una consecuencia inmediata, dictada por las leyes de la economía, será el previsible aumento del coste del agua debido a la presión sobre su demanda por parte de la agricultura y otras actividades. Para enfrentar períodos de sequía, cuyas adversidades deben incorporarse con el tiempo a la gestión integrada de los recursos hídricos, se pueden adoptar varias estrategias, tales como: i) operacionalizar alternativas de captación de agua, como la desalinización de agua de mar (debido a los costos que incluye, preferentemente utilizadas para el consumo doméstico), tratamiento de aguas residuales, que, en lugar de ser vertidas al medio acuático, pueden utilizarse para el riego de zonas urbanas o en la agricultura; ii) cambiar el mosaico cultural de las zonas irrigadas, hacia cultivos que consuman menos agua y que también garanticen buenos retornos; iii) práctica de estrategias de riego deficitario controlado, que prevé, en un enfoque centrado en la fisiología vegetal, una reducción de las asignaciones de riego en períodos que no afectan mucho los niveles de producción; iv) adopción de medidas de planificación que, a nivel regional y a medio-largo plazo, promuevan una acomodación racional del aumento de las superficies regables con

recursos hídricos disponibles. La situación actual, especialmente en la región sur del país, ya sugiere que la situación futura podría ser preocupante. Como ejemplo de lo mencionado anteriormente, la disponibilidad de agua, a finales del verano de 2022, en los embalses de la región del Alentejo, estaba en su mayoría por debajo del 40% (Figura 2). En la cuenca española del río Guadiana, principal abastecedor de agua de la presa de Alqueva, a 16 de junio de 2023, las 36 presas con registros semanales habían almacenado sólo el 31,05% de su capacidad conjunta, algo más que en la misma semana del año 2022 (29,68%). Pero, y este dato es relevante, la media de los últimos 10 años de almacenamiento conjunto en una misma semana fue del 57%. Estos datos, combinados con el aumento previsto de la superficie irrigada del Alentejo de 51.420 ha, servida principalmente por el embalse de Alqueva, y con las normas establecidas en el acuerdo para el reparto de los recursos hídricos de los ríos Ibéricos, suscitan cierta preocupación sobre la disponibilidad futura de agua para la agricultura en esta región.

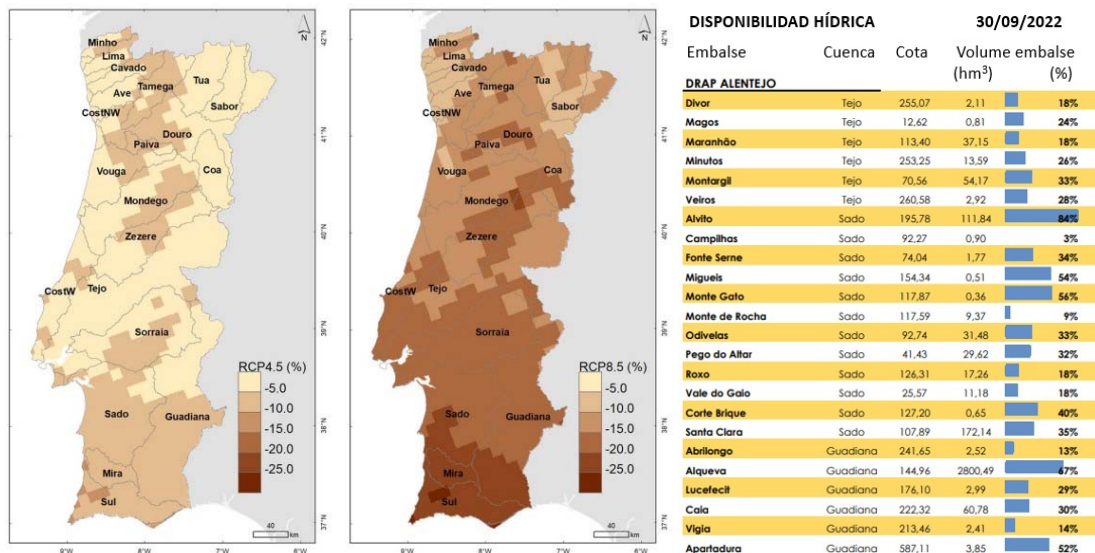


Figura 2 – Proyecciones de cambios en la precipitación total acumulada (%), en comparación con el promedio del período 1971-2000, para los escenarios RCP 4,5 y 8,5 y el período 2071-2100 [10], y disponibilidad de agua en los embalses del Alentejo [11].

3. Gestión del agua.

España y Portugal son dos países hermanados en las mismas necesidades y problemas relativos a la gestión del uso del agua. Son países con fuertes contrastes geográficos y climáticos, que condicionan la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos naturales, sequías e inundaciones, desertización y aridez. Existe un acusado gradiente entre las áreas con abundantes recursos hídricos del norte y noroeste y las áreas secas del sur y del este, especialmente el sureste mediterráneo.

El agua constituye uno de los máximos exponentes de la gestión compartida de los recursos naturales. La actividad llevada a cabo en cualquier elemento del curso de agua afecta a su conjunto, incluida la parte situada en el territorio de otro Estado. La importancia de la gestión de las cuencas compartidas es evidente. De hecho en el mundo hay 261 cuencas hidrográficas

compartidas por dos o más países, las cuales cubren el 45,3% de la superficie terrestre de la tierra (excluida la Antártida) y en las que habita aproximadamente el 40% de la población mundial.

Son 1.292 km la longitud de la frontera entre Portugal y España (conocida como La Raya o A Raia). De ellos más de la mitad tienen carácter fluvial (está delimitada por los ríos comunes que son doblemente transfronterizos, contiguos y sucesivos. Ambos países comparten cinco cuencas hidrográficas, la de los ríos Miño/Minho, Limia/Lima, Duero/Douro, Tajo/Tejo y Guadiana, cuyos ríos principales nacen en España y ocupan un destacado porcentaje de la superficie de cada Estado: el 41% de la superficie total de España y el 62% de la de Portugal. La parte española de los cursos de agua hispano-portugueses representa el 37% del total de los recursos hídricos españoles, mientras que la parte portuguesa supone para Portugal el 68% de los suyos. El Minho y el Guadiana sirven de frontera en algunos tramos. Salvo la parte final del Guadiana, Portugal se encuentra aguas abajo de los ríos de España. La cooperación bilateral entre ambos países es fundamental para la prevención y protección frente a situaciones hidrológicas extremas (avenidas). Los Estados aguas arriba tienen la obligación de garantizar el aprovechamiento equitativo y razonable de las aguas compartidas por los Estados aguas abajo. El agua es para ambos países cuestión de Estado. Si bien a lo largo de su historia dos países limítrofes han tenido momentos de confrontación, incluso belico, el agua nunca ha sido un problema entre ellos, no ha generado enfrentamientos políticos.

Varios han sido los acuerdos y recientemente se han cumplido más de 20 años del Convenio de la Albufeira. El convenio alcanzó una significación relevante como marco de cooperación en materia de protección ambiental y unión política y económica. Además supuso un equilibrio entre la protección del medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos hídricos necesarios para el desarrollo de los dos países. También avanza en el tratamiento de los fenómenos extremos (sequías e inundaciones) que los Estados aguas arriba deben procurar sobre los de aguas abajo.

4. Agricultura de regadío.

Desde la antigüedad, el uso del agua en la agricultura ha sido un elemento básico para la supervivencia y el progreso económico y social de la humanidad. Esto explica que, desde entonces, la superficie irrigada del mundo no haya dejado de crecer, convirtiendo el riego en un elemento clave para la alimentación del planeta. Por continentes, Asia cubre el 41% de la superficie cultivada, América el 13%, Europa el 9%, Oceanía el 7% y África el 5%.

La relevancia de la agricultura de regadío se debe tanto a su mayor productividad (aumento de los rendimientos de los cultivos existentes) como a la posibilidad de desarrollar nuevos cultivos (cultivos de verano y cultivos permanentes –frutales). Ambos factores han hecho que, desde la antigüedad, el regadío se considere una actividad básica para la supervivencia y el progreso social y económico de la humanidad. Este hecho justifica que la superficie regada en el mundo no haya parado de crecer, hasta llegar hoy en día a los 338 millones de hectáreas. De esta manera hoy en día, aunque la extensión del regadío mundial es limitada, puesto que representa solo el 7% de la superficie agraria útil mundial, este tipo de agricultura supone un elemento clave para la alimentación del planeta.

España y Portugal comenzaron con la transformación de las tierras y su conversión de secano a regadío desde tiempos anteriores a la dominación romana. El regadío en las zonas rurales es catalizador del cambio y con él, de múltiples sinergias, que conllevan a fijar la población en el medio rural, o la creación de empresas (vínculos con la industria alimentaria y las auxiliares).

Los regadíos contribuyen de forma excepcional a la cohesión y estabilidad social, pues generan una fuerte demanda de mano de obra y favorecen el intercambio comercial de productos e insumos, con los consiguientes flujos económicos (de consumo y ahorro).

El regadío influye en muchos aspectos, políticos, sociales, ambientales, económicas. El regadío incide en la renta y la economía de un territorio, la población que en él se asienta, (migraciones), en el empleo, la calidad de vida, o la valorización de los productos, la de regadío (cultivos intensivos) es mucho mayor que la de secano. El sector presenta en parte de las regiones de España problemas de agua, caracterizada por la incertidumbre en su provisión para el riego elevado precio (motivado por los procesos de modernización y extracción) y mala calidad (retornos, contaminación, salinización, etc.).

Los esfuerzos del ser humano siempre han estado dirigidos a alterar el ciclo natural del agua con el fin de transformar los recursos hídricos en su estado natural en un factor de producción que pueda ser utilizado en procesos productivos agrícolas, es decir, convertir agua “natural” o “cruda” en en agua “disponible” o “utilizable”. Sin embargo, el uso del recurso hídrico en riego siempre ha generado costos, tanto en capital como en mantenimiento. Sin embargo, el uso del recurso hídrico en riego siempre ha generado costos, tanto en capital como en mantenimiento. Por otro lado, el aumento de la población acompañado del crecimiento de la superficie irrigada ha provocado una mayor presión sobre los recursos hídricos disponibles, haciendo del agua un recurso escaso y susceptible de usos alternativos por parte de otros usuarios no agrícolas. Ambas circunstancias caracterizan al agua de riego como un activo económico, objeto de atención de la ciencia económica.

3. Aspectos económicos.

El papel del agua en la economía abarca diversos aspectos desde el análisis de los usos del agua y su impacto en los diferentes sectores económicos, hasta los instrumentos económicos en la planificación y gestión de los recursos hídricos. En el primer enfoque, la economía del agua aboga por determinar el volumen que se utiliza, la previsión de la demanda futura, su elasticidad frente a variaciones de otros parámetros y la productividad de los diferentes usos. El segundo se centra en los instrumentos de contenido económico que los poderes públicos utilizan en la planificación y gestión de los recursos hídricos. A su vez, las explotaciones de regadío dependen menos de las ayudas de la Política Agrícola Común (PAC) que las de secano, a pesar de que los pagos recibidos por ha son superiores a éstos (cifras en torno a los 563 €/ha al año de media en España bajo regadío), frente a 229 €/ha año en condiciones de secano). MAPA, 2019 a). En promedio, esto significa que los subsidios en tierras de regadío representan el 24,2% de sus ingresos netos, pero en tierras de secano alcanzan el 47,3%. El riego también aumenta la generación de empleo, a un ritmo de 4,5 veces la tierra irrigada en comparación con la tierra de secano.

Tabla 1 – Resumen de los indicadores cuantitativos de la contribución económica y social del regadío en España (año 2017).

Contribución económica	Regadío	Secano	Diferencia (%)
Valor de la producción (€/he)	5,576	1,030	+ 441%
Renta neta agricultor (€/he)	2,328	484	+ 381%
Valor de la tierra (€/he)	28,444	10131	+ 201%
Ayuda PAC/Renta neta (%)	24,2 %	47,3 %	-23%
Contribución Producción Final Agraria (%)	64 %	36 %	-
Contribución social			
Generación empleo (UTA/he)	0,109	0,024	+ 354%
Valor Añadido Neto/UTA (€/UTA)	31,782	25,516	+ 25%

Las cifras anteriores son globales. En el área mediterránea la producción de los cultivos de regadío es mayor, alcanzando proporciones entre 6 y 7 veces mayores que los cultivos de secano.

La rentabilidad y productividad económica del agua también es diferente según el tipo de cultivo. El 80% del agua de riego tiene retornos entre 0,02 y 0,60 euros/m³. Destaca que el 19% del volumen utilizado en riego se destina a cultivos con muy baja rentabilidad (menos de 0,02 €/m³. Y sólo el 1% a cultivos con rendimientos superiores a 3 €/m³.

4. Algunas medidas desarrolladas y desafíos para el riego en un clima cambiante.

La escasez de agua hace que se implementen algunas técnicas de ahorro, como el RDC (riego deficitario controlado) o el secado parcial de raíces. Por ejemplo, el Guadalquivir tiene el 75% de su superficie bajo riego deficitario y, de media, utiliza el 70% del agua demandada por los cultivos. Evidentemente, cuando hay riego deficitario la elasticidad de la demanda de agua es menor y hay menos efectividad del mecanismo de precios como regulador de la misma. El método de programación matemática es el más utilizado para determinar el valor marginal del agua (tanto a escala de explotaciones como de Comunidades de Regantes). También se utiliza la metodología de simulación de mercado donde se deducen los precios de equilibrio entre los diferentes tipos de agricultores.

Es principalmente el tipo y uso de las diferentes fuentes de agua lo que determina su precio en la Península Ibérica. Así, el aprovechamiento de agua superficial, subterránea, depurada y desalada es una realidad en España y Portugal. Estos últimos completan las zonas de gran escasez al ser su uso muy delicado debido al elevado precio que alcanzan (gran dependencia energética). Además, en las regiones del Sureste español destaca el origen de agua del Trasvase entre los ríos Tajo y Segura (aguas superficiales). La principal fuente de riego son las aguas superficiales seguidas de las subterráneas.

Dadas las adversidades anteriormente mencionadas para la agricultura de riego en nuestro país, es predecible que en los próximos años la eficiencia en el uso del agua en riego seguirá aumentando, impulsada por programas operativos, incentivos financieros y el uso de tecnologías innovadoras, que han contribuido y seguirá contribuyendo a la resiliencia de esta actividad. En el ámbito de los programas operativos, cabe destacar las intervenciones previstas en el Plan Nacional de Riego de Portugal (Tabla 2), actualizado para 2019 (Ordenanza nº 38/2019), que destaca el aumento de la mejora de 54032 ha de nuevas área de riego, 12,211 ha de área de modernización de sistemas y 28,842 ha de área de rehabilitación de riego antiguo. Este último tipo de intervención es especialmente importante, dadas las enormes pérdidas de agua que pueden ocurrir en estructuras de distribución de agua degradadas.

Tabla 2 – Áreas de nuevo riego, modernización y rehabilitación de riego por regiones, previstas en el Programa Nacional de Riego de Portugal (APA, 2023).

Regadío	Tipo de actuación (ha)			Total
	Nuevo regadío	Modernización	Rehabilitación	
Algarve y sudoeste alentejano	1320	1780	12765	14677
Alentejo	51420	300	14266	65986
Litoral Norte y Centro	180	10131	119	10430
Interior Norte y Centro	2300	-	1692	3992
Total	54032	12211	28842	147647

La asignación de apoyo financiero a los agricultores para el uso eficiente del agua y la conservación del suelo es también un instrumento que ha demostrado ser eficaz en el uso racional y sostenible de esos recursos, en los países donde se han aplicado. En lo que respecta al uso eficiente del agua en el sector agrícola, la Ordenanza N° 54-C/2023 establece las normas para la aplicación del respectivo apoyo financiero. Los agricultores pueden solicitar el título de regente de categoría A o de las categorías B y B+, siendo la primera categoría más exigente en cuanto a las obligaciones a cumplir. Las cuantías de las ayudas para cada categoría de riego, en función de la superficie regada, el grupo de cultivos y las obligaciones a las que estaban sujetos para fomentar el uso eficiente del agua de riego, pueden variar entre 264 €/ha (riego categoría A, conjunto de cultivos hortícolas y frutales frescos y vid para uva de mesa, y superficie inferior o igual a 40 ha), y 37 €/ha (riego categoría B+, cultivos de regadío temporal y superficie superior a 150 ha).

Entre las tecnologías innovadoras para un uso más eficiente del agua destacamos la ionización del agua de riego, localización del bulbo humedecido cerca de las raíces de las plantas, detección remota (con ayuda de drones, satélites, cámaras posicionadas) que permite inferir el estado del agua de plantas mediante el procesamiento digital de imágenes, el uso de sensores de humedad que, tras procesar los datos, permiten aplicar diferentes dotaciones de riego a una misma parcela en función de los diferentes niveles de humedad del suelo. La Figura 3 ejemplifica esta tecnología aplicada a un pivote central, donde la imagen a) se refiere a la transformación de información puntual de sensores de humedad en información espacial continua mediante la aplicación de una herramienta geoestadística, la imagen b) se refiere a la definición optimizada de sectores donde pivote aplicará diferentes asignaciones de riego,

debido a la variación en la velocidad de avance del pivote central, y la imagen c), representa rangos, dentro de los sectores, de aplicación de diferentes asignaciones de riego debido a la variación de los flujos de agua en cada emisor, los cuales se controlan individualmente ; Se entiende que esta tecnología es atendida por bombas de caudal variable. Desde la perspectiva de la aplicación racional de fertilizantes, se deben contabilizar los nutrientes disueltos en el agua de riego, y para ello es necesario monitorear periódicamente su concentración mediante el uso de sensores específicos para cada nutriente (Figura 3d). del agua y minimizar los impactos durante la fase de uso de los desarrollos hidroagrícolas, es cada vez más necesario que los regantes puedan contar con un servicio de asesoramiento técnico en relación con estos aspectos.

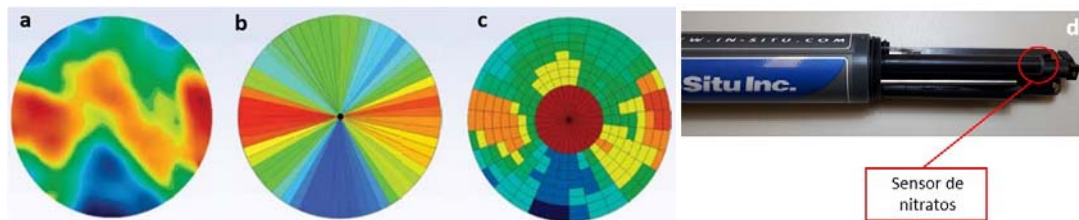


Figura 3 Información espacial sobre los niveles de humedad en el área cubierta por un pivote central (a), definición optimizada de sectores donde el pivote central aplicará diferentes asignaciones de riego (b), rangos, dentro de los sectores, de aplicación de diferentes asignaciones de riego (c) [12] y sensor de nitrato integrado en una sonda multiparamétrica para la evaluación continua de la calidad del agua de riego (d)

Referencias

1. Steduto, P. et al (2007) On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Science*, 25 (3): 189-207
2. Causapé, J. V. 2009. Agro-environmental evaluation of irrigation land: I. Water use in Bardenas irrigation district (Spain). *Agricultural Water Management*, Volume 96, Issue 2, 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.08.004>
3. Hatch, D. J., K. W. T. Goulding, D. V. Murphy. 2002. Nitrogen as a pollutant from agriculture in surface and groundwater. In: *Agriculture, Hydrology and Water Quality*, Haygarth, P. M., S. C. Jarvis, Eds., CABI Publishing, Wallingford, pp 7-27.
4. Duarte, A. C. e A. Melián-Navarro (2020) O uso da água na agricultura em Portugal Parte II - Aspectos ambientais da agricultura de regadio. *Revista EGITANEA CIENCIA*, Nº27, 185-214.
5. Allen, R. G. et al (1998) *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome.
6. Páscoa et al (2020) A Simple Method to Identify Potential Groundwater-Dependent Vegetation Using NDVI MODIS. *Forests* 2020, 11, 147; doi:10.3390/f11020147
7. APA (2023) Programa Nacional de Regadio. Agência Portuguesa do Ambiente. Acedido em 09 de Junho de 2023 em <https://apambiente.pt/agua/plano-nacional-de-regadio>
8. MAPA (2023) Productos fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Acedido em 20 de Junho de 2023 em <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fertilizantes/>
9. Schleussner, C., Menke, I., Theokritoff, E., Maanen, N., Lanson, A. (2020) *Climate Impacts in Portugal*. Climate Analytics, Berlin, Germany.
10. IPMA (2023) Portal do Clima. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Acedido em 20 de Junho de 2023 em <http://portaldoclima.pt/pt/>
11. DGADR (2022) Reserva de água nas albufeiras. Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Sistema de Informação do Regadio. Acedido em 10 de Outubro de 2022 em <https://sir.dgadr.gov.pt/reservas>
12. REINKE (2023) Variable rate irrigation-Precision irrigation for multiple field scenarios. Reinke Manufacturing Company, Inc. Acedido em 21 de Junho de 2021 em: https://www.reinke.com/uploads/5/9/4/2/59423143/variable_rate_irrigation_vri_.pdf