



SMART GREEN WATER

Difusión de soluciones innovadoras y desarrollo de capacidades para el riego inteligente

Entregable 1.2.2 Diagnóstico transnacional de la aplicación de los S3 para la digitalización del agua agrícola



GT1: Estrategia para ofrecer soluciones digitales para la gestión del agua en la agricultura.

Actividad 1.2: Diagnóstico territorial en cada región del Proyecto.

Documento de síntesis (actores, recursos, obstáculos y palancas) para la digitalización de la gestión del agua agrícola.

Septiembre 2024. Distribución pública.

Smart Green Water está cofinanciado por el Programa Interreg VI-B Sudoe 2021-2027 a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)
Presupuesto: 1.582.930,00€ Fondo FEDER: 1.187.197,50€

interreg-sudoe.eu



Contenido

Introducción	3
Presentación del proyecto y resultados	3
Metodología de la encuesta	3
Antecedentes y contexto	4
1. Perfil de la agricultura por región, contexto y actores clave	6
Francia	6
España	9
Portugal	13
2. Las cuestiones planteadas en torno a las soluciones digitales y el riego	16
2.1. Cuestiones técnicas	16
2.2. Cuestiones agronómicas	20
3. Obstáculos y impulsores para la adopción de herramientas digitales para el riego	21
4. Las necesidades de innovación	24
Bibliografía	25
Anexos	26



Tabla de figuras

Figura 1: Evolución de la captación de agua por sector económico entre 1990 y 2015

Figura 2: Mapa de Francia y uso del suelo por principales categorías agrícolas

Figura 3: Mapa de Francia y proporción de superficie de regadío en la superficie agrícola

Figura 4: Diagrama de la distribución de las superficies de regadío según los cultivos

Figura 5: Identidad agrícola e hídrica de Occitanie y Nouvelle-Aquitaine en 2023

Figura 6: Cartografía de las referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en Occitanie y Nouvelle-Aquitaine en 2023

Figura 7: Mapa de España y su distribución agrícola

Figura 8: Distribución de los cultivos agrícolas de regadío en España

Figura 9: Identidad agrícola e hídrica de Andalucía, Murcia, Castilla y León, Castilla la Mancha, Extremadura y Cataluña en 2023

Figura 10: Mapeo de referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en España

Figura 11: Distribución de las UEA en Portugal

Figura 12: Distribución de los cultivos permanentes agrícolas en Portugal

Figura 13: Distribución de los cultivos agrícolas temporales en Portugal

Figura 14: Identidad agrícola e hídrica del Alentejo

Figura 15: Cartografía de referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en Portugal



Introducción

Presentación del proyecto y resultados

El proyecto SMART GREEN WATER tiene como objetivo promover respuestas conjuntas a los retos a los que se enfrenta la agricultura en la región SUDOE, a través de la implementación de estrategias de especialización inteligente, para un sector agrícola más sostenible e inteligente que fortalezca el tejido socioeconómico de las zonas rurales. Para ello, los socios franceses, españoles y portugueses trabajan conjuntamente en la implementación de soluciones destinadas a acelerar la transición digital de la agricultura hacia un sector agrícola más resiliente, adaptado a los riesgos climáticos, optimizado y más económico en el consumo de recursos hídricos. El proyecto desarrollará una estrategia transnacional para fomentar el desarrollo, la provisión y la difusión de soluciones digitales promoviendo la acción sobre las diversas palancas necesarias para crear capacidades entre los actores clave de la cadena de valor agrícola y de la innovación.

Este documento forma parte del Grupo de Trabajo 1: «Estrategia para la provisión de soluciones digitales para la gestión del agua en la agricultura», liderado por la Eurorregión Pirineos-Mediterráneo. Este grupo de trabajo estará puntuado por comités de desarrollo, seguimiento y evaluación de la estrategia (CESES). Este documento corresponde a la actividad 1.2.2 «Diagnóstico territorial en cada región del proyecto» y al entregable 1.2.2: «Diagnóstico transnacional sobre la aplicación del S3 para la digitalización del agua agrícola - Documento de síntesis (actores, recursos, obstáculos y palancas) para la digitalización de la gestión del agua agrícola».

Metodología de la encuesta

Para llevar a cabo la encuesta, se diseñó y aplicó una metodología de 2 niveles:

Nivel 1: nivel macro, los socios del proyecto proporcionan información y conocimientos

- **Cartografía del ecosistema global de actores**

- Bibliografía y referencias
- Contexto agrícola regional
- Los retos de la gestión del agua: una perspectiva agronómica y tecnológica
- Políticas regionales
- Soluciones digitales para el riego y la gestión del agua
- Agentes regionales
- Proyectos e iniciativas

Toda esta información se recopiló en un archivo compartido

Nivel 2: Los socios de SGW buscan información más detallada del sector del regadío a escala regional, recabando información especializada de un panel de agentes expertos (fabricantes de equipos, proveedores de soluciones digitales, empresas de semillas, organizaciones de almacenamiento (cooperativas y comerciantes), sindicatos de producción especializados, estructuras de reparto del agua, etc.).

Se propuso una guía de entrevista:

- ¿Cómo se utilizan actualmente las herramientas digitales para el riego y la gestión del agua?
- ¿Qué herramientas digitales se utilizan con más frecuencia?



- ¿Cuáles son los obstáculos para el uso de la tecnología digital?
- ¿Cuáles son las palancas para acelerar el uso de la tecnología digital?
- ¿Qué se necesita y qué herramientas se precisan?

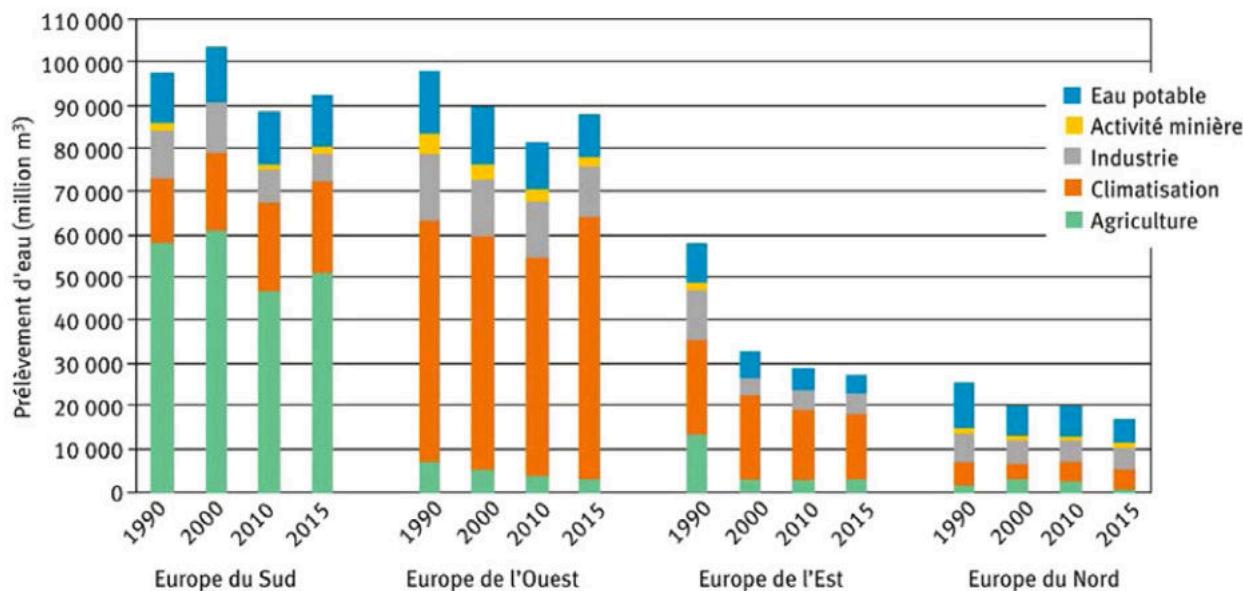
Cada socio siguió estas directrices y recogió las respuestas de sus interlocutores locales. Además, uno de los socios del proyecto (IRTA para España, ASOI para Francia, COTR para Portugal) elaboró un resumen por países. En total se entrevistó a 82 personas en Francia, España y Portugal. La encuesta duró 4 meses.

Antecedentes y contexto

El riego tiene por objeto satisfacer las necesidades de agua de las plantas, proporcionándoles los elementos esenciales para su crecimiento y supervivencia. Desempeña un papel crucial en la absorción de minerales del agua del suelo y en la regulación de la temperatura de las plantas [10]. El riego se utiliza principalmente para asegurar el rendimiento frente a riesgos climáticos como la sequía, reducir la cantidad de agua extraída de la capa freática, aumentar el rendimiento medio y mejorar la calidad de los productos limitando, por ejemplo, el desarrollo de micotoxinas causadas por el estrés hídrico. Por otra parte, la demanda de regadío es cada vez mayor en regiones que antes no lo eran, como algunas zonas vitícolas del Hérault [2]. El riego desempeña un papel esencial en la atenuación de los riesgos climáticos. Al optimizar los rendimientos, mejora la rentabilidad de los cultivos, aunque también genera costes [1]. Esto es cada vez más preocupante también en Cataluña, donde cultivos clave como los viñedos en la región del Penedès y los olivos, tradicionalmente dependientes de la lluvia, pronto necesitarán riego adicional para soportar los impactos del cambio climático. Podemos anticipar que este problema se extenderá a toda la región del SUDOE, en lugar de limitarse a unas pocas zonas específicas.

Los países del sur de Europa (por ejemplo, España, Portugal y el sur de Francia) se caracterizan por un clima mediterráneo con condiciones semiáridas que hacen que la agricultura de regadío sea mucho más productiva que la de secano. En la mayoría de los casos, el regadío es una característica de la agricultura establecida desde hace mucho tiempo y suele ser el principal usuario de agua [3].

Figura 1: Cambios en la captación de agua por sector económico entre 1990 y 2015 [3].





En general, a pesar de la intensificación de los déficits hídricos de los cultivos en muchas partes de Europa, se produjo una reducción de la captación de agua para regadío en todas las regiones entre 1990 y 2015 (75%, 69%, 51% y 12% para Europa Oriental, Septentrional, Occidental y Meridional, respectivamente). Es menor, pero real, en las regiones donde el déficit hídrico de los cultivos es muy pronunciado (sur de Europa).

La agricultura representa aproximadamente el 70% de la extracción total de agua dulce en el mundo, sobre todo a través del regadío [5]. Alrededor del 90% del agua utilizada por la agricultura se destina al riego, mientras que el 10% restante se utiliza para abreviar el ganado y limpiar las instalaciones. El regadío representa alrededor del 10% del volumen de agua extraída anualmente, pero consume más del 50% durante el verano, con importantes disparidades geográficas y variaciones interanuales [2]. En los países del sur de Europa, la mayor extracción de agua se destina a fines agrícolas, concretamente al regadío, que suele representar alrededor del 60% del total extraído, llegando al 80% en algunos lugares [4]. La cuestión crucial sigue siendo de dónde procede esta agua [2].

De los 50.000 millones de m³ de agua utilizados por la agricultura en la Unión Europea, el 37% procede de la captación directa de ríos y otros cursos de agua, el 36% de aguas subterráneas y el 27% de embalses. Estos embalses pueden ser formaciones naturales (lagos, estanques, etc.) o artificiales (embalses en presas, embalses en colinas, etc.) y a menudo son multifuncionales. La recarga de embalses artificiales se considera una extracción forzada y diferida de aguas subterráneas o superficiales del ciclo del agua [2].

Los países del sur de Europa, como España, Portugal y el sur de Francia, se benefician de un clima mediterráneo semiárido que favorece la eficacia de la agricultura de regadío frente a la de secano. El regadío suele ser una práctica arraigada en estas regiones y representa el principal uso del agua. Entre 1990 y 2015, aunque el déficit hídrico de los cultivos se intensificó, la captación de agua para el regadío disminuyó en Europa Meridional (12%) [11].

Esta reducción de la extracción de agua para el riego puede atribuirse a diversos factores, como las políticas históricas, la selección de cultivos y la mejora de las tecnologías de riego. Además, un punto planteado durante las entrevistas es que para reducir el consumo de agua, otro gran incentivo para digitalizar el riego es la mejora de la calidad del producto. Los incentivos políticos a favor de tecnologías de riego más eficientes y el desarrollo de infraestructuras de abastecimiento de agua pueden desempeñar un papel crucial en la reducción de la extracción de agua, sobre todo a la luz de los retos que plantea el cambio climático [11].

La digitalización del regadío representa una esperanza considerable para la gestión sostenible del agua. Nos permite maximizar la eficiencia de este recurso, reducir el despilfarro y anticipar mejor la escasez, al tiempo que contribuye a una agricultura más respetuosa con el medio ambiente y más resiliente ante los retos climáticos.



1. Perfil de la agricultura por región, contexto y actores clave

Francia

Detalles de la encuesta disponibles en el apéndice 1

Figura 2: Mapa de Francia y uso del suelo según las principales categorías agrícolas.

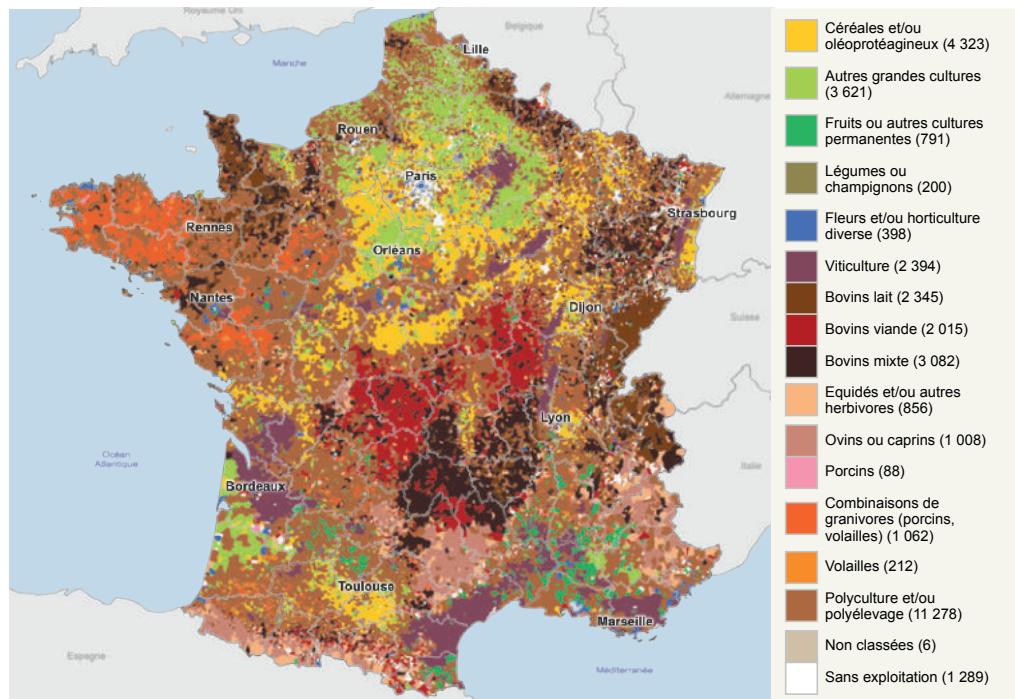


Figura 3: Mapa de Francia y proporción de superficie de regadío en la superficie agrícola.

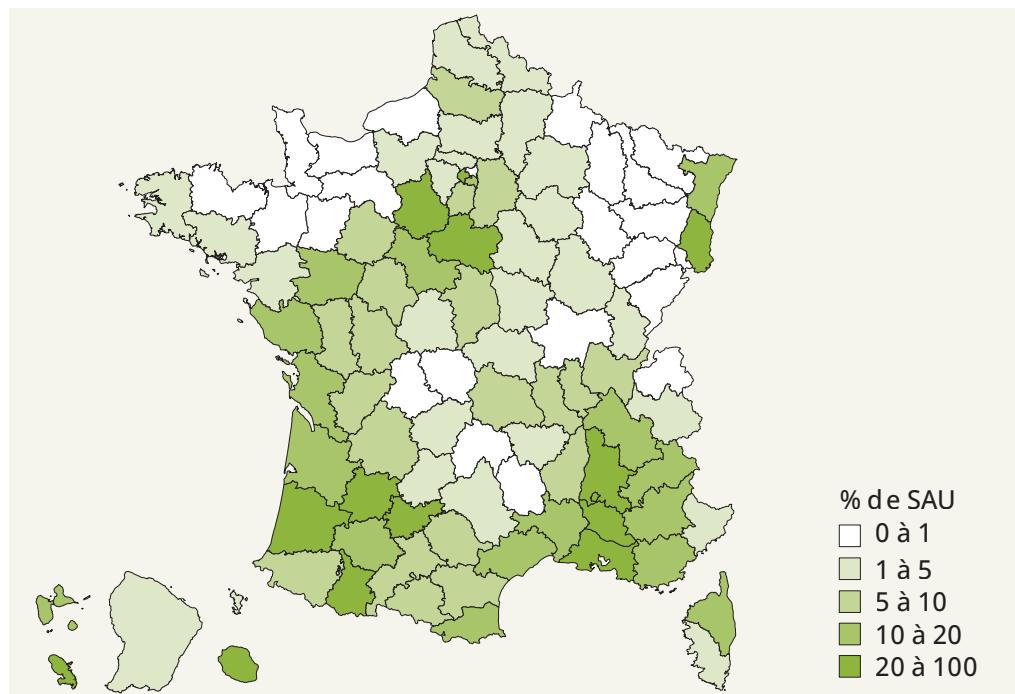
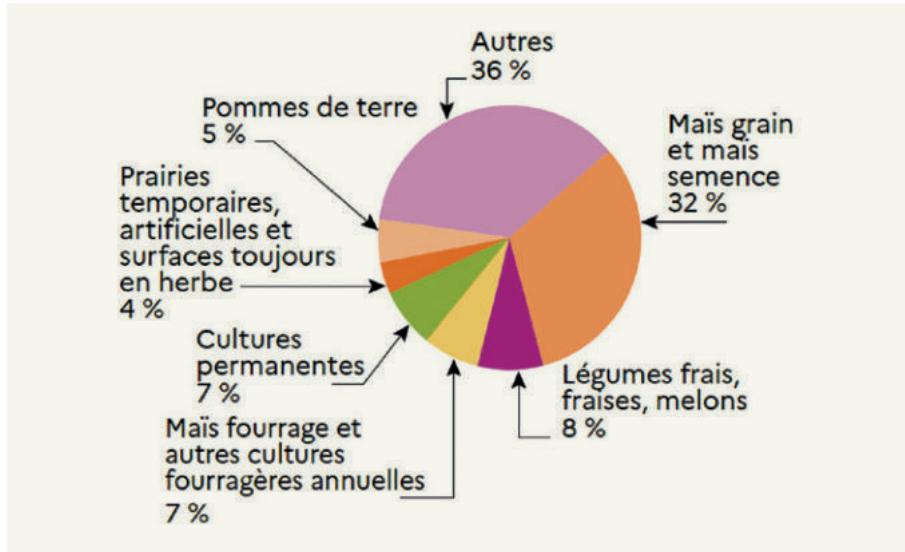




Figura 4: Mapa de Francia y proporción de superficie de regadío en la superficie agrícola



Las extracciones de agua para el conjunto de la actividad agrícola en Francia se sitúan en torno a los 5.000 millones de metros cúbicos al año, lo que representa el 60% de las extracciones totales, es decir, 3.000 millones de metros cúbicos al año. El recurso total disponible en Francia es de 175.000 millones de metros cúbicos al año [10].

Una gran parte de la superficie agrícola utilizada (SAU) está ocupada por los llamados cultivos de secano, que no requieren riego. En 2020, en Francia, sólo el 6,8% de las tierras agrícolas eran de regadío, es decir, menos de 1,8 millones de hectáreas (en 2010, la cifra era del 5,8%), y su distribución en el territorio era bastante desigual [9]. Los niveles de riego varían mucho de una región a otra, en función de los cultivos, los métodos de riego utilizados y el equipamiento hidráulico de las explotaciones. En 2020, las explotaciones hortícolas y de huerta son las más equipadas con sistemas de riego (51% de ellas), siendo los cultivos de maíz los que más superficies riegan (38%), seguidos del trigo (12%) y las hortalizas frescas, fresas y melones (9%). La evolución de las condiciones climáticas ha llevado a los agricultores a equiparse más, con un aumento medio de la superficie regable del 23% entre 2010 y 2020 [9].

Occitania y Nouvelle-Aquitaine son pilares de la agricultura francesa: figuran entre las primeras regiones agrícolas de Francia en términos de superficie y en términos de volumen económico. Juntas, Occitania y Nueva Aquitania representan casi el 30% de la superficie agrícola utilizada (SAU) de Francia, lo que las convierte en las dos primeras regiones agrícolas del país. Estas regiones se benefician de una variedad de condiciones climáticas y suelos que favorecen una gran diversidad agrícola.

Figura 5: Identidad agrícola e hídrica de Occitanie y Nouvelle-Aquitaine en 2023

Cultivos principales	Forrajeras, cereales, oleaginosas, vid, proteaginosas y leguminosas - DRAAFNA - DRAAFOcc
Área agrícola (ha)	7.2 millones (3M Occ, 4.2M NA) - CAOCC , CANA
Área irrigada incluía invernaderos (ha)	700,000 (300,000 Occ, 400,000 NA) - DRAAF Occ , DRAAFNA
% de cultivos irrigados en Occ y NA	Occ 10-12% DRAAFOcc / NA 11% DRAAFNA
La mayoría de los cultivos irrigados	Maíz en grano, semillas de maíz y trigo blando Agreste
Precipitación media (mm)	780, Bilan hydrologique des sols



El suroeste de Francia concentra un amplio abanico de actores especializados en el riego para la agricultura: para la investigación, el INRAE de Montpellier y la unidad de investigación Mixt UMR G-Eau, varios institutos técnicos (Viña, Cultivos anuales, F&V) y un amplio abanico de empresas, ya sean fabricantes de equipos, proveedores de soluciones y gestores del agua (Agralis Service) o empresas innovadoras y startups (Fruition Science, ITK). En la región se han liderado numerosos proyectos de innovación. Entre otros, DISP'EAU, PRECIEL con el objetivo de desarrollar soluciones digitales para la gestión del agua a nivel piloto (DISP'EAU) o territorial (PRECIEL). Últimamente, el EDIH occitanIA se centra en la transformación digital en sectores como la agricultura, y es una iniciativa regional que reúne a todos los actores de la región para desarrollar soluciones adecuadas.

Figura 6: Cartografía de referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en Occitanie y Nouvelle-Aquitaine en 2023.

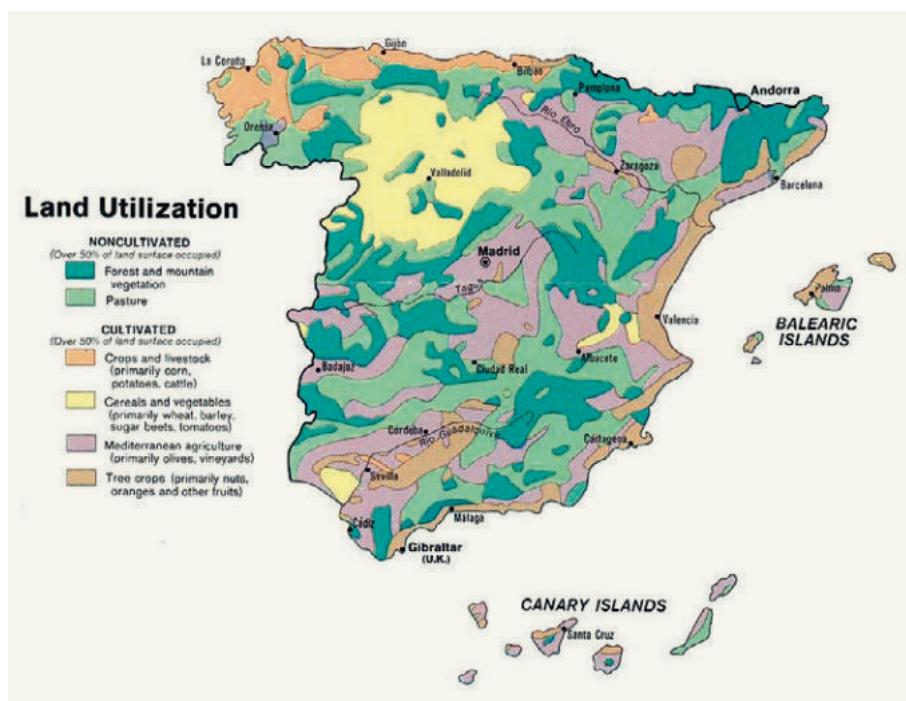
Referencias principales	<ul style="list-style-type: none">• Serra-Wittling, C., (2017). Evaluation of plot-based water savings achievable by modernising irrigation systems. https://reseau-eau.educagri.fr/files/EvaluationDesEconomiesDeauALaParcelleRe_fichierRessource1_rapport_efficiency_irrigation.pdf• Serra-Wittling, C., (2022). Guide pratique de l'irrigation - 4th edition. Editions Quae https://guide-irrigation.g-eau.fr• Ministry of Agriculture, 2024. Occitania, a laboratory for rethinking water uses https://agriculture.gouv.fr/occitanie-un-laboratoire-pour-repenser-les-usages-de-leau• Ministry of Agriculture, 2024. Occitania, a laboratory for rethinking water uses https://agriculture.gouv.fr/occitanie-un-laboratoire-pour-repenser-les-usages-de-leau• Aspexit, 2023. Water management and digital technologies in agriculture https://www.aspexit.com/gestion-de-leau-et-technologies-numeriques-en-agriculture/#Observer_et_Mesurer
Proyectos e iniciativas principales	<ul style="list-style-type: none">• EDIH OccitanIA - Digital transformation in the Occitanie Region (2023-2026)• DISP'EAU (FUI) - Innovative service for Vineyard Irrigation monitoring (2009-2013).• PRECIEL (FUI) - Water diagnosis and crop yield forecasting - (2015-2020)• IRRI-ALT'EAU - Reuse of treated wastewater, as an alternative to the system of agricultural watering of vines (2013-2018)• Tai-Oc (CACG) Agro-ecological transition and irrigation in Occitania (2022-2027)• Log'au (Géomatys), (2024-2026)• Hydropolis, bringing together the forces of water research in Montpellier
Actores principales	<ul style="list-style-type: none">• Investigación: Inrae, Institut Agro, UMR G-Eau, EACC Chair, Bordeaux Science Agro• Centros tecnológicos: IFV, ARVALIS, CTIFL, CTELIM• Empresas: Fruition Science, ITK, CACG, BRL, ARTERRIS, Vegetal Signal, CACG, ACMG, Agralis Service, Maïsadour, Euralis



España

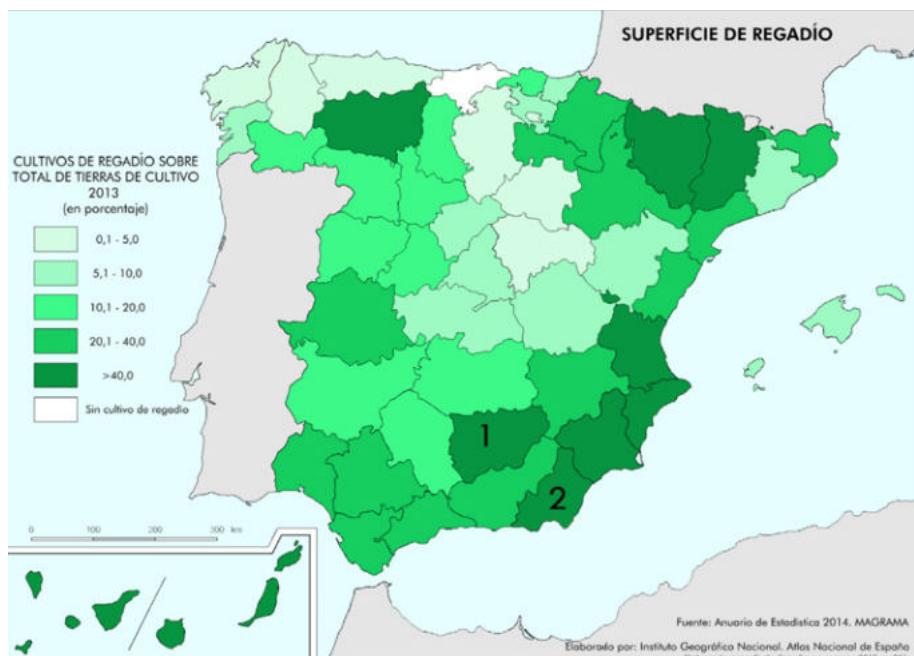
Detalles de la encuesta disponibles en el Apéndice 2

Figura 7: Mapa de España y su distribución agrícola



Fuente (2020): <https://maps-spain.com/maps-spain-geography/spain-agriculture-map>

Figura 8: Distribución de los cultivos agrícolas de regadío en España



Fuente (2020): <https://geoanacob.wordpress.com/wp-content/uploads/2022/02/image.png>



En Andalucía (And), Murcia (Mc), Castilla y León (CL), Castilla la Mancha (CM), Extremadura (Ex) y Cataluña (CT)

- **Andalucía** es la región con mayor superficie de regadío de España, alcanzando aproximadamente 1,12 millones de hectáreas, lo que representa cerca del 29% del total nacional. Predominan los olivares y los cultivos hortofrutícolas, especialmente en las provincias costeras.
- **La Región de Murcia** cuenta con una superficie de regadío aproximada de 175.601 hectáreas. Esta cifra refleja la importancia del regadío en una región con un clima especialmente árido donde la agricultura depende en gran medida del riego artificial para mantener su producción agrícola. Se centra en frutas y hortalizas debido a su clima árido, con una gran producción de lechugas, melones y cítricos.
- **Castilla y León** cuenta con una superficie de regadío de 451.989 hectáreas. A pesar de ser una región predominantemente cerealista y de secano, ha desarrollado una importante infraestructura de regadío para complementar su producción agrícola. Predominan los cereales de regadío, como el maíz y la remolacha azucarera.
- **Castilla-La Mancha** se sitúa como la segunda comunidad autónoma en superficie de regadío, con 582.767 hectáreas. Este uso extensivo del regadío es un reflejo de la adaptación de la región a una agricultura intensiva y diversificada. Cultivos predominantes: Viñedo, olivar y maíz.
- **Extremadura** cuenta con una superficie de regadío de 256.887 hectáreas, lo que representa alrededor del 30% de la superficie agrícola total de la región. Aunque el principal cultivo es el olivo, también es muy importante la producción de cereales, frutas y vino.
- El sector agrícola de **Cataluña** depende en gran medida del regadío, sobre todo en regiones como Lleida y el Baix Ebre, donde el acceso al agua es vital para la producción de frutas y hortalizas. Cataluña cuenta con unas 275.000 hectáreas de regadío, lo que representa alrededor del 30% de la superficie cultivada de la región. Sólo Lleida cuenta con cerca de 160.000 hectáreas, especialmente aptas para cultivos hortícolas como manzanas, peras y melocotones.

Figura 9: Identidad agraria e hídrica de Andalucía, Murcia, Castilla y León, Castilla la Mancha, Extremadura y Cataluña en 2023

Cultivos principales	Aceitunas, viñedos, cereales, frutas y verduras
Área agrícola (ha)	13.04 millones (ESYRCE-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023) And : 3.529.743 ha Mc: 466.453 ha CL: 3.542.091 ha Ex: 1.001.535 ha CT: 815.317 ha CM: 3.677.532 ha



Área irrigada incluía invernaderos (ha)	2.79 millones (ESYRCE-Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023) And: 1.057.191 ha Mc: 177.916 ha CL: 456.620 ha Ex: 256.877 ha CT: 252.548 ha CM: 593.319 ha
% de cultivos irrigados en España	22
La mayoría de los cultivos irrigados	Aceitunas, cereales, frutas, viñedos, verduras y horticultura
Precipitación media (mm)	537

Figura 10: Mapa de referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en España.

Referencias principales	<ul style="list-style-type: none"> • Gómez, J. M. (2019): "Modernización de regadíos en España: experiencias de control, ahorro y eficacia en el uso del agua para riego", in AGUA Y TERRITORIO, 13, pp. 69-76, Universidad de Jaén, España. https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/view/3972 • González, J., Sillero, J. A., González, J. J., Hormaza, J. I y Ruiz, J. D. (2023): "Técnicas experimentales para el control de la optimización y recursos hídricos en el contexto del sur de España", in Geografía: Cambios, Retos y Adaptación, pp. 1165-1172. https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/27727 • Berbel, J. y Espinosa-Tasón, J. (2021): "La gestión del regadío ante la escasez del agua: el caso de España", in J. Melgarejo, M. I. López-Ortiz y P. Fernández-Aracil (Ed.) "INUNDACIONES Y SEQUÍAS. Análisis Multidisciplinar para Mitigar el Impacto de los Fenómenos Climáticos Extremos", pp. 411- 416. https://helvia.uco.es/handle/10396/21877 • Velasco-Muñoz J.F., Aznar-Sánchez J.A., López-Felices B. y Balacco G. (2022): "Adopting sustainable water management practices in agriculture based on stakeholder preferences", in Agricultural Economics - Czech, 68 (9), pp. 317-326. https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/14897/203_2022-AGRICECON_Final.pdf?sequence=1 • Sánchez, J. I. (2020): "Los regadíos ante el cambio climático", in J. Berbel (Ed.) "Externalidades positivas del regadío", Federación Nacional de Comunidades Regantes de España, pp. 79-91. https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/22204 • Cámara-Campos, E., Oliva-Menoyo J., Badal E. y Bonet, L. (2023): "La digitalización en la agricultura de regadío", in L'Agrària Revista de información técnica, 4, pp. 5-10. https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/8750 • Trillo Guardia, C. (2023). Hacia una digitalización sostenible del regadío. Cámara Insular de Aguas de Tenerife. https://www.camaradeaguas.com/hacia-una-digitalizacion-sostenible-del-regadio/
--------------------------------	--



Referencias principales	<ul style="list-style-type: none">Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2023). Las bases del PERTE de digitalización del ciclo del agua para regadío. https://www.camaradeaguas.comLamo, J., & Garrido, A., (2024). Regadío y Seguridad Alimentaria. La situación en España. Edición: Cajamar Caja Rural.Dossier Técnico 107. Agricultura de precisión: aplicaciones en el riegoDossier Técnico 121. Agricultura de precisión: aplicaciones en el riego. Casos prácticosDossier Técnico 65. Fertirrigación
Proyectos e iniciativas principales	<ul style="list-style-type: none">OREN - Boosting European Rural Entrepreneurship (2022-2024): https://www.oren-project.eu/Tech4Efficiency (EDIH): (2023-2025) https://padih.eoi.es/edih/extremadura-edih-t4e-tech-efficiencyAPGEFERT - Desarrollo de técnicas para mejorar la incorporación de la Agricultura de Precisión a la Gestión del Fertiriego en explotaciones frutales (2019-2020): https://apgefert.greenfield.farm/objetivos/Grupo Operativo Cereal Agua - "Transferencia, innovación y nuevas tecnologías para un cultivo de cereal en España más eficiente, rentable, sostenible y socialmente integrador" (2019-2021) https://www.chduero.es/grupo-operativo-cereal-aguaIoT RUR - Applying IoT and Big Data technologies to the digitalisation of the Spanish horticultural sector (2018-2020): https://ctaex.com/transferencia-tecnologica/GOS-IoT-RURDIGIREG. Digital support for precision control (2021-2024)COMREG4ET. Cuantificación de los consumos de agua de los cultivos y predicciones de demandas de agua en las comunidades de regantes mediante la teledetección (2021-2024)HIBA- HUB IBERIA AGROTECH, Interreg (1/7/2018 - 30/6/2023) : Digital irrigation for agriculture. https://hubiberiaagrotech.eu/TIC4BIO, (1/7/2018-30/6/2020) Digital platform for environmental improvements. https://tic4bio.ecovalia.org/I-ReWater. Gestión sostenible de los recursos hídricos en la agricultura de regadío en el espacio SUDOEWEAM4i (Water & Energy Advanced Management for Irrigation) - Integración de tecnologías para la gestión eficiente del agua y la energía en el riego.GEDIER, application de jumeaux numériques à des exploitations agricoles irriguées plus durablesPECT Girona, región sensible al agua. Proyecto de Especialización y Competitividad Territorial (PECT)SmartLand: Conectividad y datos para la mejora de la gestión territorial del aguaFertiTwin II diseño de un sistema de fertiirrigación inteligente apoyado por un gemelo digital del cultivo.

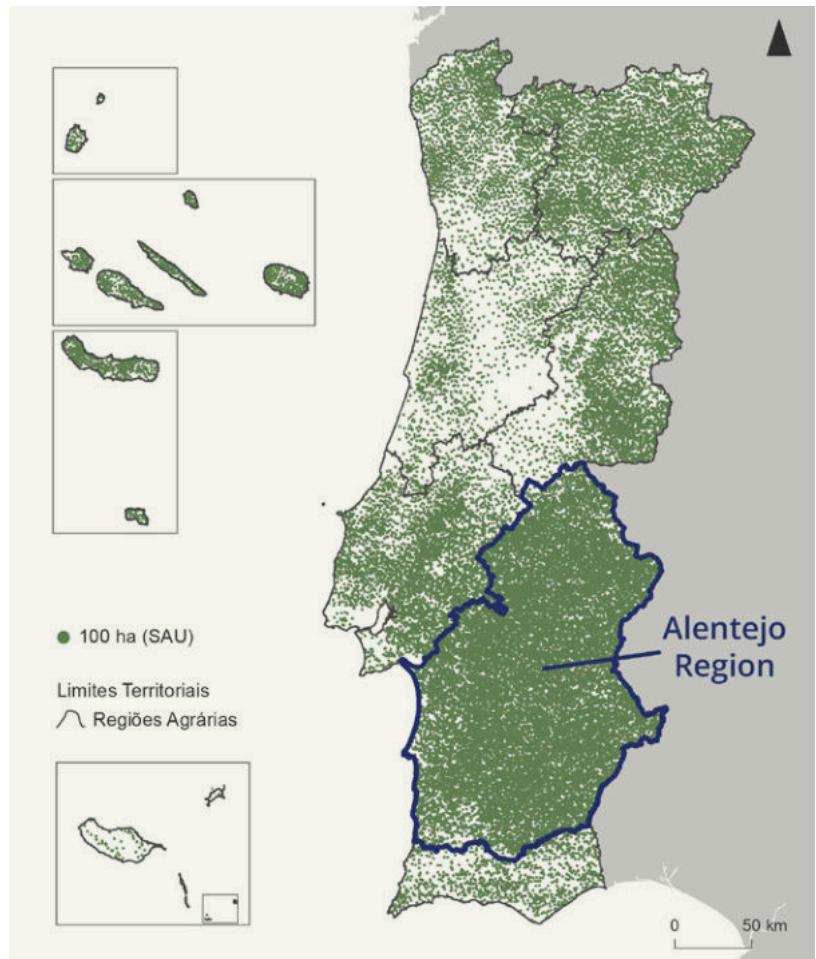
**Actores principales**

- **Investigación:** CTAEX, CICYTEX, CETA Ciemat, CenitS, IRTA, Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), UCO, Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM), Instituto de Ciencias Agrarias (ICA/CSIC), CETQUA, Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA), Agrotech-UPC, Instituto de Investigación Agraria y Pesquera de andalucía (IFAPA), [ETSEAFIV](#), Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agroalimentaria y Forestal y de Veterinaria de la Universidad de Lleida, [EEABB](#). Escuela de Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña
- **Centros técnicos:** INURA, COMPUTAEX, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA),
- **Empresas:** Greenfield technologies, agrogestión extremeña, Uniatec riegos, servi riegos, acement riegos, agrocolor, TRAGSA, Regaber, [VEGGA](#), [Agropixel](#), [LabFerrer](#), [ITC Dosing Pumps](#), [Aigües del Segarra Garrigues](#)

Portugal

Detalles de la encuesta disponibles en el Apéndice 3

Figura 11: Distribución de las UEA en Portugal



Fuente: INE, 2021.
Recenseamento Agrícola Análise dos principais resultados -2019.
Lisboa-Portugal, www.ine.pt
(dados estatísticos-publicações)



Figura 12: Distribución de los cultivos agrícolas permanentes en Portugal

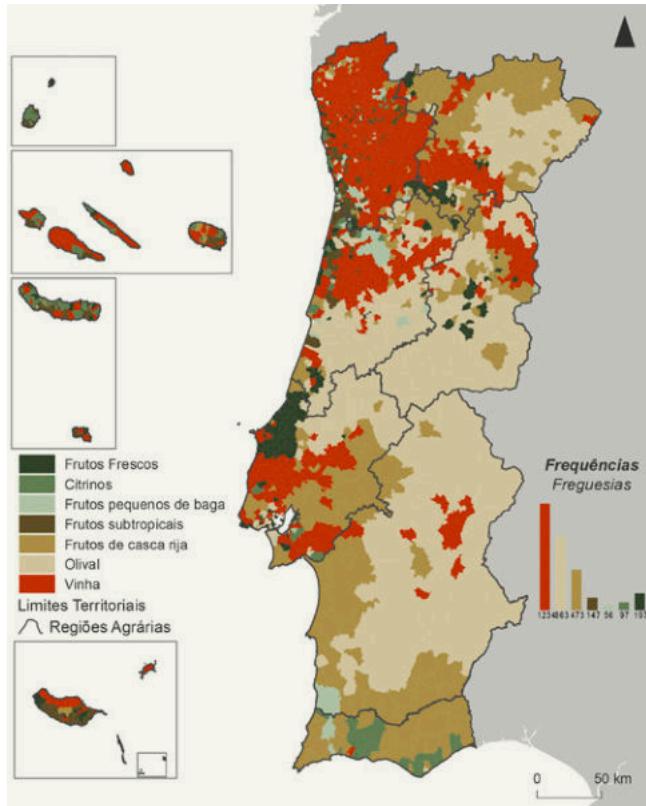
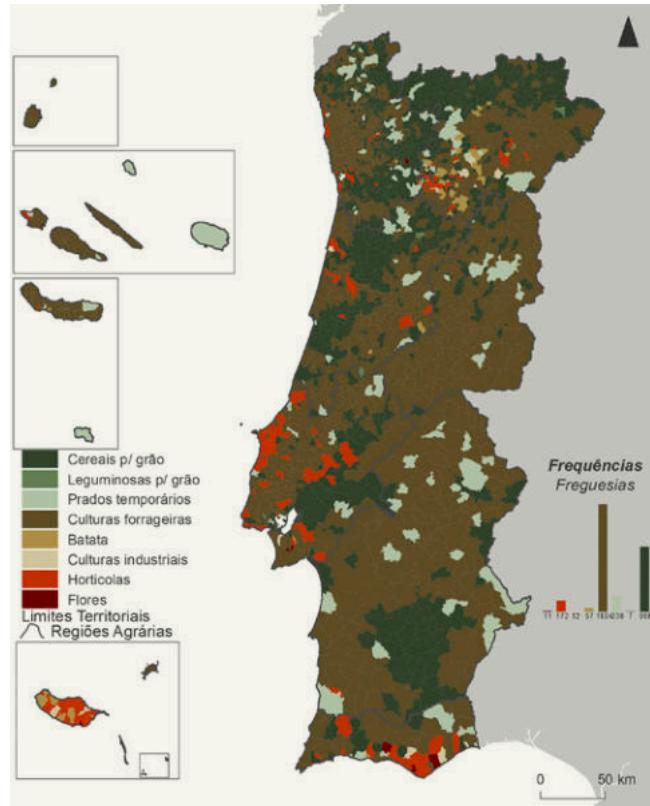


Figura 13: Distribución de los cultivos agrícolas temporales en Portugal



Fuente: INE, 2021. Recenseamento Agrícola Análise dos principais resultados -2019. Lisboa-Portugal, www.ine.pt (dados estatísticos-publicações)

Figura 14: Identidad agrícola e hídrica del Alentejo.

Cultivos principales	Aceitunas, nueces, viñedos y cereales
Área agrícola (ha)	2 144 066 [6]
Área irrigada (ha)	218 821 ha [6]
% de cultivos irrigados Alentejo	10 % [6]
Mayoría de los cultivos de regadío	Aceitunas, nueces, viñedos y cereales
Precipitación media (mm)	Promedio en Alentejo 326 mm. Región con grandes variaciones, entre 184 mm en el interior del sur y 461 mm en el centro. La estación de la red COTR con influencia atlántica registró 336 mm. (COTR, 2024).

Alentejo es una región del Sur de Portugal que corresponde a un tercio del territorio del Portugal Continental. La superficie regable de Portugal reportada por el censo agrícola en 2019 fue de 631.000 hectáreas, de las cuales alrededor del 37% se encuentra en el Alentejo, destacando los cultivos permanentes, que representan el 65% de la superficie regable de la región y el 24% del país. Los principales cultivos permanentes son el olivar, los frutos de cáscara y la viña. Los cultivos temporales son los cereales y los prados.



Figura 15: Mapa de referencias, proyectos e iniciativas y principales actores en Portugal.

Referencias principales	<ul style="list-style-type: none">• Inovação na agricultura (InovTechAgro, 2023)• Manual Agricultura Precisao (ajap.pt, 2009)• <u>O uso da água em Portugal - Adopção de sistemas de rega mais eficientes (2020, Estudo-Gulbenkian.pdf)</u>• <u>Ficha Técnica: Adaptação do Regadio às Alterações Climáticas (COTR.pt, 2020)</u>• Utilização de sensores de baixo custo para condução eficiente da rega (utl.pt, 2022)• <u>Sistemas de rega - Análise do funcionamento de sistemas de rega (rederural.gov.pt)</u>• Otimização de rega utilizando um modelo de aprendizagem, Caso estudo em Portugal (ScienceDirect, 2022)• Regadio de precisão: Manual de utilização de tecnologias de precisão em sistemas de aplicação variáveis (VRI) (terra-pro.net, 2021)
Proyectos e iniciativas principales	<ul style="list-style-type: none">• HubIS - Open innovation Hub for Irrigation Systems in Mediterranean agriculture (2020-2023) https://prima-hubis.org/• SmartAgriHubs FIE 22 -Supporting to irrigation decisions using usable IT tools. (2019-2021) https://www.smartagrihubs.eu/flagship-innovation-experiment/22-fie-online-irrigation-portal• WineWaterFootPrint (2017-2019) <u>WineWATER Footprint</u>• “Conhecer para Prever o Futuro - Produção em contexto de Alterações Climáticas: Avaliar Necessidades Futuras de Adaptação nomeadamente à Disponibilidade de Água (2019-2022)• PARE - Plataforma de Avisos de Rega (2022-2024)• AGIR - Sistema de Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas (2017-2021)• VinAzReg - Boas Práticas de Gestão da Água para a Vinha e Olival, supported by Calouste Gulbenkian (2022-2023)
Actores principales	<ul style="list-style-type: none">• Investigación: MED - Instituto Mediterrâneo para a agricultura, ambiente e desenvolvimento, CEBAL- Centro de biotecnologia agrícola e agro-alimentar do Alentejo, PACT - Parque do Alentejo de ciência e tecnologia• Enseñanza: University of Evora, Polytechnic Institute of Beja, Polytechnic Institute of Portalegre• Empresas: Aquagri, Hidrosoph, TerraPro, Hubel, Agroop



2. Las cuestiones planteadas en torno a las soluciones digitales y el riego

Tratamos de comprender las cuestiones relacionadas con el riego y el uso de la tecnología digital en este ámbito. Por «cuestiones» entendemos los grandes objetivos que se persiguen y los problemas asociados. Los problemas de innovación, es decir, la necesidad de soluciones innovadoras que aún no existen, se tratan en el apartado 5.

Aquí hemos hecho una distinción entre las «cuestiones técnicas» asociadas a los equipos y las soluciones digitales (herramientas de ayuda a la toma de decisiones, sensores, etc.), y las cuestiones «agronómicas» asociadas a los cultivos y las necesidades de las plantas.

Los resúmenes por países han puesto de relieve cuestiones muy similares. Por ello, se han tratado y resumido a continuación de forma transversal.

2.1. Cuestiones técnicas

En la actualidad, la región mediterránea podría ahorrar un 35% de agua mejorando considerablemente los sistemas de riego y las infraestructuras de transporte. Una mejora menor podría suponer un ahorro de agua del 10% [11].

Tipología de estrategias para el uso de herramientas digitales:

- **1er nivel:** Ninguna herramienta, solo riego basado en la experiencia empírica → Riego Sí/no
- **2º nivel:** Asesoramiento de boletín técnico y asesores agrícolas → Riego Sí/no
- **3er nivel:** Sensores colocados a nivel de parcela (humedad del suelo primero y más raramente en la planta) → ¿Cuánto?
- **4º nivel:** Herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el riego de precisión, incluido el aspecto de la calidad → ¿Cuándo?

Algunas tendencias para las cuestiones técnicas se han identificado a partir de las entrevistas:

Un nivel bastante bajo de adopción de soluciones digitales

- ¿De qué estamos hablando?
- ¿Qué tipo de herramientas digitales?
- ¿De qué cultivos se trata?

Nivel globalmente bajo de adopción de soluciones digitales, pero depende de los equipos considerados [8], [7]:

- Pluma de riego, política pública (FR) que ha apoyado la renovación de equipos para cultivos anuales (muy común)
- Válvula conectada, control remoto del sistema de riego (alrededor del 30% de adopción)
- Sensores de humedad para detectar el estrés y las necesidades de las plantas (25%)
- Control DST (alrededor del 20-40%)



Demostrar el valor añadido de las soluciones digitales

Coste de las soluciones digitales. Los costes de implantación de las tecnologías digitales parecen elevados. Esto incluye la inversión en sensores, sistemas de gestión de datos, software de modelización e infraestructura de comunicaciones. Es crucial buscar soluciones rentables, subvenciones o asociaciones público-privadas para que estas tecnologías sean más accesibles a los agricultores.

Falta de un análisis claro de costes y beneficios de las nuevas soluciones. El coste de las soluciones digitales debe contraponerse a los beneficios obtenidos. El principal reto a la hora de adoptar soluciones digitales para el riego es la falta de pruebas tangibles de su valor añadido. Los agricultores y los responsables de la toma de decisiones suelen tener dificultades para evaluar objetivamente la relación coste/beneficio de estas tecnologías. Es esencial desarrollar estudios de casos concretos y análisis del rendimiento de la inversión para demostrar claramente los beneficios económicos y medioambientales de las soluciones digitales.

Instalación, funcionamiento, herramientas intuitivas

La complejidad de las soluciones. La encuesta reveló que existen muchas soluciones digitales en el mercado, pero a menudo son inadecuadas (no responden exactamente a las necesidades) o demasiado complicadas de aplicar. Además, las soluciones suelen ser poco interoperables, lo que obliga a los agricultores a utilizar varias herramientas diferentes y a hacer «malabarismos» con los datos. Este es un obstáculo importante para su desarrollo.

¿Necesidad de formación? Falta de acceso a herramientas avanzadas y de capacidad para interpretarlas correctamente. Los agricultores suelen tener un acceso limitado a las herramientas avanzadas de gestión del riego, e incluso cuando lo tienen, pueden carecer de la formación necesaria para utilizarlas correctamente. Proporcionar una formación adecuada es esencial para maximizar los beneficios de estas tecnologías.

La necesidad de anticiparse a las necesidades de riego

Previsión y anticipación. La modelización digital y los datos de las estaciones meteorológicas desempeñan un papel clave en el riego moderno. Permiten prever con precisión las necesidades de agua, integrando las variables meteorológicas y los datos históricos. Esta previsión ayuda a los agricultores a planificar sus aportes de agua de forma más eficiente, reduciendo el despilfarro y optimizando la producción. Por ejemplo, los modelos climáticos avanzados pueden predecir la sequía o las precipitaciones, lo que permite una gestión proactiva del riego.

Tendencias y análisis. Las estaciones meteorológicas y los sistemas de modelización también proporcionan tendencias a largo plazo, lo que permite controlar los cambios en las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua. Estos datos históricos y predictivos son cruciales para desarrollar estrategias de riego resilientes ante el cambio climático, ajustando las prácticas agrícolas para mantener la productividad al tiempo que se conservan los recursos hídricos.

Todavía son muy pocas las herramientas que lo hacen. La modelización como herramienta de anticipación y predicción está aún poco explotada por las empresas que ofrecen soluciones. Las soluciones más extendidas en el mercado se basan en hechos y datos de un momento concreto. Sólo una o dos empresas se centran actualmente en la modelización a largo plazo, que es menos precisa pero proporciona visibilidad a lo largo de un año.



Eficacia y eficiencia de las instalaciones y herramientas

Dimensionamiento de las instalaciones. El correcto dimensionamiento de las instalaciones de riego es crucial para garantizar una distribución uniforme y adecuada del agua. Unas instalaciones mal dimensionadas pueden provocar un consumo excesivo de agua o un riego insuficiente, lo que repercute negativamente en el rendimiento de los cultivos.

Envejecimiento de las instalaciones y problemas de pérdida de agua. El envejecimiento de las infraestructuras de riego contribuye significativamente a la pérdida de agua. Canales agrietados, juntas defectuosas y bombas ineficaces son algunas de las principales causas. A menudo se descuida el mantenimiento y la modernización de las instalaciones, lo que agrava los problemas de fugas y despilfarro de agua [10].

Falta de eficiencia de los equipos de riego. La eficiencia de los equipos de riego suele ser inadecuada debido a una tecnología obsoleta y a la falta de actualización y ajuste. Las boquillas o los sistemas de aspersión deben ajustarse del mismo modo que los sistemas de pulverización de plaguicidas para limitar la dispersión o la deriva. Los sistemas de riego por goteo, por ejemplo, pueden hacer un uso mucho más eficiente del agua que los métodos tradicionales, pero su utilización sigue siendo limitada.

Problemas de equipamiento

Problemas de conectividad y falta de acceso a los datos. La falta de conectividad en las zonas rurales, constatada en los 3 países socios, limita el uso de las herramientas digitales conectadas. Cuando la red telefónica no ofrece suficiente cobertura, el uso de las herramientas se retrasa y hay falta de capacidad de respuesta. La falta de red puede subsanarse instalando redes dedicadas de tipo LoRaWan.

Falta de sensores directos de estrés hídrico. El estrés hídrico de los cultivos es un indicador crucial para la gestión del riego, pero es una medida difícil de obtener. Aparte del uso de herramientas como las cámaras de presión, que son muy difíciles de implementar (medición de la presión del vapor al amanecer), el estrés hídrico se mide indirectamente (en el suelo o en la planta). El resultado es una estimación del estrés hídrico que puede no coincidir con las necesidades reales de la planta. A menudo faltan sensores directos capaces de medir este parámetro con precisión. La integración de este tipo de sensores podría mejorar la capacidad de respuesta y la eficacia de los sistemas de riego.

Problemas de fiabilidad de las tecnologías de campo (sensores). Las duras condiciones ambientales, los fallos técnicos y la falta de mantenimiento pueden reducir la eficacia de estos dispositivos. Una sonda defectuosa o mal ajustada puede dar lugar a una falta de resultados o a aproximaciones en las mediciones y decisiones.

Gestión del agua ¿a qué escala?

El nivel de parcela implica sensores. La mayoría de las soluciones digitales en el mercado se enfocan en manejar el estrés hídrico y el riego a nivel de parcela. Esto es una primera dificultad en sí mismo, ya que presupone la disponibilidad de sensores que proporcionen una medición representativa de la parcela, y pocos agricultores están equipados aún con todos los sensores necesarios. Esto significa desarrollar (y multiplicar) soluciones de adquisición de datos, que son económicas y robustas localmente pero poco fiables, y desarrollar soluciones para extrapolar mediciones geográficamente cercanas. Los enfoques de teledetección pueden compensar (o complementar) hasta



cierto punto la falta de exhaustividad espacial de las mediciones puntuales. El intercambio de datos es un tema importante para hacer un mejor uso de los datos existentes y evitar la multiplicación de sensores.

Hacia un enfoque territorial de la gestión del agua. Sin embargo, la encuesta reveló la necesidad de trabajar a una escala mayor, a nivel del área agrícola o cuenca hidrográfica. El objetivo ya no es satisfacer una necesidad individual, sino tener las herramientas para gestionar los recursos hídricos disponibles para un grupo de agricultores: caracterizar la necesidad general, el momento de los aportes necesarios y la distribución de los turnos de agua dentro de un marco de sostenibilidad.

La energía de riego, el principal gasto

La energía es el mayor gasto para el riego. Por delante del costo del equipo y del costo del agua en sí. La encuesta reveló la necesidad de establecer claramente el costo del riego y trabajar en equipos energéticamente eficientes y sistemas de optimización energética global.

El concepto del nexo alimentos-energía-agua adquiere aquí todo su significado. Los sistemas de producción agrícola deben optimizarse como parte de un enfoque global e integrado destinado a establecer objetivos de producción que tengan en cuenta los recursos hídricos disponibles, sus costos de adquisición y el impacto ambiental que representan.

Más allá de la cantidad, hablemos de calidad

El riego como herramienta para gestionar la calidad de los productos agrícolas. Si bien tradicionalmente el riego se ha utilizado en términos cuantitativos para asegurar (o maximizar) los rendimientos de la producción agrícola, cada vez se considera desde un ángulo diferente para controlar la calidad de la producción. Este enfoque aún es reciente en la viticultura. Los sistemas de apoyo a la decisión (por ejemplo, Vintel de ITK) ya no apuntan a compensar el estrés hídrico de la planta, sino más bien a mantener un perfil de estrés hídrico favorable al desarrollo de la calidad de la uva y la tipicidad del vino producido.

Gestión de la calidad del agua. La calidad del agua de riego (pH, salinidad, presencia de contaminantes minerales o biológicos) aún está poco controlada, por ejemplo cuando proviene de reservorios temporales. Si bien siempre es posible (pero costoso y lento) utilizar un laboratorio de análisis, se deberían desarrollar soluciones innovadoras de sensores para el monitoreo continuo de la calidad del agua (directo o indirecto).

¿Qué hay del apoyo financiero y administrativo? La regulación y la burocracia pueden actuar como barreras para la adopción de nuevas tecnologías de riego. Simplificar los procedimientos administrativos y ofrecer incentivos financieros podría alentar a los agricultores a modernizar sus equipos.

Los incentivos políticos a favor de tecnologías de ahorro de agua y el desarrollo de sistemas eficientes de suministro de agua pueden ayudar a reducir la extracción de agua, no solo hoy sino también en el contexto del cambio climático. Las autoridades públicas tienen un papel que desempeñar.



2.2. Cuestiones agronómicas

Nuevas necesidades de riego

Las sucesivas sequías y olas de calor de los últimos años han hecho que la agricultura tome conciencia de la necesidad de agua para los cultivos y de los límites de los recursos disponibles. Algunos cultivos (arboricultura, horticultura) ya tenían una larga experiencia de riego, pero en otros casos el riego es una práctica nueva. Es el caso de la viticultura en Francia, donde el riego estaba muy restringido y mal percibido por la profesión. El riego de la vid ha dejado de ser un tabú en Francia y resulta que las nuevas plantaciones del sur de Francia se instalan ya habitualmente con sistemas de riego.

Es necesario adaptar las estrategias de cultivo y los itinerarios técnicos habituales

Al mismo tiempo, es necesario revisar las prácticas agrícolas y los itinerarios técnicos para adaptar determinados cultivos a este nuevo contexto. De hecho, la situación varía mucho de un cultivo a otro. Las necesidades de agua varían considerablemente según el tipo de cultivo, la fase de crecimiento y las condiciones ambientales. Sería pertinente adaptar los cultivos que requieren menos agua a las regiones donde ésta escasea. En España y Portugal, por ejemplo, se menciona el cultivo del olivo en alta densidad.

Adaptar los itinerarios técnicos para reducir las pérdidas de nutrientes (lixiviación, drenaje)

La pérdida de nutrientes por lixiviación y drenaje es una de las principales preocupaciones medioambientales de la agricultura. La lixiviación se produce cuando el exceso de agua de riego desplaza los nutrientes hacia capas más profundas del suelo y, finalmente, hacia las aguas subterráneas. Esto puede provocar la contaminación de las aguas subterráneas y el agotamiento de los nutrientes del suelo. Los sistemas de drenaje, si no se gestionan adecuadamente, pueden agravar la pérdida de nutrientes al acelerar el movimiento del agua por el suelo, arrastrando los nutrientes antes de que las plantas tengan tiempo de absorberlos. Con un sistema de riego adaptado y controlado, las pérdidas de nutrientes pueden minimizarse hasta ser inexistentes.

El agua es un recurso compartido

La gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos es esencial para equilibrar las necesidades de la agricultura y otros usos como el turismo. En regiones sometidas a la sequía y donde el agua es un recurso cada vez más escaso, se necesita un planteamiento razonado y equilibrado para garantizar que todos los sectores que utilizan el agua puedan coexistir y prosperar sin comprometer la sostenibilidad de los recursos hídricos.



3. Obstáculos y palancas para la adopción de herramientas digitales para el riego

Hemos explorado los obstáculos y palancas asociados al riego y al uso de la tecnología digital en este ámbito. Por «obstáculos» nos referimos a los problemas identificados y a las soluciones correspondientes. Los resúmenes por países revelan problemas muy similares, que hemos abordado y resumido de forma generalizada a continuación.

Obstáculos	Palancas
Gestión controlada del agua e infantilización. Políticas de gestión del agua que imponen restricciones estrictas e introducen cuotas sin implicar a los agricultores. Falta de colaboración. Los agricultores están aislados y carecen de oportunidades de optimización y eficiencia. Falta de confianza entre los agricultores y las instituciones públicas.	Gestión colectiva y potenciadora: <ul style="list-style-type: none">Participación activa: Animar a los agricultores a desempeñar un papel activo en la gestión del agua puede darles un sentido de la responsabilidad y motivarlos para adoptar prácticas sostenibles.Educación y formación: Formar a los agricultores en las ventajas y el uso de las modernas tecnologías de riego puede facilitar la transición a métodos más eficientes. Construcción con actores públicos: <ul style="list-style-type: none">Políticas inclusivas: Desarrollar políticas de gestión del agua consultando a los agricultores y otras partes interesadas para garantizar un enfoque inclusivo adaptado a las necesidades reales. Apoyo técnico y financiero: Ofrecer apoyo técnico y financiero para la adopción de tecnologías innovadoras puede ayudar a superar las barreras económicas y técnicas.
Inversión inicial elevada, pero valor añadido significativo (eficiencia hídrica, rendimiento agrícola y reducción de los costes de explotación) y, para los pequeños agricultores, acceso a una financiación adecuada y a programas de apoyo .	Difusión y demostración : <ul style="list-style-type: none">Casos de éxito: Destacar estudios de casos y proyectos piloto que hayan demostrado los beneficios tangibles de las modernas tecnologías de riego, tanto en términos de rendimiento como de ahorro de agua.Demostraciones prácticas: Organizar visitas a explotaciones o jornadas de puertas abiertas para que los agricultores puedan ver las tecnologías en acción y hablar con colegas que ya han adoptado estas prácticas. Estimación de costes y rendimiento de la inversión : <ul style="list-style-type: none">Herramientas de análisis: Desarrollo de herramientas y programas informáticos para calcular con precisión los costes de instalación y funcionamiento de los sistemas de riego, así como su rentabilidad a corto y largo plazo. Subvenciones e incentivos: Fomentar la inversión mediante subvenciones, créditos fiscales o asociaciones público-privadas para reducir el coste de entrada y acelerar la adopción de tecnologías.



Obstáculos	Palancas
Infraestructura de conectividad, falta de cobertura de Internet en las zonas rurales	Integración de infraestructuras de conectividad <ul style="list-style-type: none">• Cobertura de Internet: Desplegar soluciones de conectividad adecuadas, como banda ancha fija o móvil, en zonas rurales y agrícolas. Esto podría incluir:<ul style="list-style-type: none">• El despliegue de soluciones de conectividad por satélite en regiones donde las infraestructuras terrestres son limitadas.• Infraestructura de red de área local (LAN/WAN): instalar redes de área local o amplia en las explotaciones agrícolas para conectar equipos y sistemas de gestión del agua y agricultura de precisión.
Falta de conocimientos, competencias y formación Complejidad de la gestión, sobre todo en viticultura Control básico: riego de precisión (teniendo en cuenta la calidad del producto agrícola)	Formación y asistencia técnica : <ul style="list-style-type: none">• Programas de formación: Desarrollar programas de formación especializados para viticultores, centrados en la gestión del riego, la gestión del suelo y la adaptación a las condiciones climáticas cambiantes.• Asistencia técnica: Crear una red de expertos y asesores técnicos que presten asistencia continua a los agricultores, ayudándoles a integrar las mejores prácticas de riego en sus explotaciones.• Demostraciones y ejemplos: Organizar demostraciones sobre el terreno y visitas a explotaciones ejemplares para mostrar las ventajas de las técnicas de riego optimizadas y su repercusión en la calidad del producto.• Campañas de sensibilización: Lanzar campañas de sensibilización para promover las iniciativas de formación y los éxitos conseguidos gracias a una mejor gestión del agua en la viticultura.• Complejidad del control: El control del riego en los viñedos requiere un conocimiento detallado de las necesidades hídricas de las vides, los suelos y las condiciones climáticas. El riego en los viñedos es mucho menos conocido que el riego en arboricultura.• Noción de estrés hídrico y climático: El coeficiente de utilización del agua debe tener en cuenta a la vez el estrés hídrico (vinculado a la disponibilidad de agua) y el estrés climático (en particular, el estrés térmico), lo que complica aún más la gestión del riego.
	Estrategias y herramientas de gestión del agua, optimización de los coeficientes de utilización del agua <ul style="list-style-type: none">• Evaluación continua: Utilización de herramientas y tecnologías de supervisión para hacer un seguimiento en tiempo real de las necesidades hídricas de las vides y ajustar el riego en función de las previsiones meteorológicas y los análisis del suelo.• Gestión adaptativa: Adoptar un enfoque de gestión adaptativa que integre los datos sobre el estrés hídrico y climático para ajustar las prácticas de riego con precisión y eficacia.



Obstáculos	Palancas
Infraestructura de riego envejecida y/u obsoleta, tecnología anticuada, alto coste de renovación, mantenimiento frecuente y costoso.	<ul style="list-style-type: none">Instalar nuevos equipos: Sustituir los sistemas de riego obsoletos por tecnologías modernas, como el riego por goteo, los sistemas de control automatizado y los sensores de suelo.Renovar los sistemas de riego: detectar y limitar las fugas.Programas de financiación: Introducir subvenciones, préstamos preferenciales e incentivos fiscales para ayudar a los agricultores a financiar la modernización de sus infraestructuras de riego y ponerlas en marcha.Mejorar la eficacia de las herramientas, ajustándolas para que rindan al máximo.
Necesidad de sensores específicos (estrés hídrico directo de la planta y control del riego)	<ul style="list-style-type: none">Desarrollo de sensores adecuados, de bajo coste y robustosDesarrollo de una solución multisensor
El agua se gestiona a nivel individual y no colectivo/territorial	<ul style="list-style-type: none">Innovación no técnica (nuevas formas de organización, FACE)Teledetección para un enfoque territorial que mida los cambios en los recursos hídricos (RU)Evaluación del ciclo de vida (ACV)Herramienta WASABI energía-aguaEstrategia de gestión colectiva y mancomunadaEducación y sensibilización
Interoperabilidad entre herramientas	<p>Herramientas conectadas</p> <ul style="list-style-type: none">API e interfaces de programaciónInteroperabilidad de datosSistemas centralizados <p>Herramientas simplificadas para los agricultores</p> <ul style="list-style-type: none">Interfaz de usuario intuitivaAplicaciones móviles y webFormación y asistencia



4. Las necesidades de innovación

Desarrollo de sensores	<p>Sensor de estrés hídrico y térmico a nivel de planta</p> <ul style="list-style-type: none">• Medición del estrés hídrico y térmico a nivel de planta, proporcionando una imagen precisa de las condiciones de estrés experimentadas por los cultivos.• Detección precoz: Permite detectar precozmente las condiciones de estrés, posibilitando un riego más preciso y selectivo.• Optimización de los recursos: Ayuda a ajustar las prácticas de riego en función de las necesidades reales de las plantas, optimizando el uso del agua y mejorando la salud de los cultivos. <p>Sensores de calidad del agua</p> <ul style="list-style-type: none">• Evalúa la calidad del agua de riego, midiendo parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, los niveles de salinidad y la presencia de contaminantes.<ul style="list-style-type: none">• Sensores electroquímicos: Miden el pH y la conductividad.• Sensores ópticos: Se utilizan para detectar contaminantes específicos por absorción o fluorescencia.• Sensores para medir la cantidad exacta de agua distribuida.
Gestión del agua territorial	<p>Teledetección para medir los cambios en los recursos hídricos (RU) :</p> <ul style="list-style-type: none">• Seguimiento y evaluación de los cambios en el consumo y la disponibilidad de agua en zonas extensas.• Seguimiento continuo y análisis de tendencias a largo plazo. <p>Herramienta WASABI de energía-agua :</p> <ul style="list-style-type: none">• Utilización de esta herramienta para evaluar la eficiencia energética de los sistemas de gestión del agua.• Optimización de los procesos para reducir los costes energéticos asociados a la extracción, el tratamiento y la distribución del agua. <p>Estrategia de gestión colectiva y mancomunada (FCE, Funcionalidad y Economía de Empresa):</p> <ul style="list-style-type: none">• Asociación y cooperación :<ul style="list-style-type: none">• Promover un enfoque colectivo que implique a todas las partes interesadas: gobiernos locales, comunidades, empresas y organizaciones no gubernamentales.• Fomentar la puesta en común de recursos y conocimientos para una gestión más eficiente y sostenible del agua. <p>Enfoque living lab</p> <ul style="list-style-type: none">• Desarrollar estrategias, aplicar demostradores y difundir buenas prácticas. <p>Herramientas basadas en la teledetección para la gestión del agua a nivel territorial</p>



Bibliografía

- [1] Arvalis - Institut du végétal, *Les vrai-faux de l'irrigation*, June 2018.
- [2] Aspexit, Leroux C., *Gestion de l'eau et technologies numériques en agriculture*, 2023.
- [3] European environment agency, 2019, *The development of water abstraction since the 1990s*, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/water-abstractions-for-irrigation-manufacturing>
- [4] European environment agency, 2009, *Water resources across Europe - Confronting water scarcity and drought*, EEA Report, Copenhagen, Denmark, p. 55.
- [5] FAO, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2015, FAO Statistical Pocket Book, World, food and agriculture, Rome.
- [6] INE, 2021. Recenseamento Agrícola - Análise dos principais resultados -2019. Lisboa-Portugal, www.ine.pt (dados estatísticos-publicações)
- [7] Les services de l'Etat dans les Landes, *Soutien aux investissements de solutions innovantes d'irrigation, Les services de l'État dans les Landes*
- [8] Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire : *Renouvellement et développement des agro équipements nécessaires à la transition agroécologique et à l'adaptation au changement climatique Agriculture Ministry site*.
- [9] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. L'irrigation des surfaces agricoles : évolution entre 2010 et 2020. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>
- [10] Witling C, Ruelle P. (coord.), 2022. *Guide pratique de l'irrigation* (4th ed.), Versailles, éditions Quae, 352p.
- [11] Witling C, Baralla S, Dominguez IB, Drastig K, Ghinassi G, Guillot S, Nagy A, Nagy V, Popova Z, Topçu S., *Adaptation of irrigation to climate change in the European Union: actions taken by Member States to save water*, 2020, Sciences Eaux & Territoires 2020/4 (Issue 34), pages 8 to 17.



Anexos

Anexo 1: Resumen de las encuestas realizadas en Francia

Anexo 2: Síntesis de las encuestas en España Resumen de las encuestas en España

Anexo 3: Síntesis de las encuestas en Portugal

Anexo 4: Publicaciones del DARP y el IRTA



Anexo 1: Resumen de las encuestas en Francia

Resumen en Francia de las encuestas de análisis territorial de nivel 2

Tipo de usuarios encuestados (por correo electrónico y videoconferencia) :

- Asesores de riego: 15 (CRANA) + 1 (ASOI, Arterritis)
 - Total: 16
- Juntas de usuarios del agua: 2 (CRANA)
 - Total: 2
- Proveedores de equipos de riego (Control y Riego): 8 (CRANA) + 5 (ASOI, Géomatys, Fruition sciences, ITK, SUDEXPE, ABELIO)
 - Total: 11
- Institutos de investigación: 2
 - Total: 2
- Empresas de semillas: 4
 - Total: 4

¿Cómo se utilizan hoy en día las herramientas digitales para el riego y la gestión del agua?

¿Por los agricultores, por los asesores de riego?

Los agricultores y los asesores utilizan actualmente herramientas digitales para controlar el riego, de modo que sepan exactamente cuándo iniciar y detener el riego en función del tipo de cultivo y de las condiciones edafológicas y meteorológicas.

Por regla general, el uso por parte de los agricultores sigue siendo bastante bajo (menos del 10%) y más elevado entre los asesores de riego de las Cámaras de Agricultura (al menos el 70%).

Utilización por los agricultores: adaptar y anticipar las necesidades hídricas de las plantas minimizando los costes de riego.

Uso por parte de los asesores de riego: gestión del riego para optimizar la eficacia de los aportes de agua a las plantas y optimizar las extracciones de agua de los medios acuáticos. Los asesores de riego de las cámaras de agricultura utilizan principalmente herramientas digitales para elaborar boletines de riego (consejos técnicos sobre riego enviados en forma de boletines telefónicos).

Ejemplos de herramientas utilizadas:

- AquaFox para digitalizar el contenido de agua del suelo medido con sondas capacitivas
- Aqualis para poner a disposición los datos digitalizados en una aplicación para smartphone.

Los agricultores aprecian lo fácil que es comprender los cambios en las reservas de agua del suelo en cualquier momento, dondequiera que esté instalado el sensor. Los asesores de riego aprecian poder supervisar y realizar un seguimiento de varias sondas con alertas.



¿Qué herramientas se utilizan más?

Hay 2 tipos principales de herramientas: herramientas de medición y herramientas de modelización.

Las herramientas más utilizadas son:

- Boletín de demanda climática a través de BRL
- Estaciones meteorológicas conectadas (Weenat, etc.)
- Acoplamiento de la estación meteorológica con sondas capacitivas o tensiométricas
- Sistemas de medición de la humedad del suelo acoplados con sondas tensiométricas y/o capacitivas

Ejemplo:

- AquaFox más sondas capacitivas Sentek para medir y transferir datos de campo vía Laura o Sigfox a la nube (desarrollado y comercializado por Agralis).
- Aqualis para visualizar datos y curvas en smartphones (con previsiones meteorológicas para el lugar).
 - Software de balance hídrico como Irrélys, Net-irrig, etc.
 - Herramientas de modelización (herramienta VINTEL de ITK)

¿Cuáles son los obstáculos al uso de la tecnología digital?

Hay muchos obstáculos para el uso de la tecnología digital:

• El coste de las herramientas

Aunque existen ayudas financieras para la compra de herramientas, los trámites administrativos para obtener financiación son a veces largos, y el coste de preparar una solicitud de financiación no anima a los agricultores a dar los pasos necesarios.

• El tiempo necesario para controlar el riego y el retorno de la inversión

Ejemplo: para las sondas tensiométricas no conectadas, las lecturas se realizan cada semana en cada una de las parcelas controladas. El periodo de riego es una época estresante no sólo para las plantas, sino también para los agricultores, con la gestión de los equipos de riego, las reparaciones de cualquier avería, las restricciones de agua, etc. Los agricultores suelen carecer de tiempo para gestionarlo todo.

• La percepción de la tierra por parte del agricultor

Si las mediciones no se realizan en SUS parcelas, a los agricultores les cuesta creer los valores medidos, aunque las sondas estén instaladas en la misma zona. De ahí el interés de la teledetección por satélite, que permitiría trabajar en todas las parcelas al mismo tiempo y ofrecer una mejor representación espacial.

• La complejidad de los sistemas, que no siempre se entregan llave en mano y son difíciles de instalar porque son demasiado tecnológicos para los agricultores.

• No interoperabilidad de las herramientas: se dispone de diferentes OAD y servicios que no están en la misma plataforma/aplicación (para las herramientas de control).

• La normativa, con sus decretos no siempre previsibles, es por tanto difícil de anticipar.

**En su opinión, ¿cuáles son los impulsores de actuación para acelerar el uso de la tecnología digital?**

- Facilitar el acceso de los agricultores a las ayudas financieras, junto con procedimientos administrativos sencillos para la adquisición de herramientas.
- Ofrecer formación sobre el uso de las herramientas, así como jornadas de grupo con comentarios de agricultores que utilicen herramientas digitales.
- **Tener acceso a presentaciones de las herramientas** (disponibles en la WEB) que permitan visualizar las ventajas e inconvenientes de cada herramienta (riego controlado con las herramientas, ¿qué valor añadido? - coste - contactos).
- **Utilización de satélites**
- **Formación y aprendizaje**, especialmente en viticultura
- **Buen sentido agronómico** y conocimientos de agronomía básica
- **Gestión óptima del agua de que dispone el agricultor**

¿Cuáles son las necesidades y qué herramientas se necesitan? ¿Soluciones digitales para el riego y la gestión del agua?

- Herramientas potentes y fáciles de usar.
- Herramientas conectadas que ahorren tiempo.
- Racionalización de las aportaciones de agua y de los usuarios
- Gestión territorial, satélite, cartografía de territorios enteros para la gestión de cuencas/ríos.
- Cambios en las prácticas agrícolas
- Más estudios bibliográficos
- Herramientas de fácil acceso y bajo coste.

El futuro pasa probablemente por **mapas de interpretación de datos de teledetección** como Mes Satim@ges para la gestión de la fertilización. Pero esto sigue siendo complicado de conseguir. No obstante, Agralis ha puesto a prueba la idea desarrollando la herramienta PRECIEL (que utiliza datos de radar por satélite para determinar las necesidades hídricas del maíz).

En cuanto a la utilización de herramientas como sondas/sensores de humedad, es necesario adaptarlas a los resultados de cada método de riego para contabilizar con precisión los volúmenes utilizados y gestionar los parámetros de las herramientas para lograr una optimización real adaptada al volumen utilizado (modelizar correctamente el seguimiento de un cultivo en función de sus necesidades, tipos de suelo y condiciones externas).



Cuáles son los problemas que hay que resolver 1) desde el punto de vista agronómico 2) desde el punto de vista tecnológico

Desde el punto de vista agronómico: consolidación de la función hídrica del suelo, especialmente en relación con las necesidades de los modelos.

- Herramientas que incluyan el mayor número posible de cultivos. Por ejemplo, no es posible calcular el balance hídrico de determinados cultivos de regadío porque no conocemos el valor de los coeficientes de cultivo.
- Herramientas que puedan utilizarse a nivel de explotación y no sólo en un tipo de suelo. Algunos agricultores tienen tipos de suelo muy diferentes. Las propiedades del suelo son diferentes, y también lo es la gestión del riego. No es posible que un agricultor maneje tantas herramientas digitales como tipos de suelo hay. Así que se necesita una herramienta bastante completa.

Desde el punto de vista tecnológico:

- Cobertura eficaz de la red de transferencia de datos al menor coste posible.
- Es más fácil encontrar especialistas informáticos de alto rendimiento y bajo coste para desarrollar aplicaciones fáciles de utilizar por agricultores y gestores.
- Construcción de modelos de interpretación de imágenes de teledetección (imágenes por satélite). La solución PRECIEL no ha encontrado usuarios: falta de confianza tras los contratiempos de las soluciones basadas en imágenes visibles, que no funcionan cuando hay nubes. El radar, en cambio, funciona con cualquier tiempo (una vía que merece la pena explorar).



Anexo 2: Resumen de las encuestas en España

Resumen en España de las encuestas de análisis territorial de nivel 2

Tipo de usuarios encuestados (en persona, por videoconferencia o por correo electrónico) :

- Asesores de riego: 2 (DARP) + 1 (UPA) + 3 (Cámara Badajoz)
 - Total: 6
- Juntas de Usuarios de Agua: 1 (DARP) + 8 (UPA)
 - Total: 9
- Vendedores de equipos de riego (Control y Riego): 5 (DARP) + 7 (UPA) + 1 (Cámara Badajoz)
 - Total: 13
- Institutos de investigación: 1 (DARP) + 4 (UPA)
 - Total: 5
- Productores agrícolas: 2 (DARP) + 100 (UPA) + 6 (Cámara Badajoz)
 - Total: 108

¿Cómo se utilizan hoy en día las herramientas digitales para el riego y la gestión del agua? ¿Por los agricultores, por los asesores de riego?

Las herramientas digitales se utilizan cada vez más en la gestión del riego y del agua, aunque su adopción varía significativamente entre agricultores y asesores de riego.

Uso por parte de los agricultores: Para muchos agricultores, en particular los que trabajan en pequeñas y medianas explotaciones, la adopción de herramientas digitales es limitada debido a varios problemas, como el coste, la falta de formación y las barreras infraestructurales. Sin embargo, cuando se utilizan herramientas digitales, suelen ser tecnologías básicas como temporizadores programables, sensores de humedad e imágenes por satélite para controlar la salud de los cultivos y las necesidades de agua. Estas herramientas ayudan a los agricultores a optimizar el uso del agua y mejorar el rendimiento de los cultivos, pero su aplicación suele estar limitada por la familiaridad de los agricultores con la tecnología y la viabilidad económica de sistemas más avanzados. Por ejemplo, en Cataluña, muchos agricultores tienen acceso a programadores de riego, pero a menudo los infrutilizan por falta de comprensión o confianza en la tecnología.

Uso por parte de los asesores de riego: Por otro lado, los asesores de riego y los proveedores de servicios técnicos son más propensos a emplear herramientas digitales sofisticadas para apoyar a sus clientes. Estos profesionales utilizan herramientas como soluciones IoT para monitorizar el flujo de agua, Sistemas de Información Geográfica (SIG) para gestionar los programas de riego y sensores avanzados para recopilar datos en tiempo real sobre la humedad del suelo y las condiciones meteorológicas. Los asesores también desempeñan un papel crucial ayudando a los agricultores a interpretar los datos de estas herramientas e integrar soluciones digitales en sus prácticas agrícolas más amplias. Por ejemplo, en Cataluña, los asesores de riego suelen recomendar y ayudar a implantar tecnologías como sensores de heladas y humedad conectados a estaciones meteorológicas, que permiten una gestión precisa del riego y el control de plagas.

Ejemplos de herramientas utilizadas: En Extremadura, las herramientas de uso común entre los agricultores incluyen temporizadores programables y sondas de humedad del suelo, mientras que en Cataluña, los asesores a menudo confían en sistemas más avanzados como SIG y soluciones de control de flujo basadas en IoT. A pesar



de estos avances, la integración general de las herramientas digitales sigue siendo desigual, y muchas de ellas se utilizan de forma esporádica en lugar de como parte de un enfoque global e integrado de la gestión de las explotaciones.

¿Cuáles son las herramientas más utilizadas?

Las herramientas digitales más utilizadas en el riego y la gestión del agua varían en función de la región y la escala de las operaciones agrícolas. Sin embargo, algunas de ellas se han generalizado por su eficacia y accesibilidad.

Temporizadores programables y programadores de riego: Estas herramientas se encuentran entre las más utilizadas, sobre todo en explotaciones pequeñas y medianas. Los temporizadores programables permiten a los agricultores automatizar sus calendarios de riego, optimizando el uso del agua en función de tiempos predeterminados. Estas herramientas son cruciales para garantizar unas prácticas de riego coherentes y eficientes sin necesidad de una intervención manual constante. Por ejemplo, en Extremadura, los temporizadores programables se utilizan con frecuencia para gestionar el riego, ayudando a los agricultores a mantener unos niveles de agua adecuados sin necesidad de un gran trabajo manual.

Sensores de humedad del suelo y sondas de humedad: Los sensores de humedad del suelo y las sondas de humedad son herramientas vitales para controlar el contenido de agua del suelo en tiempo real. Estos sensores proporcionan datos valiosos que ayudan a los agricultores a decidir cuándo y cuánto regar, evitando así el riego excesivo o insuficiente. En Cataluña, estos sensores se utilizan habitualmente, sobre todo en las explotaciones más grandes y modernizadas, donde las prácticas de agricultura de precisión están más extendidas.

Imágenes por satélite y teledetección: Las imágenes por satélite, como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y el NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada), se utilizan mucho para vigilar la salud de los cultivos y evaluar el estrés hídrico en grandes superficies. Estas herramientas permiten a los agricultores y asesores supervisar los campos a distancia e identificar las zonas que requieren más atención. En Cataluña, por ejemplo, las comunidades de regantes utilizan tecnologías de teledetección para gestionar mejor la distribución del agua en condiciones de sequía.

Programadores de riego y contadores de agua digitales: En las comunidades de regantes más modernizadas se suelen utilizar programadores de riego para la gestión a distancia de los sistemas de riego. Estas herramientas permiten un control preciso de la distribución del agua, reduciendo el despilfarro y mejorando la eficiencia. Los contadores digitales ayudan además a controlar el uso del agua y a ajustar las prácticas de riego en consecuencia.

Soluciones IoT y SIG: En las regiones con infraestructuras más avanzadas, se emplean soluciones de Internet de las Cosas (IoT) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para controlar y supervisar el flujo de agua en las redes de riego. Estas herramientas proporcionan datos detallados que ayudan a optimizar el uso del agua en grandes distritos de riego. En Cataluña, los dispositivos IoT se utilizan para monitorizar los caudales de agua, y los SIG se emplean para controlar los programas de riego y gestionar la distribución del agua de forma eficiente.

Ejemplos: En Cataluña, muchos agricultores confían en programadores de riego y sistemas GIS para gestionar la distribución del agua, mientras que en Extremadura son más comunes herramientas más sencillas como temporizadores programables y sondas de humedad. A pesar de la diversidad de herramientas disponibles, la adopción de tecnologías más avanzadas sigue estando limitada por factores como el coste y los conocimientos técnicos necesarios para utilizarlas con eficacia.



¿Cuáles son los obstáculos para utilizar la tecnología digital?

La adopción de la tecnología digital en el riego y la gestión del agua se enfrenta a varias barreras importantes, sobre todo entre las pequeñas y medianas explotaciones. Estas barreras pueden agruparse en retos económicos, educativos, infraestructurales y culturales.

Barreras económicas: El elevado coste de las tecnologías digitales es uno de los obstáculos más significativos. Los pequeños agricultores, en particular, tienen dificultades para hacer frente a la inversión inicial que requieren herramientas como sensores, sistemas de teledetección y controladores de riego automatizados. Esta carga financiera es un importante factor disuasorio, especialmente cuando los beneficios de la inversión no son evidentes de inmediato, como se observa en regiones como Extremadura y Cataluña.

Barreras educativas y de formación: Muchos agricultores carecen de los conocimientos técnicos y la formación necesarios para utilizar e interpretar eficazmente las herramientas digitales. Esta brecha es especialmente amplia entre los agricultores de más edad, que pueden estar menos familiarizados con la tecnología moderna. La falta de programas de formación que puedan ayudar a los agricultores a comprender y utilizar estas herramientas agrava aún más el problema. Por ejemplo, en Cataluña, a pesar de la disponibilidad de herramientas digitales, su uso es a menudo ineficaz porque muchos agricultores no entienden completamente cómo integrar estas herramientas en sus operaciones diarias.

Barreras infraestructurales: La deficiente conectividad a Internet en las zonas rurales es otro obstáculo crítico para el uso eficaz de las herramientas digitales. Muchas tecnologías digitales dependen de conexiones estables a internet para la recopilación de datos en tiempo real y la gestión remota, que a menudo no están disponibles o no son fiables en las regiones agrícolas. Este problema es especialmente pronunciado en zonas como Extremadura, donde la conectividad rural es limitada, lo que dificulta la adopción generalizada de soluciones digitales.

Barreras culturales: La resistencia al cambio es también un obstáculo importante. Algunos agricultores consideran que la digitalización es innecesaria o demasiado compleja en comparación con los métodos tradicionales de agricultura. En regiones donde existe un fuerte apego a las prácticas agrícolas convencionales, esta resistencia cultural puede ralentizar considerablemente la adopción de herramientas digitales. Además, suele haber desconfianza en la fiabilidad y eficacia de estas tecnologías, lo que limita aún más su uso.

Ejemplos: En Cataluña, incluso con subvenciones que cubren hasta el 100% de los costes de digitalización, sigue habiendo reticencias a adoptar estas tecnologías debido a la insuficiencia de las infraestructuras y a la resistencia cultural. En Extremadura, el envejecimiento de la población agraria y la falta de relevo generacional dificultan aún más la transición hacia prácticas agrarias digitales.

En su opinión, ¿cuáles son las palancas para acelerar el uso de la tecnología digital?

Para acelerar la adopción de la tecnología digital en el riego y la gestión del agua, las partes interesadas de diferentes regiones han identificado varias palancas. Estas acciones son cruciales para superar las barreras que actualmente limitan el uso generalizado de las herramientas digitales.

Formación y capacitación: Una de las acciones más importantes es mejorar la educación y la formación a disposición de los agricultores. Ofreciendo programas de formación completos y demostraciones prácticas, los agricultores pueden comprender mejor las ventajas de las herramientas digitales y cómo utilizarlas eficazmente.



Esto es especialmente importante para los agricultores de más edad, que pueden estar menos familiarizados con la tecnología moderna. Los programas de formación deben centrarse en simplificar el uso de estas herramientas para hacerlas más accesibles y fáciles de usar.

Apoyo financiero e incentivos: Proporcionar ayuda financiera a través de subvenciones, ayudas o préstamos a bajo interés puede reducir significativamente las barreras económicas a la adopción de tecnologías digitales. Estos incentivos financieros son especialmente importantes para las pequeñas y medianas explotaciones, que a menudo tienen que hacer frente a los elevados costes iniciales asociados a las herramientas digitales. En regiones como Extremadura y Cataluña, las partes interesadas han subrayado la necesidad de ayudas financieras específicas para fomentar la inversión en tecnologías digitales.

Mejora de la conectividad rural: Mejorar la infraestructura de internet en las zonas rurales es esencial para apoyar el uso de tecnologías digitales que dependen de datos en tiempo real y de la gestión remota. Garantizar un acceso fiable a internet en todas las zonas agrícolas eliminaría un obstáculo importante para la adopción de estas herramientas. La mejora de la conectividad permitiría un uso más eficaz de los dispositivos IoT, la teledetección y otras herramientas digitales que requieren un acceso en línea estable.

Promoción y sensibilización: Aumentar la concienciación sobre los beneficios de la tecnología digital a través de la difusión de historias de éxito y proyectos de demostración puede ayudar a generar confianza e interés entre los agricultores. Mostrar resultados tangibles, como el aumento de la eficiencia o el ahorro de costes, puede motivar a más agricultores a adoptar estas tecnologías. En Cataluña, se ha destacado la integración de herramientas digitales en segmentos verticales de la cadena alimentaria como forma de promover su uso.

Simplificación e integración de herramientas digitales: El desarrollo de herramientas digitales más intuitivas y fáciles de usar es crucial para aumentar su adopción. Las herramientas que son interoperables con otros sistemas y simplifican el proceso de toma de decisiones tienen más probabilidades de ser adoptadas por los agricultores. Además, garantizar que estas herramientas estén bien integradas en las prácticas agrícolas existentes contribuirá a hacer de la tecnología digital una opción más atractiva para los agricultores que pueden mostrarse reticentes a adoptar nuevos métodos.

Apoyo político y normativo: Los gobiernos y las autoridades locales pueden desempeñar un papel clave estableciendo políticas que fomenten la adopción de tecnologías digitales. Esto podría incluir el establecimiento de normas para el uso de herramientas digitales, la oferta de incentivos fiscales o incluso la imposición de normativas que promuevan la conservación del agua a través de medios digitales. Por ejemplo, promover la modernización de los sistemas de riego en regiones como Cataluña podría conducir de forma natural a una mayor digitalización.

¿Cuáles son las necesidades y qué herramientas se necesitan?

La adopción de la tecnología digital en el riego y la gestión del agua requiere abordar varias necesidades críticas y garantizar la disponibilidad de las herramientas adecuadas para apoyar a los agricultores y a los profesionales del riego. Estas necesidades y herramientas son esenciales para mejorar la eficiencia, reducir los costes y mejorar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

Necesidades:

- 1. Generación y gestión de datos de calidad:** Una de las principales necesidades identificadas es la generación de datos continuos y de alta calidad. Los agricultores y los asesores de riego necesitan datos fiables sobre diversos parámetros agronómicos, como la humedad del suelo, las condiciones meteorológicas y el uso del agua,



para tomar decisiones con conocimiento de causa. Estos datos deben mantenerse a lo largo del tiempo e integrarse en los sistemas de gestión de las explotaciones para ser realmente útiles. Además, se necesitan mejores herramientas para explotar y analizar estos datos con el fin de optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia.

- 2. Formación y apoyo:** Los agricultores necesitan una formación completa para comprender y utilizar eficazmente las herramientas digitales. Esto incluye no sólo formación básica sobre cómo manejar estas herramientas, sino también apoyo continuo para ayudarles a interpretar los datos y tomar decisiones basadas en ellos. Sin una formación adecuada, incluso las herramientas más avanzadas pueden quedar infrautilizadas. Además, el apoyo de asesores agrícolas, como los que ofrecen organizaciones como la Oficina del Regante en Cataluña, es fundamental para guiar a los agricultores a través del proceso de digitalización.
- 3. Recursos financieros:** El elevado coste de las herramientas digitales es un obstáculo importante para muchos agricultores, en particular para las pequeñas y medianas explotaciones. Se necesita ayuda financiera, como subvenciones o préstamos, para que los agricultores puedan hacer frente a la inversión inicial en estas tecnologías. El apoyo de la administración pública, incluidos los incentivos económicos, es crucial para que la digitalización sea accesible a un mayor número de agricultores.
- 4. Mejora de la conectividad:** En muchas zonas rurales, la deficiente conectividad a Internet dificulta el uso eficaz de herramientas digitales que dependen de la transmisión de datos en tiempo real y la gestión remota. La mejora de la infraestructura de internet rural es esencial para apoyar la adopción generalizada de estas tecnologías. Sin una conectividad fiable, herramientas como los dispositivos IoT y los sistemas de teledetección no pueden funcionar de forma óptima.

Herramientas necesarias:

- 1. Sensores de suelo y meteorológicos:** Herramientas como los sensores de humedad del suelo y las estaciones meteorológicas son esenciales para controlar las condiciones que afectan a las necesidades de riego. Estos sensores proporcionan datos en tiempo real que ayudan a los agricultores a optimizar los programas de riego y a garantizar un uso eficiente del agua. Los sensores meteorológicos avanzados, conectados a los sistemas de riego, también pueden predecir y prevenir problemas como las heladas, que pueden afectar significativamente al rendimiento de los cultivos.
- 2. Programadores de riego:** Los programadores de riego automatizados son herramientas fundamentales que ayudan a los agricultores a gestionar la aplicación de agua de forma más eficiente. Estas herramientas pueden integrarse con otros sistemas digitales para crear un proceso de gestión sin fisuras que garantice que los cultivos reciben la cantidad de agua adecuada en el momento oportuno.
- 3. Herramientas de SIG y teledetección:** Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las tecnologías de teledetección, como las imágenes por satélite, son necesarios para supervisar grandes zonas agrícolas y gestionar eficazmente la distribución del agua. Estas herramientas ayudan a cartografiar los campos, vigilar la salud de los cultivos y evaluar las necesidades de agua en distintas regiones, lo que resulta especialmente útil en zonas con prácticas agrícolas diversas.
- 4. Plataformas de integración de datos:** Existe una creciente necesidad de plataformas que puedan integrar datos de diversas fuentes, incluidos sensores, estaciones meteorológicas y sistemas de riego. Estas plataformas deben ofrecer interfaces fáciles de usar y permitir una interpretación sencilla de los datos, ayudando a los agricultores a tomar decisiones informadas con rapidez. El desarrollo de este tipo de plataformas es crucial para que las herramientas digitales sean accesibles y eficaces para todo tipo de agricultores.



¿Cuáles son los problemas que hay que resolver 1) desde el punto de vista agronómico 2) desde el punto de vista tecnológico?

Desde el punto de vista agronómico:

- 1. Falta de conocimientos agronómicos y de utilización de datos:** Uno de los principales retos agronómicos es el uso insuficiente de conocimientos y datos agronómicos en los procesos de toma de decisiones. A menudo, los agricultores carecen de información detallada sobre puntos críticos de la producción, como las necesidades específicas de agua de los distintos cultivos o la forma de ajustar los programas de riego en función de las cambiantes condiciones ambientales. Esta carencia de conocimientos conduce a un uso ineficiente del agua y a un rendimiento subóptimo de los cultivos. Además, los datos generados por las herramientas digitales no siempre se integran eficazmente en las prácticas de gestión agrícola, lo que da lugar a una «basura tecnológica» en la que las herramientas se infrautilizan o se abandonan tras su uso inicial.
- 2. Seguimiento e interpretación inadecuados de los parámetros agronómicos:** Muchas explotaciones no disponen de las herramientas o los conocimientos necesarios para supervisar e interpretar parámetros agronómicos clave, como la humedad del suelo, la salud de las plantas y los niveles de estrés hídrico. Incluso cuando se dispone de sensores y otras herramientas de supervisión, a menudo se carece de metodologías claras para instalar y utilizar estas herramientas de forma eficaz. Esto conduce a una recogida de datos incoherente y a una toma de decisiones deficiente, lo que agrava aún más los problemas de gestión del agua en las explotaciones.
- 3. Necesidades diversas y complejas de los cultivos:** La gran variedad de cultivos y sus necesidades específicas de agua suponen un reto importante. Por ejemplo, los sistemas de policultivo, en los que confluyen varios cultivos, complican la normalización de las prácticas de riego. La complejidad de estos sistemas dificulta la aplicación de soluciones digitales uniformes, ya que cada cultivo puede requerir diferentes cantidades de agua, gestión de nutrientes y control de plagas. Esta diversidad requiere herramientas y estrategias digitales muy personalizadas, que no siempre están disponibles.

Desde el punto de vista tecnológico :

- 1. Costes elevados y barreras económicas:** El elevado coste inicial de las tecnologías digitales, como sensores, controladores de riego y sistemas de teledetección, constituye una barrera importante para su adopción. Las pequeñas y medianas explotaciones suelen tener dificultades para justificar estas inversiones, sobre todo cuando los beneficios económicos no están claros de forma inmediata. Además, los costes continuos relacionados con el mantenimiento y las actualizaciones desalientan aún más la adopción generalizada de herramientas digitales.
- 2. Falta de infraestructuras y conectividad:** En muchas zonas rurales, la escasa conectividad a Internet dificulta el uso eficaz de las herramientas digitales que requieren la transmisión de datos en tiempo real y la gestión a distancia. La falta de infraestructuras de riego modernizadas también plantea un reto importante. Por ejemplo, en las regiones donde aún prevalecen los métodos tradicionales de riego por inundación, los beneficios de las herramientas digitales se ven muy mermados. Sin la infraestructura necesaria, los esfuerzos de digitalización no pueden realizarse plenamente.



- 3. Complejidad y facilidad de uso de las herramientas digitales:** Muchas herramientas digitales son percibidas como complejas y difíciles de usar, especialmente por los agricultores de más edad que pueden no estar familiarizados con la tecnología moderna. La falta de interfaces fáciles de usar y la necesidad de conocimientos técnicos para manejar estas herramientas con eficacia contribuyen a su infrautilización. Además, a menudo existe una desconexión entre los desarrolladores de tecnología y los usuarios finales, lo que da lugar a herramientas que no responden plenamente a las necesidades prácticas de los agricultores.
- 4. Problemas de integración e interoperabilidad:** La integración de diversas herramientas digitales y su interoperabilidad con los sistemas existentes es otro de los grandes retos tecnológicos. Muchas explotaciones utilizan múltiples plataformas digitales que no se comunican eficazmente entre sí, lo que da lugar a datos fragmentados y prácticas de gestión ineficaces. El desarrollo de sistemas integrados que permitan un intercambio de datos fluido y procesos de gestión unificados es esencial para maximizar los beneficios de las tecnologías digitales en la agricultura.



Anexo 3: Resumen de las encuestas realizadas en Portugal

Introducción

El COTR es la entidad nacional responsable del diagnóstico territorial de la región del Alentejo, concretamente en la identificación de los recursos disponibles para la digitalización de la gestión del agua agrícola y de los obstáculos y palancas para promover la digitalización del sector.

El COTR participa en el proyecto SMART GREEN WATER. Se trata de un proyecto cofinanciado por el programa INTERREG SUDOE cuyo objetivo es promover la implementación de soluciones destinadas a acelerar la transición digital de la agricultura hacia un sector agrícola más resiliente, adaptado a los riesgos climáticos, optimizado y más sobrio en el uso de los recursos hídricos.

Como parte de este proyecto, se llevó a cabo una encuesta para evaluar la transición digital en el sector agrícola.

La encuesta consistió en una serie de entrevistas con las partes interesadas, que pusieron de relieve sus opiniones y ayudaron a comprender sus expectativas en relación con la tecnología utilizada en el sector del riego agrícola.

Esta evaluación de las partes interesadas en relación con la digitalización es esencial y se reflejará en la Estrategia, que se desarrollará como parte del proyecto. De este modo, se podrán establecer directrices de referencia para el enfoque metodológico que se utilizará, facilitando la consecución de los objetivos del proyecto.

Este documento presenta un análisis exhaustivo de las entrevistas realizadas a una representación de las partes interesadas relacionadas con las soluciones digitales para la gestión del agua de riego.

Se enviaron un total de 14 encuestas, todas las cuales fueron contestadas. Las respuestas fueron facilitadas por los siguientes actores (Regional Stakeholders):

1. Asociaciones

- Associação de Agricultores do Sul – Cláudio Matos
- EDIA – José Filipe Santos
- Fenareg – Catarina Arranha
- Cooperativa Agrícola Beja e Brinches – José Miguel Ribeiro
- Cooperativa Agrícola Moura e Barrancos – José Duarte
- EUFRAS – Rui Almeida

2. Instituciones Públicas

- Instituto Politécnico de Beja – Alexandra Tomás
- InovTechAgro – Alcino Conceição

3. Empresas

- Agroinsider – José Rafael
- Agrovete – José Martins
- Aquagri – António Ramos
- Hidrosoph – Marta Delgado
- Rivulis – Nuno Sanches
- TerraPro – João Noéme



Breve descripción de las principales partes interesadas

Associação de Agricultores do Sul - Asociación de agricultores principalmente de la región del Bajo Alentejo. Aunque su ámbito de actuación es amplio, se centra en la prestación de servicios de apoyo al sector de la producción animal.

EDIA - Empresa pública responsable de la gestión de la Empresa Polivalente de Alqueva. Su objetivo es promover Alqueva e impulsar las inversiones en la región del Alentejo.

Fenareg - Asociación sin ánimo de lucro dedicada a la salvaguarda y promoción del desarrollo sostenible y competitivo del regadío. Agrupa entidades dedicadas a la gestión del agua para riego

Cooperativa Agrícola Beja e Brinches - Cooperativa agrícola con fuerte presencia en los sectores del cereal y de la aceituna/aceite de oliva

Cooperativa Agrícola Moura e Barrancos - Cooperativa agrícola con fuerte presencia en el sector oleícola. Su principal objetivo es aumentar de forma sostenible las ventas del aceite de oliva que produce.

EUFRAS - Red de organizaciones de consultoría destinada a apoyar los servicios europeos de asesoramiento agrícola

Instituto Politécnico de Beja - Institución de enseñanza superior centrada en la producción y difusión de conocimientos, con especial atención a los programas de formación e investigación.

InovTechAgro - Centro de Competencia centrado en el sector agroforestal, con el objetivo de crear y difundir conocimiento en agricultura de precisión, mecanización y digitalización

Agroinsider - Empresa especializada en el mercado de carbono, ofreciendo servicios de auditoría, consultoría y broker relacionados con la huella de carbono

Agrovete - Empresa centrada en el sector agrícola y ganadero, responsable del montaje y comercialización de equipos agrícolas, así como de la producción y comercialización de semillas certificadas

Aquagri - Empresa especializada en la comercialización de equipos para la gestión del riego

Hidrosoph - Empresa dedicada al desarrollo y comercialización de equipos de gestión de riego

Rivulis - Empresa dedicada a la comercialización de productos relacionados con el riego localizado

TerraPro - Empresa dedicada a la comercialización, desarrollo e integración de tecnologías de precisión en el sector agrícola. Proporciona asesoramiento agronómico basado en la recopilación e interpretación de datos

Análisis de las respuestas a la encuesta | principales interesados

El cuestionario constaba de 5 preguntas sobre la digitalización en el sector agrícola, centradas en la gestión del riego. Para evaluar la encuesta, las respuestas se dividieron en 3 categorías en función del tipo de organización a la que pertenecían los encuestados. Las preguntas y respuestas fueron las siguientes (respuestas extrapoladas a partir de la información recibida)



¿Cómo se utilizan actualmente las herramientas digitales en el riego y la gestión del agua?

Asociaciones | En Portugal, el 30% de la superficie de regadío utiliza tecnologías de la información para apoyar la gestión del riego. El uso de estas herramientas digitales ha permitido un ahorro significativo de agua a través de la optimización y la gestión eficiente de los recursos hídricos. Las herramientas digitales se utilizan a diario tanto para el seguimiento de los niveles de agua en el suelo como para el ajuste y la mejora de los programas de riego. Las herramientas digitales también se utilizan para supervisar la salud de los cultivos y facilitar el control remoto de los sistemas de riego, proporcionando flexibilidad y comodidad a sus usuarios.

Instituciones públicas | Las herramientas digitales se utilizan principalmente de dos maneras: i) detección in situ con conexión a plataformas de almacenamiento y procesamiento de datos (agregando información relacionada con el suelo, las plantas y los volúmenes de agua); ii) como herramienta de detección remota, utilizando mapas de productividad y relacionándolos con los sectores de riego para una distribución eficiente (sistemas de riego inteligentes).

Empresas | Aunque la adopción de tecnologías digitales para la gestión del riego en Portugal está creciendo, todavía existen barreras significativas, especialmente entre los usuarios menos especializados. Las herramientas disponibles apoyan la toma de decisiones de los agricultores, permitiendo una gestión del riego más sostenible tanto económica como socialmente. Estas herramientas se utilizan principalmente para registrar el consumo de agua (tanto instantáneo como acumulado), recopilar información e interpretarla posteriormente para ajustar el plan de riego. Así, las principales tecnologías utilizadas para apoyar la toma de decisiones en materia de riego son las sondas de humedad del suelo, los caudalímetros digitales y las estaciones meteorológicas in situ.

Reflexiones finales | Las respuestas reflejan cómo la implementación de tecnologías en la gestión del riego en Portugal está promoviendo un uso más sostenible y eficiente del agua, apoyando la toma de decisiones y facilitando el funcionamiento

¿Qué herramientas digitales se utilizan más?

Asociaciones | Las herramientas más utilizadas son las estaciones meteorológicas, las imágenes por satélite / drones y las sondas de humedad del suelo, que permiten evaluar las necesidades hídricas de los cultivos. Además, también se utilizan programas de riego controlados a distancia, que permiten el control automático e inmediato de los diferentes componentes del sistema de riego. Los programas informáticos como el software de gestión agrícola, las plataformas de gestión de datos y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones permiten gestionar los datos agronómicos y ayudan en el proceso de toma de decisiones.

Instituciones públicas | Se utilizan plataformas de teledetección y plataformas de almacenamiento y procesamiento de datos. Estas plataformas se utilizan para evaluar el estado hídrico del cultivo, junto con el contenido de humedad del suelo y sensores de hojas húmedas y dendrómetros. Además de estas herramientas, también se implantan sistemas de riego inteligente o VRT (Variable Rate Technology), que aumentan la eficiencia de la aplicación del riego.

Empresas | Se utilizan herramientas para evaluar el estado hídrico del cultivo, como sensores de humedad del suelo, sondas de tensión radicular e imágenes NDVI, así como herramientas relacionadas con la aplicación del agua, como válvulas y contadores digitales para controlar el sistema de riego y el uso de software específico para gestionarlo.



Reflexiones finales | Las herramientas digitales utilizadas pueden dividirse en dos categorías: evaluación del estado/salud hídrica del cultivo y control del sistema de riego. Dentro de estas categorías, las tecnologías utilizadas son sondas de humedad del suelo, imágenes NDVI/drones, estaciones meteorológicas en el campo y controladores de riego con acceso remoto que permiten la apertura y cierre automáticos de diversos componentes, así como el registro del agua utilizada. Además, también se utilizan programas informáticos de toma de decisiones con plataformas de gestión de datos para mejorar la planificación del riego.

¿Cuáles son los principales obstáculos a la digitalización?

Asociaciones | Los principales obstáculos son el alto coste de la instalación, la falta de conocimientos digitales por parte del usuario, los retos infraestructurales como la falta de una red de internet fiable y estable en el lugar de implantación y las barreras normativas y políticas unidas a la incertidumbre económica.

Instituciones públicas | El elevado coste de implantación y la falta de conocimientos técnicos y digitales por parte de los usuarios son los principales obstáculos para la adopción de nuevas tecnologías.

Empresas | El elevado coste de implantación, la falta de conocimientos técnicos y la resistencia al cambio por parte del usuario son las principales causas. Sin embargo, la difícil compatibilidad entre las soluciones existentes también obstaculiza la implantación de nuevas tecnologías.

Reflexiones finales | Los obstáculos a la digitalización están relacionados principalmente con el elevado coste inicial de la tecnología y la alfabetización digital del usuario. Sin embargo, la difícil integración de tecnologías de diferentes empresas con falta de apoyo técnico, las barreras normativas unidas a una infraestructura deficiente (acceso deficiente a Internet) también obstaculizan la adopción de nuevas tecnologías.

¿Cuáles son los impulsores de actuación para acelerar el uso de la tecnología digital?

Asociaciones | Es necesario crear incentivos financieros asociados a políticas que fomenten la adopción de estas tecnologías, el desarrollo de infraestructuras digitales y acciones de transferencia de conocimiento, como demostraciones de casos reales, para mejorar la alfabetización digital de los usuarios.

Instituciones públicas | Es necesario crear acciones de difusión y sensibilización para que haya una mayor adhesión a estas tecnologías y transferencia de conocimiento, mejorando la capacidad técnica de los usuarios.

Empresas | Es necesario crear incentivos económicos ligados a políticas que fomenten la adopción de estas tecnologías y penalicen la mala gestión del agua. También es esencial crear cursos de formación que expliquen cómo funcionan las tecnologías existentes.

Reflexiones finales | Para que haya una adopción más significativa de las tecnologías, es necesario dar apoyo financiero y promover esta adopción, así como acciones de formación y divulgación para mejorar la alfabetización digital del usuario, generando confianza y compromiso. El aumento de las políticas de apoyo y la regulación de la privacidad de los datos también pueden acelerar la adopción de las tecnologías digitales.



¿Cuáles son las necesidades y qué herramientas se necesitan?

Asociaciones | Las herramientas precisas que se necesitan son sistemas de monitorización (registro de la humedad del suelo y del caudal), así como sistemas de información geográfica para apoyar el plan de riego y plataformas para integrar los datos recogidos. La reducción de costes (a través de la masificación), programas que potencien la alfabetización digital y una mejora de las infraestructuras también son necesarios para incrementar el uso de las tecnologías digitales en la agricultura

Instituciones públicas | La mayor necesidad es un fuerte vínculo entre la comunidad científica y los usuarios de las tecnologías

Empresas | Es necesario aumentar la demanda para reducir costes. Mejor difusión de los productos existentes, con formación específica para cada tecnología y una mejora de la calidad de los indicadores desarrollados. Para que estas innovaciones se produzcan, también es necesario que haya una mayor inversión en investigación para aumentar la eficiencia en el riego y la fertilización.

Reflexiones finales | Para que las tecnologías digitales sean adoptadas, es necesario reducir su coste y aumentar el vínculo entre la comunidad científica y los usuarios para obtener indicadores de mejor calidad que ayuden a la toma de decisiones en la gestión del riego. También es esencial mejorar las infraestructuras y la alfabetización digital.

Conclusión

Una visión general de las respuestas de todas las partes interesadas indica que la digitalización de la gestión del riego en Portugal promueve un uso más sostenible y eficiente del agua mediante la mejora del proceso de toma de decisiones.

Las tecnologías clave destacadas incluyen sensores de suelo y clima, sistemas de riego inteligentes, herramientas de modelización y previsión, imágenes por satélite, plataformas de análisis de datos de gestión del agua y aplicaciones móviles.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías se enfrenta a importantes retos, como los elevados costes y la falta de conocimientos técnicos. Estos obstáculos pueden abordarse mediante incentivos financieros, una mejor formación y el desarrollo de infraestructuras digitales.

También es importante señalar las diferencias en las respuestas en función del tipo de organización a la que pertenecían los encuestados. Por lo tanto, es fundamental que las instituciones académicas y las empresas colaboren más estrechamente con las asociaciones que trabajan directamente con los agricultores, que son los usuarios finales de las tecnologías digitales.



Anexo 4: Publicaciones del DARP y del IRTA

Publicación del DARP

[Dossier Técnico 121. Agricultura de precisión: aplicaciones en el riego. Casos prácticos](#)

[Dossier Técnico 107. Agricultura de precisión: aplicaciones en el riego](#)

[Dossier Técnico 96. Energía y regadío. Bombeo solar](#)

[Dossier Técnico 88. Requerimientos hídricos de los cultivos leñosos \(II\)](#)

[Dossier Técnico 65. Fertirrigación](#)

[Dossier Técnico 61. Requerimientos hídricos de los cultivos leñosos \(I\)](#)

[Ficha técnica 31. Requerimientos hídricos en cítricos](#)

[Ficha técnica 30. Requerimientos hídricos en nogal](#)

[Ficha técnica 29. Requerimientos hídricos en pistacho](#)

[Ficha técnica 28. Requerimientos hídricos en ciruelo](#)

[Ficha técnica 26. Requerimientos hídricos en cerezo](#)

[Ficha técnica 25. Requerimientos hídricos en albaricoquero](#)

[Ficha técnica 23. Requerimientos hídricos en vid](#)

[Ficha técnica 22. Requerimientos hídricos en almendro](#)

[Ficha técnica 20. Requerimientos hídricos en manzano](#)

[Ficha técnica 21. Requerimientos hídricos en peral](#)

[Ficha técnica 19. Requerimientos hídricos en melocotonero](#)

[Ficha técnica 18. Programador de riego](#)

[Ficha técnica 19. Cambios en las tarifas eléctricas](#)

[Ficha técnica 01. Herramienta de recomendaciones de riego en Jardinería RuralCat](#)

[Ficha técnica 74. Características y componentes básicos de una instalación de riego localizado enterrado](#)

[Ficha técnica 06. Herramientas de recomendaciones de riego de RuralCat](#)

[Ficha técnica 70. Calidad del agua de riego](#)

[Ficha Técnica 69. El bombeo solar en el regadío](#)

[Ficha Técnica 58. Mantenimiento de instalaciones de riego por aspersión en cobertura total \(i\). Preparación para las heladas](#)

[Ficha Técnica 43. Cabezal de fertirrigación](#)

Píldoras formativas. Videos sobre cómo afrontar la menor disponibilidad de agua para regar los cultivos anuales de verano

[El cultivo de girasol com una alternativa ante la falta de agua](#)

[El cultivo de sorgo como grano y forraje](#)

[Las variedades de maíz de ciclo corto, ¿nos pueden ayudar en una situación de falta de agua?](#)

[Necesidades de agua de los cultivos e incidencia del estrés hídrico sobre el rendimiento](#)

[Cómo afrontar la menor disponibilidad de agua para regar en manzano](#)

Publicación del IRTA

[Differential irrigation scheduling by an automated algorithm of water balance tuned by capacitance-type soil moisture sensors](#)

**Interreg
Sudoe**



Co-funded by
the European Union

SMART GREEN WATER