



Cofinanciado por
la Unión Europea




GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



REDPAC



**DOSIER DE
ELEMENTOS
INNOVADORES
PARA LA
MEJORA DE LA
COMPETITIVIDAD Y
LA SOSTENIBILIDAD
DE LAS
EXPLOTACIONES
AGRÍCOLAS**

Título:

Dossier de elementos innovadores para la mejora de la competitividad y la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas

Edita:

©Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones

Unidad proponente:

Secretaría General de Recursos Agrarios y Seguridad Alimentaria

Coordinación:

Subdirección General de Planificación de Políticas Agrarias
Secretaría General de Recursos Agrarios y Seguridad Alimentaria

Elaboración y contenidos:

Subdirección General de Planificación de Políticas Agrarias
Unidad de Gestión de la Red PAC

Redacción:

Personal de la asistencia técnica de la Red PAC: María Sol Strambach Caputo, Santiago Sanz Álvarez y Silvia Martínez Turienzo en colaboración con Belén López Ruiz y el equipo de Antenas Territoriales de la Red PAC

Diseño y maquetación:

María Calvar Cerecedo y Eva Rodríguez Camuñas. Tragsatec

Impresión y encuadernación:

Fuente imágenes:

Las imágenes empleadas provienen de los diferentes proyectos e iniciativas, salvo allí donde se indique una fuente externa

NIPO línea: 003-24-125-1

NIPO papel: 003-24-124-6

Deposito Legal: M-26259-2024

Tienda virtual:

www.mapa.gob.es/tienda/

<https://servicio.mapama.gob.es/tienda/>

e-mail:

centropublicaciones@mapa.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es/>

Las opiniones expresadas en esta obra corresponden exclusivamente a sus autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.



Índice

Objetivos.. .. .	4
Metodología de trabajo y confección del dossier	6
Retos y oportunidades de la agricultura	8
Retos y oportunidades del sector agrícola en España, su evolución e innovaciones	
Elementos innovadores de mejora para las explotaciones de agricultura	10
1. Adaptación al cambio climático y gestión de recursos	11
1.1 Gestión del agua en escenarios de escasez	13
Introducción y contexto. .. .	13
Tecnologías y herramientas disponibles .. .	14
Experiencias de éxito .. .	20
1.2 Gestión del suelo para la mejora de la eficiencia y como herramienta para la	
mitigación de los efectos del cambio climático	28
Introducción y contexto. .. .	28
Tecnologías y herramientas disponibles .. .	31
Experiencias de éxito .. .	31
Otras iniciativas interesante y experiencias de éxito localizadas .. .	38
2. Asociacionismo, nuevos enfoques y marcos de organización	41
Introducción y contexto. .. .	41
Tecnologías y herramientas disponibles .. .	42
Experiencias de éxito .. .	43
3. Transformación Agrícola en España: Digitalización y biotecnología vegetal	
para la sostenibilidad	48
Introducción y contexto. .. .	48
Tecnologías y herramientas disponibles .. .	50
Experiencias de éxito .. .	53
Bibliografía	56
Entidades y organizaciones entrevistadas.. .. .	60





OBJETIVOS

El objetivo de este dossier no es abarcar exhaustivamente todos los elementos de aplicación en las explotaciones agrícolas, ni siquiera todas las innovaciones de los elementos seleccionados. Este **Dossier de elementos innovadores para la mejora de la competitividad y la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas** pretende constituirse como un balcón o mirador desde el que se puedan observar algunas posibilidades de innovación, para que, posteriormente, quien lo utilice pueda profundizar en aquellos que mayor interés le despierten en función de sus características personales y/o de su explotación.

En el contexto actual, la **implementación de prácticas sostenibles en las explotaciones**

agrícolas adquiere una relevancia crucial. Las nuevas directrices medioambientales de la **Política Agraria Común (PAC)** demandan un enfoque más responsable en la gestión de recursos naturales y la reducción de la huella ecológica. Es fundamental que en las explotaciones agrícolas se adopten medidas innovadoras que no solo promuevan la **competitividad y rentabilidad**, sino que también contribuyan a la **preservación del medio ambiente**. Estas acciones no solo se alinean con las exigencias de las normativas actuales, sino que también abren la puerta a beneficios cualitativos, como una mejor reputación empresarial y una mayor conexión con los valores de la sociedad contemporánea.



Para ello, se han identificado **cuatro elementos de innovación** sobre los cuales se presentan distintas tecnologías, técnicas, manejos y experiencias de éxito para animar a agricultores y agricultoras a introducir elementos de innovación en sus explotaciones.

Existe tal amplitud de tipos de explotaciones ganaderas y, con ello, de posibles elementos de innovación, que no se puede comentar cada casuística al mínimo detalle. Por ello, aquí se presentan únicamente algunas que se han considerado especialmente interesantes.





METODOLOGÍA DE TRABAJO Y CONFECCIÓN DEL DOSIER



La elaboración de este dossier se llevó a cabo siguiendo una metodología estructurada y sistemática, combinando investigación, análisis y colaboración con personas expertas de cada temática seleccionada y del sector agrícola en general, para ofrecer un recurso lo más completo posible y útil para quienes lo utilicen:

- 1. Investigación sobre temas** relevantes en agricultura: se inició el proceso con una exhaustiva investigación sobre los temas que ocupan la agenda de actualidad en el ámbito de la agricultura. Esta etapa fue crucial para identificar áreas de innovación y desarrollo que pudieran contribuir a la mejora de la competitividad y sostenibilidad de las explotaciones agrícolas.
- 2. Selección de temas:** tras la investigación inicial, se procedió a la selección de los

temas que serían abordados en el dossier. Esta selección se basó en criterios de relevancia, impacto potencial y pertinencia para el público objetivo.

- 3. Revisión bibliográfica:** se realizó una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica disponible sobre los temas seleccionados. Esta revisión nos permitió recopilar información relevante, identificar tendencias emergentes y establecer un marco teórico sólido para el dossier.
- 4.** Además de la revisión bibliográfica, se llevó a cabo una **investigación sobre instituciones de investigación, administración pública, empresas privadas y grupos operativos** que estuvieran trabajando o hubieran trabajado recientemente en el desarrollo de innovación en las temáticas seleccionadas.



Esta etapa proporcionó acceso a recursos adicionales y nos permitió establecer colaboraciones estratégicas.

- 5. Selección de personas a entrevistar:** se identificaron y seleccionaron a personas clave en el campo de la agricultura, incluyendo personas expertas, del ámbito de la investigación, profesionales del sector y representantes de instituciones relevantes. Estas personas fueron invitadas a participar en el proceso mediante entrevistas estructuradas.
- 6. Entrevistas:** se llevaron a cabo un total de 21 entrevistas con aquellas personas seleccionadas, con el objetivo de recopilar información detallada, conocimientos y experiencias prácticas sobre los temas abordados en el dossier. Las entrevistas han proporcionado una perspectiva valiosa y han enriquecido el contenido del dossier.
- 7. Confección del dossier:** finalmente, con toda la información recopilada, se procedió a la confección y redacción del dossier. Este proceso implicó la organización, análisis y síntesis de los datos obtenidos, así como la redacción de los contenidos en un formato claro, accesible y relevante para el público objetivo.





RETOS Y OPORTUNIDADES DEL SECTOR AGRÍCOLA EN ESPAÑA, SU EVOLUCIÓN E INNOVACIONES

La producción agrícola atraviesa un momento de profundo cambio y adaptación frente a desafíos globales como el impacto del cambio climático, la escasez de recursos naturales, y la demanda creciente de alimentos. El Ingeniero Agrónomo Carlos Molina Pitarch de [Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación \(AGRACON\)](#) explica que, la **adaptación al cambio climático** se ha convertido en una prioridad dentro del sector agrícola. Ejemplo de ello son los escenarios de escasez de agua que, combinados con fenómenos climáticos extremos como lluvias torrenciales, plantean nuevos retos para las personas vinculadas a la producción primaria. Ante estos escenarios, la investigación e innovación para la gestión eficiente del agua y la protección del suelo se posicionan como herramientas imprescindibles para miti-

gar estos efectos y mejorar la productividad y competitividad de las explotaciones en particular y del sector agroalimentario en general.

La relevancia de estos retos a nivel europeo se pone de manifiesto a través de varias iniciativas y normativas recientes que así lo reflejan. En 2024, el Consejo y el Parlamento Europeo llegaron a un acuerdo provisional para establecer el primer [marco de certificación de la absorción de carbono en suelos agrícolas](#), un paso clave para garantizar que la captura y almacenamiento de carbono en los suelos se reconozca de manera oficial y se gestione adecuadamente. Este acuerdo, que busca establecer un sistema de certificación de créditos de carbono, será fundamental para incentivar la adopción de prácticas agrícolas



sostenibles que ayuden en la lucha contra el cambio climático.

Este acuerdo sobre los créditos de carbono se complementa con la [Ley de Vigilancia del Suelo](#), propuesta en julio de 2023, que busca garantizar la salud de los suelos de la UE para 2050. Esta ley establece un marco para el seguimiento de la salud del suelo, la rehabilitación de los suelos contaminados y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles. Un aspecto central de esta ley es la definición de un **“suelo sano”** y la creación de un sistema para monitorizar su evolución a lo largo del tiempo, buscando que los suelos europeos no solo sean productivos, sino también resilientes frente al cambio climático.

Por otro lado, el [Reglamento sobre la Restauración de la Naturaleza](#), las políticas del [Pacto Verde Europeo](#) y otras estrategias relacionadas, como el paquete [Objetivo 55](#) y las iniciativas [De la Granja a la Mesa](#), [Biodiversidad y Adaptación al Cambio Climático](#), incluyen a los suelos agrícolas en sus planes de mitigación del cambio climático y conservación de la biodiversidad. Estos enfoques buscan integrar de manera coordinada las prácticas agrícolas con la necesidad urgente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger los ecosistemas ([Pico, 2024](#)).

Además, el [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación](#) (MAPA) de España destaca que su plan de recogida de muestras de carbono orgánico en suelos agrícolas, tiene como objetivo determinar la capacidad de secuestro de carbono de estos suelos y sentar las bases para ese futuro sistema de certificación. De esta forma, se facilita la cuantificación y segui-

miento de los créditos de carbono derivados del manejo agrícola.

De forma paralela, el **asociacionismo y la comercialización del producto agrícola** también requieren nuevas formas de organización, para lograr con ellas incrementar el poder de negociación de los agricultores en un entorno cada vez más competitivo. En este sentido, la creación de marcos organizacionales modernos, como las organizaciones interprofesionales, puede mejorar la cohesión de la cadena agroalimentaria y, a su vez, beneficiar a quienes se dedican a la producción agrícola en sus relaciones con entidades operadoras económicas y de distribución.

En este contexto, queda de manifiesto que la transformación de las explotaciones agrícolas en España no solo depende de la adopción de nuevas tecnologías, sino también de la evolución de los modelos organizacionales y la mejora en la gestión de los recursos naturales, aspectos fundamentales para mantener la producción agrícola en el largo plazo ([Muñoz, 2024](#); [IICA, 2014](#)).

Según el Instituto [Interamericano de Cooperación para la Agricultura \(IICA\)](#) (2014), la innovación en la agricultura implica la implementación de soluciones tecnológicas apropiadas a un contexto socioeconómico determinado, las cuales generan beneficios tanto para las personas vinculadas al sector agroalimentario como para la sociedad en su conjunto.

Actualmente, la **transformación digital** es una pieza fundamental para la evolución del sector agrícola. Las nuevas tecnologías, como la agricultura de precisión, la mejora vegetal, y

el desarrollo de agroinsumos más sostenibles, permiten optimizar los procesos productivos, reducir los costes y mejorar la calidad de los productos. En España, las *startups* agrotecnológicas, apoyadas por iniciativas gubernamentales, están desempeñando un papel fundamental en la digitalización del sector, impulsando la creación de ecosistemas innovadores que fomentan la adopción de tecnologías avanzadas.

Así, el presente dossier aborda estos tres grandes pilares: la adaptación al cambio climático y la gestión de recursos, el asociacionismo, y la transformación digital, con el objetivo de presentar una serie de elementos innovadores que contribuirán a mejorar la competitividad y la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas en España. A través de la recopilación de experiencias, investigaciones y casos de éxito, se destacan diversas soluciones y algunas de las mejores prácticas que permitirán a las personas vinculadas al sector agrícola afrontar los desafíos de un futuro más exigente y competitivo.



ELEMENTOS INNOVADORES DE MEJORA PARA LAS EXPLOTACIONES DE AGRICULTURA



1. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DE RECURSOS

La gestión de los recursos naturales, como el agua y el suelo, es fundamental en la producción agrícola. Ambos son recursos vitales, limitados, no renovables e irremplazables. Las medidas de adaptación al cambio climático en este contexto incluyen diversas estrategias para optimizar el uso del agua y preservar su calidad. Estas estrategias abarcan desde la implementación de tecnologías que mejoren la eficiencia en el uso del agua hasta la construcción de infraestructuras para su almacenamiento, como reservorios y embalses. También se destacan las prácticas orientadas a proteger y restaurar ecosistemas acuáticos, que actúan como reservorios naturales de agua, y la promoción de cambios en el comportamiento de los usuarios, buscando una gestión más sostenible de este recurso (Comisión Europea, 2023).

En cuanto a la mitigación, se busca reducir las causas del cambio climático, con un enfoque particular en las emisiones de gases de efecto invernadero. En lo que respecta al agua, las acciones de mitigación incluyen la reducción de la contaminación hídrica, la mejora en la eficiencia de su uso y el fomento de prácticas sostenibles

en la gestión de los recursos hídricos. Por otro lado, la adaptación se centra en enfrentar los efectos del cambio climático, los cuales afectan directamente la disponibilidad y calidad del agua. Este tipo de adaptación puede incluir la preparación para eventos climáticos extremos (sequías o lluvias intensas), la protección de las fuentes de agua y la construcción de infraestructuras resistentes al cambio climático, como presas y sistemas de riego adaptados a nuevas condiciones (Comisión Europea, 2023).

Las estrategias clave de adaptación al cambio climático relacionadas con el agua son las siguientes^{1 2}:

1. Gestión sostenible del agua: utilización eficiente del agua mediante tecnologías de ahorro y programas educativos sobre su uso responsable.
2. Infraestructura verde: uso de vegetación y suelos naturales para gestionar el agua de lluvia, lo cual ayuda a mitigar las inundaciones y la erosión del suelo.

3. Recarga de acuíferos: la recarga artificial de acuíferos puede garantizar un suministro constante de agua durante períodos de sequía.
4. Desalinización del agua de mar: esta técnica puede proporcionar agua potable en regiones donde el agua dulce es escasa.
5. Mejora de la calidad del agua: dado que el cambio climático puede intensificar la contaminación del agua, es crucial invertir en su tratamiento.
6. Gestión del riesgo de desastres: construcción de defensas contra inundaciones y establecimiento de sistemas de alerta temprana.

Estas estrategias, cada una de ellas adaptadas a las realidades locales y a las características geográficas de cada región, buscan, no solo mejorar la seguridad hídrica, sino también, fortalecer la resiliencia frente al cambio climático

¹ Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Estrategias Esenciales para Salvar el Planeta | Instituto del Agua

² Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



El cambio climático ya está alterando los patrones hidrológicos a nivel global, con un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías e inundaciones. Estos fenómenos afectan tanto la disponibilidad como la calidad del agua, exacerbando los desafíos que enfrentan las regiones dependientes de fuentes de agua glaciar o acuíferos costeros, que pueden ser contaminados por la intrusión de agua salada. De este modo, las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático son cruciales para garantizar la seguridad hídrica global y la continuidad de las actividades agrícolas, que dependen en gran medida de estos recursos.

Por otro lado, la degradación del suelo continúa siendo un desafío creciente en la Unión Europea, exacerbado por factores como la gestión insostenible de la tierra, el cambio climático, fenómenos meteorológicos extremos y la sobreexplotación de los recursos (Comisión Europea, 2023). Dado que la formación del suelo es un proceso extremadamente lento, se considera un recurso no renovable. Sin embargo, es posible mantener y regenerar la salud del suelo mediante prácticas adecuadas de manejo agrícola. Los suelos sanos son esenciales para el bienestar humano y ambiental, ya que proporcionan servicios ecosistémicos clave, como la producción de alimentos nutritivos y suficientes, el ciclo de nutrientes, el almacenamiento de carbono y la regulación de la calidad del agua.

La degradación del suelo, por tanto, representa una amenaza para la seguridad alimentaria,

la resiliencia ante desastres naturales y el bienestar de las comunidades. Según la Comisión Europea (2023), la degradación del suelo en Europa está provocando pérdidas económicas significativas, estimadas en 68 800 millones EUR anuales³, un valor que aumenta cuando se incluyen los costes indirectos asociados, como la sedimentación y la contaminación del agua.

El cambio climático agrava la situación, acelerando procesos de erosión natural, que afectan la productividad agrícola y multiplican los costes asociados a la pérdida de suelo, especialmente aquellos que recaen sobre los gobiernos locales, las empresas de agua y las aseguradoras. De acuerdo con Boardman (2021), la erosión del suelo tiene costes indirectos que superan con creces los costes directos en la explotación agrícola, subrayando la importancia de implementar prácticas de conservación y restauración del suelo.

Una medida efectiva para combatir la erosión y mejorar la calidad del suelo es el uso de cubiertas vegetales en cultivos leñosos y semi-leñosos. Estas coberturas, al fomentar la retención de agua y mejorar la estructura del suelo, también contribuyen al secuestro de carbono y la sostenibilidad de los agroecosistemas. Por ejemplo, un estudio realizado por Sastre et al. (2020) en olivares de la variedad Cornicabra, al sur de Madrid, encontró que las cubiertas vegetales de leguminosas mejoraron la calidad del suelo sin afectar negativamente los rendimientos, aunque se observó un aumento de los costes productivos

durante los primeros años del análisis. Este tipo de prácticas, aunque costosas a corto plazo, podrían generar beneficios a largo plazo si se gestionan adecuadamente, mejorando tanto la salud del suelo como la productividad agrícola.

El cambio climático y la degradación del suelo representan dos de los mayores retos para la agricultura en la actualidad. A medida que los recursos naturales se ven cada vez más afectados, es esencial adoptar estrategias innovadoras para garantizar la sostenibilidad y resiliencia de las explotaciones agrícolas. La gestión eficiente del agua y la conservación de los suelos son clave para mitigar los efectos del cambio climático y asegurar una producción agrícola segura y viable en el futuro.

³ Resumen: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023SC0418>
El documento completo se encuentra citado en la bibliografía.



1.1 Gestión del agua en escenarios de escasez

Introducción y contexto

Los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos no solo están relacionados con las variaciones en la cantidad de precipitación que alimenta el ciclo hidrológico, sino también con la distribución temporal de las precipitaciones, los cambios en la temperatura y las modificaciones en el uso y la cobertura del suelo (Sanz & Galán, 2020). En este contexto y en una situación geográfica como la de España, las proyecciones realizadas mediante estudios de modelado por el CEDEX (2017), para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, pronostican una reducción generalizada de las precipitaciones conforme avanza el siglo XXI, con medias entre un 15 y 20% inferiores con respecto al periodo de control del estudio (1960-1990), además de una disminución en la calidad del agua (Sanz & Galán, 2020).

Por ello, la mejora en captación de agua y uso, recurriendo a nuevas técnicas y tecnologías, así como una mejor gestión de los recursos disponibles, se configuran como elementos de innovación que pueden no sólo mejorar la sostenibilidad económica y ambiental de la agricultura, sino incluso, en escenarios extremos, la propia

supervivencia de determinados cultivos. El MITECO (Sanz & Galán, 2020) indica, por ejemplo, que ya hay evidencias constatadas del cambio fenológico en algunas especies de frutales de hueso, de cítricos y vid en España debido también al avance de las temperaturas primaverales y a la falta de días fríos, observación compartida por la Dra. Elena Nieto del [proyecto REFEX](#).

Entre los elementos de innovación existen los de carácter institucional, tecnológico y social, y España es un país con un marco de fomento para la innovación en todos ellos, donde las herramientas, metodologías y productos innovadores son constantemente mejoradas y actualizadas por aquellas personas y entidades vinculadas al sector agroalimentario.

Específicamente en materia de gestión y uso del agua en el sector agrícola, esta revisión y actualización tan dinámica cobra un papel de especial relevancia, dado el escenario productivo económico actual y la importancia de este recurso para el sector, en el cual el 80% del agua demandada es destinada al sector agrario (Sancho & Santamaría, 2023, pág. 19; MITECO, 2023). Este recurso proviene mayoritariamente de aguas superficiales, mientras que algo menos

del 25% proviene de fuentes subterráneas porcentaje que en algunas regiones de la península puede llegar hasta el 50% (Sancho & Santamaría, 2023, pág. 151; MITECO, 2023).

España es un país con gran potencial agrícola, donde el regadío ocupa el 14% de la superficie agraria útil y aunque este porcentaje es pequeño, representa el 65% de la producción final vegetal, el 2,4% del Producto Interior Bruto (PIB) y da empleo al 4% de la población activa. El sector agroalimentario español es además un importante motor exportador, con ventas que superan los 53.000 millones de euros anuales, principalmente a la Unión Europea. Este sector tiene una doble dimensión, combinando un regadío que favorece la biodiversidad y los servicios ambientales, con otro que es altamente productivo y competitivo, contribuyendo decisivamente a la seguridad alimentaria y al equilibrio de la balanza de pagos (Sancho & Santamaría, 2023; Bea Martínez, Fernández Lop, Gil, & Seiz Puyuelo, 2021; Carro de Combate, 2021).

En respuesta a estos desafíos, las innovaciones en diversas tecnologías y enfoques que buscan optimizar la captación, gestión y uso del agua en la agricultura son de especial relevancia.



Tecnologías y herramientas disponibles

En cuanto al desarrollo de herramientas y tecnologías desarrolladas enfocadas en realizar una gestión y uso del agua cada vez más eficiente, se presentan las siguientes:

Modelo HYPIX

<https://sites.google.com/go.ugr.es/geovine-research-jrc/home>

<https://geofireg.ugr.es/pages/investigacion/laboratorio/bep>

Los investigadores Jesús Fernández Gálvez de la Universidad de Granada y Josep Pollacco modelador hidrológico de Nueva Zelanda, han desarrollado un modelo hidrológico innovador capaz de predecir el movimiento del agua en el suelo. Este modelo denominado Hypix, sirve para ayudar a planificar de una forma mucho más eficiente el uso de los recursos hídricos. Mediante el uso de este tipo de herramientas es posible anticiparse a las necesidades que tendrán los cultivos y, por ende, ser más eficientes en cada litro de agua que utilicen, disminuyendo así las pérdidas por percolación, escorrentía, evaporación directa desde la superficie, etc.

El modelo es capaz de predecir con exactitud el movimiento del agua en la zona no saturada, ya sea en tiempo real o con proyecciones a largo plazo en base a predicciones meteorológicas. Dependiendo del modo de aplicación es posible describir los flujos de las diferentes componentes del balance hídrico, como por ejemplo poder conocer dónde va el agua infil-

trada de lluvia, cuánta se pierde por escorrentía, cuánta es absorbida por las raíces o cuál es la recarga de aguas subterráneas. Todo ello desglosando cómo se mueve el agua a través de las diferentes capas del suelo, con el objetivo de aumentar la sostenibilidad agrícola y proteger el medio ambiente.

El modelo aprende de sí mismo, adaptándose, reajustándose y dando lugar a predicciones muy exactas, utilizando datos de estaciones meteorológicas cercanas y lecturas de humedad del suelo para estimar propiedades hídricas del suelo. Esto ayudará a predecir escenarios futuros, como cuánta agua o fertilizante necesitarán las plantas según el clima que se avecina. Se trata de optimizar la producción y ahorrar recursos.

Es importante destacar que el modelo es fácil de usar, estable y sin necesidad de costosas mediciones en el suelo para lograr sus objetivos, dando respuesta a la necesidad de cerrar la brecha entre la ciencia hidrológica compleja y las soluciones prácticas para la agricultura.

Puntos claves:

- El desafío de modelar con precisión el movimiento del agua.
- La necesidad de una entrada de datos mínima para mejorar las predicciones relacionadas con gestión del agua.
- La intención de agregar modelos de crecimiento y colaborar con organizaciones como la [FAO \(AquaCrop\)](#).
- Planes para expandir el proyecto Hypix a modelado tridimensional para un mejor análisis de cuencas.

- La importancia de asegurar financiamiento estable y un compromiso a largo plazo para la continuidad de la investigación.
- Que el modelo sea accesible y relevante para agricultores/as e ingeniero/as agrónomo/as.
- La idea de crear una aplicación fácil de usar para que quienes se dedican a la producción agrícola gestionen el riego basado en datos en tiempo real.

Los investigadores están tratando de ayudar a las personas vinculadas a la agricultura a determinar sus necesidades de riego sin dificultades de costosas mediciones en el suelo, simplificando la gestión del agua y cerrando la brecha entre la ciencia y su aplicación práctica en la resolución de problemas globales.

Los autores enfatizan en la importancia de la colaboración en diferentes campos para abordar este problema complejo. También señalan que las organizaciones internacionales a menudo utilizan modelos excesivamente simplistas que no capturan la realidad del movimiento del agua, lo que es un gran problema.



Imagen 1: Mediciones en viñedo. Parcela de erosión cerrada 5 m2



Fuente: Hypix

En qué destaca el modelo Hypix frente a otros modelos hidrológicos existentes

Hypix es muy fácil de usar y estable, utiliza el lenguaje de programación Julia, que lo hace fácil de ajustar y rápido de ejecutar, y además permite tener todo el control del modelo, de forma más estable y calibrada. Por otro lado, ayuda a determinar los parámetros hidráulicos del suelo utilizando métodos asequibles, como la distribución de tamaños de partículas y pruebas de infiltración.

En la actualidad se está trabajando en agregar modelos de crecimiento y predecir el mo-

vimiento en 3D (posible gracias a los avances tecnológicos, ya que es necesaria mucha capacidad informática) y no solo en 1D (vertical) para hacerlo aún más útil, ya que permitiría considerar y predecir sobre cuencas enteras.

Haciendo que la gestión del agua sea más inteligente para el sector agrícola

La idea es ayudar a tomar decisiones más inteligentes sobre el riego y la gestión del agua con mayor precisión. Aunque las predicciones son mejores con una estimación de parámetros hídricos del suelo más precisa, el modelo

tiene la posibilidad de que incluso con datos mínimos—por ejemplo, solo con conocer la capacidad del campo o los niveles de humedad y punto de marchitez permanente—puede ajustar una curva que ayude a predecir mejor fenómenos como las sequías y, en consecuencia, como prepararse para ello.

La visualización de la información para la toma de decisiones será el siguiente paso del proyecto, mediante el desarrollo de una aplicación que les ayude a entender su suelo y gestionar el riego basado en datos en tiempo real. La idea es que esta aplicación sea simple e intuitiva y mantenerla actualizada para que las personas que lo utilicen no necesiten tener un gran conocimiento tecnológico.

Si bien los costes de una estación meteorológica y algunos sensores de humedad del suelo pueden parecer elevados, es una inversión que puede ser compartida entre los productores de la región (€10,000 a €20,000). Por otro lado, los ahorros en costes de agua rápidamente cubren esa inversión.

Se propone que el gobierno ayude a cubrir los costes de instalación de estos sistemas, y a cambio, los agricultores compartan sus datos de uso de agua y los ahorros en riego y nutrientes. Es una situación beneficiosa para todos los involucrados: agricultores, medio ambiente y gobierno.

Colaboraciones

El equipo de investigadores colaboró con un equipo holandés, con amplia experiencia ejecutando modelos complejos en múltiples ordenadores, para poder reemplazar el procesamiento de una



gran magnitud de datos y predecir el movimiento del agua sobre cuencas enteras. Junto a otro estado miembro, modelaron el movimiento de los contaminantes provenientes de purines de la industria láctea a través del agua, para luego crear un sistema fácil de usar donde los agricultores puedan simplemente ingresar su explotación en una plataforma web y ejecutar simulaciones para diferentes escenarios. Esto muestra la versatilidad del proyecto, no solo centrándose en el agua, sino también en los nutrientes y contaminantes que vienen con ella.

Obstáculos de financiación y construcción de un modelo fácil de usar para los agricultores

El principal obstáculo de la continuidad del desarrollo es la financiación sin intermitencias. En este momento, la mayor parte de su financiamiento proviene de proyectos de investigación, pero se necesitaría un compromiso de financiación a largo plazo por parte de las instituciones.

Adaptando la tecnología de uso de agua para mejores predicciones agrícolas y estrategias de inversión

El modelo Hypix puede adaptarse a los cambios de los parámetros hidráulicos y seguir realizando predicciones precisas. Es importante saber que hay distintos niveles de complejidad de los parámetros del suelo y en base a esta noción se elegirá el modelado con mayor o menos inversión y complejidad. Dependiendo de cuánto queramos invertir, podemos mantenerlo simple con solo mapas de textura del suelo o profundizar más con mediciones de campo y sensores para mejorar las predicciones.

Se contemplan tres niveles de alcance

El primero es el escenario ideal con todas las características, el segundo es un término medio con un balance de costes y beneficios, y en el último solo se utilizan mapas y mediciones básicas del suelo que son prácticamente de acceso universal.

Cuadro 1: Tres niveles de alcance y modelado de Hypix

INFORMACIÓN Y TECNOLOGÍA REQUERIDA	RESULTADOS	FOTO
Sondas de humedad del suelo de profundidad múltiple. <ul style="list-style-type: none"> - datos históricos de humedad del suelo - Parámetros $\theta(h)$ & $K(h)$ 	<ul style="list-style-type: none"> - El más preciso - Coste inicial - Tiempo de calibración - Necesita estación seca y húmeda 	
Infiltrómetros automáticos <ul style="list-style-type: none"> - Humedad inicial del suelo - Test de infiltración - **PSD opcional - Parámetros $\theta(h)$ & $K(h)$ 	<ul style="list-style-type: none"> - Preciso - Relativamente económico - Largo para suelos limosos - Se necesita cavar para diferentes capas de suelo 	
Distribución del tamaño de partícula <ul style="list-style-type: none"> - Densidad aparente - Método por decantación - O método por laser - Parámetros $\theta(h)$ => $K(h)$ 	<ul style="list-style-type: none"> - El menos preciso - El más económico y rápido - Información de fácil acceso 	

Fuente: Hypix

(*) $\theta(h)$: retención hídrica

$K(h)$: conductividad hidráulica del suelo.

(**) PSD significa "Particle Size Distribution" lo que en castellano se conoce como "distribución de tamaño de partículas" (algunas veces se usa solo arena limo y arcilla), que está a su vez relacionado con la distribución del tamaño de poros que tiene el suelo. Dentro de estos poros es por donde circula el agua.



REGADIA

El Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER), Impulsado por el Cabildo Insular de Tenerife, desarrolla el proyecto REGADIA desde el año 2022. En él participan, además del propio ITER, la Universidad de La Laguna (ULL), el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) y la Oficina del regante del Cabildo de Tenerife como socio colaborador.

El objetivo principal del proyecto REGADIA es contribuir a la optimización del uso de los recursos hídricos en las explotaciones agrícolas mediante la implantación de un sistema integrado de monitorización de los cultivos y la previsión de las necesidades de riego en función de los parámetros de humedad del suelo, el suministro de agua, la fase del cultivo y las condiciones meteorológicas.

A partir de los datos recogidos por los sensores de humedad del suelo y las imágenes multiespectrales, y su combinación con los datos de aporte de agua y las variables meteorológicas relacionadas, el consorcio trabaja en el desarrollo de modelos predictivos de aprendizaje profundo para la previsión de las necesidades de riego de los cultivos, adaptados a las características de cada finca, considerando la composición del suelo y las condiciones geográficas y meteorológicas.

La implementación de este sistema en fincas productoras es relativamente sencilla, ya que el sistema de toma de datos se apoya en tecnologías contrastadas y de uso habitual. Además, se apoya en la colaboración directa con la Oficina del Regante, especialistas en la gestión de los recursos hídricos en cultivos en la isla de Tenerife.

Para la toma de datos en campo se despliega una red de sensores para medir la humedad del suelo en diferentes localizaciones de las plantaciones de plátano y aguacate, los cultivos con mayor consumo de agua en Canarias. Un sistema de comunicaciones local, autosuficiente energéticamente gracias a la instalación de células fotovoltaicas, se encarga de transmitir los datos en tiempo real a una instancia de servidor IoT en la nube donde se genera un repositorio de datos común.

La fase de los cultivos y las necesidades hídricas de las plantas se miden mediante el uso de datos aéreos en múltiples espectros en combinación con imágenes de satélite del sistema Copernicus. Se recogen imágenes multiespectrales de baja altura mediante vehículos aéreos no tripulados equipados con sensores de última generación en las diferentes bandas de interés para la caracterización de los índices de vegetación.

Beneficios para las explotaciones:

Este sistema supone un ahorro importante para las fincas, ya que ayuda a hacer un uso más eficiente del agua, los fertilizantes y la energía, mejorando la productividad y la sostenibilidad agrícola:

- Un riego más preciso y eficiente no solo reduce el consumo de agua, sino también el uso de la energía necesaria para bombearla. Al disminuir la cantidad de veces que se debe accionar el sistema de riego, se reduce el consumo energético, lo que tiene un impacto directo en los costes operativos.

- El uso de células fotovoltaicas para alimentar los sensores reduce o elimina la necesidad de conectar el sistema a la red eléctrica convencional, generando ahorros en gastos energéticos.

- La introducción de un sistema de riego automatizado que se apoye en los datos recogidos por los sensores de campo permite reducir la cantidad de mano de obra necesaria para supervisar y ejecutar el riego manual. Además, al centralizar el control del sistema, se pueden gestionar de manera remota las operaciones, lo que disminuye la necesidad de personal en el campo.

Con estas soluciones se obtiene una reducción del impacto ambiental de las explotaciones, ya que, al reducir el consumo excesivo de agua a través de un riego optimizado, el proyecto contribuye a la conservación de este recurso vital, especialmente en regiones con riesgo de desertificación como Canarias. Esto, a su vez, ayuda a prevenir la degradación del suelo y la erosión, mejorando la salud del ecosistema agrícola.

En cuanto a la energía, el uso de sistemas autosuficientes alimentados por energía solar reduce la huella de carbono de las explotaciones agrícolas, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles o electricidad de la red.

Aplicabilidad del sistema:

Si bien el proyecto se realiza en explotaciones de plátano y aguacate, el uso del sistema REGADIA se puede aplicar a otros tipos de cultivo, ya que se basa en tecnologías estandarizadas y herramientas de código abierto, lo que lo hace



adaptable y escalable a diversas condiciones agrícolas.

En referencia a la capacidad de adaptación de los agricultores a estos nuevos sistemas, y a pesar de que tradicionalmente muchos productores han sido reticentes a adoptar tecnologías avanzadas debido a factores como los costes iniciales, la falta de formación técnica y la dependencia de prácticas agrícolas tradicionales, en los últimos años la presión por hacer frente a desafíos como el cambio climático, la escasez de agua y la necesidad de aumentar la eficiencia ha impulsado una mayor apertura hacia la innovación tecnológica.

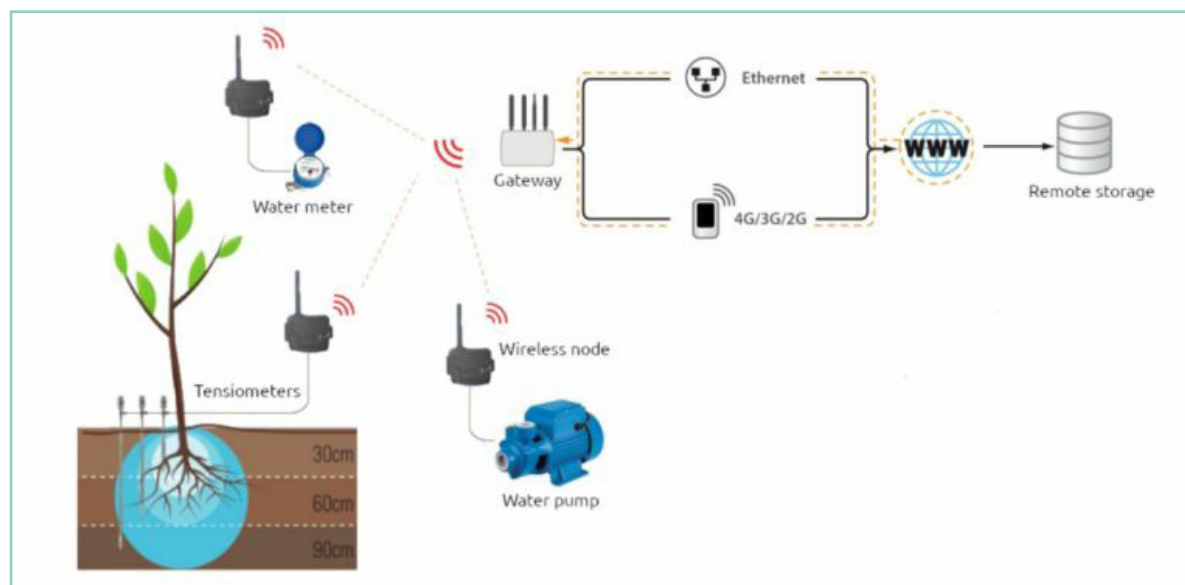
Para facilitar la adopción de tecnología en el sector se podrían implementar las siguientes medidas:

- Capacitación y educación técnica: ofrecer programas de formación prácticos para agricultores sobre el uso y los beneficios de las tecnologías de precisión.
- Subvenciones e incentivos financieros: proporcionar incentivos económicos, como subvenciones, créditos a bajo interés o deducciones fiscales, para que los agricultores puedan acceder a la tecnología sin enfrentar grandes barreras de costes iniciales.
- Demostraciones de éxito local: crear proyectos piloto o demostraciones en explotaciones agrícolas locales que muestren el impacto real en la reducción de costes, ahorro de recursos y mejora de la productividad.
- Plataformas de datos abiertas y colaborativas: fomentar la creación de plataformas

de intercambio de datos donde los agricultores puedan compartir y acceder a información en tiempo real sobre las mejores prácticas, el rendimiento de los cultivos y los beneficios observados al usar estas tecnologías, promoviendo una comunidad de aprendizaje colaborativo.

- Apoyo institucional y políticas públicas: el respaldo de instituciones gubernamentales y organizaciones agrícolas es crucial para integrar la tecnología en políticas de sostenibilidad y manejo eficiente de recursos. Programas de asistencia técnica y asesoramiento también pueden ser clave para guiar a los agricultores en el proceso de adopción.

Imagen 2: Esquema del Proyecto REGADIA



Fuente: REGADIA



Modelos predictivos desarrollados por el Grupo Investigación Hidráulica y Riego de la Universidad de Córdoba

El Grupo Investigación Hidráulica y Riego de la Universidad de Córdoba desarrolla diversas líneas de investigación para optimizar el uso de agua y energía en los regadíos, especialmente en temas relacionados con el desarrollo de modelos predictivos de la demanda de riego.

Presentan varias líneas de trabajo:

A. Modelos predictivos de demanda de agua con antelación de una semana

Para los modelos predictivos, el sistema se basa en registros históricos de comportamientos de riego de los agricultores, combinados con datos climatológicos, que utilizando redes neuronales y herramientas propias de la inteligencia artificial permite resultados muy ajustados a la realidad.

Para ello se utiliza el registro de comportamientos pasados y se “enseña” a ciertas máquinas a predecir esos comportamientos en el futuro. Con estos datos los gestores de las comunidades de riego pueden predecir el consumo de energía que se va a producir en un futuro próximo en cada punto de la red, lo que permite que, con una gestión adecuada de las instalaciones de bombeo, se consiga un ahorro de los costes de energía que puede alcanzar el 20 o 30%.

Con el fin de poder crear modelos ajustados a cada instalación es necesario instalar sensores a lo largo de la red y acumular la mayor cantidad posible de datos de consumo. Estos datos de consumo incluyen también variables no meteorológicas (por ejemplo, la sensación tér-

mica, las prácticas culturales, hábitos horarios de riego, existencia de días festivos...).

Con este sistema se ayuda a la gestión óptima de la red de riego anticipando las demandas energéticas que van a ser necesarias en cada momento, gestionando caudal y presión de acuerdo a las necesidades reales.

B. Desarrollo de “gemelos digitales” de las fincas aplicados al regadío y a las estaciones de bombeo

El gemelo digital es una copia virtual de la instalación, donde se puede plantear diferentes escenarios. Es un modelo que se va alimentando de datos reales de lo que ha sucedido y está sucediendo en el modelo físico real.

La generación de gemelos digitales permite modelizar las explotaciones o redes de riego, introduciendo tantas variables como se disponga. Con estos gemelos podremos gestionar las explotaciones utilizando herramientas tecnológicas clásicas (sensores de humedad y temperatura, sistemas eficientes de riego, etc.) coordinados por inteligencia artificial e internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

Además de una gestión cotidiana de la explotación, estos gemelos permiten realizar previsiones en base a posibles escenarios futuros, y de esa manera adaptar los diferentes parámetros para conseguir un ahorro de agua y energía de acuerdo a las condiciones ambientales y meteorológicas existentes en cada momento.

C. Uso sostenible de la energía: uso de energías renovables en el regadío.

El grupo participa en el proyecto [Interreg “HY4RES: Hybrid Solutions For Renewable](#)

[Energy Systems”](#), que estudia la combinación de energía solar, eólica e hidroeléctrica en sistemas híbridos para la producción de energía renovable y el desarrollo del almacenamiento de energía a microescala. El proyecto, cofinanciado por el programa de la UE [Interreg Espacio Atlántico](#), está orientado a proporcionar soluciones energéticas asequibles y sostenibles para la agricultura, la acuicultura, la industria y los sectores domésticos.

En el marco de este proyecto se está trabajando en la Comunidad de Regantes del Valle Inferior, en la ribera del Guadalquivir, con una extensión cercana a las 19.000 Has. Esta comunidad cuenta con 9 estaciones de bombeo que requieren de una gran cantidad de energía, y para reducir su consumo se está implementando el uso de energía fotovoltaica, mediante la creación de la que hasta ahora es la mayor planta de energía solar para riego, con una potencia de 6 MWp.

El siguiente paso es la implementación de sistemas de energías renovables al nivel de explotaciones, mediante el uso de pequeñas plantas fotovoltaicas flotantes en combinación con micro centrales hidroeléctricas.

En este caso también se utilizan los modelos predictivos descritos anteriormente, ya que pueden existir desfases entre las horas de producción de energía en la planta solar y la demandada por los agricultores para riego, que implica adquirir energía a la red eléctrica externa. Con este modelo se puede predecir cuánto van a producir las placas solares y cuál va a ser la demanda que va a haber en cada momento, y con esa información los gestores pueden gestionar eficientemente la adquisición de energía a la red eléctrica.



Aplicaciones móviles para la gestión del riego.

Para la gestión del riego se han desarrollado gran cantidad de aplicaciones para el teléfono móvil que ayudan a la misma, tanto para cultivos específicos como con una visión más generalista.

A continuación, se presentan algunas de ellas, referenciadas en la [Plataforma AKIS del MAPA](#). Los enlaces proporcionados son para teléfonos Android (aplicación Google Play):

Gestión Riego: Desarrollada por Inelcom Technology S.L.

La aplicación de INELCOM del Sistema de Control y Gestión de Riego Localizado, en su versión para *Smartphone* (Gestión Riego), proporciona una interfaz cómoda e intuitiva para la interacción por parte del usuario con las funcionalidades más usadas de la plataforma.

Características/utilidades principales:

- Listado con todos los hidrantes organizados por sector y cabezal.
- Supervisión del estado del hidrante (nivel de batería, listado de órdenes, último sondeo, etc.).
- Visualización del estado e información relevante de electroválvulas, contadores, entradas analógicas, salidas digitales, salidas virtuales, alarmas, reglas y estado de inhibición.
- Consulta y programación los turnos en las electroválvulas y las salidas digitales.

- Posibilidad de inhibir los turnos durante un período o de manera indefinida y activarlos posteriormente.
- Abrir/cerrar manualmente las electroválvulas.
- Activar/desactivar manualmente las salidas digitales.
- Representación gráfica del consumo de agua medido por cada contador en los últimos 30 días (gráfico de barras) y detalle del consumo dentro del día (gráfico lineal).
- Representación gráfica del valor máximo y mínimo de las entradas analógicas en los últimos 30 días (gráfico de barras) así como la evolución dentro del día (gráfico lineal).
- Visualización de hidrantes sobre Google Maps.
- Informe de salud de los hidrantes con información de última comunicación, estado de alarma, estado de programación, estado de turnos (activos o inhibidos) y estado de riego.

InfoRiego, desarrollada por el [Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León \(ITACyL\)](#).

InfoRiego es una herramienta que, apoyada en las tecnologías de la información, nos proporciona el conocimiento necesario sobre el consumo de agua de los cultivos para afrontar una programación de riego eficiente, enfocada a conseguir unos rendimientos óptimos, ofreciendo recomendaciones de riego personalizadas.

El [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación](#), a través de la **Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructu-**

ras Rurales, pone a disposición de los usuarios de forma gratuita toda la información recogida a través de la [Red de estaciones meteorológicas del SiAR](#). En Castilla y León esta información es gestionada por el servicio InfoRiego de asesoramiento al regante desde el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.

Experiencias de éxito

Proyecto REFEX - identificación de buenas prácticas en gestión eficiente de regadío en Extremadura

El proyecto REFEX surge como un encargo de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural y Poblaciones de la Junta de Extremadura en el año 2022 al [Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura \(CICYTEX\)](#). Está siendo supervisado por el Servicio de Regadíos y cofinanciado con fondos FEADER.

El proyecto REFEX tiene como principal objetivo transferir resultados de investigación e innovaciones dirigidas al uso eficiente de los recursos hídricos en los regadíos, a las explotaciones de regadíos y comunidades de Regantes de Extremadura. Consta de un total de 7 actuaciones:

- Regadíos de las Vegas del Guadiana.
- Regadíos de Montaña del norte de Cáceres.
- Regadíos de futuras zonas regables de Monterrubio y Tierra de Barros.



- Comunidades de Regantes. Digitalización de comunidades de regantes, una en zona de montaña y otra en las Vegas del Guadiana.
- Alternativas al riego por inundación en el cultivo del arroz.
- Puesta en marcha de una herramienta para calcular el ciclo de vida de explotaciones de regadíos.
- Informe técnico de propuestas actuaciones en situaciones de sequía.

En esta publicación se presentan las actuaciones realizadas en el Valle del Jerte centradas en el cultivo del cerezo. En este caso el objetivo principal es el uso eficiente de agua de riego, con programaciones de riego, uso de sensores y formación a los agricultores en el uso de las herramientas digitales y en la estrategia de riego alternativas.

Contexto

El **Valle del Jerte** es una zona de montaña del norte de Cáceres tradicionalmente dedicada el cultivo de la cereza. Está formado por once municipios, organizados siguiendo el curso del río Jerte durante 35 km, con una orientación NE-SW y una diferencia de altitud de cerca de 2.000 m desde su parte más alta, el pico Torreón (2.401 m. de altitud) hasta la más baja en las cercanías de Plasencia (415 m de altitud).

Antes de comenzar el proyecto se han estudiado las modificaciones de precipitaciones por el cambio climático en la zona, y se ha observado que según los datos históricos no hay disminución en la cantidad de agua aportada por las lluvias, pero sí un cambio en la distribución

temporal de la misma: en verano, cuando más falta hace el agua en el suelo, no llueve y aumentan las temperaturas, mientras que en las otras estaciones hay más periodos de lluvias torrenciales que las sufridas habitualmente.

En la zona estudiada no hay infraestructuras para almacenar agua, lo que provoca un déficit hídrico general para el cultivo del cerezo, ya que si bien históricamente se trataba de un cultivo de secano en los últimos años se han introducido nuevas variedades más eficientes en el uso del agua. Además, con los efectos de déficit hídrico en verano provocado por el cambio climático los agricultores se han visto obligados a regar para mantener las plantaciones de cerezos.

El proyecto

En este proyecto se han identificado seis parcelas piloto, que representan las distintas altitudes y orientaciones del valle, en las que se han instalado estaciones agroclimáticas, sondas de humedad del suelo y riego automatizado. Para poder extraer conclusiones fiables se ha mantenido el manejo tradicional del riego en una parte de la finca, y en la otra se ha implementado un sistema de riego controlado con programadores de acuerdo a los cálculos hechos por el equipo del proyecto.

Se ha observado que la diferencia de necesidad de agua depende sobre todo de la altitud y de la diferente fase de maduración en cada parcela, y con los datos recogidos al finalizar el proyecto se podrá proponer a las comunidades de regantes un mejor reparto del agua para riego entre parcelas según localización y fase de cultivo en cada una.

Por otra parte, se ha comenzado a implementar experimentalmente la estrategia de riego deficitario controlado: en la fase de precosecha se aporta el 100% de necesidades de agua y, a partir de recolección, se aplica solamente el 25%. Se ha podido observar que esta estrategia influye positivamente en la producción de la campaña siguiente, y se obtienen mejores cosechas, sobre todo en las zonas de menor altitud en comparación con los riegos que realizan los agricultores, que son significativamente menores.

Otra actividad del proyecto es la instalación de contadores en cada parcela, lo que está ayudando a detectar fugas, exceso de consumo y otros problemas en las tomas de agua a tiempo real.

Para el funcionamiento de esta modalidad de gestión de riego se necesitan herramientas tecnológicas (sensores, antenas para la conectividad de datos, contadores inteligentes, etc.) que tienen un alto coste para pequeños agricultores. Estas inversiones en la fase de proyecto se están haciendo a nivel de comunidad de regantes, pero se espera el aporte de otros fondos para continuar su implementación. También se buscan las alternativas más económicas como el uso de las antenas “LoRaWAN”, que al proporcionar conectividad permite el uso de sensores más económicos.

Para el éxito de estas estrategias son fundamentales la formación a los agricultores (mediante parcelas demostrativas donde se utilicen estos sistemas) y el apoyo institucional para sufragar los costes de inversión.



De cara al futuro, para zonas de montaña como ésta, es necesaria la creación de infraestructuras de almacenamiento de agua, combinadas con sistemas de eficiencia energética y de uso de agua para afrontar los desafíos que provoca el cambio climático en el cambio de los patrones de precipitación.

En conclusión, este proyecto permite:

- Saber “exactamente”, o lo más cercano posible a la exactitud, cómo se va a mover el agua en el suelo (en la dimensión vertical), para hacer recomendaciones precisas de riego con los datos meteorológicos que tengan.
- El uso de soluciones tecnológicas como las sondas de humedad y estaciones meteorológicas (por la variabilidad a diferentes altitudes de precipitaciones, temperatura, etc.), sumado al estudio del ciclo de vida del cultivo, ya que a diferentes alturas también alcanzan los estadios fenológicos en diferentes momentos (a veces hasta con 40 días de diferencia entre la zona alta y la zona baja de la montaña).
- Transmitir a quienes producen el uso hiper eficiente del agua en las diferentes altitudes para el cultivo de cerezo, y que la repartición de agua otorgada por las comunidades de regantes también sea basada en la exactitud de estas necesidades según los momentos del cultivo y la localización de las parcelas.
- Automatizar la toma de datos, el riego y la monitorización de los sistemas de almacenamiento de agua, utilizando tecnología “LoRaWAN” para superar la falta de conectividad en las zonas de montaña.

Imagen 3: Parcelas demostrativas de cultivo de cerezos del proyecto REFEX.



Fuente: REFEX

Imagen 4: Trabajo de campo de los técnicos del proyecto REFEX en parcelas de cerezos del Valle del Jerte



Fuente: REFEX



Imagen 5: Estación agroclimática en el cultivo de cerezo en condiciones de montaña en el Valle del Jerte



Fuente: REFEX

Proyecto H2Olivetree

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un sistema integral de gestión de efluentes de la industria de entamado (tratamiento de la aceituna de verdeo para consumo en mesa) de la aceituna, mediante su separación selectiva automatizada en la industria y posterior aplicación inteligente en cultivos de olivar para mejorar la productividad, sostenibilidad y eficiencia energética de este sistema agroindustrial en un escenario de cambio climático.

Es un proyecto liderado por la [AMDRI Serranía Suroeste Sevillana](#), realizado juntamente con

la Universidad de Córdoba, la Coop. Agraria Oleand-S. Coop. And., la S.C.A. Agraria Labradores de la Campiña, el Ayuntamiento de Arahál y la Asociación Española de Municipios del Olivo (AEMO).

Está financiado en un 90% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y un 10% por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía (actualmente Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural)

En esta comarca, con gran producción de aceitunas de mesa, se enfrentan al problema de que

en el entamado se utiliza gran cantidad de agua, cuyo efluente final posee una elevada concentración salina entre otros compuestos, convirtiéndose en un residuo al que solo se aplicaba el tratamiento de evaporación en balsas.

En una primera fase, en 2016 - 2017, el proyecto se orientó a estudiar el comportamiento del sistema suelo-planta al riego con diferentes concentraciones de sales, proveniente de los efluentes de las industrias.

De esta experiencia se obtuvieron algunas conclusiones:

- Es conveniente separar el agua en la industria, ya que no todos los usos de la misma tienen el mismo grado de salinidad.
- El suelo y el olivo no sufren daño en el corto plazo.
- El peso de la aceituna recolectada aumenta un 30% con este riego comparado con el cultivo en seco.

Descripción de proyecto:

El proyecto se ha centrado en la gestión de los efluentes generados por la industria del entamado de aceitunas en dos cooperativas de distinto tamaño, implementando un sistema inteligente basado en tecnologías IoT (Internet de las Cosas). Este sistema permite clasificar en tiempo real los efluentes según sus características físico-químicas, facilitando su destino hacia la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) o su reutilización para el riego de olivos, lo que reduce el impacto ambiental y optimiza recursos.



En función del tipo de industria de aceituna de mesa producida, su gestión interna de efluentes y el régimen de lluvias, hasta un 10% del agua residual generada en la industria podría ser reutilizada para riego sin necesidad de tratamiento adicional. Esto supone un beneficio tanto económico como ambiental, ya que no solo se ahorran los costes asociados al consumo de agua y energía, sino que también se incrementa la producción de aceituna en los olivares. Aunque requiere una inversión inicial para la instalación del sistema, los resultados han demostrado su viabilidad, especialmente en industrias con campos de olivos adyacentes.

El proyecto piloto, que se ha implementado en una comarca con suelos salinos, ha despertado un gran interés, lo que ha llevado a su replicación en otras áreas. Esto resalta la importancia de la concienciación dentro de la industria del entamado sobre la necesidad de invertir en la gestión de efluentes y en la obtención de permisos para el uso de agua industrial en el riego.

Tecnología aplicada: un sistema IoT para el control y separación de efluentes

El sistema instalado utiliza sensores de conductividad eléctrica y caudalímetros digitales conectados a microcontroladores de hardware libre que forman parte de una plataforma IoT. Estos dispositivos permiten teledirigir y monitorizar en tiempo real el flujo y la calidad del agua residual, desviando automáticamente los efluentes hacia depósitos específicos según su nivel de salinidad. Los efluentes con una conductividad adecuada (menos de 10 dS/m) son reutilizados para el riego, mientras que los de mayor concentración se envían a la EDAR.

Además, el proyecto ha integrado un sistema de riego automatizado con arquitectura de hardware libre similar al anterior que, basándose en los datos recogidos por los sensores, ajusta la cantidad de agua y la frecuencia de riego para mantener una salinidad adecuada en el suelo y asegurar que los niveles de humedad sean óptimos para el desarrollo del olivo. Se han implementado mecanismos de control continuo, como el uso de sensores a distintas profundidades y muestreos de suelo rutinarios, para evaluar la calidad del suelo y prevenir riesgos de salinización.

Beneficios adicionales: de residuo a recurso

Uno de los hallazgos más interesantes del proyecto ha sido la identificación de compuestos presentes en el agua residual, como los polifenoles, que tienen un potencial adicional. Estos compuestos pueden ser aprovechados

como fertilizantes o para la creación de nuevos productos, transformando lo que antes era un residuo en un recurso valioso.

Futuro del proyecto

Aunque el sistema está en fase piloto, ya se ha consolidado como un recurso complementario económica y ambientalmente sostenible al tratamiento convencional mediante balsas de evaporación. El proyecto sigue en marcha, con la intención de expandir su implementación a otras áreas. Además, está previsto que se publique una guía práctica dirigida a las industrias del entamado, detallando los procedimientos de separación y tratamiento de efluentes.

Imagen 6: Balsas de evaporación de efluentes de la entamadora



Fuente: H20livetree



Imagen 7: Colocación del sistema de riego con los efluentes tratados de la entamadora



Fuente: H20livetree

Imagen 8: Depósitos para el riego



Fuente: H20livetree

Sergio Parra - Agricultor de Tomelloso (Ciudad Real)

Sergio Parra es un agricultor de Tomelloso (Ciudad Real) que está aplicando el uso de energía solar, sondas de humedad, riego por goteo y tecnología satelital para optimizar el uso de agua en los cultivos, en una finca de 34 hectáreas de viñedo. Su objetivo es reducir costes, maximizar la eficiencia del uso del agua y adaptarse al aumento de los periodos de sequía que, como consecuencia del cambio climático, se prevén en el futuro cercano.

La dotación de agua para su finca, proveniente de un pozo, se ha reducido a 1.500 metros cúbicos (actualmente, con el plan de sequía 1.300 metros cúbicos) frente a la dotación histórica de 2.400 metros cúbicos de agua para cultivos leñosos. Esta reducción en la disponibilidad de agua obliga a innovar en los sistemas de gestión de riego para aumentar su eficiencia.

La instalación permite gestionar la explotación desde el teléfono móvil, controlando el riego, el abonado y la lucha contra plagas de manera remota, sin necesidad de estar físicamente presente en su finca.

El sistema de riego cuenta con un sistema automatizado de electroválvulas y un programador que se puede manejar desde el teléfono móvil.

Uso de energía solar:

Se ha instalado un sistema de bombeo solar para el riego, alimentado por placas fotovoltaicas. Con este sistema se consigue un ahorro de entre 10.000 y 14.000 euros anualmente en consumo de gasoil, la anterior fuente de energía.



Sondas de humedad

Las sondas de humedad para el suelo, enterradas a tres diferentes profundidades, permiten monitorizar la humedad del suelo en cada nivel, optimizando el uso del agua.

Uso de tecnología satelital

Además, utilizando tecnología satelital, obtiene predicciones meteorológicas y, en combinación con los datos obtenidos de las sondas, calcula las necesidades hídricas de su cultivo, lo que permite realizar una estimación de las necesidades hídricas del cultivo según su estado de desarrollo.

La estimación es que, con la utilización de estos sistemas de gestión del riego, se puede conseguir un ahorro en el consumo de agua, y sobre todo, una mayor eficiencia en el uso de este recurso.

Para evitar las pérdidas de agua por evaporación, que suponen en torno a un 10 o 15 por ciento, está previsto enterrar el sistema de goteo, lo que permitiría retener el 100% del agua en el suelo.

Además de conseguir un ahorro de agua y costes de explotación, el uso de estos sistemas contribuye a preservar los acuíferos, tanto en la cantidad como en la calidad de las aguas.

Es importante mencionar también, que para la monitorización de plagas, utiliza un sistema con cámara, específicamente para el control de la polilla. Cada día, captura una foto y contabiliza los insectos atrapados, atraídos por feromonas. La aplicación emplea inteligencia artificial para

identificar los insectos y, al realizar el conteo diario, genera una curva de vuelo que permite determinar el momento óptimo para aplicar el tratamiento, mejorando así la eficiencia en la lucha contra la plaga.

Por último, mediante el acople de sistemas de monitorización a los aperos y tractor que ya dispone, tiene una actualización automática de los insumos que aplica en la finca, las horas de trabajo que esto le demanda y el combustible utilizado. Todos estos datos, se vuelcan automáticamente a su Cuaderno de Campo Digital y a una aplicación móvil de gestión de empresa, que le permite tener un conocimiento constante del estado financiero de su explotación.

Imagen 10: Paneles solares para alimentar el sistema de riego por bombeo



Fuente: Sergio Parra



Imagen 11: Instalación de riego con electroválvulas controladas desde el teléfono móvil



Fuente: Sergio Parra

Imagen 12: Sensor para el monitoreo de plagas



Fuente: Sergio Parra

Grupos Operativos y Proyectos Innovadores especializados en gestión del agua en la agricultura

Una de las herramientas más útiles para la experimentación de prácticas innovadoras en la agricultura son los Grupos Operativos y los Proyectos Innovadores, que son una herramienta que emplea la [Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas](#) (AEI-AGRI en su sigla en español, y EIP-AGRI en inglés) para conectar a los distintos agentes del medio rural. Esta actuación se enmarca en el objetivo de impulsar y acelerar la innovación en el medio rural de la EIP-AGRI en el marco de la Política Agraria Común (PAC).

Los Grupos Operativos son un conjunto de agentes con distintos perfiles vinculados al medio rural que se unen para desarrollar y ejecutar un Proyecto Innovador dirigido a encontrar una solución a un problema compartido o para probar y poner en práctica una idea innovadora relacionada con algún sector propio del medio rural (agricultura, ganadería, forestal, etc.).

Están integrados por personas vinculadas al sector agrícola, ganadero, silvícola, industrias agroalimentarias o forestales, centros de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), centros de formación y asesoramiento o instituciones sin fines de lucro. Su tamaño y composición dependen del proyecto.

La información sobre estos grupos operativos se puede encontrar, en varias fuentes, entre ellas, en el [visor de la Red PAC](#) o en la [Plataforma AKIS del MAPA](#).



1.2 Gestión del suelo para la mejora de la eficiencia y como herramienta para la mitigación de los efectos del cambio climático

Introducción y contexto

Los suelos cumplen muchas funciones, entre ellas la mitigación de inundaciones y el almacenamiento de carbono, y actúan como depósitos de microorganismos y artefactos arqueológicos. Para el agricultor y para la sociedad, los suelos son el principal medio de producción de alimentos. Sin embargo, la erosión del suelo afecta a estas funciones en escalas temporales cortas y largas. En el futuro, es probable que los cambios en el clima y el uso de la tierra aumenten los costes a menos que se implementen medidas de mitigación. La evidencia sugiere que los esquemas de mitigación bien diseñados cuestan mucho menos que reparar el daño causado por la erosión del suelo.

La “degradación” incluye la pérdida de nutrientes de los suelos, que son necesarios para el crecimiento de las plantas. Estas pérdidas son el resultado de la cosecha de cultivos, la escorrentía superficial, la erosión del suelo y la lixiviación. Los suelos de mala calidad que se encuentran alrededor del Mediterráneo son el resultado de miles de años de uso intensivo para cultivos herbáceos y pastoreo excesivo de animales; estos tienen impactos en la agricul-

tura actual y aumentan el riesgo de escorrentía e inundaciones, Montgomery (2007).

En la actualidad, se entiende mejor la función de los suelos. No sólo son el medio para producir cultivos alimentarios, productos animales, fibras y madera, sino que también cumplen una importante función en el almacenamiento de agua, proporcionan nutrientes para el crecimiento de las plantas, son el hogar de microorganismos y pueden preservar artefactos arqueológicos. Fundamentalmente, los suelos actúan como un control de inundaciones y ayudan a reducir la gravedad de las sequías gracias a su capacidad de retención de agua. Los suelos son un importante sumidero de carbono, que, si se pierde en la atmósfera, aumenta los niveles de CO₂, uno de los principales impulsores del cambio climático. Cuando se pierde carbono y nutrientes de los suelos agrícolas, estos deben ser reemplazados por fertilizantes, generalmente fertilizantes químicos, que son particularmente dañinos y costosos (Boardman, 2021).

El suelo alberga más del 25 % de la biodiversidad del planeta (FAO, 2020) y son el segundo almacén de carbono más grande del planeta.

Debido a su capacidad para capturar y almacenar carbono, los suelos sanos contribuyen a la consecución de los objetivos de la Unión Europea en materia de cambio climático. Los suelos sanos también proporcionan un hábitat saludable para la prosperidad de los organismos y son esenciales para mejorar la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas. La biodiversidad por encima y por debajo del suelo está íntimamente relacionada e interactúa a través de relaciones mutualistas (por ejemplo, hongos micorrícicos que conectan las raíces de las plantas).

Los suelos sanos también son la mayor reserva de carbono terrestre del planeta. Esta característica, unida a la función de esponja para absorber el agua y reducir el riesgo de inundaciones y sequías, convierte el suelo en un aliado indispensable para la mitigación del cambio climático y la adaptación a este (World Resources Institute, 2019).

A continuación, ¿qué es un suelo sano?, según la [Estrategia de la UE para la Protección del Suelo para 2030](#):



¿QUÉ ES UN SUELO SANO?

Los suelos están sanos cuando se encuentran en buen estado químico, biológico y físico y por tanto, pueden proporcionar de forma continua tantos servicios ecosistémicos indicados a continuación como sea posible:

- proporcionar alimentos y producción de biomasa, en particular en la agricultura y la silvicultura;
- absorber, almacenar y filtrar el agua y transformar los nutrientes y las sustancias, protegiendo de este modo las masas de agua subterránea;
- sentar las bases de la vida y la biodiversidad, en particular los hábitats, las especies y los genes;
- ejercer de depósito de carbono;
- proporcionar una plataforma física y servicios culturales para las personas y sus actividades;
- actuar como fuente de materias primas;
- constituir un archivo del patrimonio geológico, geomorfológico y arqueológico.

Fuente: elaboración propia

El comité del Grupo de Expertos de la Comisión había abogado por que el 75 % de los suelos de la Unión Europea (UE) estuvieran sanos o mejorando de aquí a 2030. Conocer la salud de un suelo es muy importante para los agricultores, los silvicultores y los propietarios de tierras, pero también para los bancos, las autoridades públicas y muchas otras partes interesadas.

«salud del suelo»: es el estado físico, químico y biológico del suelo que determina su capacidad para funcionar como un sistema vivo vital y para prestar servicios ecosistémicos.

Sin embargo, nuestros suelos están sufriendo. Se ha calculado que aproximadamente entre el 60 % y 70 % de los suelos de la UE no están sanos (Comisión Europea, 2020). La tierra y el suelo siguen siendo objeto de graves procesos de degradación (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2019), como la erosión, la compactación, la pérdida de materia orgánica, la contaminación, la pérdida de biodiversidad, la salinización y el sellado. Estos daños son la consecuencia del uso y la gestión insostenibles

del suelo, la sobreexplotación y las emisiones de contaminantes.

El 17 de junio de 2024 se publicó la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la vigilancia y la resiliencia del suelo ([Ley de vigilancia del suelo](#)).

“La finalidad de la Directiva es establecer un marco sólido y coherente de vigilancia del suelo aplicable a todos los suelos de la Unión [...], mejorar continuamente la salud de los suelos de la Unión y mantenerla y abordar todos los aspectos relativos a la degradación del suelo para que los suelos alcancen un buen estado de aquí a 2050, [...] de forma que puedan prestar servicios ecosistémicos múltiples a una escala suficiente para satisfacer las necesidades medioambientales, sociales y económicas, prevenir y mitigar los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, aumentar la resiliencia frente a las catástrofes naturales y como garantía de la seguridad alimentaria y reducir la contaminación del suelo a niveles que no se consideren ya nocivos para la salud humana y el medio ambiente.”

La Directiva establece un marco y medidas relativas a:

- a) la vigilancia y la evaluación de la salud del suelo;
- b) la gestión sostenible del suelo;
- c) la gestión de terrenos contaminados

Dentro de la propuesta de la Ley de vigilancia del suelo disponemos del Anexo III donde se proponen unos principios rectores para la gestión sostenible del suelo:

- a) evitar dejar el suelo desnudo mediante el establecimiento y el mantenimiento de cubierta vegetal, especialmente durante períodos sensibles desde el punto de vista medioambiental;
- b) minimizar toda alteración física del suelo;
- c) evitar la utilización de insumos o la liberación al suelo de sustancias capaces de poner en peligro la salud humana o el medio ambiente, o de degradar la salud del suelo;
- a) velar por que el uso de la maquinaria se adapte a la resistencia del suelo y limitar el número y la frecuencia de las operaciones en los suelos para no comprometer la salud del suelo;
- b) cuando se apliquen fertilizantes, garantizar su adaptación tanto a las necesidades de las plantas y de los árboles del lugar y en el período de que se trate como al estado del suelo, y priorizar las soluciones circulares que enriquezcan el contenido orgánico;
- c) en el caso del riego, maximizar la eficiencia de los sistemas de riego y de la gestión del riego, y garantizar que, cuando se use agua residual reciclada, la calidad del agua cumpla



los requisitos establecidos en el anexo I del Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo y que, cuando se use agua de otras fuentes, esta no degrade la salud del suelo;

- d) garantizar la protección del suelo mediante la creación y el mantenimiento de elementos paisajísticos apropiados al nivel del paisaje (este principio no se aplica a los suelos forestales);
- e) usar especies adaptadas al lugar en el cultivo de productos agrícolas, plantas o árboles cuando esto pueda prevenir la degradación del suelo y contribuir a la mejora de la salud del suelo, teniendo también en cuenta la adaptación al cambio climático;
- f) garantizar la optimización de los niveles de agua en los suelos orgánicos [...] para evitar un efecto negativo en su estructura y su composición [...]; (Este principio no se aplica a los suelos urbanos).
- g) en el caso de los cultivos, garantizar la rotación y diversidad de cultivos, teniendo en cuenta las distintas familias de cultivos, los sistemas radiculares, las necesidades de agua y nutrientes, y la gestión integrada de plagas;
- h) adaptar el movimiento del ganado y el período de pastoreo, teniendo en cuenta los tipos de animales y la carga ganadera, de manera que no se ponga el peligro la salud del suelo ni se reduzca la capacidad de este para proporcionar pasto;
- i) en caso de pérdida [...] conocida de una o más funciones que reduzca sustancialmente la capacidad de los suelos para prestar servicios ecosistémicos, aplicar medidas

específicas para [...] restablecer esas funciones del suelo.

Los instrumentos económicos, entre ellos los de la política agrícola común (PAC) que proporcionan apoyo a los agricultores, desempeñan un papel crucial en la transición hacia la gestión sostenible de los suelos agrícolas y, en menor medida, de los suelos forestales. La PAC tiene por objeto, entre otros, promover la salud del suelo a través de la aplicación de la condicionalidad, los regímenes ecológicos y las medidas de desarrollo rural. El apoyo financiero a los agricultores y silvicultores que aplican prácticas de gestión sostenible del suelo también puede proceder del sector privado ([Ley de vigilancia del suelo](#)).

La nueva PAC ha introducido una condicionalidad mejorada para la protección del medio ambiente. **La condicionalidad establece la base para compromisos agrícolas más ambiciosos y sostenibles a través de prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente y con el clima en el marco de los programas ecológicos y de las intervenciones de desarrollo rural.**

Así, la propuesta de Eco-regímenes se basa en 7 prácticas concretas, que cubren todos los usos posibles del suelo, es decir, pastos permanentes y temporales, tierras de cultivos herbáceos y tierras de cultivos permanentes. P1: Pastoreo Extensivo; P2: Islas de Biodiversidad en las superficies de pastos o Siega sostenible (Pastos húmedos y/o Mediterráneos); P3: Rotación de Cultivos con Especies Mejorantes (Tierra de cultivo de secano, tierra de cultivo secano húmedo y/o Tierra Cultivo Regadío); P4: Siembra Directa (Tierra Cultivo Secano, Tierra Cultivo Secano Húmedo y /o Tierra cultivo Re-

gadío); P5: Eco-regímenes de Espacios de Biodiversidad (Tierras de Cultivo y Cultivos Permanentes); P6: Cubiertas vegetales espontáneas o sembradas y P7: Cubiertas inertes de Restos de Poda

El papel de los servicios de asesoramiento tanto en la agricultura como en la silvicultura es absolutamente fundamental para ayudar a los usuarios de la tierra. En el caso de los suelos agrícolas, la acción local debe estimularse estrechamente y fomentarse con apoyo suficiente desde los servicios de asesoramiento a las explotaciones y de los [Sistemas de Conocimiento e Innovación Agrícolas \(AKIS\)](#) de los planes estratégicos de la PAC.

Atendiendo a todo lo anterior, el manejo sostenible del suelo agrícola es fundamental para mantener la productividad a largo plazo y la salud del medio ambiente. Un suelo sano es aquel que tiene una estructura adecuada, buena porosidad, fertilidad, y biodiversidad microbiana, lo que permite una buena retención de agua, la adecuada circulación de aire y la disposición de nutrientes esenciales para las plantas. Para mantener y mejorar la salud del suelo, es importante adoptar prácticas agrícolas que promuevan la conservación de estos factores, evitando la degradación y la pérdida de nutrientes.



Tecnologías y herramientas disponibles

La clave en el suelo está en los distintos manejos agronómicos que se deben/pueden hacer en los campos de cultivo.

Las prácticas clave para el manejo de suelos agrícolas sanos incluyen:

- 1. Rotación de cultivos:** diversificar los cultivos ayuda a prevenir el agotamiento de nutrientes específicos y reduce la incidencia de plagas y enfermedades. Además, algunas plantas, como las leguminosas, pueden fijar nitrógeno en el suelo, mejorando su fertilidad.
- 2. Uso de abonos orgánicos y compost:** los fertilizantes orgánicos mejoran la estructura del suelo, aumentan la actividad biológica y contribuyen a la retención de humedad. El compost también ayuda a mejorar la capacidad de retención de nutrientes y a aumentar la biodiversidad del suelo.
- 3. Cobertura del suelo (cultivos de cobertura):** mantener el suelo cubierto con plantas de cobertura reduce la erosión, mejora la infiltración de agua y proporciona materia orgánica al suelo. Estas plantas también pueden ayudar a suprimir el crecimiento de malezas.
- 4. Conservación de la humedad del suelo:** utilizar técnicas como el riego por goteo o la aplicación de *mulching* (acolchado) ayuda a mantener la humedad en el suelo, lo cual es crucial en zonas áridas o semiáridas.
- 5. No labranza o labranza mínima:** minimizar el disturbio del suelo mediante la labranza

reducida o el sistema de no labranza permite preservar la estructura del suelo, mejora la actividad biológica y reduce la erosión. También favorece la retención de carbono en el suelo.

- 6. Control de la erosión:** implementar barreras físicas como terrazas o zanjas de drenaje puede prevenir la pérdida de suelo por erosión, especialmente en terrenos inclinados. La vegetación también juega un papel importante en la estabilización del suelo.
- 7. Manejo adecuado de los nutrientes:** la aplicación precisa y balanceada de fertilizantes, tanto químicos como orgánicos, basada en las necesidades del cultivo y en análisis de suelo, es esencial para evitar el exceso de nutrientes que puede llevar a la contaminación de aguas subterráneas y la pérdida de biodiversidad.

En resumen, el manejo de suelos agrícolas sanos busca equilibrar la producción con la conservación del medio ambiente, asegurando la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura. Mediante prácticas que respeten y fomenten la vida del suelo, es posible mejorar su salud, prevenir su degradación y optimizar la producción agrícola, al tiempo que se contribuye a la mitigación del cambio climático y a la conservación de los recursos naturales.

A continuación, se presentan una serie de experiencias y proyectos alrededor de la conservación del suelo detectados en ámbito estatal, que muestran algunos casos de éxito y ejemplos para alcanzar un manejo adecuado del suelo agrícola en nuestro territorio.

Experiencias de éxito

AEAC – Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos

La Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV) es una organización que tiene como objetivo promover y difundir la agricultura de conservación en España. Esta metodología se centra en la mejora de la sostenibilidad de los suelos agrícolas, así como en la conservación de los recursos naturales y la mejora de la biodiversidad. La AEACSV juega un papel crucial en la sensibilización y formación de los agricultores y otros actores del sector agroalimentario sobre las ventajas y prácticas de la agricultura de conservación.

Los principales objetivos de la Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos son:

- **Promover la agricultura de conservación:** Fomentar la adopción de prácticas agrícolas que respeten y favorezcan la salud del suelo, tales como el mínimo laboreo, la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura.
- **Proteger y mejorar la calidad del suelo:** La agricultura de conservación tiene un enfoque primordial en la protección del suelo contra la erosión, la compactación y la pérdida de nutrientes, promoviendo su regeneración y la mejora de su estructura.
- **Fomentar la sostenibilidad agroambiental:** Contribuir a la sostenibilidad del medio ambiente mediante la reducción de la dependencia de insumos externos como fertilizantes y pesticidas, y favoreciendo la biodiversidad en los sistemas agrícolas.



- **Capacitación y sensibilización:** Ofrecer formación a los profesionales del sector agrícola y sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de un enfoque agrícola más responsable y respetuoso con el medio ambiente.

Principales prácticas de la Agricultura de Conservación:

La agricultura de conservación se basa en tres principios fundamentales que la AEACSV promueve activamente:

- 1. Mínima alteración del suelo:** el laboreo se reduce al mínimo para evitar la destrucción de la estructura del suelo y la pérdida de materia orgánica. Las técnicas como el labrado superficial o la siembra directa son comunes en este enfoque.
- 2. Cobertura permanente del suelo:** El uso de cultivos de cobertura o la siembra de plantas que protejan el suelo entre cosechas es una práctica habitual. Esto ayuda a prevenir la erosión, mejora la retención de agua en el suelo y aumenta la materia orgánica.
- 3. Rotación y diversificación de cultivos:** La rotación de cultivos y la diversificación de especies agrícolas son esenciales para evitar la degradación de los suelos y promover un ecosistema más equilibrado. Estas prácticas ayudan a reducir las plagas y enfermedades, mejoran la estructura del suelo y contribuyen a la fertilidad natural del mismo.

Los beneficios de la agricultura de conservación son amplios y abarcan tanto aspectos medioambientales como económicos y sociales. Entre los principales beneficios se incluyen:

- a. Mejora de la salud del suelo:** Las prácticas de conservación contribuyen a la regeneración de los suelos, incrementando su capacidad de retención de agua, la biodiversidad microbiana y la cantidad de materia orgánica.
- b. Reducción de la erosión y mejora de la retención de agua:** Los suelos que se gestionan de manera conservacionista son menos susceptibles a la erosión y tienen una mayor capacidad para almacenar agua, lo que es particularmente relevante en zonas propensas a sequías o lluvias torrenciales.
- c. Disminución de los insumos químicos:** La agricultura de conservación permite reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas, lo que contribuye a la disminución de la contaminación del agua y el suelo.
- d. Aumento de la rentabilidad:** Aunque las inversiones iniciales en el cambio de prácticas agrícolas pueden ser elevadas, a largo plazo la agricultura de conservación puede resultar más rentable debido a la reducción de costes asociados a insumos como fertilizantes y maquinaria.
- e. Contribución al cambio climático:** Al promover prácticas que incrementan la cantidad de carbono almacenado en el suelo, la agricultura de conservación puede contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

La AEACSV desempeña un papel fundamental en la transformación del sector agrícola español hacia una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. A través de la difusión de las técnicas de agricultura de conservación, la Asociación contribuye a la mejora de la salud de los suelos, la conservación del medio ambiente y la reducción de los impac-

tos negativos de la agricultura convencional. Además, la AEACSV promueve un modelo de agricultura que no solo beneficia al medio ambiente, sino que también es económicamente viable y socialmente beneficioso.

El crecimiento de la adopción de la agricultura de conservación en España, impulsado por organizaciones como la AEACSV, es clave para asegurar un futuro más sostenible para la agricultura, adaptado a los retos del cambio climático y la escasez de recursos naturales.

SECS, Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS)

La Sociedad Española de Ciencias del Suelo es una organización científica y profesional dedicada al estudio y la promoción de la ciencia y tecnología del suelo. Su objetivo principal es promover la investigación, el desarrollo y la difusión del conocimiento sobre el suelo en sus diversos aspectos, incluyendo su conservación, manejo y uso sostenible.

A través de diversas actividades, como congresos, publicaciones científicas, y cursos de formación, la SECS facilita el intercambio de información entre profesionales del sector, incluyendo a científicos, ingenieros agrónomos, y otros expertos relacionados con la gestión del suelo. También se involucra en la creación de normativas y en la sensibilización sobre la importancia de la preservación del suelo en el contexto de desafíos globales como el cambio climático, la agricultura sostenible y la biodiversidad.

En resumen, SECS España trabaja para avanzar en **el conocimiento y el manejo responsable**



de los suelos, tanto en el ámbito académico como profesional, promoviendo prácticas sostenibles y el intercambio de conocimiento entre diferentes disciplinas.

La salud del suelo es un tema central en la agricultura sostenible, esencial para el futuro de nuestra alimentación y del planeta. En esta entrevista, exploramos cómo cuidar el suelo, cómo mejorar su fertilidad y por qué debemos verlo como un ser vivo que necesita protección. Hablar del **suelo como un ser vivo ayuda a entender que, como tal, necesita cuidado y equilibrio**. Al igual que cualquier organismo, su salud depende de su interacción con los microorganismos, la materia orgánica y los nutrientes.

Es fundamental un enfoque holístico que considere la interacción de microorganismos, la materia orgánica y el carbono. La materia orgánica es esencial. Aunque solo representa una pequeña fracción del suelo, tiene un impacto enorme en su fertilidad y en la capacidad de retener carbono, contribuyendo al secuestro de CO₂ y la sostenibilidad del suelo a largo plazo.

Entre las estrategias que se promueven están la **rotación de cultivos, el uso de cubiertas vegetales, y la adición de materia orgánica de calidad**. El uso de enmiendas orgánicas también es clave para mejorar la salud del suelo, y se recomienda evitar insumos que puedan contaminarlos. El uso de cubiertas vegetales y **bioinsumos como microalgas o aminoácidos es cada vez más popular**. Estos productos ayudan a mejorar la materia orgánica y el carbono en el suelo, reduciendo la dependencia de fertilizantes minerales. Otro punto problemático es la fijación de nitrógeno: aunque algunas bacterias del suelo son capaces de fijar nitrógeno,

esto a veces no es suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. Es importante comprender la relación entre nitrógeno, microorganismos y la fertilidad del suelo, y evitar soluciones demasiado optimistas o insostenibles.

El compost es una de las principales fuentes de materia orgánica para el suelo. Cuando se aplica correctamente, mejora la estructura del suelo y aumenta la biodiversidad de este. Sin embargo, es fundamental no caer en la sobre-fertilización, ya que esto puede tener efectos negativos, así pues, reemplazar los fertilizantes minerales por orgánicos contribuye a reducir la huella de carbono y mejora la salud del suelo a largo plazo. La **clave es aplicar los productos adecuados en las cantidades correctas**.

Existe una gran cantidad de información sobre salud del suelo, pero está desorganizada y es difícil de interpretar. Es esencial que los agricultores tengan acceso a datos claros y prácticas recomendadas que puedan aplicar en sus tierras. La armonización de los datos sobre salud del suelo entre los países ha sido complicada, lo que dificulta que los agricultores reciban información clara y útil.

La agricultura sostenible es un camino que debe ser recorrido por todos. Cuidar el suelo es una inversión en el futuro de la agricultura y de nuestro planeta. Es fundamental proporcionar a los agricultores las herramientas, el apoyo y la información que necesitan para hacer de este cambio una realidad.

AGRACÓN, Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación

En 1995 se fundó la Asociación Nacional de Agricultura de Conservación y Suelos Vivos, inspirada en modelos de Argentina y América Latina, donde ya existían asociaciones de productores. En 1998 se organizó un congreso en Aragón que reunía a agricultores interesados en la agricultura de conservación. Un año después, en 1999, se fundó la Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación, la cual sigue

Imagen 13: Cubierta Vegetal



Fuente: Cortesía de Agracón para la Ilustración de esta guía



siendo un actor clave en la promoción de estas prácticas. En la actualidad, la asociación cuenta con 430 agricultores asociados, la mayoría de Aragón (80%) y el resto de otras partes de España, incluyendo Salamanca, Badajoz, León, Cataluña, Navarra, Castilla La Mancha y Asturias.

La asociación ha creado un modelo basado en “explotaciones espejo”, donde se seleccionan agricultores referentes en diferentes zonas climáticas. Estos agricultores actúan como modelos de buenas prácticas, y su experiencia se difunde entre otros agricultores de la región mediante jornadas de campo, publicaciones y videos.

Este enfoque busca replicar las buenas prácticas agrícolas en diferentes áreas, adaptándolas a las condiciones climáticas específicas de cada zona. Aunque no realizan grandes estudios científicos, la asociación se enfoca en

Imagen 14: Jornada de campo



Fuente: Agracón

ensayos a pequeña escala y en la demostración práctica de técnicas en el campo. El intercambio de conocimientos entre agricultores es más empírico y orientado a la experimentación práctica.

Se reconoce la **importancia del intercambio de experiencias entre agricultores**, pero con el apoyo **de asesores técnicos que aseguren que los mensajes sean correctos y las soluciones sean eficaces**. Los agricultores necesitan recibir asesoramiento profesional para evitar malentendidos o prácticas incorrectas.

La asociación se enfoca principalmente en el manejo de cultivos extensivos y la siembra directa, aunque también se trabaja con aspectos como las cubiertas vegetales en algunos cultivos. Se observa una mejora significativa en la conservación de suelos y en el manejo agroecológico a lo largo del tiempo.

La **siembra directa ayuda a prevenir la erosión desde el inicio**, sobre todo en zonas con lluvias intensas. La cobertura del suelo evita la formación de cárcavas, a diferencia de los campos de labranza convencional. Además, la práctica favorece la regeneración biológica del suelo, como el aumento de materia orgánica y la presencia de lombrices y hongos descomponiendo residuos. Este tipo de suelo, más fértil y biológicamente activo, es apreciado por los agricultores.

Los suelos **mejoran su contenido de materia orgánica**, que es uno de los aspectos más destacados. A lo largo

de varios años de siembra directa, los suelos pueden **aumentar su contenido de materia orgánica de 1,5% a entre 2,2% y 2,8%, alcanzando a veces hasta el 3%**. Este aumento se debe a la menor oxidación de la materia orgánica (menos laboreo) y el uso de fertilización orgánica (como purines, estiércol de porcino, avícola y ovino), lo que mejora la estructura del suelo y aumenta la retención de nutrientes.

Uno de los beneficios más destacados de la siembra directa es la reducción de insumos. Se ha observado una disminución del 50% en el consumo de gasóleo y una reducción del 55% en las horas de trabajo de los tractores, lo que se traduce en ahorro económico y menor desgaste de maquinaria. Esto también contribuye a reducir las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles fósiles.

En cuanto a los fertilizantes, se reduce el uso de potasa y fósforo gracias a la recirculación de nutrientes en el suelo (por ejemplo, a través de la paja que queda como cobertura). El nitrógeno, sin embargo, sigue siendo necesario en función de las necesidades de cada cultivo. A medio plazo (entre 3 y 5 años), los agricultores pueden reducir estos insumos, lo que también contribuye al ahorro.

Un mito común sobre la siembra directa es que lleva a un mayor uso de fitosanitarios. Sin embargo, esto no necesariamente ocurre si se realiza una adecuada rotación de cultivos. El monocultivo, típico en muchos sistemas de laboreo, favorece la proliferación de plagas y enfermedades, lo que obliga a usar más productos fitosanitarios. Por el contrario, con una rotación adecuada de cultivos (como alternar cereales con leguminosas y oleaginosas), se



pueden controlar estas plagas sin necesidad de recurrir en exceso a los químicos.

Un enfoque comúnmente erróneo es priorizar la obtención de más kilos, pero la rentabilidad no siempre aumenta proporcionalmente con más producción. En algunos casos, un agricultor puede producir más, pero a un coste mayor, lo que reduce su rentabilidad. El objetivo es mejorar la rentabilidad, no simplemente aumentar los rendimientos. Se enfoca en la reducción de costes (como el gasóleo y las horas de trabajo), sin sacrificar la productividad media.

La transición a prácticas más sostenibles, como la siembra directa, lleva entre 3 y 5 años. Durante este tiempo, se espera que los agricultores aprendan y ajusten sus prácticas. En los primeros años, el objetivo es no reducir la productividad y evitar grandes errores que podrían afectar la producción. Tras el período de aprendizaje, se pueden esperar mejoras del 5-10% en la productividad y entre un 10-20% en rentabilidad.

Pero ¿Y qué aspectos influyen en la adopción de técnicas agrícolas innovadoras, como la siembra directa?, desde Agracón destacan principalmente dos barreras: la **incertidumbre y el entorno social**. Los agricultores deben esperar mucho tiempo (9-12 meses) para ver resultados económicos, lo que incrementa la ansiedad. Sin embargo, la formación y el acceso a información pueden reducir esta incertidumbre. Aunque la información está fácilmente disponible a través de internet, la adopción de nuevos métodos requiere tiempo y compromiso, lo que a menudo resulta un desafío. El factor social es más determinante. La presión del entorno, tanto familiar como comunitario, pue-

de ser un obstáculo significativo. En muchas explotaciones familiares, la innovación es vista con escepticismo, y los agricultores que intentan cambiar enfrentan críticas, lo que puede desmotivarlos. La presión de “siempre se ha hecho así” es muy fuerte, y algunos agricultores, especialmente los más jóvenes, luchan por convencer a generaciones o perfiles más conservadores, que suelen ser los más reacios al cambio.

La **formación es clave para reducir la incertidumbre**. Sin embargo, no basta con que alguien te explique cómo hacerlo en poco tiempo; se necesita un esfuerzo real de aprendizaje. La correcta comprensión de los principios agronómicos detrás de la siembra directa permite a los agricultores tomar decisiones informadas y sentir confianza en su trabajo, incluso si los resultados iniciales no son los esperados.

La siembra directa es una técnica agrícola en constante evolución e innovación, enfocada en adaptar prácticas a las necesidades locales para maximizar sus beneficios. A lo largo del tiempo, la siembra directa se ha simplificado a tres conceptos clave: no laborear el suelo, mantener una cobertura vegetal y practicar la rotación de cultivos. Sin embargo, estos elementos son solo una parte de una visión más amplia sobre la conservación y el cuidado del suelo. En este contexto, se destaca el **concepto de agricultura siempre verde**, que se considera **un cuarto pilar dentro de la agricultura de conservación**.

Una de las grandes innovaciones en este campo es el uso de cultivos de servicio o *cover crops*, que son plantas sembradas para proporcionar múltiples beneficios agronómicos y ecosistémicos. Estos cultivos no solo cubren el suelo,

Imagen 15: Siembra directa



Fuente: Agracón



sino que aportan hasta 25 servicios diferentes, como la mejora de la estructura del suelo, la protección contra la erosión y la estimulación de la biodiversidad. El desafío de adaptarlos a diferentes climas, como el mediterráneo, ha llevado a experimentar con hierbas espontáneas de verano, que, aunque inicialmente vistas como malas hierbas, están siendo manejadas de manera que aporten valor al sistema agrícola, aprovechando la adaptación natural al clima árido.

El uso de estas hierbas como cobertura vegetal en verano no solo es un ahorro económico, sino que también ofrece un beneficio directo a los cultivos principales, debido a los efectos de la simbiosis y la mejora del suelo. Este cambio de mentalidad, donde se busca ver las “malas hierbas” como herramientas útiles, está siendo promovido mediante demostraciones prácticas en el campo. Los agricultores que observan los resultados en parcelas experimentales pueden comprender de manera directa los beneficios de este enfoque.

El trabajo en cambiar la mentalidad del agricultor y en la observación del campo es fundamental para que estas técnicas se implementen a gran escala. La clave es mostrar, en la práctica, que estas prácticas de conservación no solo son viables, sino que mejoran la salud del suelo y la productividad de los cultivos.

Por último, el papel de las instituciones ha mejorado en los últimos años, especialmente en lo relacionado con el suelo y la agricultura de conservación. Por ejemplo, los “ecorregímenes” de la PAC, que ofrecen incentivos para la siembra directa y prácticas agrícolas sostenibles. Además, las administraciones están colabo-

rando en la formación y en la financiación de proyectos de investigación relacionados con la gestión del suelo y el cambio climático.

SOS Suelo. Evaluación de la calidad del suelo en diferentes agroecosistemas y determinación de indicadores para un manejo sostenible

Las políticas comunitarias buscan fomentar un manejo sostenible, especialmente en ecosistemas agrarios, pero el manejo adecuado a nivel individual es crucial para preservar las funciones del suelo a largo plazo. En este contexto, el proyecto “S.O.S. Suelo” tiene como objetivo evaluar la calidad del suelo en agroecosistemas de Aragón, aplicando un enfoque integral y multidisciplinario. El proyecto busca promover prácticas sostenibles para mantener la salud del suelo. Este proyecto forma parte del Plan Complementario de I+D+i de Agroalimentación AGROALNEXT, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea (Next Generation EU).

Aunque no es estrictamente un proyecto de investigación, sí tiene un enfoque demostrativo. Este proyecto se enfoca en evaluar la salud de los suelos agrícolas mediante metodologías sencillas y accesibles, complementando los análisis de laboratorio con indicadores cualitativos que proporcionan una visión más amplia del estado de los suelos. El objetivo es **entender cómo los diferentes métodos de manejo del suelo afectan la calidad de este, no solo en términos de producción agrícola, sino también en relación con la biodiversidad, la conservación del agua y el uso eficiente de los nutrientes.**

El estudio incluye parcelas seleccionadas en diversas zonas de Aragón, donde se comparan suelos con diferentes tipos de manejo agrícola (convencional, siembra directa y ecológico). Estas parcelas han sido manejadas de forma diferente durante los últimos 10-15 años.

Se han seleccionado una serie de indicadores, como la biodiversidad y el carbono orgánico del suelo, para analizar cómo los diferentes manejos afectan estos aspectos. En términos de biodiversidad, se observó que los suelos con manejo ecológico tenían mayor biodiversidad que los manejados convencionalmente, y que el carbono orgánico, aunque muestra una tendencia positiva, no mostró diferencias tan claras.

La biodiversidad fue significativamente mayor en el manejo ecológico, seguida de la siembra directa y, finalmente, del manejo convencional. Sin embargo, el carbono orgánico no presentó un aumento claro, especialmente en las capas más profundas del suelo. Este hecho parece estar estrechamente relacionado con un aspecto importante en cuanto al manejo de los residuos de cosecha, ya que, aunque en algunos casos se labra el terreno, los residuos de la cosecha anterior se dejan sobre el suelo o se incorporan al mismo. Esto contribuye a mitigar la pérdida de carbono orgánico en el suelo, aunque no completamente, lo que hace que la diferencia con respecto a la siembra directa no sea tan significativa.

También se analizaron cultivos leñosos como viñas, olivos y almendros, en zonas mediterráneas de Aragón, con diferentes estrategias de manejo (por ejemplo, mantenimiento de cubiertas vegetales versus labranza). En las zonas



Imagen 16: suelo con cobertura vegetal



Fuente: SOS Suelos.

de mayor precipitación, se utilizaban cubiertas vegetales entre las filas de plantas para reducir la erosión y mejorar la biodiversidad.

El proyecto busca desarrollar metodologías y herramientas sencillas y prácticas para que los agricultores puedan medir y seguir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de sus parcelas. El objetivo es que los propios agricultores realicen estas mediciones sin necesidad de formación especializada, aunque algunas metodologías pueden ser más costosas en términos de tiempo y requieren de varias mediciones a lo largo de los años para hacer un seguimiento adecuado de la evolución del suelo.

En el caso de los indicadores, se mencionan 12 que cubren distintos aspectos del suelo, como la materia orgánica, el nitrógeno, y la

biodiversidad microbiana. Se destaca que algunos indicadores son sencillos de aplicar, pero otros requieren un tiempo significativo para obtener los datos deseados. Estos indicadores están basados en investigaciones previas de organismos como el [Departamento de Agricultura de EE. UU.](#) y en iniciativas similares de otras regiones, como el País Vasco, adaptados a las condiciones de Aragón.

Para facilitar la comprensión de estos métodos, se crearon videos tutoriales cortos (de 3 minutos) explicando cómo realizar las mediciones, los cuales están disponibles en la página web del proyecto, junto con el [manual de campo descargable](#).

Si bien el proyecto no tiene como objetivo medir directamente los rendimientos, se ha notado que la reducción de insumos (como fertilizantes y fitosanitarios) puede disminuir costes y, en consecuencia, la huella de carbono, ya que se aplican menos productos sintéticos. Esto es relevante para la sostenibilidad del proyecto y su impacto ambiental.

Como conclusión, el manejo del suelo tiene un impacto importante en la biodiversidad y en algunos aspectos dinámicos de la calidad del suelo, como la actividad microbiana y la capacidad de almacenamiento de agua. Sin embargo, el efecto sobre el carbono orgánico del suelo es menos claro y parece depender de factores más complejos. El estudio también muestra que el uso de cubiertas vegetales pue-

Imagen 17: Técnico realizando mediciones de suelo



Fuente: SOS Suelos.



de ser beneficioso, especialmente en áreas con suficiente precipitación, aunque en zonas secas el manejo se complica y se optan por otras estrategias, como dejar crecer hierbas o utilizar residuos de poda.

En resumen, el proyecto busca proporcionar herramientas prácticas para mejorar la salud del suelo, considerando tanto la sostenibilidad agrícola como los beneficios ambientales, y sigue recolectando datos para evaluar el impacto de diferentes técnicas de manejo a largo plazo.

La Junquera es una finca de 1.100 hectáreas que trabaja con prácticas regenerativas desde 2015 en el **Altiplano Murciano/Granadino**, una de las zonas más desérticas de la Península Ibérica.

Alfonso Chico de Guzmán ha transformado la agricultura familiar al implementar cultivos ecológicos y sostenibles en su finca. Su historia comienza con su padre, quien gestionaba fincas, y su propio interés por la sostenibilidad, impulsado por su formación en Administración de Empresas en Boston. Tras mudarse del entorno urbano al campo, Alfonso diversificó los cultivos familiares, apostando por métodos de agricultura regenerativa, permacultura y reforestación. Métodos que para muchos sonaban extraños, pero que prometían una solución. Además, su finca se ha convertido en un espacio para proyectos de investigación y prácticas regenerativas, como la reforestación, la diversificación de cultivos y la mejora del suelo.

Aunque enfrentan desafíos como sequías, la disminución de las cosechas de cereales y el aumento de los nitratos en el agua, han adoptado técnicas innovadoras, como el **uso de zanjas** para conservar agua y mejorar la biodi-

versidad. También han experimentado con la cría de ganado y la rotación de cultivos, lo que ha mejorado la calidad del suelo a largo plazo. Además, para mejorar la calidad del suelo, protegerlo de la erosión y aumentar su capacidad de secuestrar carbono, se incluyeron **cultivos de cobertura** y se comenzó a enriquecer su materia orgánica con un proyecto de **vermicompostaje** (un proceso de compostaje rápido mediante lombrices de tierra y microorganismos que, además, favorece la economía circular). “Pasamos de dos tipos de cereal a cuatro, y añadimos leguminosas, almendros, pistacheros, manzanos, plantas aromáticas, hortalizas... En cuanto a los animales, antes solo teníamos ovejas, y ahora contamos también con **vacas de raza murciano-levantina**, que están en peligro de extinción. Además, hemos mejorado las técnicas de pastoreo para evitar la degradación de los suelos”, explica Alfonso.

La agricultura ecológica ha tenido buenos resultados, pero la gestión de plagas sigue siendo un desafío. Para combatirlo, han utilizado **tratamientos preventivos y experimentado con fertilizantes orgánicos**. También se destacan por la implementación de nuevas técnicas para almendros y pistachos, como el **uso de algas**, que han dado buenos resultados.

En la finca, la comunidad es un componente importante, con la participación de estudiantes y la mejora de infraestructuras a través de la colaboración con una Academia. Desarrollan proyectos regenerativos y sostenibles de **educación, investigación, emprendimiento y restauración de ecosistemas**. La colaboración con universidades y la creación de una empresa de servicios agrícolas están ayudando a otras fincas a aplicar prácticas más sostenibles.

Por La Junquera pasan también cada año voluntarios que llegan de cualquier parte del mundo. Lo hacen para participar en el **Campamento Altiplano**, un proyecto agrícola-educativo regenerativo que busca restaurar un ecosistema degradado. Destacar también, **Regeneration Academy**, una iniciativa que ofrece formación en el ámbito de la agricultura regenerativa y la restauración de ecosistemas, a la vez que colabora en proyectos de investigación.

Alfonso destaca la importancia de la **PAC (Política Agrícola Común)**, que ha sido clave para la viabilidad económica de su proyecto y ha impulsado a muchos agricultores a adoptar prácticas más sostenibles. A pesar de los retos que enfrentan debido al clima y los recursos limitados, se sienten optimistas y comprometidos con la mejora continua de la finca, enfocándose en la resiliencia frente a la sequía y en la atracción de jóvenes al campo.

Otras iniciativas interesantes y experiencias de éxito localizadas

- Asociación de Agricultura Regenerativa

Agricultura Regenerativa Ibérica es una organización o colectivo que promueve prácticas de agricultura regenerativa en la Península Ibérica (España y Portugal). Este tipo de agricultura se enfoca en restaurar y mantener la salud del suelo, la biodiversidad y los ecosistemas agrícolas, a diferencia de la agricultura convencional que, en muchos casos, ha degradado los suelos y los recursos naturales.



La agricultura regenerativa aboga por técnicas que mejoren la calidad del suelo, como la rotación de cultivos, el uso de cultivos de cobertura, el compostaje, el pastoreo planificado, y la reducción o eliminación de productos químicos sintéticos. El objetivo es no solo ser sostenible a nivel medioambiental, sino también generar sistemas agrícolas que aumenten la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático y otros desafíos.

El grupo Agricultura Regenerativa Ibérica trabaja con agricultores, empresas y organizaciones para promover la adopción de estas prácticas en la región, ofreciendo formación, recursos, y apoyo para la transición hacia modelos agrícolas regenerativos. También podrían estar involucrados en la divulgación de los beneficios de estas prácticas y en la creación de redes de colaboración entre productores y consumidores.

- **Empresa-explotación “Frutos Naturales Orgánicos”**: las fincas agrícolas están ubicadas en un enclave que permite hacer un manejo agroecológico de plagas practicando una agricultura orgánica regenerativa de suelos y un sistema de explotación holística, introduciendo animales en el ecosistema, con el objetivo de lograr un medio con la máxima fertilidad.

Desde 2018, Javier Oros ha estado transformando suelos degradados en fincas de cerezos y almendros a través de prácticas de agricultura ecológica. Al iniciar su proyecto, se encontró con tierras provenientes de la agricultura convencional, caracterizadas por su baja productividad, alta presencia

de plagas y suelos en distintos estados de degradación.

A través de un análisis de suelo, identificaron una alarmante carencia de materia orgánica. Desde entonces, han comenzado a añadir estiércol y a implementar un sistema de pastoreo controlado con ovejas. Como resultado, el contenido de materia orgánica ha aumentado significativamente, de niveles entre 0,6% y 1,3% a cerca del 4%. También han observado un crecimiento espontáneo de alfalfa, que se ha convertido en la planta dominante.

Javier destaca que, gracias a estas prácticas, el suelo ha mejorado en esponjosidad y retención de agua. “Tras las lluvias, el agua ya no se pierde y los almendros lucen más verdes”, comenta. También ha notado una reducción significativa de plagas, como la ausencia de pulgones en sus cultivos.

Para abordar problemas fúngicos y bacterianos, utilizan peróxidos y lactobacilos de masa madre, que generan compuestos antimicrobianos como el ácido láctico y el peróxido de hidrógeno, contribuyendo a la salud de las plantas. “Hemos decidido no aplicar tratamientos químicos ni mecánicos a las malas hierbas, optando por un control manual de plagas y trampas de feromonas, especialmente para el gusano cabezudo”, explica. Otra práctica que llevan adelante para combatir plagas en árboles jóvenes es el uso de lana de oveja y cáscara de almendra en la base a modo de “mulching”.

Además, han instalado cajas para aves insectívoras y rapaces nocturnas, como las lechu-

zas, para controlar la población de ratones. También han plantado flora que atrae polinizadores, como nísperos y castaños de Indias, y aunque han reducido el uso de herbicidas e insecticidas, utilizan un producto orgánico para las moscas de la fruta en los cerezos.

Respecto a los desafíos que enfrentan, Javier señala que muchos agricultores son reacios a adoptar prácticas más regenerativas por miedo a perder rendimientos. Sin embargo, enfatiza la necesidad de difundir los beneficios a largo plazo de estas prácticas, que incluyen la conservación del suelo y la reducción de costos. Para el manipulado y elaboración de productos colaboran con La Asociación de Amas de Casa “A Cerecera” de Bolea y con el Centro de Innovación Gastronómica de Aragón, para mantener tradición e incorporar innovación.

- **OS Biosbardos**, producción en agricultura sintrópica y permacultura, venta directa y participación social, mediante pequeños huertos en producción apadrinados para comedores sociales (hola@osbiosbardos.com // 630 659 127).
- **La huerta de Valpierre**: están poniendo en práctica un complejo sistema de rotaciones, asociaciones de cultivos y, todo ello, de manera ecológica y aplicando principios de permacultura.
- **Proyecto Moseox**, liderado por UPA y con la participación de la **Asociación de Agricultura de Conservación Suelos Vivos**, con quien el ministerio ha firmado un convenio de colaboración para potenciar la agricultura de conservación, basada en tres pilares



fundamentales (rotación de cultivos, no labranza, y mantenimiento de una cubierta vegetal), elementos fundamentales para la lucha contra la erosión de nuestros suelos. El proyecto trata sobre la gestión sostenible del suelo, para el incremento de la materia orgánica y pone a libre disposición una guía de buenas prácticas y material divulgativo.

- Proyecto **GO VID-EXPERT**: que tiene como objetivo facilitar la interoperabilidad y el diagnóstico de la huella de carbono de forma inteligente entre agricultores y bodegas para contribuir a la mitigación del cambio climático en el sector vitivinícola.
- Proyecto **Cubiwood**. **Descubriendo las cubiertas vegetales en cultivos leñosos**, que es una iniciativa puesta en marcha por la Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos, con el objetivo de ayudar a todos los agricultores que quieren hacer una gestión del suelo, de sus parcelas de cultivos leñosos, mediante cubiertas vegetales, aunque está en fase inicial.





2. ASOCIACIONISMO, NUEVOS ENFOQUES Y MARCOS DE ORGANIZACIÓN

Introducción y contexto

La interacción entre las iniciativas de base y las estructuras de gobierno puede presentar desafíos tanto en la teoría como en la práctica al implementar proyectos y políticas de desarrollo regional. Las innovaciones sociales, cuando van más allá de abordar necesidades inmediatas y aspiran a cambios sostenibles, poseen un gran potencial transformador. Sin embargo, para lograrlo, deben ser escalables y provocar cambios en los sistemas de gobernanza. En este sentido, la innovación social puede considerarse como una respuesta de adaptación del sistema para desarrollar nuevas formas de colaboración y alcanzar objetivos sociales comunes. Cabe destacar, además, los programas LEADER/CLLD, que a menudo ofrecen soluciones a estas complejidades.

En términos generales, la innovación social se percibe como un concepto y práctica normativa destinada a mejorar la sociedad. Se centra en satisfacer necesidades sociales y lograr aspiraciones comunes, abarcando los procesos y arreglos necesarios para identificar, evaluar y abordar estos intereses, así como empoderar a grupos en la sociedad. Así, la innovación

social comprende acciones, procesos participativos y resultados que provocan cambios en las relaciones sociales, el empoderamiento colectivo, los arreglos políticos y/o procesos de gobernanza, y que generan mejoras en el sistema social. Por lo tanto, en la literatura existen diversas aplicaciones que buscan una sociedad más equitativa, justa, eficiente, efectiva y sostenible (Castro-Arce & Vanclay, 2020). Entre ellas, encontramos algunas que tratan desde el desarrollo de nuevas ideas, productos y servicios, hasta mejoras en acciones y procesos, así como la adopción de nuevas prácticas sociales, la apertura a espacios creativos, arreglos institucionales novedosos y renovados y formas más democráticas de participación.

Según Castro-Arce K., Vanclay F. (2020), la gobernanza vinculada desde la base se ve favorecida por cinco roles claves de conexión: facilitador de redes, intermediario de conocimiento, intermediario de recursos, agente de transparencia y resolución de conflictos, y defensor de una visión compartida. Todos estos roles de conexión, que se encuentran en diversas formas de asociacionismo, deben ser desempeñados por las iniciativas de innovación social si quieren lograr efectivamente los resultados deseados.

Para el sector agrícola español, la construcción de una estrategia de asociacionismo eficaz se basa en coordinar esfuerzos entre agentes e instituciones clave, guiados por un objetivo común de sostenibilidad económica, social y ambiental (PwC, 2017). En este sentido, Eduardo Moyano Estrada, en la entrevista otorgada al segundo número de la *Revista Savia Rural*, explica que entre las personas vinculadas al sector agrícola español existe una gran cultura asociativa. Sin embargo, también comenta que aún hay asuntos pendientes en materia de vertebración asociativa como, por ejemplo, lograr una **vertebración económica eficaz** de la producción, ya sea mediante cooperativas u organizaciones de productores. Esto implica la integración de las asociaciones de primer grado en estructuras con mayores economías de escala, o bien el desarrollo de estrategias colaborativas entre cooperativas de primer grado para la comercialización conjunta de sus productos. Solo con esta organización, el sector de la producción agraria, que se encuentra en una posición débil dentro de la cadena alimentaria, podrá mejorar su poder de negociación frente a otros actores económicos, como las industrias y las empresas de distribución.



Otro aspecto fundamental que Moyano Estrada resalta es la necesidad de avanzar en la creación de organizaciones interprofesionales en aquellas cadenas de valor que aún no las tienen. Para ello, indica que es necesario que el sector de la producción esté bien estructurado en sus respectivas organizaciones sectoriales, dado que las interprofesiones representan el nivel más avanzado de vertebración económica, ya que integran todas las fases de la cadena alimentaria (producción, industrias, distribución...) con el fin de promover intereses comunes que vayan más allá de los intereses individuales de cada fase. Por esta razón, la existencia de interprofesiones efectivas es el mejor indicador del nivel de desarrollo del sector agroalimentario en un país. A tal efecto, concluye Moyano Estrada, España aún tiene mucho camino por recorrer (Estrada, 2024).

Tecnologías y herramientas disponibles

Entidades Asociativas Prioritarias (EAP): mejora de la eficiencia y competitividad

Desde la **Subdirección General de Competitividad de la Cadena Alimentaria** (SGCCA) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Clemente Mata Tapia, subdirector general de SGCCA, ha destacado varias herramientas y resultados relevantes para el fortalecimiento del asociacionismo en el sector agrícola, ya que se han identificado los desafíos estructurales de la cadena agroalimentaria en España, la cual, aunque es altamente competitiva a nivel nacional e internacional, enfrenta problemas de asimetrías en el poder de negociación o dis-

paridad en el número y la dimensión de los eslabones de la cadena.

Esto genera desequilibrios en el poder de negociación y agrava la situación de los pequeños productores frente a factores externos como la variabilidad climática y las fluctuaciones del mercado.

Para enfrentar estos retos, la SGCCA fomenta el fortalecimiento de organizaciones interprofesionales y la agrupación de la oferta en torno a empresas cooperativas mejor dimensionadas, promoviendo así una mayor integración vertical en beneficio de la colaboración entre los actores de la cadena. Un marco legal fundamental también para ello es la **Ley de la Cadena Alimentaria (Ley 12/2013)**, que busca equilibrar el poder de negociación entre los operadores y combatir prácticas comerciales desleales, y asimismo, facilitando a la vez la integración cooperativa y la mejora de la eficiencia a través de la **Ley de Fomento de la Integración de Cooperativas y otras Entidades Asociativas (Ley 13/2013)**.

En relación con el desarrollo rural, se han implementado diversas medidas de apoyo en el periodo de programación 2014-2022 (PNDR) y también en el periodo 2023-2027 (PEPAC), para entidades asociativas y la sostenibilidad del sector. Sin embargo, persiste la necesidad de fortalecer la colaboración entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas para lograr un mayor impacto. Una evaluación del Programa Nacional de Desarrollo Rural (PNDR) y la Ley de Integración Asociativa ha identificado que 18 de las 20 **Entidades Asociativas Prioritarias (EAP)** actualmente activas representan el 17% de la facturación del

sector cooperativo y el 11% de sus socios, destacando su relevancia.

Clemente Mata pone en valor, y como ejemplo cercano, la integración cooperativa, que ha facilitado un crecimiento significativo para algunas entidades como el **Consorcio de Promoción del Ovino en Zamora**, que logró establecer su propia quesería. A pesar de la reticencia de algunos dirigentes a fusionarse e integrarse, debido a la preocupación por preservar la identidad y representación de sus cooperativas, el éxito de casos como el de **Cobadú en Castilla y León** y el resto de EAP's, ha incentivado el interés en modelos de integración.

Cooperativas de Explotación Comunitaria de la Tierra (CECT): la puerta de entrada para jóvenes al sector productivo

M.^a Francisca Parets Amengual, Directora - Gerente de **Cooperativas Agro-alimentarias Illes Balears**, nos habla sobre las **Cooperativas de Explotación Comunitaria de la Tierra (CECT)**, si bien es una figura legislada desde hace varios años y existen CECT's con un largo, Parets Amengual pone en valor la importancia de **difundir** esta figura de cooperativa para el **ingreso al sector productivo especialmente de jóvenes**, pensando en que la población agraria tiene una edad cada vez más avanzada y próximos a la jubilación o ya jubilados, trayendo esta realidad a la agenda actual, la gestión de esas tierras si no se quiere que caigan en el abandono. **Una opción es la gestión conjunta.**

¿Cuáles son los puntos fuertes de las CECT's y por qué constituyen una puerta de entrada para jóvenes que se quieran dedicar a la actividad productiva? La constitución de la CECT



puede ser entre los diferentes socios desde cero o las personas que quieran asociarse pueden incorporarse a una cooperativa ya existente y conformar una CECT.

Tipos de socios que enmarca la CECT:

- 1. Socios cedentes**, son aquellas personas que ceden sus derechos agrarios productivos, de tierras, PAC, y de bienes como animales, maquinarias, etc. a la Cooperativa, para gestionarlos de manera conjunta. Pero, sin perder la vinculación con el proyecto, ya que ellos son socios de la Cooperativa. Por otro lado, este socio cedente cobra los arrendamientos estipulados en el mercado por estos activos cedidos a la gestión conjunta de la Cooperativa. Además, los socios cedentes no pierden, ni ven recortados sus derechos de ayuda básica a la renta para la sostenibilidad.
- 2. Socio trabajador**, quién trabaja la tierra, y esta es la figura que facilita el ingreso a las personas jóvenes que se quieran incorporar a la actividad y que no tienen efectivos productivos que ceder, pero que pueden gestionar de manera conjunta, todos estos efectivos cedidos por los otros socios y ejercer la actividad agraria. Esta figura permite, que los jóvenes tengan acceso a la seguridad social por cuenta ajena y se garantiza un salario mínimo. Dando a la persona joven que se incorpora una perspectiva de seguridad económica, porque está dentro de un régimen agrario, pero por cuenta ajena, con lo cual, recibe un concepto denominado anticipo (salario mínimo) porque a final de año en función de los resultados de la Cooperativa, se determina si ese anticipo debe ser complementado o no.

- 3. Socio cedente y trabajador**, quién cede efectivos productivos y además colabora en la gestión de estos activos y de los cedidos por otros socios en la cooperativa.

Cooperativas Agro-Alimentarias tiene una larga trayectoria formativa, informativa, en acompañamiento y gestión para la conformación de CECT's y para la incorporación de **jóvenes** al sector, un ejemplo de ello, es el grupo de jóvenes cooperativistas que realizan campus, jornadas y viajes de formación, cursos, etc.

Parets Amengual, comenta que a medida que se va conociendo cada vez más esta figura y viendo el resultado en otras ya constituidas, el modelo se va replicando entre las personas vinculadas al sector, aquellas que quieren ingresar y cooperativas ya constituidas. Solo en Illes Balears, en los últimos 3 años han constituido 9 nuevas CECT's y al día de hoy, hay 3 más esperando por ser constituidas.

Experiencias de éxito

LIFE Innocereal EU, Sostenibilidad y Certificación en la Producción Cerealista Europea

LIFE Innocereal EU es un proyecto transnacional que conecta los elementos de la cadena de valor de la producción cerealista en Europa, con una visión integral de sostenibilidad y neutralidad de carbono. En ella participan países como España, Portugal, Italia y Grecia, los cuales comparten desafíos similares derivados del cambio climático, como reducir el uso de recursos hídricos y la necesidad de prácticas agrícolas más sostenibles en cultivos de secano.

Uno de los elementos clave de LIFE Innocereal EU ha sido su modelo de gobernanza basado en la colaboración activa entre las personas productoras de diferentes regiones. A través de un enfoque participativo y horizontal, el proyecto ha logrado crear un espacio donde la toma de decisiones es compartida y las experiencias se intercambian entre los actores involucrados. Este modelo de gobernanza ha permitido que las decisiones sean más inclusivas, favoreciendo el aprendizaje mutuo y la adaptación de prácticas sostenibles a las realidades locales.



Imagen 18: Participantes jornada Life Innocereal en finca Rabanales



Fuente: LIFE Innocereal

En lugar de una estructura jerárquica tradicional, el proyecto promueve la colaboración entre los distintos actores, desde las personas agricultoras y técnicas hasta las científicas y consumidoras. La relación entre las productoras es fundamental, ya que permite compartir desafíos comunes y encontrar soluciones conjuntas que beneficien a toda la cadena de valor.

Una de las estrategias más destacadas ha sido el desarrollo de un [manual de buenas prácticas](#), que estandariza métodos agrícolas y de gestión para optimizar tanto el rendimiento como la sostenibilidad. Este manual no solo ha sido distribuido entre quienes se dedican a la producción primaria, sino que también se ha acompañado de formaciones participativas donde se fomenta el intercambio de conocimientos.

Las jornadas de campo organizadas por el proyecto son un ejemplo de cómo la gobernanza compartida y el asociacionismo entre agricultores y otros actores clave se han materializado en la práctica. Durante estas jornadas, las productoras tienen la oportunidad de apren-

der unas de otras, intercambiar experiencias y compartir buenas prácticas, lo que fortalece la red de colaboración y permite una adaptación colectiva a los desafíos del cambio climático.

Una de las lecciones clave que ha surgido del proyecto es que la receptividad hacia nuevas tecnologías y prácticas varía dependiendo de la región. En el norte de España, donde la colaboración entre agricultores es más habitual, la adopción de prácticas sostenibles ha sido rápida. En contraste, en el sur del país, donde prevalecen estructuras de explotación más individualistas y una cultura agrícola más conservadora, la resistencia al cambio ha sido mayor.

Esta disparidad ha llevado al equipo de LIFE Innocereal EU a adaptar su metodología de capacitación a las realidades locales, teniendo en cuenta las diferentes dinámicas de trabajo y promoviendo un enfoque inclusivo que respete las tradiciones agrícolas mientras integra la innovación sostenible. La clave ha sido no solo la capacitación técnica, sino también la creación de espacios donde las productoras puedan sentirse parte de una comunidad que apoya la transición hacia prácticas más sostenibles.

El proyecto también está desarrollando un sello de sostenibilidad para certificar los productos derivados de cereales que provienen de fincas que implementan las prácticas sostenibles acordadas en el marco del proyecto. Este sello no solo actúa como un incentivo económico para las productoras, sino que refuerza el sentido de comunidad y de compromiso compartido con la sostenibilidad. A través de esta certificación, las productoras tienen la oportunidad de diferenciarse en el mercado, creando un valor

añadido que beneficia tanto a su rentabilidad como a la del conjunto del sector.

Además, el proceso de certificación ha sido diseñado para que quienes se dedican a la producción primaria puedan colaborar entre sí en la implementación de las prácticas necesarias, garantizando que los esfuerzos hacia la sostenibilidad sean consistentes a lo largo de la cadena de valor.

Para ampliar el impacto del proyecto y consolidar la sostenibilidad de la producción cerealista en Europa, LIFE Innocereal EU también se plantea a futuro establecer vínculos con el sector HORECA (hoteles, restaurantes y cafeterías). Esta colaboración permitiría no solo diversificar los mercados de distribución, sino también sensibilizar a un público más amplio sobre la importancia de consumir productos sostenibles. Al trabajar con este sector, el proyecto fortalecería las redes de colaboración entre productores y consumidores, creando un ciclo virtuoso en el que la sostenibilidad y la economía circular se refuerzan mutuamente.

Por su parte, LIFE Innocereal EU demuestra cómo el asociacionismo y la gobernanza compartida entre las personas vinculadas a la producción primaria pueden ser herramientas poderosas para avanzar hacia una producción cerealista más sostenible y resiliente. La clave del éxito del proyecto radica en la capacidad de quienes producen para trabajar juntos, compartir conocimientos y adaptarse a los retos del cambio climático de manera colectiva. Esta metodología, además de fortalecer la cadena de valor, ha creado una comunidad de agricultores comprometidos con la sostenibilidad y el futuro de la agricultura europea.



Asociación Española de Agricultura de Conservación (AGRACON): Un Modelo de Gobernanza Colaborativa para la Sostenibilidad Agrícola

La Asociación Española de Agricultura de Conservación (AGRACON), fundada en 1995, representa un modelo de asociacionismo exitoso en el ámbito agrícola, basado en la colaboración y el intercambio de conocimientos entre agricultores. Con más de 430 personas asociadas, principalmente de Aragón, AGRACON ha crecido de manera significativa gracias a su enfoque participativo y a la activa utilización de las redes sociales, lo que ha permitido una expansión más allá de su región inicial. Este crecimiento también refleja el compromiso de sus miembros con la agricultura sostenible, en particular con la agricultura de conservación, una práctica que busca preservar la salud del suelo a largo plazo.

La estructura de gobernanza de AGRACON es un reflejo de su compromiso con la colaboración y la toma de decisiones democrática entre sus miembros. La asamblea anual, a la que todas las personas asociadas tienen acceso y voz, es el espacio donde se discuten las principales decisiones. Esta estructura asegura que cada miembro tenga influencia en las decisiones que afectan tanto a la asociación como a la adopción de prácticas agrícolas innovadoras.

La gestión de la asociación recae en una **Junta Directiva** que se reúne trimestralmente y supervisa las actividades y proyectos. Esta estructura organizativa permite a los miembros tener acceso a un enfoque descentralizado y democrático, donde se fomenta la confianza mutua y el respeto por las decisiones colectivas. Un aspecto destacable

es la **independencia política y comercial** de AGRACON, lo que contribuye a mantener la imparcialidad y transparencia, generando una mayor confianza entre los socios.

Uno de los pilares fundamentales de AGRACON es el intercambio de experiencias y conocimiento entre pares. Además de basarse en estudios científicos, AGRACON fomenta el aprendizaje a través de la práctica. Sus miembros comparten las experiencias personales y buenas prácticas mediante jornadas de campo, publicaciones y encuentros en línea, donde se discuten técnicas como la siembra directa y otras estrategias de conservación del suelo. Esta forma de colaboración ha permitido que los miembros de la asociación aprendan unos de otros, adaptando las prácticas a sus realidades locales y climáticas, y mejorando la rentabilidad y sostenibilidad de sus explotaciones.

El uso de redes sociales como Instagram y Twitter ha sido clave para facilitar estos intercambios. Estos canales les permite conectarse y compartir rápidamente sus experiencias, sin necesidad de viajes largos o costosos, lo que aumenta la accesibilidad y la frecuencia de los intercambios.

Además de ser un espacio de intercambio, AGRACON es una plataforma para brindar **apoyo mutuo en momentos de dificultades económicas**. La falta de recursos es una preocupación común entre quienes se dedican a la producción agrícola, por lo que la asociación se ha adaptado con diversas herramientas y recursos para mantener la comunicación constante entre los socios, independientemente de la ubicación o tamaño de explotación.

Pese a ser una organización sin ánimo de lucro, AGRACON ha logrado mantener su viabilidad económica gracias a la fuerte participación de sus asociados. Más del 85% de los ingresos provienen de las cuotas de los miembros, lo que demuestra el compromiso y la inversión de los agricultores en el desarrollo de la asociación. Sin embargo, también es necesario recurrir a subvenciones y patrocinadores para complementar los recursos y mantener la actividad de la asociación, lo que subraya la importancia de los vínculos y alianzas externas.

A pesar de los logros alcanzados por AGRACON, la asociación enfrenta desafíos típicos del sector agrícola, como la diversidad de enfoques entre los socios. Algunos agricultores se centran en obtener una rentabilidad rápida mediante cultivos de alto rendimiento, mientras que otros adoptan prácticas más sostenibles a largo plazo, como la rotación de cultivos y la integración de cultivos de servicio. Esta diversidad de enfoques ha llevado a AGRACON a fomentar un ambiente de colaboración inclusiva, donde se respeta y aprende de las diferentes perspectivas.

Por otro lado, quienes se comprometen con la siembra directa y la conservación del suelo a menudo se enfrentan a la presión de su entorno familiar y social, que puede ser reticente al cambio. La asociación trabaja activamente para superar estas barreras mediante el asesoramiento personalizado, especialmente en un contexto donde la transición hacia nuevas técnicas, como la siembra directa, puede durar entre 3 y 5 años. Es en este contexto donde quienes brindan asesoría técnica un papel crucial, ya que no solo brindan soporte técnico, sino que también actúan como facilitadores



de cambios culturales dentro de las explotaciones agrícolas.

La **formación continua** es otro pilar esencial de la asociación. AGRACON ofrece formación agronómica y técnicas de conservación del suelo, adaptadas a las necesidades de los agricultores y sus contextos específicos. La instrucción se realiza de manera progresiva, para evitar que los agricultores se sientan abrumados, y tienen en cuenta tanto la necesidad de aprender sobre la rentabilidad a largo plazo como la de adoptar prácticas que favorezcan la sostenibilidad del suelo y el entorno. A pesar de la resistencia al cambio que algunos agricultores enfrentan, especialmente en áreas donde predomina la agricultura tradicional, AGRACON ha logrado que muchas de las personas asociadas vean los beneficios tangibles de estas nuevas técnicas.

A futuro, AGRACON tiene la ambición de duplicar la superficie dedicada a la siembra directa en los próximos 5 años. Este objetivo se basa en el enfoque gradual de la innovación y en la necesidad de fomentar la sostenibilidad sin forzar cambios radicales. Para lograrlo, es fundamental continuar con el trabajo colaborativo entre los socios y las instituciones educativas y de investigación, garantizando que los agricultores cuenten con las herramientas necesarias para adaptarse a los cambios del clima y mejorar la salud de sus suelos.

La **gobernanza participativa** de AGRACON, con su estructura democrática y su enfoque inclusivo, es clave para consolidar el impacto del proyecto a largo plazo. La relación de confianza entre los miembros, sumada a los esfuerzos por compartir conocimientos y resolver

problemas comunes, convierte a la asociación en un referente para otros colectivos agrícolas en España y en el ámbito internacional.

Valle y Vega, Cooperativa Ecológica en Granada

La cooperativa Valle y Vega se originó en Granada mediante la fusión de dos asociaciones de pequeños productores que, inicialmente, operaban con intereses propios y sin una colaboración estructurada. La unión de estas asociaciones no solo aumentó su capacidad financiera, sino que también redujo la competencia interna. Ahora, la cooperativa mantiene una planificación de cultivos entre sus agricultoras, que asegura que no se generen excedentes de ciertos productos en los mismos periodos, evitando así el problema de la sobreoferta y estabilizando el mercado local. Esta organización también garantiza una base de precios comunes para todos los productos, reforzando la equidad entre sus miembros.

En su proceso de profesionalización, Valle y Vega desarrolló una estructura que diferencia entre socios productores y socios trabajadores, asignando roles específicos de gestión y operativos. Esta estructura ha resultado en una distribución más clara de responsabilidades y permite que la cooperativa opere de manera eficiente. La cooperativa se ha expandido además en redes nacionales, lo que ha favorecido la negociación de precios y el establecimiento de comunicación constante con otras entidades de producción. Sin embargo, gestionar una

estructura horizontal y mantener activa la participación de todos/as sigue siendo un reto. Los cambios climáticos y la fluctuación de precios requieren respuestas rápidas, y la gobernanza horizontal asegura que cada decisión se tome de manera colectiva, aunque esto puede alargar el proceso.

Imagen 19: Integrantes de Valle y Vega



Fuente: Valle y Vega



A pesar de su éxito en el ámbito ecológico, Valle y Vega enfrenta desafíos económicos relacionados con la dependencia de subvenciones públicas. Las primeras etapas de la cooperativa se apoyaron en microcréditos y fondos privados, pero el acceso a subvenciones sigue siendo un proceso complicado, a menudo entorpecido por requisitos burocráticos y legales. Además, el envejecimiento de su base de asociados y la falta de interés de las nuevas generaciones en la agricultura representan desafíos para su continuidad, sin embargo, están explorando estrategias de motivación y participación para que las personas jóvenes se involucren más, manteniendo así el legado de producción ecológica.

Valle y Vega destaca la importancia de un apoyo técnico y gratuito que permita a asociaciones agrícolas pequeñas acceder a financiamientos y planificar actividades. La cooperativa se ha consolidado como un modelo de asociacionismo eficaz para optimizar recursos, destacando la importancia de reducir la huella de carbono en la logística y distribución. Han implementado rutas de reparto optimizadas y envases sostenibles para sus productos. En paralelo, han reforzado su presencia digital: actualmente, su tienda online representa la mitad de sus ventas, aunque la cooperativa aún busca mejorar sus capacidades en marketing digital para llegar a más consumidores.

Para fortalecer la relación entre quienes producen y quienes consumen, Valle y Vega organiza cada dos años un festival que celebra la tradición y la sostenibilidad. Este evento es un homenaje a los mayores de la comunidad y fomenta el sentido de pertenencia entre quienes cultivan y quienes consumen los productos de

la cooperativa. En este evento, ambos sectores se unen en un espacio de celebración y aprendizaje, promoviendo la conexión entre las personas productoras y sus clientes finales.





3. TRANSFORMACIÓN AGRÍCOLA EN ESPAÑA: DIGITALIZACIÓN Y BIOTECNOLOGÍA VEGETAL PARA LA SOSTENIBILIDAD

Introducción y contexto

La agricultura no solo es crucial para asegurar la seguridad alimentaria global, sino que, ante el crecimiento proyectado de la población mundial —se espera alcanzar los 9.700 millones en 2050 (Naciones Unidas, 2024)—, es esencial adoptar prácticas que optimicen cada vez más el uso de los recursos y promuevan la sostenibilidad de los socio-agroecosistemas. El aumento demográfico, combinado con factores antropogénicos como la urbanización, la industrialización y la degradación ambiental, plantea desafíos significativos para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional (Abbasi, Martinez, & Ahmad, 2022).

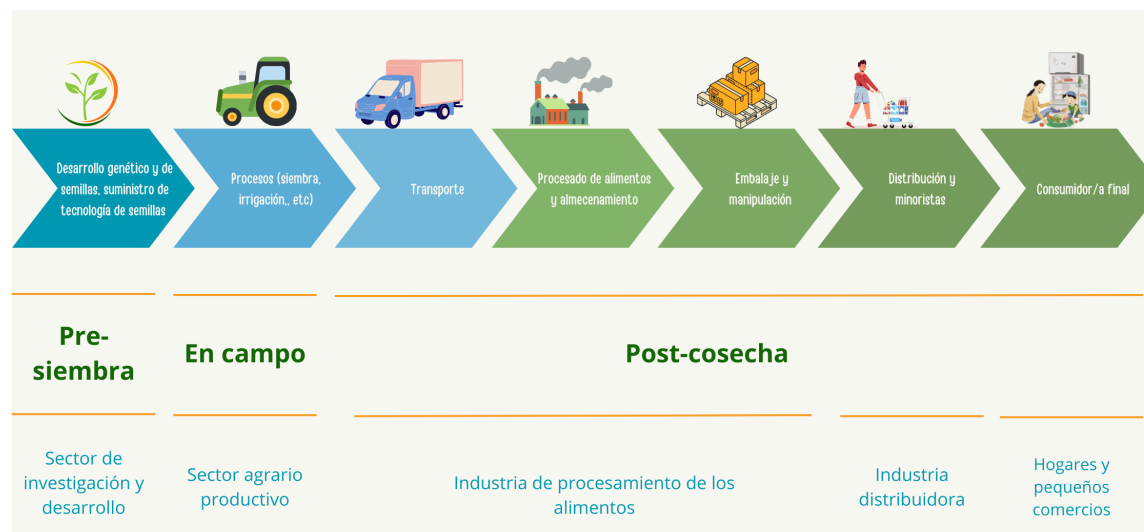
En respuesta a ello, los avances en agricultura de precisión, desarrollo de agroinsumos, biotecnología, mejoras vegetales y digitalización se sofistican constantemente y hoy ofrecen una oportunidad sin precedentes para optimizar la producción y el uso de recursos en este sector estratégico.

En este marco, el desarrollo de agroinsumos y la mejora vegetal juegan un papel fundamental, los primeros por la creciente necesidad en la

producción agrícola de crear insumos cada vez más amables con el ambiente, y que sean además aplicados con mayor precisión, aumentando así la eficiencia de cada dosis incorporada y disminuyendo por ende la cantidad utilizada. Dentro de los denominados agroinsumos, particularmente en cuanto a fitosanitarios Carlos Romero Cuadrado subdirector adjunto de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal del MAPA, enfatizó en la importancia de reducir riesgos deriva-

dos del uso indebido, en lugar de solo disminuir el uso de estos, destacando las diferencias entre la peligrosidad inherente de cada principio activo y la peligrosidad latente por efecto aditivo tras combinar fitosanitarios.. Romero apunta que, para poder sacar adelante estrategias asertivas en este aspecto, es necesario contar con más y mejor información en cuanto al uso de fitosanitarios, pero actualmente solo existen estadísticas limitadas basadas en encuestas. Por

Imagen 20: Esquema de la cadena de valor agrícola. Etapas y funciones



Fuente: Adaptado de Abbasi R. et al (2022).



esta razón, el uso del [Cuaderno de Campo Digital \(CUE\)](#) podría mejorar la recolección de datos sobre el uso real de estos productos en el futuro y no solo de su comercialización.

En este contexto, el Cuaderno de Campo Digital es una herramienta realmente útil para la construcción de indicadores de riesgo y uso. Indicadores que, podrán ser usados por los agricultores para compararse con la media de aplicación de fitosanitarios en su zona y con esta información, llevar adelante acciones para hacer un uso más eficiente de recursos y productos. El objetivo del CUE no es utilizarlo con fines sancionatorios, sino para que cada persona pueda ver su situación en contexto.

Por otro lado, es evidente la progresiva necesidad de obtener variedades de los diferentes cultivos, que estén mejor adaptadas a los nuevos escenarios climáticos y a la creciente demanda de alimentos, que resulta en la exigencia de producir más en menos superficie y de hacer un uso más eficiente de los recursos productivos en general.

Toda esta evolución y avances en los métodos de producción nos llevó al umbral de la denominada Agricultura 5.0, que integra tecnologías avanzadas y sistemas inteligentes para optimizar todos los aspectos de los sistemas productivos, en busca de una mayor sostenibilidad, equidad social, personalización, eficiencia en el uso de insumos y preservación de los recursos naturales.

Entre los componentes de la Agricultura 5.0 se encuentran:

- **Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático**

Utilización de algoritmos avanzados para predecir rendimientos de cultivos, detectar enfermedades y optimizar el uso de recursos.

- **Internet de las Cosas (IoT)**

Implementación de sensores y dispositivos conectados que recopilan datos en tiempo real sobre las condiciones del suelo, el clima y el crecimiento de las plantas.

- **Robótica y Automatización**

Empleo de robots para tareas como la siembra, el riego, la cosecha y el monitoreo de cultivos.

- **Bioteología**

Uso de técnicas genéticas para mejorar la resistencia de los cultivos a plagas y enfermedades, así como para aumentar su rendimiento.

- **Blockchain**

Tecnología de registro distribuido para garantizar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro agroalimentaria.

- **Aplicaciones móviles y análisis de datos**

Automatización de tareas y procesamiento de gran cantidad de datos para la toma de decisiones.

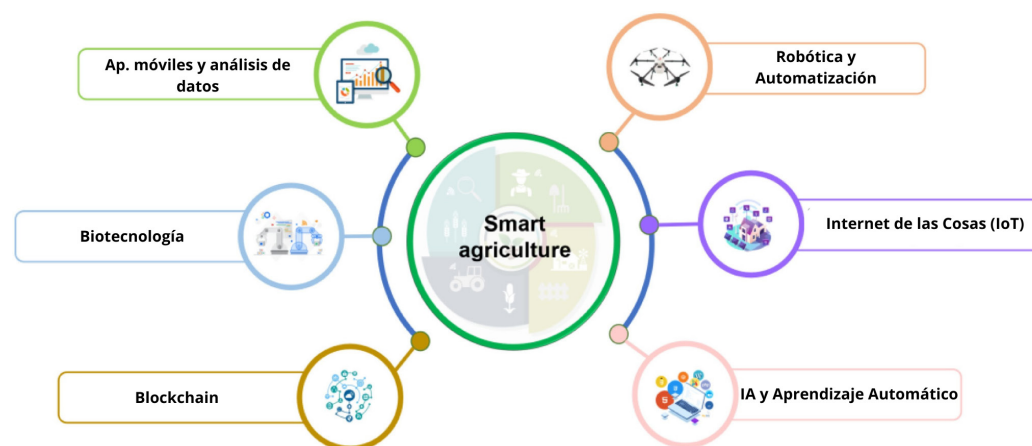
Aunque todas estas innovaciones están cambiando radicalmente las prácticas agrícolas, la producción de alimentos no está exenta de desafíos ([Sadjadi & Fernández, 2023](#)), entre ellos:

Desafíos de infraestructura disponible para una mejor y mayor conectividad:

en España se ha logrado reducir la brecha digital en conexiones de más de 100 Mbps entre áreas rurales y urbanas, siendo a junio de 2023 de solo 7 puntos y, por otro lado, la cobertura de 5G en el sector rural es del 68,93% y la de 4G prácticamente del 100% ([Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, 2024](#)).

Desafíos sociales: la alfabetización digital y el acceso a Internet son fundamentales para fomentar la digitalización, porque la falta de habilidades digitales perpetúa desigualdades.

Imagen 21: Esquema componentes de la agricultura inteligente



Fuente: adaptado de Abbasi R. et al (2022) y Sadjadi & Fernández (2023)



Desafíos de mercado: la colaboración efectiva en cuanto a intercambio de datos entre agricultores, la industria alimentaria y otros actores es crucial.

Desafíos financieros: los altos costes de adquisición de maquinaria y servicios especializados son una barrera significativa. En respuesta a esto, el Gobierno de España lanzó en julio de 2021 una línea de crédito para promover la digitalización en el sector agroalimentario (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023), lo que podría ofrecer nuevas oportunidades para el emprendimiento, especialmente entre los jóvenes.

Pero no todo son desafíos, esta nueva era en la producción agrícola también trae grandes oportunidades para generar cambios socioeconómicos, porque todas estas innovaciones tienen el potencial de transformar el ecosistema agrícola y fomentar la creación de nuevas empresas y startups tecnológicas. En este marco de fomento y apoyo se encuentra, por ejemplo, la estrategia “De la granja a la mesa” de la Unión Europea, que busca entre otras cosas, utilizar tecnologías digitales para mejorar la sostenibilidad del sector agroalimentario.

Con el apoyo del Gobierno y un marco regulatorio adecuado, las innovaciones en el sector agroalimentario pueden traer varios beneficios como, por ejemplo, un aumento de la productividad, mediante la implementación de tecnologías avanzadas que permite a los agricultores maximizar el rendimiento de sus cultivos al optimizar el uso de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas. Los sistemas basados en IA

pueden analizar grandes volúmenes de datos para proporcionar recomendaciones precisas y personalizadas.

Asimismo, se puede lograr una mejora en la sostenibilidad ambiental, ya que, la Agricultura 5.0 promueve prácticas agrícolas sostenibles que minimizan el impacto ambiental. Los sensores IoT y los algoritmos de IA permiten el uso eficiente de recursos naturales, reduciendo el desperdicio y la contaminación.

Por su parte, el uso de la tecnología *blockchain* promovería la optimización de la trazabilidad y transparencia, mediante el registro de cada paso de la cadena de suministro agroalimentaria, desde la producción hasta la distribución. Esto no solo mejora la trazabilidad de los productos, sino que también garantiza la transparencia y la seguridad alimentaria.

Todo ello deriva a su vez en una reducción de costes laborales y operativos, que se evidencia en la automatización y la robótica. Los robots pueden realizar tareas repetitivas y físicamente exigentes con mayor precisión y eficiencia que los humanos.

De esta forma se favorece la creación de entornos más resilientes ante el cambio climático, ya que, la Agricultura 5.0 utiliza datos en tiempo real y análisis predictivos para ayudar a los agricultores a adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes. Esto es crucial para garantizar la seguridad alimentaria en un mundo donde el cambio climático es una realidad acuciante.

La colaboración entre centros de investigación, startups y empresas tecnológicas será esencial

para impulsar la innovación y reducir la fragmentación en la implementación de nuevas soluciones.

Tecnologías y herramientas disponibles

Dado que las parcelas agrícolas no son homogéneas y el comportamiento de los cultivos varía en función del área, la agricultura de precisión permite ajustar insumos de acuerdo con las necesidades específicas de cada sección del terreno, optimizando así su eficiencia, rendimiento y sostenibilidad. Este enfoque, apoyado en tecnologías avanzadas como GPS, drones, sensores infrarrojos y cámaras de alta definición, permite recopilar datos esenciales durante todo el ciclo de vida de los cultivos. El análisis de estos grandes volúmenes de datos posibilita un monitoreo continuo de la salud de las plantas, detectando tempranamente problemas como bacterias o infecciones fúngicas y favoreciendo una gestión más informada y precisa.

En este contexto destacan algunos proyectos y herramientas desarrolladas por el grupo de investigación liderado por el [Dr. Emilio Gil](#) de la Unidad de Mecanización Agraria de la Universidad de Cataluña. Entre ellas se encuentra [Dovaviña](#), una aplicación que permite optimizar la cantidad de productos fitosanitarios aplicada según las características estructurales del viñedo y el tipo de equipo utilizado. Esta herramienta gratuita reduce costes sin comprometer el rendimiento, aplicándose actualmente el Grupo Operativo [GOPHYTOVID](#) la usa en técnicas de aplicación variable en viñedos.



PIVOS es otro proyecto que promueve la pulverización inteligente en viñedos y olivares del Mediterráneo. Gracias a este sistema, se han logrado ahorros de hasta un 30% en el uso de productos fitosanitarios en algunas explotaciones, lo que no solo repercute en un beneficio económico en la explotación, sino que también reduce el riesgo de contaminación por deriva y escorrentía.

Otro recurso es la plataforma **Innoseta**, desarrollada bajo el programa H2020 europeo. Innoseta ofrece un repositorio gratuito para acceso a tecnologías de pulverización, formación y asesoramiento en varios idiomas, facilitando la adopción de nuevas tecnologías. Destaca también el proyecto **Optima**, que promueve una gestión integrada de plagas (GIP) en viñedos, manzanos y zanahorias, mediante el uso de bioplaguicidas y sistemas avanzados de detección basados en imágenes espectrales y técnicas de aprendizaje profundo. Optima incluye el desarrollo de prototipos de pulverizadores inteligentes que permiten una aplicación variable según las características de la vegetación y la presencia de plagas, lo que contribuye significativamente a reducir residuos y minimizar el impacto en la salud humana y el medio ambiente.

El último de los proyectos que están llevando a cabo es **Renovate**, iniciado en 2024. Este, busca desarrollar una plataforma de intercambio de conocimiento para atraer a jóvenes agricultores a través de tecnologías motivadoras como juegos serios y simuladores, al tiempo que ofrece herramientas prácticas para mejorar la gestión de cultivos de manera sostenible.

Desde el **IFAPA** utilizan tecnología IoT (Inter-

net de las cosas) y, partiendo de esa base, el investigador Rafael Joaquín Baeza Cano, desarrolla proyectos enfocados en la optimización de riego para cultivos de invernadero con agua desalada y mezclada con agua subterránea. Este sistema, utilizado en la comarca del Campo de Dalías, permite un ahorro económico y ambiental significativo mediante mezclas óptimas de agua. Los resultados muestran que una conductividad de 1 dS/m alcanza resultados similares al agua desalada pura, pero a menor costo. Esta tecnología es altamente relevante en regiones donde la eficiencia hídrica y la gestión de sales son desafíos clave.

Además, se enfatiza la importancia de la gestión del riego, el uso de sensores de humedad, electro tensiómetros y la **adopción de riego a demanda**, que se están implementando para lograr los objetivos propuestos del proyecto. Baeza Cano nos explica que, al utilizar agua salobre para regar, es necesario mantener la estabilidad de los niveles de humedad en el bulbo, de manera tal que, la humedad del bulbo sea mayor a la humedad en su periferia, para evitar la entrada de sales hacia el bulbo. Para esto, el riego se hace de manera automatizada a demanda.

Por su parte, el **sistema de riego a demanda (automatizado)**, recopila los datos de los sensores instalados en la finca y activa el riego automáticamente cuando se alcanzan determinados valores (consignas de activación) previamente establecidos. Esto reduce la intervención manual del agricultor a un diagnóstico regular y a la definición de los valores que activarán el riego/fertirrigación, sin necesidad de tomar decisiones diarias.

Riego con Mezclas de Agua de Mar Desalinizada y Agua Subterránea en Invernadero. Tomate

Riego con Mezclas de Agua Salobre y Desalinizada en Cultivo de Pimiento en Invernadero

Protocolo de actuación para disminuir la contaminación por nitratos en cultivos de pimiento y tomate bajo abrigo.

Integrando la sostenibilidad, la biodiversidad y la preservación de los recursos naturales, desde Fundación **FIRE**, Alba García Pose, Coordinadora de Proyectos, expone la herramienta de acceso libre **AGRETTOS**, para planificar la implementación de setos en parcelas agrícolas optimizando los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. Acompañando a la herramienta desarrollada, la Fundación FIRE publica también una **guía** abierta y gratuita donde se explican claramente las directrices para la plantación de setos e islotes forestales en agroecosistemas.

Los investigadores **David García de León, José M. Rey Benayas y Enrique Andivia (2021)** realizan un metaanálisis sobre los setos y su contribución a las personas (es decir a los servicios ecosistémicos que proveen):

“Los setos proporcionan múltiples servicios ecosistémicos, algunos de los cuales pueden mejorar directamente la producción de alimentos y forraje a través de la protección física (Hauser, 2008), la regulación de plagas (Koellner & Scholz, 2008; Pfister, y otros, 2017), la polinización (Sardiñas & Kremen, 2015; Byrne & Del Barco-Trillo, 2019), el contenido de agua en el suelo (Luptáčík, Miklisová, & Kováč, 2012; Wolka, Mulder, & Biazin, 2018; Hol-



den, y otros, 2019) y la calidad del suelo (Monokrousos, Papatheodorou, Diamantopoulos, & Stamou, 2006). Por ejemplo, Van Vooren et al. (2017) encontraron que los setos en áreas templadas interceptaban nitrógeno del flujo superficial y subterráneo, así como fósforo y sedimentos del suelo del flujo superficial, lo que aumentaba el rendimiento de los cultivos.”

La Fundación trabaja desde 2006 en restauración de agroecosistemas. En los últimos años parece que se está produciendo un cambio favorable en la percepción de los productores hacia prácticas más sostenibles que permitan compatibilizar la producción con la biodiversidad, aunque a menudo enfrentan la barrera de

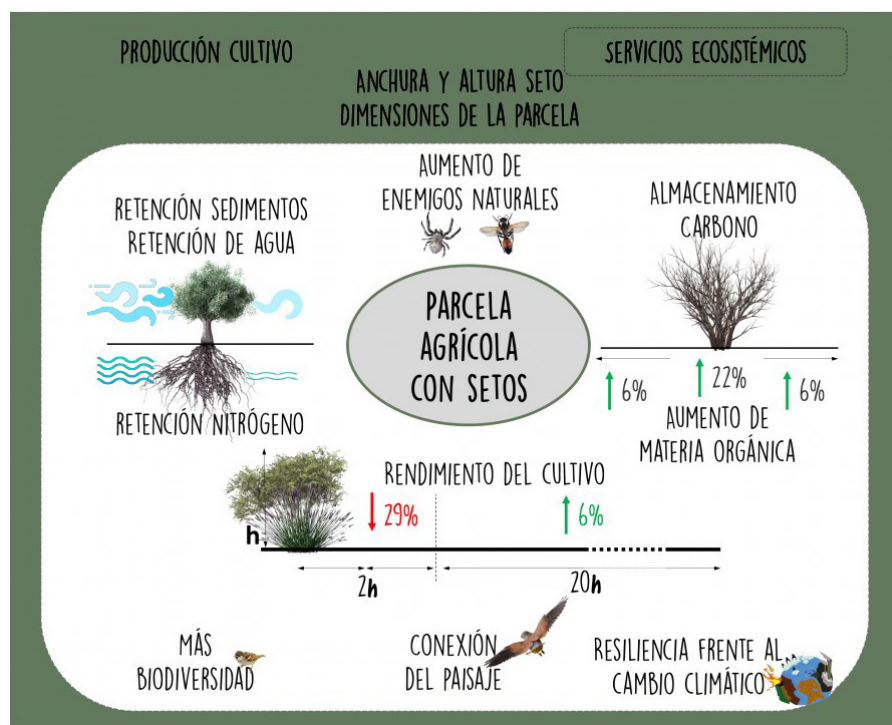
la falta de conocimiento técnico. A la hora de implementar setos agrícolas, AGRETTOS facilita este proceso, ofreciendo recomendaciones sobre las especies a utilizar en función del tipo de cultivo, la ubicación de la parcela y los servicios que se quieren maximizar (control de plagas, control de la erosión, fijación de nitrógeno y/o polinización). La herramienta no proporciona indicaciones precisas para cada parcela, ya que las necesidades, objetivos y limitantes serán distintos en cada caso.

A lo largo del tiempo, se han observado de manera empírica beneficios concretos, como el aumento de polinizadores y la mejora de la calidad del suelo, lo que refuerza la efectividad de los setos en el campo.

En el marco de la mejora vegetal y adaptación al cambio climático, Xavier Miarnau investigador del Programa de Fruticultura del IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, en Cataluña) nos habla del portainjerto **INTENSIA**. Es una de las últimas innovaciones en la mejora genética de patrones híbridos para el cultivo del almendro y melocotonero, adaptado a los suelos mediterráneos y al contexto de cambio climático. Se destacó este portainjerto por la **reducción en vigor** del árbol (**aproximadamente un 40-50%** en comparación con otros portainjertos tradicionales) **y su uso eficiente del agua**, especialmente en condiciones de suelos calcáreos y climas secos. Presentando un comportamiento robusto frente a la sequía.



Imagen 22: Beneficios de los setos



Fuente: Fundación FIRE (Van Vooren, L., et al. 2017)

AGRETTOS representa un esfuerzo continuo para conectar el conocimiento técnico con la práctica agrícola sostenible, contribuyendo a restaurar y proteger la biodiversidad en los agroecosistemas.

Gracias a su vigor moderado, **INTENSIA** ha sido señalado como el portainjerto óptimo para sistemas de plantación de alta densidad, con densidades que van hasta 2.000 árboles por hectárea.

El programa de mejora genética del almendro del IRTA, que dio lugar a **INTENSIA**, se basa en el método clásico de mejora genética mediante cruzamientos dirigidos, pero se ha beneficiado del uso de marcadores moleculares, que permiten acelerar la identificación de características agronómicas deseadas. Esta tecnología ha sido crucial para seleccionar variedades más eficientes y productivas, ajustadas a las necesidades de los agricultores. Además, Miarnau destacó la importancia de la transferencia de conocimientos al sector agrícola. Jornadas de formación y charlas dirigidas a agricultores y técnicos facilitan



la adopción de nuevas variedades y tecnologías, un aspecto que, según el investigador, es clave para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del sector. Eventos como la [Jornada Frutícola de Mollerussa](#) y la [Jornada Técnica del Almendro](#), con gran asistencia anual, consiguen reunir a un amplio conjunto de agentes del sector.

- La aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) ha supuesto emitir un 31,6% menos de kg CO₂ eq. /ha a la atmósfera.
- La disminución del número de operaciones agrícolas se ha traducido en un 55,5% menos de uso de combustible. Se han reducido los tiempos operacionales en un 57,9%.
- Se han reducido los costes un 11,4%.
- Se ha incrementado la producción de cereal en un 17% lo que ha supuesto un balance económico positivo.
- El contenido de MO no se ha visto significativamente aumentado en tan solo una campaña.

Experiencias de éxito



Antonio Conde del Proyecto [LIFE InnoCereal EU](#) comparte avances en el monitoreo de cultivos mediante herramientas tecnológicas para gestionar déficit hídrico, plagas, enfermedades, dosificación de semillas y fertilizantes. Desde *InnoCereal* han desarrollado una aplicación que utiliza imágenes satelitales, LiDAR y drones para identificar problemas específicos en las parcelas. Además, están probando tecnologías para aplicar herbicidas de manera precisa mediante infrarrojos, reduciendo así el uso de agroquímicos y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de estas herramientas conjuntamente con el [manual de buenas prácticas agrícolas](#) los llevaron a los siguientes resultados tras la primera campaña de puesta en práctica:

El uso de estas herramientas conjuntamente con el [manual de buenas prácticas agrícolas](#) los llevaron a los siguientes resultados tras la primera campaña de puesta en práctica:

Imagen 23: Aplicación de Life InnoCereal para el control de cultivos



Fuente: LIFE InnoCereal

Imagen 24: Participantes del Proyecto Life InnoCereal



Fuente: LIFE InnoCereal



Desde el **Grupo Operativo EFFIREM** se trabaja en reducir el **consumo de agua y energía** en el cultivo de remolacha azucarera, garantizando la competitividad y sostenibilidad. Se llevaron a cabo cuatro demostraciones, tres en Castilla y León y uno en Andalucía. Los **resultados** han sido notables: el consumo de energía se redujo entre un 30% y un 45%, mientras que el uso de agua por unidad de superficie disminuyó entre un 0% y un 10%. Sin embargo, gracias a la mejora del rendimiento del cultivo, la eficiencia en el uso del agua aumentó entre un 10% y un 20%. En particular, en el demostrador de Palaciosrubios, se logró un “rendimiento récord de España” de 170 toneladas por hectárea de raíz, duplicando la media de la zona.

La digitalización ha tenido un impacto positivo en la calidad de vida de quienes se dedican a la producción primaria, ya que la instalación de sensores de monitoreo y sistemas de telecontrol les ha permitido gestionar el riego de manera remota, eliminando la necesidad de desplazarse constantemente a las parcelas para operar válvulas. Esto les ha otorgado una mayor flexibilidad, permitiendo disfrutar de períodos de descanso y vacaciones que antes eran inviables.

La inversión necesaria para implementar estos sistemas oscila entre 30.000 € y 60.000 €, la cual puede recuperarse en un plazo de 2 a 3 años gracias al ahorro en costes operativos.

Para aprovechar al máximo estas herramientas, quienes las utilicen deben contar con conocimientos básicos sobre riego y ser capaces de manejar aplicaciones web o móviles. Como parte del objetivo de capacitación del grupo operativo, las explotaciones demostrativas han

servido como plataforma para formar a otros agricultores en aspectos como la interpretación de imágenes satelitales y el monitoreo de la humedad del suelo.

Las soluciones implementadas son sostenibles tanto ambiental como económicamente desde el primer día, ya que suponen un ahorro en consumo de energía y agua, reduciendo el impacto ambiental. Además, los aumentos en los rendimientos productivos son un gran incentivo, ya que mejoran la rentabilidad de la explotación agrícola. En algunas de ellas ya han avanzado hacia la instalación de placas solares para sustituir la energía de la red o el uso de gasóleo, dando un paso adicional hacia la sostenibilidad.

El grupo operativo también lanzó la plataforma **AIMCRA Energía**, que ofrecen herramientas gratuitas como una **calculadora de ahorro energético** mediante la cual y respondiendo a unas sencillas preguntas, se puede obtener un pre diagnóstico del ahorro que se puede conseguir en su instalación y las actuaciones e inversiones necesarias. También disponen de una **biblioteca** con recursos de formación en eficiencia hídrica y energética. Asimismo, existe un repositorio de **empresas colaboradoras** capaces de realizar las auditorias y de llevar a cabo las mejoras necesarias en la instalación.

En el marco del desarrollo de insumos para el biocontrol sanitario de los cultivos, la **Asociación para el Desarrollo Rural de Andalucía** nos presenta a Eva Sanchez de **Innoplant**, quien describe los desafíos del sector agroalimentario ante el cambio climático, el cual incrementa el estrés en cultivos y la resistencia de plagas a los fitosanitarios. Por otro lado, acertadamente

existe la necesidad de disminuir el uso de fitosanitarios de síntesis química con su consecuente restricción de uso, lo que deja a quienes se dedican a la actividad agrícola, ante situaciones muy complejas para encontrar un equilibrio entre no ver disminuidos sus rendimientos y a la vez cumplir con la normativa vigente.

Para afrontar esta situación, Innoplant desarrolla soluciones de **biocontrol** mediante **microorganismos y extractos vegetales** (como ortiga, ajo y romero), alternativas más sostenibles que los fitosanitarios químicos. También utilizan fauna auxiliar y trampas de feromonas para complementar las nuevas herramientas de biocontrol, y en zonas con escasez de agua, aplican **bioestimulantes y consorcios bacterianos** que fortalecen las plantas y permiten su crecimiento bajo estrés hídrico, sin perder de vista la necesidad de equilibrar el aumento de producción con la sostenibilidad en ambientes frágiles.

En Almería, se emplean técnicas regenerativas como la reutilización de podas de árboles tropicales para enriquecer el suelo y reducir el uso de fertilizantes. Eva destaca la importancia de visibilizar a agricultores sostenibles y la creciente demanda de productos responsables. Gracias al ingreso de agricultores y agricultoras jóvenes al sector, se espera que en los próximos 10 años se observe una transformación significativa hacia prácticas más sostenibles.

Para facilitar la adopción de nuevos productos de biocontrol, Innoplant organiza jornadas de transferencia y ferias agronómicas. También participa en proyectos innovadores como **Super Food Biotech**, enfocado en la **biofortificación** de alimentos con nutrientes



adicionales beneficiosos para la salud humana. Un ejemplo reciente es un proyecto que incorpora yodo de forma natural en cultivos como lechugas, zanahorias y fresas, con el objetivo de enriquecer purés y batidos para niños y niñas, otra línea es la transferencia de nutrientes al ganado, tras enriquecer el pasto que consumen.

Innoplant como laboratorio de I+D para el sector agroalimentario, apoya tanto a productores como a empresas fitoquímicas en este desarrollo, en este marco forma parte de diferentes equipos de trabajo y Grupos Operativos como GOELECTROTECH, Proyecto OLITECH y GREEN MOON PROJECT, entre otros.



BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, R., Martínez, P., & Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, 2, 24. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2019). *El medio ambiente en Europa Estado y perspectivas 2020*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/publications/el-medio-ambiente-en-europa>
- Bea Martínez, M., Fernández Lop, A., Gil, T., & Seiz Puyuelo, R. (2021). *El robo del agua. Cuatro ejemplos flagrantes del saqueo hídrico en España*. WWF España. Obtenido de https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/el-robo_del_agua_wwf_espana.pdf?58840/El-robo-del-agua-cuatro-ejemplos-flagrantes-del-saqueo-hidrico-en-Espana
- Boardman, J. (2021). How much is soil erosion costing us? *Geography*, 106, 32-38. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348695365_How_much_is_soil_erosion_costing_us
- Byrne, F., & Del Barco-Trillo, J. (2019). The effect of management practices on bumblebee densities in hedgerow and grassland habitats. *Basic Appl. Ecol.*, 35, 28-33. doi:10.1016/j.baae.2018.11.004
- Carro de Combate. (2021). *El agua que no vemos. La huella hídrica de la importación de alimentos desde el Sur global*. ONGAWA. Obtenido de <https://ongawa.org/wp-content/uploads/2021/12/El-agua-que-no-vemos-OK-1.pdf>
- Castro-Arce, K., & Vanclay, F. (2020). Transformative social innovation for sustainable rural development: An analytical framework to assist community-based initiatives. *Journal of Rural Studies*, 74, 45-54. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.010>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequeñas en España*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Obtenido de https://ceh.cedex.es/web/documentos/CAMREC/2017_07_424150001_Evaluaci%C3%B3n_cambio_clim%C3%A1tico_recu.pdf
- Comisión Europea. (2005). *European Soil Data Centre*. Obtenido de Soil Atlas of Europe: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-atlas-europe>
- Comisión Europea. (2020). *Cuidar de los suelos es cuidar de la vida*. Obtenido de https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2020-09/ec_rtd_mission-soil-citizens-summary_es.pdf
- Comisión Europea. (2021). *EU Strategy on Adaptation to Climate Change - Impact assessment*. Obtenido de https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en#documentation
- Comisión Europea. (2023). *Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la vigilancia y la resiliencia del suelo (Ley de vigilancia del suelo)*. Bruselas. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/participacion-publica/ue-direct-suelos.html>
- Estrada, E. M. (Mayo de 2024). La vertebración asociativa de los agricultores. *Revista Savia Rural*, 2, 8-9. Obtenido de <https://redpac.es/revista/2024primavera/>
- FAO. (2016). *Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos*. Roma. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/179f619e-2ec3-49f5-b9a4-67a47bdbfd/bcontent>
- FAO, ITPS, GSBI, CDB, & CE. (2020). *Estado del conocimiento sobre la biodiversidad del suelo - Situación, desafíos y potencialidades. Resumen para los formuladores de políticas*. Roma. Obtenido de <https://doi.org/10.4060/cb1929es>
- García de León, D., Rey Benayas, J., & Andivia, E. (2021). Contributions of Hedgerows to People: A Global Meta-Analysis. *Frontiers in Conservation Science*, 2. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/conservation-science/articles/10.3389/fcosc.2021.789612/full>
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., . . . Niggli, U. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *PNAS*. Obtenido de <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1209429109?doi=10.1073%2Fpnas.1209429109>
- Hauser, S. (2008). Groundnut/cassava/maize intercrop yields over three cycles of planted tree fallow/crop rotations on ultisol in southern Cameroon. *Biol. Agric. Hortic.*, 25, 379-399. doi:10.1080/01448765.2008.9755063

- Holden, J., Grayson, R. P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P. J., & Edmondson, J. L. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 273, 1-12. doi:10.1016/j.agee.2018.11.027
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2014). La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2607>
- Koellner, T., & Scholz, R. W. (2008). Assessment of land use impacts on the natural environment: Part 2: generic characterization factors for local species diversity in Central Europe. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 13, 32-48. doi:10.1007/s11367-006-0292-2
- Larbodière, L., Davies, J., & Schmidt, R. (2020). Common ground: restoring land health for sustainable agriculture. IUCN, International Union for Conservation of Nature. Obtenido de <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2020.10.en>
- Luptáčík, P., Miklisová, D., & Kováč, L. (2012). Diversity and community structure of soil Oribatida (Acari) in an arable field with alluvial soils. *Eur. J. Soil Biol.*, 50, 97-105. doi:10.1016/j.ejsobi.2011.12.008
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2023). II Plan de acción 2021 - 2023. *Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y del medio rural*. Madrid. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/ii-plan-accion-estrategia-digitalizacion-2021-2023_tcm30-583049.pdf
- Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública. (2024). *Cobertura de banda ancha en España en el año 2023*. Madrid. Obtenido de https://avance.digital.gob.es/banda-ancha/cobertura/Documents/Informe_Cobertura-BA-2023%20vf.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023). *Plan de Acción de Aguas Subterráneas 2023-2030*. Madrid. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/agua/participacion-publica/plan_accion_aguas_subterranas_2023_2030.html
- Monokrousos, N., Papatheodorou, E. M., Diamantopoulos, J. D., & Stamou, G. P. (2006). Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 1282-1289. doi:10.1016/j.soilbio.2005.09.023
- Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS*, 104. doi:10.1073/pnas.0611508104
- Muñoz, I. (2024). Aceleradoras del futuro agroalimentario. *Revista Savia Rural*, 2, 15-17. Obtenido de https://www.redpac.es/revista/2024primavera/pdf/redpac2_completa_media.pdf
- Naciones Unidas. (2024). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Pfister, S. C., Sutter, L., Albrecht, M., Marini, S., Schirmel, J., & Entling, M. H. (2017). Positive effects of local and landscape features on predatory flies in European agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 239, 283-292. doi:10.1016/j.agee.2017.01.032
- Pico, J. (2024). El reto de conocer el contenido en carbono de los suelos agrícolas españoles. *Revista Savia Rural*, 2, 10-14. Obtenido de https://www.redpac.es/revista/2024primavera/pdf/redpac2_completa_media.pdf
- Prosilva. (s.f.). *Prosilva*. Obtenido de Principios Pro Silva: <https://www.prosilva.org/close-to-nature-forestry/pro-silva-principles/>
- PwC. (2017). *El futuro del sector agrícola español*. Obtenido de <https://www.pwc.es/es/publicaciones/assets/informe-sector-agricola-espanol.pdf>
- Sadjadi, E. N., & Fernández, R. (2023). Challenges and Opportunities of Agriculture Digitalization in Spain. *Agronomy*, 13(1), 23. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy13010259>
- Sancho, T. A., & Santamaría, C. (2023). *Usos del Agua en España 2021/22*. Dirección General del Agua. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/informes-usos-del-agua/usos_agua_21-22_def.pdf
- Sanz, M. J., & Galán, E. (2020). *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Oficina Española, Madrid. Obtenido de https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/impactosyriesgoscccespanawebfinal_tcm30-518210_0.pdf

Sardiñas, H. S., & Kremen, C. (2015). Pollination services from field-scale agricultural diversification may be context-dependent. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 207, 17-25. doi:10.1016/j.agee.2015.03.020

Sastre, B., Álvarez, B., Antón, O., Pérez, M. Á., Marques, M. J., Bienes, R., & García-Díaz, A. (2020). Groundcovers in Olive Groves in Semiarid Climates: Are They Always Beneficial? *Water*, 12 (8), 22-30. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/8/2230>

Van Vooren, L., Bert, R., Steven, B., Pieter, D. F., Victoria, N., & Paul, P. (2017). Ecosystem service delivery of agri-environment measures: a synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 244, 32-51. doi:10.1016/j.agee.2017.04.015

Wolka, K., Mulder, J., & Biazin, B. (2018). Effects of soil and water conservation techniques on crop yield, runoff and soil loss in sub-Saharan Africa: a review. *Agric. Water Manag.*, 207, 67-79. doi:doi: 10.1016/j.agwat.2018.05.016

World Resources Institute. (2019). *Creating a sustainable food future*. Obtenido de <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>

ENTIDADES ENTREVISTADAS Y CONSULTADAS

- [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación](#), Secretaría General de Recursos Agrarios y Seguridad Alimentaria:
 - o [Dirección General de Sanidad de la Producción Agroalimentaria y Bienestar Animal](#) (Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal)
 - o [Dirección General de Alimentación](#) (Subdirección General de Competitiva de la Cadena Alimentaria)
 - o [Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios](#)
- [Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica: Centro IFAPA La Mojonera](#)
- [Asociación Aragonesa de Agricultura de Conservación \(AGRACON\)](#)
- [Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura \(CICYTEX\)](#)
- [Universidad de Granada: Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física](#)
- [Landcare Research, Soils and Landscapes, Christchurch, Nueva Zelanda](#)
- [Instituto Tecnológico y de Energías Renovables \(ITER\)](#)
- [Universidad de Córdoba: Hidráulica y Riegos](#)
- [Grupo de Desarrollo Rural Serranía Suroeste Sevillana](#)
- [Sergio Parra - Agricultor de Tomelloso \(Ciudad Real\)](#)
- [Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos \(AESCSV\)](#)
- [Sociedad Española de la Ciencia del Suelo \(SECS\)](#)
- [Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón \(CITA\)](#)
- [Frutos Naturales Orgánicos](#)
- [LIFE Innocereal](#)
- [Cooperativa Valle y Vega](#)
- [Universitat Politècnica de Catalunya: Unidad de Mecanización Agraria](#)
- [Fundación FIRE](#)
- [Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias \(IRTA\)](#)
- [Grupo Operativo EFFIREM](#)
- [Innoplant](#)
- [La Junquera](#)

#RuralVitalSostenible



Cofinanciado por
la Unión Europea



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



REDPAC
Más impulso al medio rural