

JUNIO 2023

# Agrifocus:

La sostenibilidad no es  
una utopía, es una  
obligación necesaria

**AgroBankTech**

**Digital INNOvation**



**AgroBank**

**INNSOMNIA**  
Innovators that dream



*Este informe ha sido financiado con cargo al convenio de colaboración MAPA-CAIXABANK. Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente la posición oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.*

# Nada se pierde, todo se transforma

<b>Introducción</b> .....	Pág. 04
<b>01 Agricultura sostenible</b> .....	Pág. 09
<b>02 El agua, recurso escaso</b> .....	Pág. 12
<b>03 El suelo, base y reservorio de vida</b> .....	Pág. 29
<b>04 Biodiversidad, aprender de la naturaleza</b> .....	Pág. 38
<b>4.1. Biotecnología</b> .....	Pág. 39
<b>4.2. Fitorremediación</b> .....	Pág. 43
<b>4.3. Economía Circular</b> .....	Pág. 45
<b>4.4. Edición Genética</b> .....	Pág. 49
<b>Conclusiones</b> .....	Pág. 55
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	Pág. 58

## INTRODUCCIÓN

La propia Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO](#) lo advierte: *“La actual trayectoria de crecimiento de la producción agrícola es insostenible, debido a sus impactos negativos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Una tercera parte de la tierra agrícola está degradada, hasta el 75 por ciento de la diversidad genética de los cultivos se ha perdido y el 22 por ciento de las razas de ganado están en riesgo”*.

Una llamada de atención que nos obliga a plantearnos la sostenibilidad no como una meta sino como el trayecto imprescindible para conseguir alimentar a una población que crece exponencialmente sin esquilmar los recursos que son escasos y finitos. Y en este ‘camino sostenible’, uno de los primeros retos es combatir los efectos del cambio climático sobre el territorio. Los expertos advierten: o actuamos ya o perderemos nuestro futuro.

***“Se nos está acabando el tiempo en términos de mitigación del cambio climático y se nos olvida que también pasa lo mismo con la adaptación”.***

**Matthias Garschagen, profesor de la Universidad de Múnich y miembro**



Un estudio publicado recientemente en la revista [Science](#) afirma que las sequías repentinas son cada vez más frecuentes en el 74 % de las 33 regiones de la Tierra desde finales de la década de 1950. Las sequías repentinas son un fenómeno que tiene lugar debido a la escasez de precipitaciones y la alta evapotranspiración que seca de forma rápida el agua del suelo. Este tipo de sequías, provocadas por la acción humana, se producen cada vez con mayor frecuencia, sobre todo en el norte y este de Asia, Europa, el Sáhara y la costa oeste de Sudamérica

La sequía asfixia ya al 60 % del campo español y produce pérdidas irreversibles en más 3,5 millones de hectáreas de cereales de secano, según el informe de situación de abril de 2023 sobre el Impacto de la sequía en el sector agrario elaborado por los servicios técnicos de [COAG](#). El estudio apunta que se dan prácticamente por

**“Si una explotación no es sólida desde el punto de vista económico o no es resistente a las perturbaciones externas, o si no se toma en consideración el bienestar de quienes trabajan en la explotación, esta no puede ser sostenible”.**

FAO, Indicador 2.4.1 ODS.

pérdidas las cosechas de trigos y cebadas en Andalucía, Extremadura, Castilla La Mancha y Murcia y en las zonas más áridas de Aragón, Cataluña y Castilla y León, mientras los cultivos leñosos, como frutos secos o viñedos de secano, ya están experimentando problemas en la brotación.

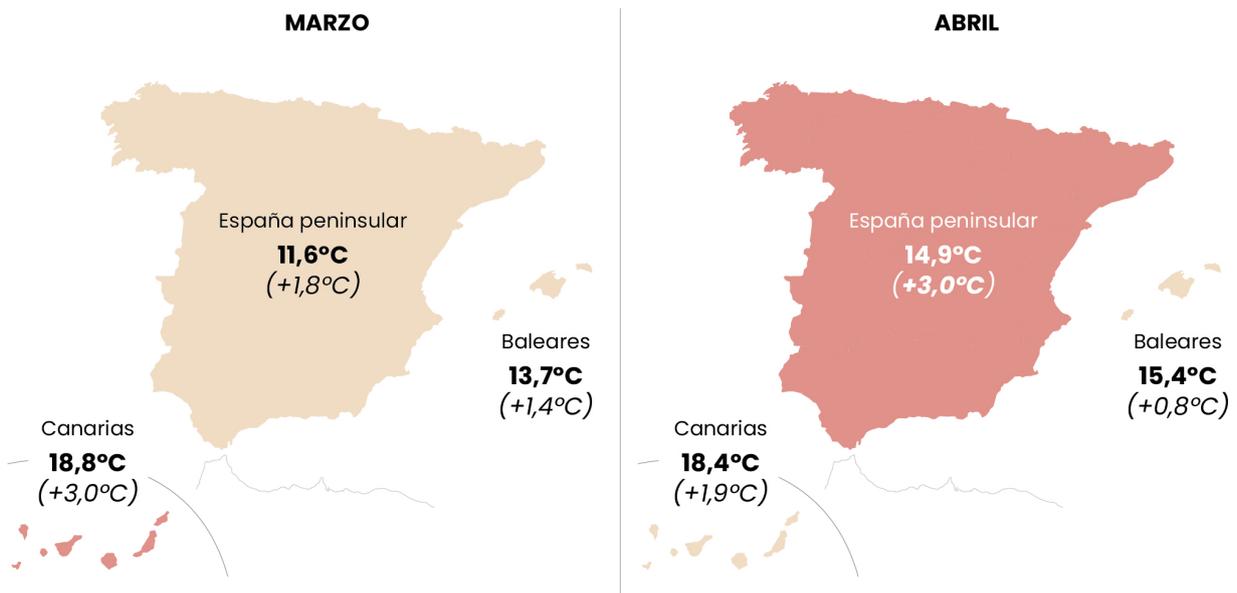
Vivimos una situación climática excepcional. Según datos del Ministerio de transición ecológica y reto demográfico [MITECO](#), esta primavera está siendo especialmente seca y calurosa en el conjunto del estado. Marzo fue en conjunto

muy cálido, con una temperatura media sobre la España peninsular de 11,6 °C, valor que queda 1,8 °C por encima de la media de este mes (periodo de referencia: 1991-2020). El mes de abril ha sido en conjunto extremadamente cálido, las temperaturas medias han rondado los 14,9°C, valor que queda 3,0°C por encima de la media de este mes (periodo de referencia: 1991-2020)

Marzo tuvo un carácter muy seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España pe-

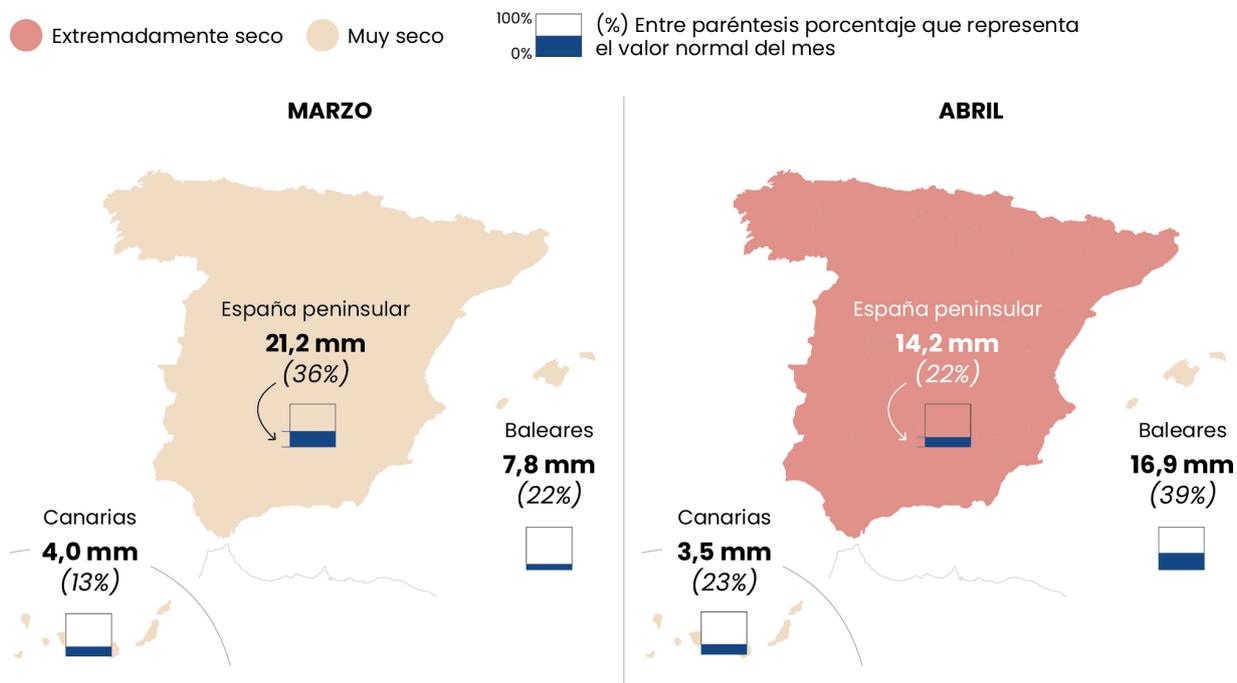
## Temperaturas medias marzo y abril 2023

● Extremadamente cálido ● Muy cálido (°C) Entre paréntesis anomalía



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

## Precipitaciones medias en marzo y abril 2023



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

ninsular de 21,2 mm, valor que representa el 36 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-2020). El mes de abril ha tenido carácter extremadamente seco en cuanto a precipitaciones, con un valor de precipitación media sobre la España peninsular de 14,2 mm, valor que representa el 22 % del valor normal del mes (periodo de referencia: 1991-2020). Se ha tratado del mes de abril más seco desde el comienzo de la serie en 1961.

Los datos meteorológicos están cambiando y los impactos del cambio climático no solo tendrán un gran costo ambiental, sino también económico. El costo

de la inacción sobre el cambio climático será mucho mayor que el costo de tomar medidas que puedan paliarlo.

En la reunión de la [Mesa de la Sequía](#) celebrada en abril de 2023, coordinada por el [MAPA](#) con la presencia de representantes de todas las comunidades autónomas, las organizaciones profesionales agrarias Asaja, UPA y COAG, la Confederación de Cooperativas Agroalimentarias de España y la Federación Nacional de Regantes de España, además de representantes de los ministerios de Agricultura y Transición Ecológica, se puso de manifiesto que "La situación de sequía es grave y generaliza-

**La principal compañía mundial de reaseguros, [Swiss Re](#), señala que como consecuencia del cambio climático, para 2050 la economía mundial perderá hasta un 18 % del PIB si no se toman las medidas adecuadas.**

da, aunque revela diferencias importantes en el territorio y destaca la afección a las cuencas del Guadalquivir, Guadiana y las interiores de Cataluña. El valor medio de las precipitaciones acumuladas desde el inicio del año hidrológico (1 de octubre de 2022) es un 23,5 % inferior al valor normal”.

Ante esta situación desde el Ministerio se apuesta por “modernizar el regadío y emplear otras fuentes de aprovisionamiento de agua como las no convencionales, las recicladas y el uso de desaladoras”. Las inversiones previstas para ello entre los años 2022 y 2027 son de 2.130 millones de euros y otros 1.255 millones con cargo al Fondo de Recuperación Transformación y Resiliencia. Estos se unen a los 5.000 millones de obras de Transición de Ecológica y al PERTE de digitalización del agua.

El MAPA firmó además en marzo pasado

**“El debate no es si regadío sí o regadío no. Es que tiene que ser un regadío sostenible de cara al futuro si queremos continuar con el nivel de producción que nos permita la autonomía alimentaria y las exportaciones”.**

**Luis Planas, ministro de Agricultura**

un [convenio con AERYD](#) (la Asociación Española de Riegos y Drenajes) para contribuir a la difusión de las mejoras técnicas y el conocimiento científico ante las organizaciones del sector del riego para apostar por un regadío más eficiente y sostenible.

**El regadío es seis veces más productivo que el secano, pero ha de ser un regadío sostenible.** Los sistemas digitalizados, que impliquen localización, personalización y control son claves a la hora de afrontar los retos.

Pero para ser sostenibles no sólo hay que buscar nuevas y más eficientes formas de regar los campos. La calidad del aire y del suelo, la disminución de productos químicos para fertilizar el suelo y el empleo de prácticas más respetuosas con el terreno y el ecosistema son retos, tareas ineludibles en este escenario.



Según el Manifiesto por la Agrociencia de la [Fundación ALAS](#), “sólo una toma de decisiones que reconozca el papel de la innovación en la agricultura y se base en la ciencia nos permitirá tener éxito en esos

retos y mantener la competitividad, el empleo, la producción, la modernización, y la transición ecológica justa que permita combatir la despoblación en las zonas rurales”.

## Propuesta de ALAS para conseguir la sostenibilidad

1. Potenciar el papel del sector agrario como sumidero de carbono, facilitando a los agricultores la sostenibilidad de sus producciones.
2. Considerar la agricultura y la ganadería en España como un laboratorio europeo para el cambio climático por su mayor exposición a las consecuencias de este fenómeno.
3. Flexibilizar el objetivo de reducción del 50 % del uso y del riesgo de los productos fitosanitarios establecidos en las estrategias De la Granja a la Mesa y Biodiversidad 2030, de la Comisión Europea, y establecer unos plazos realistas y un marco regulatorio apropiado que permita acelerar la introducción de nuevas soluciones, incluidos productos fitosanitarios con menor impacto, como sustancias de bajo riesgo o biosoluciones.
4. Poner en valor el papel que la tecnología y la digitalización desempeñan en toda la cadena de valor agroalimentaria y fomentar su desarrollo y adopción mediante una regulación concreta.
5. Establecer, un marco regulatorio basado en criterios científicos, proporcionado y razonable que permitan a los agricultores los recientes avances en técnicas de edición genética que dan lugar a nuevas y precisas herramientas para mejorar las plantas cultivadas, recuperar variedades tradicionales y generar otras nuevas que posibiliten sistemas de producción de alimentos abundantes y saludables, más sostenibles y resilientes.
6. Poner en valor la transformación que la ganadería y las organizaciones interprofesionales del sector en España ha llevado a cabo para ir más allá de las exigencias europeas de bienestar animal, como el proyecto Compromiso Bienestar Animal, un esquema de certificación con los estándares más exigentes del mundo en este ámbito, y favorecer el acceso a innovaciones y desarrollos tecnológicos en ganadería y reconocer los beneficios del consumo de carne roja o elaborada dentro de una alimentación saludable equilibrada y variada.

## 01

# Agricultura sostenible

La **agricultura sostenible** es aquella que gestiona y usa el ecosistema agrario de manera que **preserva la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración y la vitalidad** tanto en el presente como en el futuro sin dañar otros ecosistemas. Es un concepto muy amplio que debe satisfacer a la vez criterios de tipo medioambiental, social, económico y legislativo.

Para la [FAO](#) existen cinco retos para la sostenibilidad futura de la agricultura:

- Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos es fundamental para la agricultura sostenible.
- Requiere acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.
- La agricultura que no logra proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social es insostenible.
- La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, de las comunidades y de los ecosistemas, sobre todo al cambio climático y a la volatilidad del mercado.
- La buena gobernanza es esencial para la sostenibilidad tanto de los sistemas naturales como de los sistemas humanos.



## Cinco principios fundamentales de sostenibilidad para la alimentación y la agricultura



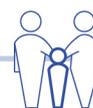
Aumentar la productividad, el empleo y el valor añadido en los sistemas de alimentación



Proteger e impulsar los recursos naturales



Mejorar los medios de subsistencia y fomentar el crecimiento económico sostenible



Potenciar la resiliencia de las personas, de las comunidades y de los ecosistemas



Adaptar la gobernanza a los nuevos retos

Fuente: FAO

## La sostenibilidad bien entendida implica la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.

El concepto de agricultura sostenible puede definirse como un sistema de prácticas agrícolas ecológicas basado en innovaciones científicas a través de las cuales es posible producir alimentos saludables con prácticas respetuosas para el suelo, aire, agua, y respetando los derechos y salud de los agricultores.

Desde la propia organización de Naciones Unidas se recomienda adoptar los [siguientes pasos](#) para conseguir la agricultura sostenible:

- Integrar los procesos biológicos y ecológicos (como los ciclos de nutrición, fijación de nitrógeno, la regeneración del suelo, el empleo de microorganismos...) en las actividades de labranza para conseguir la menor afectación del medio ambiente.
- Minimizar el uso de los métodos no re-

novables que causan impacto negativo en el medio ambiente, en la salud de los agricultores y de los consumidores de alimentos.

- Aprovechar el conocimiento y habilidades de los agricultores, reforzando su capital humano y su independencia frente a terceros, evitando de este modo tales costes.
- Aprovechar la capacidad de las personas para trabajar juntas y resolver los problemas comunes de la agricultura y de los recursos naturales, como por ejemplo plagas, acequias, riego, etc.

La recomendaciones de Naciones Unidas insisten en que de aquí a 2030, se hace por tanto imprescindible asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas

## Cinco aspectos para que la agricultura sea sostenible



Fuente: elaboración propia

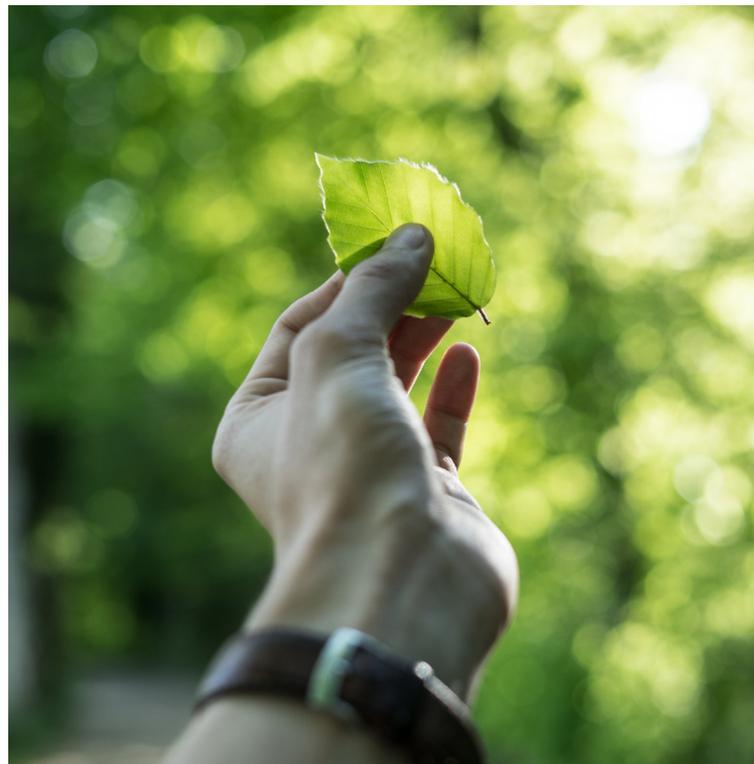
resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo.

Vamos a analizar por partes cómo la tecnología nos ayuda a gestionar un recurso tan escaso como el agua o a emplear de manera más eficiente los insumos, aprovechar mejor los nutrientes del suelo y las ventajas de la biodiversidad y la edición genética.

## CASOS DE ÉXITO

### **Análisis de datos para cultivar viñas de manera sostenible**

El [Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino de la Rioja](#) ha puesto en marcha el proyecto DATADOC que tiene como principales objetivos evaluar la influencia del cambio climático en la evolución de la



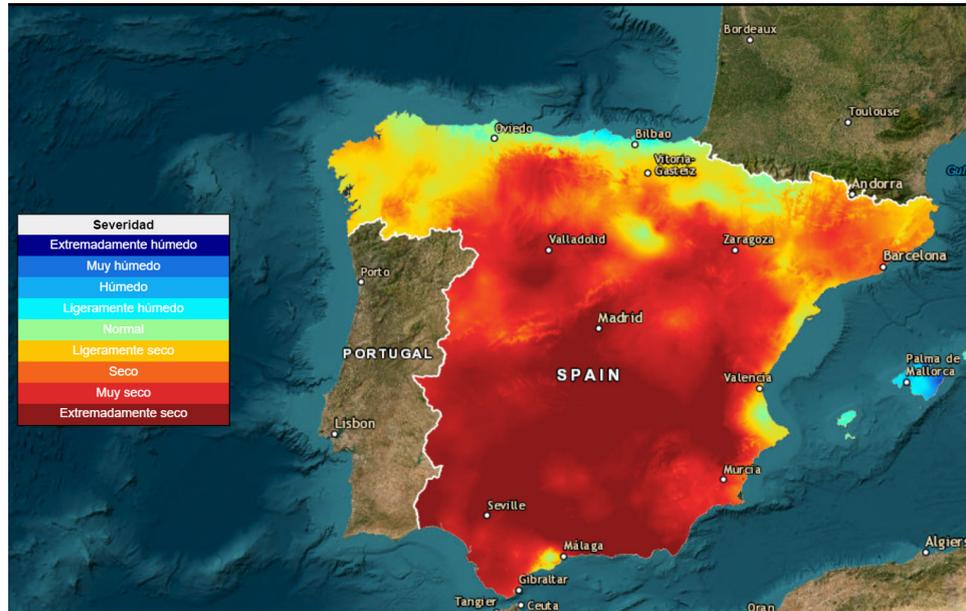
variedad Tempranillo en la DOC Rioja, proponer estrategias agronómicas para la adaptación a las nuevas condiciones climáticas, así como establecer una red de monitorización del cambio climático en el futuro. Se trata de fusionar los históricos datos agronómicos recogidos por la Denominación de Origen desde hace 20 años con la información que aportan las nuevas estaciones climáticas que hay repartidas en 20 parcelas estratégicas. De esta manera se puede evaluar la influencia del cambio climático en el viñedo, para así adoptar las medidas oportunas para garantizar la sostenibilidad de las explotaciones. Este trabajo se ha hecho en una red de parcelas (20) que son las que monitorizan y captan en tiempo real todo tipo de parámetros. La inteligencia artificial, posteriormente, hace posible que se calculen los mismos parámetros aplicados a otras parcelas no monitorizadas, de manera que se controla todo el



territorio, formado por 66.000 hectáreas de viñedo.

### Monitorizar el riesgo de sequía en tiempo real

El [Consejo Superior de Investigaciones Científicas \(CSIC\)](#), en colaboración con la Fundación Aragonesa para la Investigación (ARAID), y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), ha desarrollado un nuevo sistema para monitorizar la sequía meteorológica en tiempo real. El Monitor de Sequía Meteorológica permitirá el seguimiento, alerta temprana y evaluación de este fenómeno en España. Este nuevo servicio climático proporciona información actualizada cada semana sobre la severidad de la sequía meteorológica a escala nacional, con una elevada resolución espacial. El sistema procesa la información obtenida a tiempo real de la red de estaciones meteorológicas automáticas de AEMET y de la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. A partir de estos datos se calculan dos indicadores de sequía, el Standardized Precipitation Index (SPI), basado exclusivamente en datos de precipita-



ción, y el Standardized Precipitation Evaporation Index (SPEI), que incorpora además información sobre la demanda atmosférica de humedad. El sistema muestra las anomalías de estos dos índices con respecto a las condiciones normales en cada punto del territorio. Además, en aquellos lugares donde se están dando condiciones de sequía, el monitor permite conocer la persistencia (duración), así como su severidad acumulada (intensidad).

### GEMELO DIGITAL CHS, la gestión del agua del Segura

El sudeste español se seca. Po eso es imprescindible una excelente gestión del agua. Con ese objetivo se pone en marcha nace [GEMELO DIGITAL CHS](#), proyecto que tiene como objetivo principal optimizar la planificación del reparto de los recursos hídricos disponibles en cada momento en la Cuenca del Segura (Murcia) para satisfacer las correspondientes demandas hídricas (demanda urbana, demanda ambiental, demanda agrícola, demanda industrial y demanda turística), cumpliendo con los derechos históricos de los agricultores, las prioridades de los usos del agua, los caudales ecológicos y las reglas de operación de las infraestructuras



hídricas. De esta forma, los planificadores podrán realizar, por simulación, el análisis de los diversos escenarios de planificación, asignando a cada criterio de optimización un peso (importancia / prioridad) correspondiente, en base a su conocimiento y experiencia, y así, disponer de una plataforma con capacidad predictiva del estado hídrico de la cuenca a medio y largo plazo. Así, se analizarían escenarios futuros para prevenir y adelantarse a posibles desastres naturales que puedan afectar a la Cuenca y demás consecuencias derivadas.

### **Aplican residuos del vino para eliminar metales pesados de aguas**

Un equipo de investigación de la [Universidad de Cádiz](#) ha confirmado la capacidad de ciertos residuos agrícolas, como los de la uva, para la absorción de meta-

les en aguas. Concretamente, proponen el uso de restos de esta fruta, las vainas de algarroba y haba, así como tallos de brócoli, entre otros, por su alto rendimiento como absorbentes y ser subproductos de bajo aprovechamiento. Los métodos normalmente utilizados para la retención de este tipo de sustancias presentes en las aguas contaminadas requieren de reactivos químicos y procesos que a veces pueden tener un elevado coste y requerir un alto gasto energético. El uso de residuos agroalimentarios puede representar una alternativa más económica y sencilla de implementar. Los datos obtenidos en los ensayos indican que se logran rendimientos de hasta el 90 % en la eliminación de plomo, el 60 % de cadmio y un 40 % de níquel y cobalto con el uso de vainas de haba y algarrobo, tallo de brócoli y semillas de uva.



## 02

## El agua, recurso escaso

Las organizaciones, instituciones, empresas, sociedad civil... empiezan a darse cuenta de que **la sostenibilidad ya no es algo colateral, sino estratégico**. No incorporar principios de sostenibilidad a la actividad empresarial pone en riesgo el porvenir de la compañía. Los consumidores así lo exigen.

El agua es un recurso básico para los distintos sectores económicos. Para la agricultura, en concreto, es el recurso imprescindible sobre el que se asienta su producción. Mucho más en climas como el mediterráneo, donde se trata de un bien cada vez más escaso.

**España, cuenta con una importante tra-**

**dición histórica** en el aprovechamiento y gestión del agua para el riego. Fueron los árabes los que introdujeron, especialmente en el sudeste español, las acequias (etimológicamente acequia procede del árabe hispano assáqya) como sistema de irrigación de sus campos y cultivos. La agricultura española no puede concebirse sin contar con sistemas de riego.

Según los últimos datos de la [Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos del MAPA](#), en el año 2021 se regaron en España 3.862.811 hectáreas de un total de 16.902.423 hectáreas cultivadas, lo que supone un 22,85 % de la superficie total cultivada. No llega a una tercera parte de la tierra cultivada, pero supone un 65 % de la producción final vegetal.

Estos datos sitúan a **España como el primer país en superficie de regadío de la Unión Europea y el primer país a nivel mundial en superficie de riego localizado**: el 52,69 % de la superficie total regada se lleva a cabo por este tipo de sistemas, mientras que, a nivel mundial, solamente un 6 % de la superficie total regable cuenta con sistemas de riego localizado.

Por su parte, el riego por aspersión está presente en el 14,84% de la superficie regada y el automotriz en el 8,41 % de la misma. Esta evolución hacia sistemas de riego más eficientes ha tenido lugar tras los grandes planes de modernización de regadíos, llevados a cabo desde el MAPA en los últimos 20 años, que han tenido como consecuencia la disminución de la importancia del riego por gravedad, hasta suponer actualmente un 24,06 % de la superficie regada de nuestro país.



## La construcción de un sector sostenible desde el punto de vista económico, social y medioambiental requiere de un marco institucional propicio y del apoyo de las instituciones y del resto de agentes de la economía.

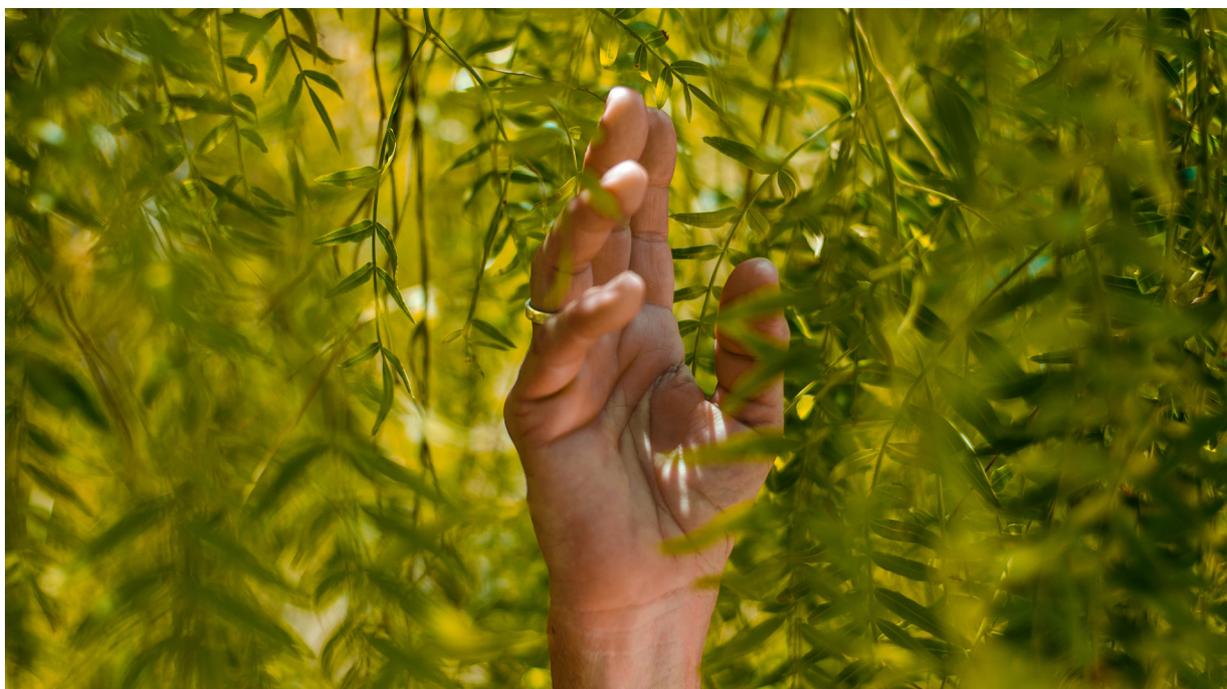
Los planes de modernización más importantes en los últimos años han sido fundamentalmente el "[Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008](#)" (2002-2008), aprobado mediante el Real Decreto 329/2002, de 5 de abril, y teniendo por finalización del horizonte de programación el 31 de diciembre de 2008, y el comúnmente conocido como "[Plan de Choque](#)" (2006-2007), aprobado por Real Decreto 287/2006, de 10 de marzo, por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadíos, con objeto de obtener un adecuado ahorro de agua que palié los daños producidos por la sequía.

Con la ejecución de ambos planes se modernizaron en nuestro país 1,5 millones de hectáreas y se transformaron 200.000 hectáreas más. La inversión pública ascendió a 3.000 millones de euros en actuaciones de modernización y aproximadamente 850 millones de euros en actuaciones de transformación. Con esta mejora de las infraestructuras de riego, **se ha logrado modernizar el 76 % de la superficie de regadío de nuestro país, lo que ha supuesto un ahorro de agua anual de 3.000 hm<sup>3</sup>, según datos del Plan Nacional Horizonte 2008.**



El resultado de estos grandes planes se ha traducido en áreas de riego más tecnificadas, en las que se han incorporado nuevas tecnologías, resultando así unos regadíos más preparados para los desafíos del futuro. Desde un punto de vista medioambiental son regadíos más sostenibles por cuanto utilizan menos agua, fertilizantes y fitosanitarios.

La agricultura española cada vez consume menos agua y energía, pierde menos suelo y emite menos gases a la atmósfera para producir una unidad de producto (kg, litro) o un euro de producto. Por ejemplo, como indica la [Alianza por la agricultura sostenible \(ALAS\)](#), en el cultivo de tomate entre 1980 y 2008, por cada tonelada producida, se redujo el uso de la tierra en un 52,3 %, el consumo del agua en un 31,0 % —un 34,2 % en el caso del agua de riego—, el consumo de energía en un 12,5 % y la pérdida de suelo por erosión en un 52,0 %.



### Tecnología para tomar mejores decisiones

En la última década, la gran revolución de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, de la sensórica y de la capacidad de procesamiento automático ha abierto nuevas posibilidades de optimización del agua.

La verdadera transformación digital consiste en proporcionar la mejor información de manera que se puedan tomar las mejores decisiones posibles. En este sentido, la digitalización del sector del agua supone diversos beneficios en agricultura:

- Una **mejora de la productividad**. Por ejemplo, con el riego de precisión se aplica la cantidad de agua más adecuada en el momento más conveniente.
- Una **mayor resiliencia**. Las situaciones

críticas de sequía agudizan el ingenio y el tratamiento de la información adquirida nos permite anticiparnos al futuro.

- Un **aumento de la sostenibilidad**. La adquisición de información en las relaciones e interacciones entre el agua y el medio natural y la actividad humana son claves en la definición de políticas exitosas.

La inversión en nuevas tecnologías para desarrollar y extender sistemas de riego eficientes es urgente porque las reservas de agua dulce apenas suponen el 2,5% de toda la masa hídrica y su ritmo de consumo supera su capacidad de recuperación. La noticia esperanzadora es el papel cada vez más protagonista de las nuevas tecnologías para la gestión eficiente del agua.

En el caso de las redes de distribución del

agua, el **uso de sensores, de la internet de las cosas**, de un adecuado sistema de comunicaciones, de modelos hidráulicos, de técnicas de inteligencia artificial, de gemelos digitales y de sistemas predictivos que son alimentados desde la nube permiten una gestión inteligente. Estas técnicas ya están siendo aplicadas en abastecimiento y en menor medida en riego consiguiendo, por término medio, ahorros energéticos de más del 20 %.

El uso de la **inteligencia artificial** permite, por ejemplo, algoritmos capaces de predecir las necesidades cambiantes de los cultivos para programar tiempos y

volúmenes de riego, algo que contribuye también con la sostenibilidad medioambiental. Aplicando técnicas como Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Árboles de Decisión o Algoritmos Genéticos, podemos desarrollar herramientas para la predicción de la demanda de agua a diferentes escalas espacio-temporales.

De esta manera, con todos estos modelos se cambia radicalmente el concepto de gestión del riego en comunidades de regantes. Con su integración, se adelanta información sobre cuándo se produce la mayor demanda la red de distribución de agua, si es necesaria o no la activación

**La inteligencia artificial apoyada en sistemas predictivos favorece el uso del agua en una comunidad de regantes en periodos en los que la energía eléctrica es más barata.**



de todas las bombas que tiene la comunidad de regantes y optimiza la contratación de la tarifa eléctrica más adecuada. Además de permitir un alto ahorro de costes, el agricultor puede conocer también con antelación qué tuberías podrían sobrecargarse o prever cómo afectaría una avería.

Una nueva generación de robots agricultores monitoriza cultivos y aconsejan el momento ideal del goteo para aumentar la productividad, junto con drones, sensores e imágenes por satélite que calibran la sed de un sembrado o un parque urbano por zonas específicas. La IA se ocupa de 'coordinarlos' a todos.

Otras herramientas meteorológicas también aplican análisis *big data* de humedad y temperaturas para predecir sequías, además de modelos de simulación de cultivos y condiciones climáticas, sistemas de telecontrol y telemedida del

**“Con la Inteligencia Artificial el agricultor puede prever en qué día o incluso hora su cultivo necesitará más agua”.**

**Rafael González, investigador de la Universidad de Córdoba**

rendimiento de las infraestructuras (canalizaciones, bombeos, etc.) en tiempo real, o el desarrollo de la ósmosis inversa y el filtrado de aguas residuales que transforman aguas industriales o vertidos urbanos en un caudal apto para las plantas.

En la última década, la gran revolución de las nuevas tecnologías de la información y de comunicación (TICs), de la sensórica y de la capacidad de procesamiento automático ha abierto nuevas

posibilidades de optimización del agua y la energía sin reducir el grado de libertad de los agricultores. **Llega así el riego de precisión o riego inteligente.**

Pequeños y grandes productores están tomando conciencia acerca de la importancia que tiene para sus cultivos el uso inteligente del agua. Comprenden que administrando eficientemente el riego es posible obtener mejores cosechas y mayores ingresos, además de lograr una importante optimización de los recursos y costos asociados (electricidad, fertilizan-



tes, entre otros).

**El riego de precisión no responde a una determinada tecnología** sino un enfoque sobre la gestión del riego que combina varias: utiliza las tecnologías disponibles para realizar una programación óptima del riego, estableciendo el momento, la frecuencia y el tiempo de riego adecuados según las características del cultivo, la configuración de la red de riego, el clima o el suelo de la finca, para conseguir **dar a cada planta la cantidad de agua que necesita en el momento adecuado**.

#### SENSORES

Los avances en las redes de comunicaciones inalámbricas que han permitido que la Internet de las Cosas florezca tan rápidamente también pueden beneficiar a aquellos que integran estas tecnologías en sus sistemas de gestión del agua. El acceso y control remoto en tiempo real se está convirtiendo rápidamente en una característica esencial de todos los sistemas y operaciones industriales y también para el sector agrario.

**Permite conseguir un mantenimiento predictivo.** Utilizando tecnologías de IoT junto con otros desarrollos de vanguardia, como la automatización avanzada, la visión y el aprendizaje por ordenador y los grandes datos y análisis, los sistemas de gestión del agua son capaces de supervisar y determinar cuándo la maquinaria y los equipos pueden necesitar algún tipo



de mantenimiento programado. De esta manera se pueden controlar y evitar fugas de agua en los sistemas y la consiguiente pérdida de un bien escaso.

La gestión de riego inteligente utiliza dispositivos IoT y plataforma *cloud* para desplegar soluciones de telemetría y telecontrol que permiten automatizar y optimizar el consumo de agua en función de las necesidades hídricas del cultivo. La integración con dispositivos IoT que monitorizan las condiciones del suelo como la humedad del suelo o el estrés hídrico de los cultivos posibilita la **programación inteligente del riego** en base a umbrales definidos, así como la monitorización del caudal recibiendo alertas ante posibles fugas de agua.

Los sensores IoT permiten garantizar un sistema de riego preciso, una nutrición óptima de los cultivos y un asesoramiento predictivo continuo, basado en datos reales y precisos del campo, con el fin de aumentar el rendimiento y reducir los costes.

## CASOS DE ÉXITO

### **Agualytics: gestión inteligente del agua**

[Agualytics](#) es una empresa de software que se dedica a buscar soluciones de gestión integral, eficiente y sostenible del ciclo del agua. El IoT les sirve para obtener datos de las variables que se deseen medir. La ingente cantidad de datos que obtienen por esta vía la almacenan en la nube y es entonces cuando recurren al big data para procesar esos datos y transformarlos en información útil en la toma de decisiones. Los datos, a la vez, les proporcionan material suficiente para crear gemelos digitales que validen las instalaciones y generar algoritmos de inteligencia artificial con alto valor predictivo y analítico para poder predecir el riesgo de una avería, saber cómo funciona el bombeo, el agua que se va perdiendo por el camino, si el sistema es eficiente o tie-



ne margen de mejora, si existe riesgo de sobreexplotación...Disponer de todo este conocimiento, se traduce en importantes ahorros en lo que atañe al consumo de agua y energético.

### **Brioagro, riego inteligente, cosecha sostenible**

[BrioAgro](#) es una startup especializada en riego inteligente, tanto en el sector agrícola (Smartfarming) como en parques y jardines (Smartcity). Dispone de un algoritmo de calibración de humedad de suelo, que permite regar en función de cada suelo y cada microclima, aplicando riego, justo cuando la planta lo necesita. Brioagro proporciona durante las 24 horas del día, y a través de un sistema de monitorización con un mínimo de sensores en el campo, recomendaciones de riego particularizadas por cultivo y región geográfica. Esta solución, especialmente útil para el riego localizado y por aspersion, permite reducir el consumo de agua y energía a través del envío al agricultor -en tiem-



po real- de información con las principales variables en las que puede intervenir para mejorar sus cultivos e integrarse con los sistemas de riego agrícolas. De esta manera se puede reducir el consumo de agua, fertilizantes y energía sin que afecte a la producción agrícola de la explotación.



### **Novagric: invernaderos para cultivo en vertical**

Vertical Sunning es un nuevo proyecto de investigación para la producción de alimentos en vertical sin iluminación artificial de [Novagric](#) en colaboración con Tecnalia. Su objetivo principal es el desarrollo de un nuevo modelo de producción de alimentos en vertical sin iluminación artificial, que priorice el acceso y distribución de la radiación solar, con sistemas de climatización de bajo consumo energético

co y utilizando el agua y la luz solar como base para reducir la huella de carbono. Utiliza materiales modulares y ligeros en forma de Rack móviles que se desplazan para aprovechar el espacio, variando la disposición de los cultivos siguiendo la trayectoria de la luz del sol. El sistema de riego es mediante hidroponía, reduciendo hasta un 50 % el consumo de agua frente a otros sistemas de riego en cultivos en sustrato. Ya han comenzado a producir no solo plantas aromáticas o lechugas sino incluso fresas, pimientos y tomates.

### **SATÉLITES**

La tecnología de teledetección por satélites ofrece múltiples ventajas a la industria agrícola, desde **monitorización del territorio hasta cartografía y evaluación de la salud de los cultivos**.

Los diferentes tipos de satélites pueden realizar múltiples tareas de monitorización:

- **Previsión de precipitaciones** para programar los eventos de riego según las necesidades de los cultivos, ahorrar recursos con las próximas lluvias y evitar encharcamientos.
- Evaluación del **desarrollo de los cultivos** en todas las fases de crecimiento en programas informáticos basados en datos de satélite para la agricultura de precisión.
- **Análisis de la fertilidad y la salud del suelo** mediante índices de vegetación para determinar la necesidad y cantidad de fertilizantes.
- **Monitorización de la humedad del**



**suelo** (en la superficie o zona radicular) para medir a punto de marchitez permanente de los cultivos y prevenir el estrés hídrico. Predicción del rendimiento y posterior evaluación de la productividad del campo mediante el procesamiento de imágenes de satélite y análisis de los índices de vegetación.

- **Estimación del tiempo de cosecha** con algoritmos de software agrícola para imágenes de satélite del campo y análisis de cultivos.
- Teledetección de la **estructura del dosel arbóreo para medir la biomasa de la vegetación**, la altura de las plantas, el estado fenológico, el LAI (la relación entre la superficie de las hojas y la zona que cubren) y desarrollar planes de fertilización y fertirrigación.
- Teledetección de la superficie del dosel

para medir el **contenido de clorofila, los daños en las plantas por plagas o enfermedades de los cultivos** y eliminar la maleza. Las razones del bajo contenido de clorofila o de la productividad pueden ser identificadas con exactitud después de la exploración y abordadas en consecuencia.

- El **seguimiento y monitorización de los animales** mediante archivos de imágenes de satélite para analizar la productividad del ganado en diferentes pastos en los últimos años y elegir las zonas más adecuadas para el pastoreo en el futuro más próximo.

Para la Administración, las tecnologías de teledetección satelital abren todo un abanico de posibilidades a las Administraciones Hidráulicas para comprobar y vigilar los consumos de agua en la agricultura de una forma sencilla, rápida, continuada y exhaus-



*agua realizados durante la campaña, y en su caso, comprobar si se corresponden con los volúmenes de agua concedidos”.*

## CASOS DE ÉXITO

### Satélites para el control del riego

La startup granadina [Graniot](#), ha desarrollado una aplicación web que permite a agrónomos y agricultores tomar mejores decisiones en cuanto al riego y a la fertilización de sus cultivos. Esto es posible gracias a tecnología satelital e información agroclimática. Esta solución facilita el control de los cultivos mediante monitorización semanal en términos de vigor, clorofila y estrés hídrico. Se trata de una información que integrada además con información meteorológica, posibilita a los técnicos agrícolas prevenir situaciones de alto riesgo en los cultivos. Graniot ofrece a los técnicos los datos históricos de cada una de sus parcelas. Esto les permite comparar el momento del estado fenológico del cultivo con respecto a años anteriores. Gracias a esta funcionalidad los técnicos agrícolas son capaces

tiva. Como explican desde el [MITECO](#) “el uso de imágenes por satélite en el control y seguimiento del uso del agua se puede enfocar de diferentes formas:

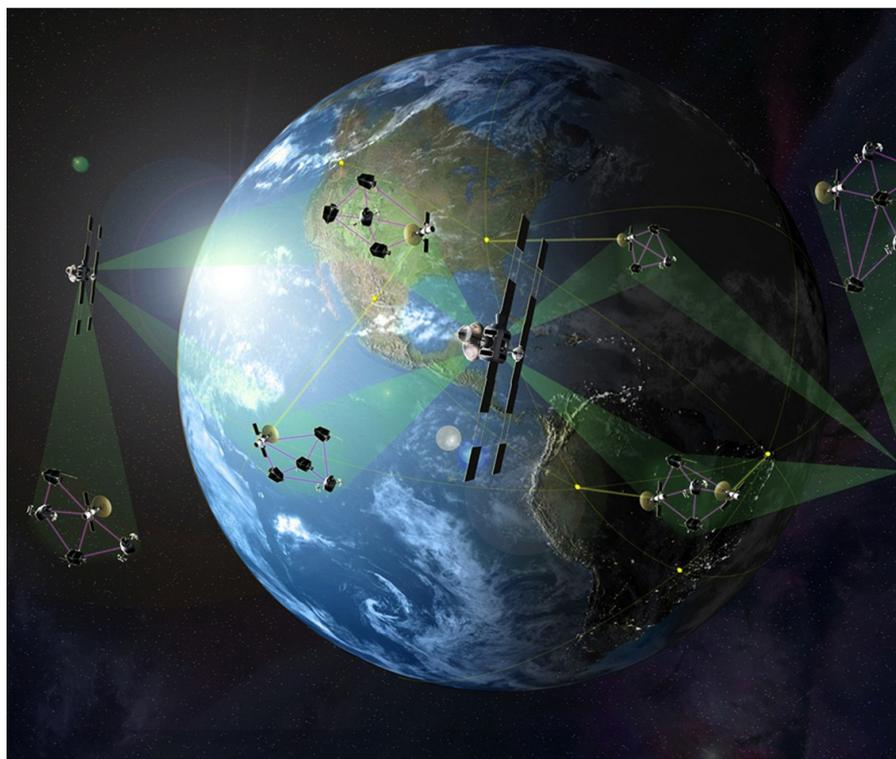
- *Desde un punto de vista cualitativo, las imágenes tomadas por los satélites de los cultivos junto con la contraposición de las diferentes capas georreferenciadas de los aprovechamientos de agua concedidos para cada parcela, permite de una forma sencilla comprobar si las parcelas que están siendo destinadas a cultivos de regadío tienen asociada una concesión de agua o no, y por tanto comprobar usos abusivos o no permitidos del recurso.*
- *Desde el punto de vista cuantitativo, las imágenes por satélite permiten conocer cada vez con mayor precisión el tipo de cultivo, la extensión, las necesidades de riego en cada momento, y en último término, predecir los consumos de*



de anticiparse y actuar en consecuencia.

### **Satélites, drones y analítica de datos para automatizar los cultivos**

Inteligencia artificial, drones de última generación e imágenes de satélite. Tres herramientas digitales que se unen al proyecto *Primare-Inspecciones Inteligentes Avanzadas* de la Xunta de Galicia para facilitar el control de las solicitudes de la PAC que soliciten los agricultores gallegos. Además, esta nueva herramienta, que viene de la mano de la empresa gallega [Seresco](#), podrá dar soporte a todos los requisitos que el agricultor necesita para tomar decisiones sobre el estado de sus cultivos como, por ejemplo, cuándo será conveniente abonar o regar una finca. El agricultor contará con una app o aplicación web para la gestión de las explotaciones y el soporte a la decisión que hará uso de algoritmos de análisis automático de imágenes de alta y muy alta resolución, basados en técnicas de vanguardia sin precedente en la región como la visión artificial, el reconocimiento de patrones o el *machine learning*.



convertido en herramientas claves para los productores y profesionales del campo que, entre otras cosas, les permiten obtener información en tiempo real, y con ella tomar decisiones para ser más eficientes, productivos y rentables.

Saber cuánta agua necesita una planta puede ser complicado, pero la IA está ayudando a los agricultores a hacerlo con más precisión y menos recursos. La IA les indica cuándo deben regar sus campos, lo que evita el exceso o la falta de riego. Así se puede pasar de regar por costumbre o intuición a regar cuando las evidencias demuestran que la planta lo necesita.

Y es que la IA permite ayudar a los agricultores a monitorizar el proceso de riego con el ánimo de conseguir un ahorro de agua y de energía. Los softwares inteligentes cuentan con un sistema de monitorización que analiza en tiempo real todo

### **SOFTWARE INTELIGENTE**

Según el informe "[Las tendencias agroalimentarias 2023](#)" de INTEC la inteligencia artificial acapara un 30 % de la inversión en tecnología aplicada al sector agroalimentario, que está creciendo en general a un ritmo del 9 % anual, por encima de otros sectores económicos, según el informe

Las aplicaciones (APP) y softwares se han

**En el corto plazo, los avances tecnológicos van a permitir aumentar la productividad, reducir los costes y mejorar la rentabilidad de los agricultores. En el largo plazo, los avances van a ser la única vía para satisfacer la demanda futura de alimentos y reducir el impacto ambiental.**

lo que afecta al cultivo (condiciones climatológicas, humedad, temperatura, etc) para poder ver si es necesario activar o no los sistemas de riego.

El sistema también estudia, en base a unos algoritmos, los históricos de precipitaciones para poder predecir si va a llover o no en una jornada en concreto. De forma paralela, y estudiando los datos de humedad del terreno, el sistema determina la cantidad de agua que es necesaria en el momento de riego para no malgastar más agua de la que se debiera.

Gracias a la transformación digital que las comunidades de regantes están llevando a cabo y a las plataformas y redes tecnológicas implementadas, los productores agrícolas pueden encontrar en la tecno-

logía importantes beneficios:

- **Gestión centralizada y en tiempo real.** La tecnología permite al usuario la visualización, monitorización y actuación en tiempo real de todos los activos gestionados por un mismo usuario, convirtiéndose en centros de control integral del conjunto de infraestructuras gestionadas por el cliente. De esta forma el sistema permite visualizar la información más relevante procedente de las aplicaciones existentes en el sistema, con el fin de que el gestor pueda tener de forma resumida y continua el estado del funcionamiento de la instalación. Además, el usuario puede visualizar en un cuadro de mandos los KPIs más relevantes de la infraestructura de riego. Todo ello implica una mayor eficiencia en las operaciones de campo, mayor satisfacción del usuario final y una reducción de costes.
- **Mayor eficiencia hidráulica.** La sensorización y la jerarquización de la red hidráulica, permiten obtener un mayor control de las métricas de caudal y presión, reduciendo así las pérdidas en el sistema y por tanto, el volumen de agua no registrada. Esto supone un menor consumo de recursos hídricos de la cuenca hidrográfica y, por tanto, una mejora de la sostenibilidad medioambiental. A su vez, el uso de la telelectura en los contadores del abonado, permite la detección temprana de fugas o fraudes contribuyendo



también a mejorar la eficiencia hidráulica de las redes. En el camino de la digitalización y el proceso de expansión de la agricultura 4.0, el IoT tiene mucho futuro por delante, gracias sobre todo a su capacidad de dar solución de forma sencilla y concentrada a procesos complejos y diversos. Sin embargo, la generación de conocimiento valioso debe siempre trabajar en paralelo a su absorción por parte de los agricultores y técnicos y su capacitación, ya que al fin y al cabo son ellos quienes constituyen el eslabón más importante de toda la cadena de producción.

- **Optimización consumo hídrico.** El riego de precisión o agronómico es capaz de recomendar de forma anticipada a sus usuarios 'dónde, cuándo y cuánto' se debe regar, mediante el análisis autónomo e interpretación constante de todas las variables y datos agronómicos de la finca/cultivo. De esta forma permite optimizar el consumo de agua. Las soluciones tecnológicas mejoran la eficiencia en el uso del agua, favoreciendo, por tanto, la sostenibilidad medioambiental, optimizando el rendimiento de los equipos de trabajo y aumentando la productividad de cada hectárea de las fincas.
- **Optimización del consumo energético.** El uso de la tecnología permite reducir, por tanto, el volumen de Agua No Registrada (ANR), es decir, de las fugas y del propio consumo hídrico de los culti-



vos. De esta manera tanto la huella hídrica como la huella de carbono serán sensiblemente inferiores. Asimismo, la tecnología permite al usuario detectar anomalías en los sistemas de bombeo mediante la interfaz de estado de explotación, donde él mismo puede monitorizar el rendimiento o el factor de potencia del equipo de bombeo entre otros. Asimismo, el usuario puede realizar un seguimiento continuo del rendimiento de los equipos para anticiparse de manera muy temprana a cualquier incidencia que haga aumentar el consumo energético.

## CASOS DE ÉXITO

### **Sistema inteligente de riego accesible desde cualquier lugar**

Fácil y desde cualquier localización. Hidrosoph presenta una versión simplificada de su sistema de software que ofrece mayor agilidad para los agricultores. Hidrosoph ha desarrollado una nueva aplicación mó-

vil para su sistema de software: [Irristrat](#). La nueva app Irristrat Mobile permite visualizar las informaciones y alertas más importantes de IrristratTM a partir del dispositivo móvil. Con indicadores muy simples que indican cómo están los cultivos, cómo está funcionando el riego o dónde hay que prestar especial atención. Además de ser más completa, rápida y simple de utilizar, introduce gran flexibilidad para que cada usuario pueda elegir lo que más le interesa analizar. Asimismo permite registrar notas de campo, informaciones geolocalizadas y navegar por las imágenes de teledetección y mapas, para que la información no solo llegue al campo sino que sea bidireccional y así obtener una sintonía perfecta entre campo e información.

### **Un software para programar la fertilización de tomates**

El [Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura \(CICYTEX\)](#) ha presentado en el Congreso Mundial del Tomate Procesado de San Juan (Argentina)



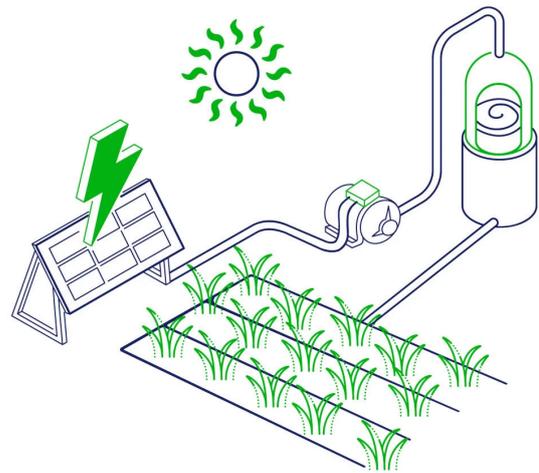
sus investigaciones sobre gestión automatizada de fertilización en parcelas comerciales de tomate de industria y la obtención de frutos y concentrados con más sabor y más saludables. El proyecto “Sistema de ayuda a la toma de decisiones en el manejo del riego y nitrógeno en cultivos hortícolas” (VEGYSYST-DSS) ha permitido desarrollar un software para realizar recomendaciones de manejo de riego y fertilización en parcelas comerciales de tomate de industria, pimiento y brócoli. Es un modelo informático calibrado para evaluar el estado de nitrógeno en suelo con el fin de ajustar las

dosis de agua y fertilizante en tiempo real para un cultivo más sostenible. Por otra parte, el proyecto “Desarrollo de nuevas estrategias agroindustriales para procesados de tomate más saludables” (TOMAVIT) estudia el efecto del riego deficitario controlado sobre la evolución de sólidos solubles totales en tomate de industria, consiguiendo un aumento de azúcares, reduciendo la acidez y mejorando su sabor.



### Regar cuando sea más barato

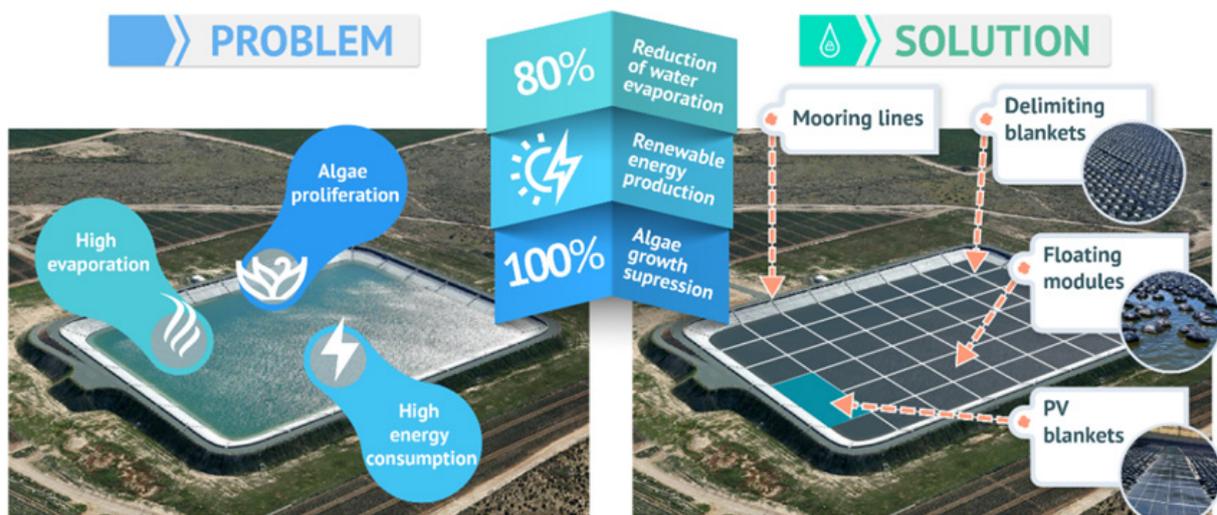
Programar y controlar el riego para ahorrar energía. Es lo que ha conseguido la startup valenciana [Linkener](#) con una nueva app que permite modificar la hora programa de riego según una variante clave para el futuro del campo: la del precio de mercado de la energía eléctrica. Esta aplicación permite la posibilidad de rectificar las fechas y horas de programación de riego, con lo que se puede generar un ahorro de hasta un 20 % en la factura eléctrica. Hasta ahora, los sistemas existentes permitían programar la hora en la que se realizaba el llenado de la balsa, pero no rectificar esa programación según variables como el precio de la energía en el mercado, que cambia cada hora.



### Cómo reducir la evaporación del agua de embalses agrícolas

El [Centro Tecnológico CTC](#) trabaja en el proyecto H2OLOCK, una iniciativa que tiene por objetivo desarrollar un innovador sistema para reducir la evaporación del agua de los embalses agrícolas hasta un 90%. La solución diseñada consistirá en una combinación de cubiertas flotantes

modulares con mantas de autobalasto, un sistema que permitirá que el agua inunde las mantas internamente en zonas estratégicas. De esta forma, se sumergirán por ciertas partes del agua para frenar la fuerza del viento. Se espera que la aplicación de esta solución reduzca la evaporación del agua en el AWR hasta un 85-90 %. Asimismo, CTC diseñará, desarrollará y desplegará una red avanzada de sensores en el demostrador final que permitirán monitorizar mediante la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) el estado de los módulos de mantas y evaluar los resultados experimentales.



### 03

## El suelo, base y reservorio de vida

**E**l suelo es la base del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica. De la riqueza del suelo depende la vida. El suelo es un sistema vivo complejo, dinámico: un auténtico reservorio de vida

Como explican desde la [FAO](#), "el suelo cuenta con al menos una cuarta parte de la biodiversidad mundial y por lo tanto requiere la misma atención que la biodiversidad que se encuentra por encima".

La vida de animales y plantas depende en buena medida de la 'micro vida' que se

desarrolla en el subsuelo. La actividad de microorganismos, insectos y la reacción química de estos entre ellos y con los minerales del suelo es la responsable de que un suelo sea más o menos productivo. **El suelo es la base de la vida.**

Los microorganismos del suelo transforman los compuestos orgánicos e inorgánicos que liberan nutrientes de manera tal que las plantas pueden alimentarse. Estas transformaciones también son vitales para la filtración, la degradación y la inmovilización de los contaminantes en el

### Los organismos del suelo son responsables de funciones vitales en el ecosistema del suelo



Mantenimiento de la estructura del suelo



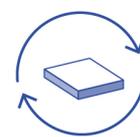
Ciclo de los nutrientes



Fuentes de alimento y medicinas



Regulación de los procesos hidrológicos del suelo



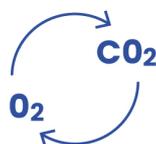
Desintoxicación del suelo



Descomposición de la materia orgánica



Relaciones simbióticas y asimbióticas con las plantas y sus raíces



Intercambio de gases y captura de carbono



Eliminación de plagas, parásitos y enfermedades



Control del crecimiento vegetal

Fuente: FAO

**La degradación del suelo es una amenaza real y creciente causada por usos insostenibles de la tierra y prácticas de gestión y extremos climáticos resultantes de diversos factores sociales, económicos y de gobernanza.**

agua y el suelo. Además, la diversidad de los suelos contribuye a mejorar el control, la prevención y la eliminación de plagas y patógenos.

Sin embargo, esta importantísima - aunque diminuta - biodiversidad está amenazada por las actividades humanas, el cambio climático y las catástrofes naturales. El uso excesivo e indebido de productos fitosanitarios sigue siendo una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad del suelo.

#### **CONOCER EL SUELO ANTES DE SEMBRAR**

La planificación de la temporada es esencial para la agricultura, ya que ayuda a los agricultores a prepararse para la próxima cosecha y optimizar su rendimiento. Un

aspecto fundamental de la planificación de la pretemporada es el análisis del suelo que determine su disponibilidad de nutrientes y por tanto su estado de salud..

Estudiando el suelo el agricultor puede detectar posibles problemas como obstrucciones en las vías de ciclo de los nutrientes, riesgos de enfermedades o problemas de drenaje, para tomar medidas correctoras antes de plantar.

El análisis del suelo permite además plantear las necesidades precisas, concretas y casi exactas de fertilización: con el análisis de suelo se evita la aplicación de insumos innecesarios que podrían llegar a afectar al suelo.

Los productos fitosanitarios son necesarios

**Hoy más que nunca debe analizarse el suelo para ver que tiene, cuánto tiene, y qué le falta, solo así podrá reducirse algún fertilizante. Debe además asegurarse con tiempo el fertilizante a utilizar.**



**La ventaja de realizar un análisis de suelo es que, conociendo los requerimientos nutricionales del cultivo, se puede elaborar un programa de fertilización en el que se apliquen únicamente los nutrientes necesarios en las cantidades precisas.**

### Beneficios de tener un terreno de cultivo sano

- El terreno es capaz de transformar la materia inerte y descomposición de materiales en nutrientes para las plantas.
- Con respecto al cambio climático, mantiene y aumenta el contenido de carbono en el suelo y ayuda a mitigarlo en la atmósfera.
- Al tener realizar un muestreo de suelos en el sector agrícola y saber la salud del suelo, se controlan las enfermedades que pueden afectar a los cultivos.
- Mejora la retención de agua en el subsuelo y aporta más nutrientes a las plantaciones, por lo tanto, consigue una mayor producción.

en la agricultura para proteger los cultivos de plagas y enfermedades y asegurar la producción de alimentos. Sin embargo, su uso excesivo o inadecuado puede tener efectos negativos en la sostenibilidad agraria, como la contaminación del suelo y del agua, la pérdida de biodiversidad y la aparición de resistencias en las plagas. Por lo tanto, es importante utilizar los productos fitosanitarios de manera responsable y sostenible, siguiendo las directrices establecidas por la [Directiva 2009/128/EC](#).

En este contexto, la industria fitosanitaria juega un papel fundamental por su firme apuesta por la ciencia y las tecnologías para apoyar una agricultura -y en particular la protección de los cultivos- más sostenible sin perder su capacidad productiva de alimentos sanos y asequibles.

**La Directiva 2009/128/EC pretende la consecución del uso sostenible de productos fitosanitarios reduciendo sus riesgos y efectos para la salud humana y el medioambiente, y la promoción de la Gestión Integrada de Plagas y los métodos y técnicas alternativas, como los medios de control no químicos.**

La innovación juega un papel fundamental y aporta nuevas soluciones alineadas a la sostenibilidad. Ese es el cometido de los **sistemas de fertirriego**, que alimentan los cultivos simultaneando el agua de rie-

go y la aplicación de fertilizantes.

El fertirriego no implica solo ahorro de costes y aprovechamiento de recursos. Tiene otros beneficios cruciales tanto para la actividad profesional de los agricultores:

- **Consumo racional de agua y fertilizantes** con menor impacto medioambiental que otros sistemas.
- **Control del cultivo**, que se consigue diseñando un plan y un calendario de la fertilización que este necesita en el momento adecuado. Esta planificación permite una supervisión muy precisa y facilita la implantación de una solución urgente cuando, por ejemplo, se detecta una carencia nutricional del cultivo.
- Permite un **aumento del rendimiento y calidad** de las cosechas.
- Contribuye al **aprovechamiento y se-**



**guridad del agua** y su reutilización en la agricultura.

#### **TECNOLOGÍA DESDE EL AIRE Y A RAS DE SUELO**

Como hemos visto, el análisis del suelo es imprescindible para conocer **los datos que nos aportan la información sobre su salud y sostenibilidad**. Unos datos que se convierten en el elemento fundamental para poder aprovechar la tecnología en beneficio de las parcelas, los cultivos y la gestión económica y medioambiental de las plantaciones.

Desde el aire llega una de las tecnologías de última generación que promete aportar grandes cambios al estudio y conservación del suelo: **los drones**. Se han convertido ya en los ojos del agricultor a la hora de vigilar la salud del terreno.



En cualquier momento del ciclo de cultivo, los drones agrícolas pueden usarse para obtener datos muy útiles sobre el suelo. Con los mapas 3D obtenidos por los drones, se puede valorar si existen problemas relacionados con la calidad del suelo o con el manejo de los nutrientes. Con esta información puedes determinar mejor los patrones de plantación o de siembra más efectivos en próximas campañas.

Entre sus aplicaciones está el uso efectivo de plaguicidas y pesticidas. Gracias a los drones podemos conocer con mayor precisión las zonas donde sería necesaria su aplicación, ajustando las dosis, permitiendo un tratamiento particular y reduciendo las consecuencias medioambientales y económicas. La monitorización constante también permite vigilar de cerca los recursos hídricos y la administración de los nutrientes.

## CASOS DE ÉXITO

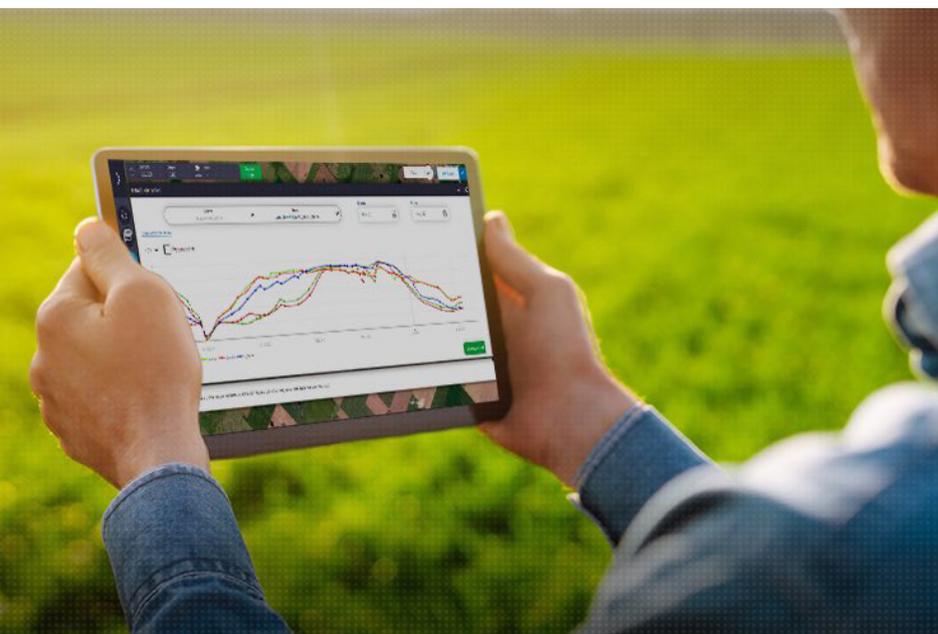
### Dron israelí impulsado por hidrógeno para fumigar o controlar cultivos



La compañía israelí [HevenDrones](#) ha lanzado al mercado su primer dron impulsado por hidrógeno: el H2D55. Con una eficiencia energética 5 veces mayor que los drones tradicionales alimentados por baterías de litio, el H2D55 es capaz de volar durante 100 minutos con una capacidad de carga útil de 7 kg. Este nuevo dron se puede utilizar para medir los niveles de nutrientes del suelo, explorar cultivos, rociar, aplicar fertilizantes y sembrar. Además de ser ligero, el H2D55 está programado con un sistema de control que contiene múltiples giroscopios y algoritmos de soporte para ampliar significativamente los límites operativos del vuelo estable. El H2D55 es el primero de una línea planificada de tres drones alimentados con hidrógeno que se lanzarán en los próximos nueve meses. Los modelos adicionales tendrán una mayor capacidad de carga útil.

### Auravant: tecnología digital y sostenible para el campo

La firma tecnológica [Auravant](#), permite determinar en qué parcelas es necesario emplear mayores o menores dosis de semillas, fertilizantes, fitosanitarios, como así también recomendar el uso óptimo de agua para minimizar el consumo y dar un paso más hacia una agricultura sostenible. En concreto, la plataforma posibilita el ahorro de tiempo, optimización de recursos y reducción del impacto ambiental. En España se utiliza en cultivos de alto valor, como leñosos y frutales. También se emplea para el riego variable, donde el hecho de poder aplicar la cantidad de agua necesaria en cada zona hace que la labor sea mucho más eficiente y ecológica. Se trata de una plataforma di-



gital con versiones web y móvil, que permite realizar seguimiento y monitoreo de cultivos a través de imágenes satelitales o de drones, análisis e integración de las distintas capas del suelo para generar ambientaciones, prescripciones variables de insumos para aplicar la dosis óptima se semillas, fertilizantes y herbicidas. Permite tomar notas y fotografías en campo para obtener en forma automática reportes y órdenes de trabajo.

### **Lombardía prueba los drones para aplicar productos fitosanitarios**

A pesar de que en Italia el uso de drones en agricultura está prohibido, la región de Lombardía ha iniciado un [proyecto piloto](#) para emplear esta tecnología en la aplicación de productos fitosanitarios. Los experimentos comenzaron con tres cultivos: el arroz, del que la región produce el 40 %

de los volúmenes italianos, el olivo, muy extendido en la zona de los lagos, y finalmente la vid, que en Valtellina crece en terrazas arrancadas de la montaña en lo que se ha llamado viticultura 'heroica'. En estos tres escenarios el dron se convierte en un aliado importante no sólo para poder controlar el crecimiento de malas hierbas, sino para poder sustituir los tractores por estos 'robots voladores' que tienen la posibilidad de distribuir productos antifúngicos de manera dirigida. Las pruebas que ahora se realizarán en Lombardía servirán para gestionar y recopilar

datos sobre la eficacia real y la seguridad de los tratamientos con drones, y servirán de apoyo a la hora de plantear un cambio regulatorio que permita el uso de esta tecnología en toda Italia.





### EL CONTROL A RAS DE SUELO

Otro de los grandes avances del momento son los **sensores**. Se trata de esos equipos conectados a un sistema informático que registran y monitorizan datos en tiempo real y que permiten, desde cualquier lugar, conocer lo que está pasando en las plantaciones y así poder actuar de inmediato. Con estos sensores se pueden controlar parámetros como: humedades, temperatura, radiación solar, consumo agua... incluso controlar el nivel de nutrientes en el suelo (siempre apoyado por análisis de suelo en los históricos de datos).

Estos equipos permiten optimizar el uso de los recursos. Los medidores de humedad, por ejemplo, ayudan a identificar los posibles errores u oportunidades de mejora en las zonas donde nacen las raíces, para controlar las pérdidas de agua o fertilizantes.

También es posible aprovechar los sensores para crear alertas en situaciones

que necesiten una toma de decisiones inmediata: lluvias abundantes, fuertes vientos, posibles sequías... Si conocemos todos estos datos de antemano, podremos proteger los cultivos para que no sufran ningún problema inesperado.

La agricultura, como esa gran 'fábrica al aire libre' también emplea sistemas de sensores como los de la industria 4.0. Combinaciones de sensores que pueden obtener diferentes datos, desde lo básico como temperatura y humedad, hasta variables menos analizadas, pero igual de valiosas, como el nivel de dióxido de carbono y la presión barométrica. Con la información captada por estos sensores se puede controlar, por ejemplo, la presión del agua en los sistemas de riego, la dispersión de fertilizantes o pesticidas, el control de la temperatura, e incluso el nivel de luz de sol que capta cada planta de invernadero.

Pero, además, los sensores pueden comunicarse o incorporarse a tractores,

sembradoras o cosechadoras para facilitarles información para realizar sus tareas de manera más eficiente.

Por ejemplo, un sensor que mida la composición química de la tierra puede obtener esa variable sobre la marcha para comunicar al vehículo que se ocupe del fertirriego en tiempo real cuales son las necesidades específicas de cada planta y así aplicar sólo los nutrientes necesarios en cada caso.



## CASOS DE ÉXITO

### Manejo de riego y fertirrigación con IoT

La [Universidad de Almería](#) y la Fundación Miguel García Sánchez se han unido en el nuevo proyecto colaborativo para poner en marcha un sistema de agricultura de precisión basado en tecnologías inalámbricas e internet de las cosas. El proyecto APICES tiene como objetivo desarrollar una agricultura de precisión en los cultivos del área mediterránea mediante una infraestructura de comunicación basada en una red inalámbrica Lora WAN de baja

potencia y de largo alcance, instalada en varias áreas piloto de cultivos mediterráneos de la costa tropical granadina y costa almeriense. El proyecto permitirá contar con un sistema de control y manejo del riego y de la fertirrigación racional, basado en la información del cultivo proporcionada por una red de sensores inalámbricos.

### Análisis de suelo en tiempo real

La compañía canadiense [ChrysaLabs](#) ha desarrollado un nuevo sistema que emplea una sonda portátil que utiliza IA para medir 37 tipos diferentes de nutrientes y características del suelo en tiempo real, reemplazando así la necesidad de esperar el análisis de laboratorio tradicional. El sistema envía los datos a la plataforma de gestión online. Gracias a la georreferencia se crea de manera instantánea una serie de mapas de fertilización lo que permite conocer en tiempo real las necesidades de micronutrientes de cualquier terreno. Basada en espectroscopia e inteligencia artificial, esta tecnología permite reducir el empleo de fertilizantes y aumentar los rendimientos de los cultivos al conocer con precisión en cada momento cuál es el estado de salud del terreno sobre el que se cultiva.



### Reducir el uso de pesticidas en los viñedos gracias al IoT

El grupo Pulverizadores Fede ha anunciado que los ensayos de campo llevados a cabo durante el periodo 2020-2022 en viñedo de Viñas del Vero, del Grupo González Byass, y olivar de Monte do Outeiro, socios del proyecto [LIFE-F3 \(LIFE Farm, Fresh Fruit ENV/ES/000349\)](#), han dado como resultado que el Smartomizer H30 y el dispositivo SCG reducen un 25% el uso de pesticidas y el coste de los tratamientos. Viñas del Vero registró una reducción media del 25% en el uso de pesticidas y/o biocidas, agua y coste de los tratamientos, manteniendo niveles óptimos de eficacia contra plagas y enfermedades. Asimismo, se incrementó el rendimiento de trabajo en un 11% gracias al aumento de la velocidad de avance del atomizador y a su maniobrabilidad, respecto al equipo de referencia. Desde Fede destacan que estos datos evidencian que su maquinaria y soluciones agronómicas digitales, además de disminuir el impacto medioambiental de los tratamientos fitosanitarios y mejorar los estándares de la seguridad alimentaria, ayudan a los agricultores a obtener mayor rentabilidad y a cumplir con la exigencia de calidad y productividad del mercado agrícola.



### Nueva app para una fertirrigación precisa

Conocer en profundidad, con exactitud y precisión los datos agronómicos de un cultivo para saber cuánto riego es suficiente en cada momento, o cuándo se debe abonar un terreno será más sencillo con la plataforma [Genhidro](#) que investigadores de la [UPCT](#) y empresas agrícolas han desarrollado para facilitar la toma de decisiones de fertirrigación a agricultores y programadores de riego para obtener los máximos rendimientos. Genhidro tiene en cuenta datos como las previsiones meteorológicas, el estado hídrico del cultivo, su programación de riego o la estimación del consumo nutricional, entre otras informaciones relevantes para la producción agrícola. Se trata, como explica Manuel Soler, director técnico de Agrosolmen y doctorando de la UPCT, de “una plataforma integral que aglutina todo. Se agrupa toda la información en una única aplicación que ayuda a la toma de decisiones, incorporando algoritmos para ayudar al programador de riego a la hora de decidir una acción concreta con la que actuar sobre el cultivo”.



04

## Biodiversidad, aprender de la naturaleza

La agricultura se enfrenta al enorme reto de alimentar a una población cada vez mayor preservando la sostenibilidad del planeta. La solución a este desafío histórico pasa, inevitablemente, por la incorporación de las últimas tecnologías en el campo.

La sostenibilidad solo es posible mediante una agricultura que obtenga el máximo rendimiento de cada recurso invertido: tierra, agua, fertilizantes, energía, productos fitosanitarios, etc.

Gracias a la mejora de semillas y las prácticas agronómicas, los rendimientos por hectárea se han multiplicado. En 1950 una hectárea daba de comer a dos personas. En 2005 era capaz de hacerlo con más de cuatro y se estima que en 2030 esa misma superficie podrá alimentar a cinco individuos. Ya no se trata sólo de agricultura extensiva, sino de **combinar la biotecnología con las TIC para aumentar la productividad de los cultivos sin multiplicar el uso de recursos naturales.**

Productividad y sostenibilidad se apoyan entres sí: aprovechemos las tierras de cultivo, sacando todo el potencial de las plantas mediante técnicas respetuosas con el medio ambiente y compensemos el impacto de esta actividad milenaria sobre el marco donde se lleva a cabo. Este es el reto de la agricultura actual.



*“Invertir en investigación e innovación es invertir en el futuro de nuestra sociedad. Apostar por un sector tan transformador como el biotecnológico supone mejorar la vida de millones de personas y ayudar a resolver algunos de nuestros mayores desafíos sociales y generacionales”.*

Jordi Martí presidente de Asebio

#### 4.1 BIOTECNOLOGÍA

La biotecnología es, tal vez, la disciplina biológica que está experimentando un crecimiento más rápido impulsada por la creciente demanda de alimentos y combustible en un entorno más limpio y más verde. Como definición general, la biotecnología abarca una amplia gama de tecnologías que utilizan sistemas vivos para producir productos y servicios útiles. Replica procesos de la propia Naturaleza para evitar afecciones al ecosistema.

Hoy por hoy, la biotecnología se ha convertido en una importante **herramienta ecológica y la mejora aliada para mantener o aumentar la biodiversidad** y los recursos naturales. En definitiva, para combatir el cambio climático.

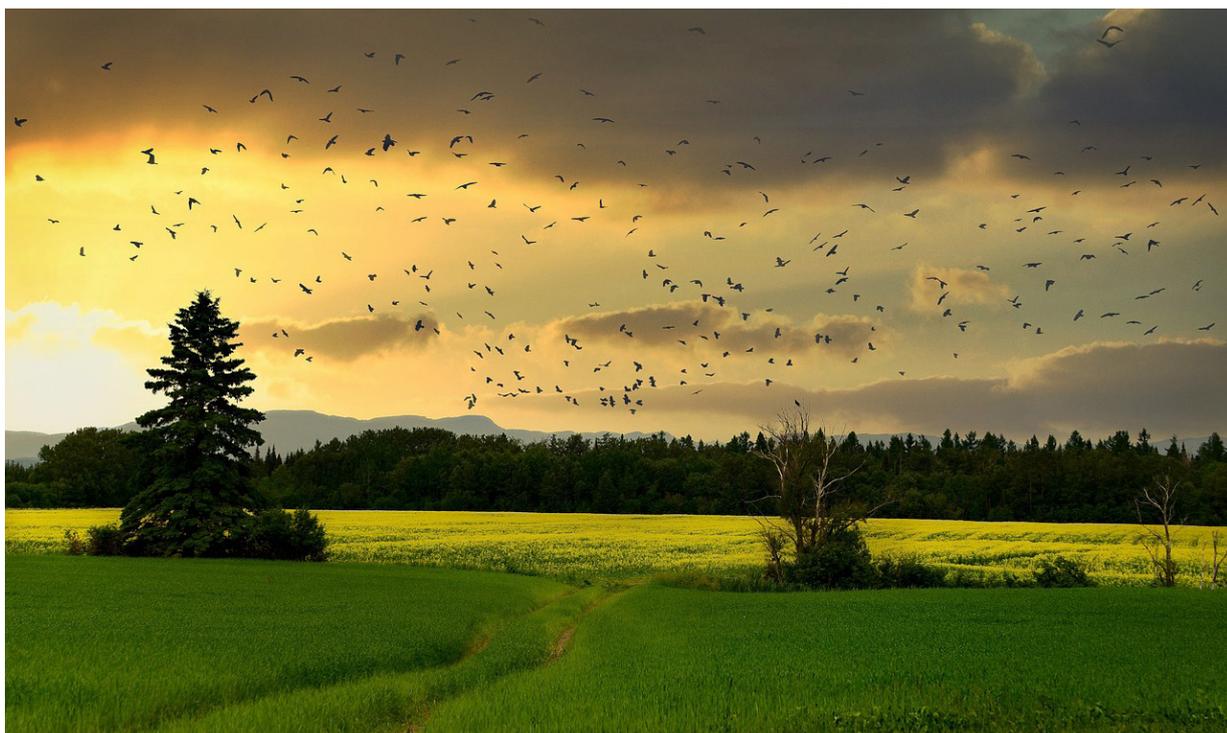
La integración de la biotecnología en el sistema agrícola es fundamental para utilizar mejor los recursos limitados, aumentar los rendimientos agrícolas y dis-

minuir los efectos perjudiciales del uso de pesticidas y fertilizantes químicos.

La biotecnología ha sido especialmente beneficiosa para mejorar la productividad agrícola y aumentar la resistencia de las plantas a las enfermedades. Los científicos hacen esto estudiando el ADN. Primero identifican el gen que sería beneficioso para la planta o el animal, luego trabajan con las características conferidas de manera precisa para lograr el resultado deseado.

Los microorganismos del suelo son los componentes más importantes de este. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. En un solo gramo de tierra, encontramos millones de microorganismos beneficiosos para los cultivos.

Se trata por tanto de conocer el terreno que se cultiva para aprovechar al máximo su bioma. Y si falta alguno de los microor-



ganismos que pueden ayudar a mejorar la producción, aplicar lo que se llama ‘biofertilización’, que consiste en aumentar el número de microorganismos de un suelo, para de esta forma, acelerar todos los procesos microbianos, aumentar la cantidad de nutrientes asimilables por la planta, etc. Una biofertilización correcta, ayuda a una fertilización tradicional, reduciendo el uso de energía de la planta a la hora de absorber los distintos nutrientes, disminuye la degradación del agroecosistema y reduce la pérdida de nutrientes del suelo por lixiviados, sobre todo de nitrógeno.

### **Beneficios de la biotecnología en la agricultura**

La biotecnología agrícola engloba toda una diversidad de instrumentos, que reportan grandes beneficios para la pro-

ducción o elaboración de productos agrícolas:

- Mayor resistencia a la sequía.
- Resistencia ante enfermedades.
- La tolerancia a herbicidas.
- Control y defensa ante las plagas.
- Mejor calidad nutricional.

Los biotecnólogos pueden ahora tratar de compensar muchos de los desequilibrios nutricionales de los alimentos básicos mediante la adición de suplementos tales como aminoácidos esenciales y vitaminas. Mejorar en definitiva las capacidades de las plantas.



### **CASOS DE ÉXITO**

#### **Clasifican los genes de la fresa para defenderse ante el ataque de patógenos**

Un grupo de investigadores de la [Universidad de Córdoba \(UCO\)](#) ha logrado clasificar una familia de genes responsable del control de los mecanismos de defensa de la fresa frente al ataque de patógenos. Los investigadores de la UCO han caracterizado por primera vez una familia concreta de genes y así han podido explicar su relación directa con los factores que los activan o bloquean ante el estrés que provocan los patógenos. De esta manera, han conseguido identificar parte del ‘cuartel general’ del sistema de defensa de las fresas y han podido detallar algunas de sus estrategias de respuesta al ataque del enemigo en el mismo cultivo. El estudio publicado en la revista Scientific Reports permitirá seguir avanzando en la mejora genética de la fresa.

### Control biológico de una de las principales plagas del tomate

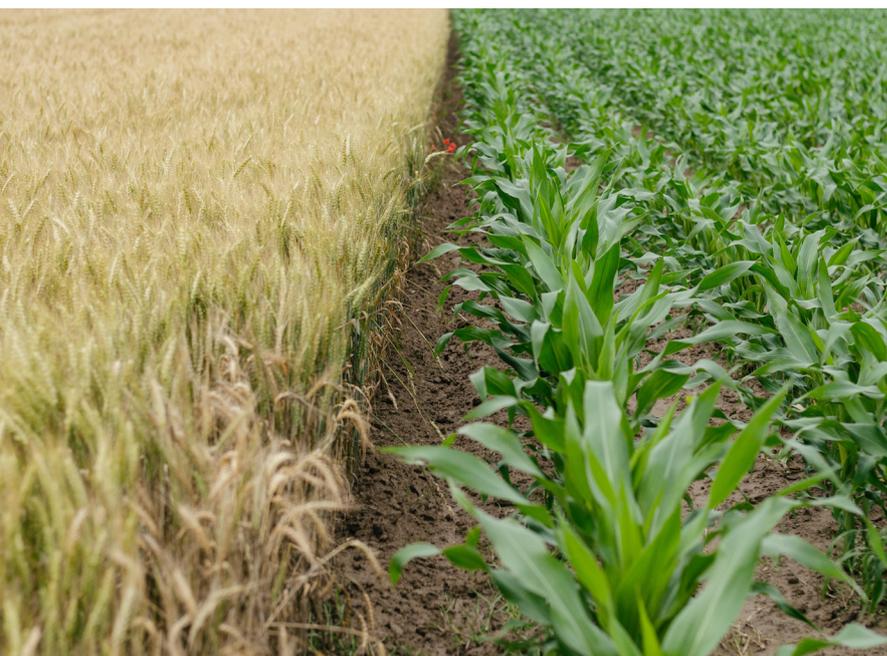
Disminuir la dependencia de los productos fitosanitarios en el cultivo del tomate es el objetivo de un nuevo proyecto del [IRTA](#) que pretende promover el control biológico de la Tuta absoluta. Tuta absoluta es un lepidóptero minador que ataca principalmente las hojas de la planta del tomate para alimentarse del parénquima. Así, en este Grupo Operativo se trabajará con un enemigo natural de la Tuta absoluta, el parasitoide *Dolichogenidea gelechiidivoris*. El estado larvario de este parasitoide se desarrolla alimentándose del cuerpo de un huésped, en este caso la Tuta absoluta, y le causa la muerte. En el proyecto, se estudiará tanto el manejo de las poblaciones del parasitoide como el escalado de la cría, y se harán pruebas de liberaciones en campos Comerciales de la zona productora del Maresme. Los agricultores de las coope-



rativas y los técnicos de las Agrupaciones de Defensa Vegetal (ADV) que participan en el proyecto piloto han sido pioneros en la utilización de enemigos naturales para el control biológico de plagas en cultivos hortícolas, y más concretamente en tomate.

### Biotechnología para maximizar el rendimiento de los cultivos

Dos entidades públicas de Castilla y León se alían para financiar la I+D de una empresa biotecnológica afincada en Palencia. Así lo ha explicado [Rooteco](#), una startup agrotech con un alto componente de I+D. Rooteco es pionera en investigación y desarrollo de soluciones forestales y agrícolas basadas en microorganismos y fruto de estas investigaciones vanguardistas hoy en día desarrolla el cultivo de la micorriza in-vivo y otros microorganismos in-vitro. Su labor de I+D se centra fundamentalmente en la



investigación de tres microorganismos, las micorrizas, las rizobacterias y las trichodermas. Entre los efectos más importantes de las micorrizas destacan la mejora de la estructura del suelo, formando agregados estables que frenan la erosión y el aumento de la superficie de absorción de la raíz, aumentando su capacidad de captación de nutrientes y agua. Las rizobacterias son un tipo de bacterias de la rizosfera que promueve el crecimiento de las plantas. Por último, las trichodermas son un fungicida ecológico que controla los hongos de suelo que atacan las raíces y el cuello de las plantas.

### **Pivot bio, microorganismos editados genéticamente para fijar el nitrógeno**

[Pivot Bio](#) utiliza microbios genéticamente editados para replicar el trabajo que las bacterias naturales habían hecho durante millones de años para fijar el nitrógeno en el suelo, donde podría ser absorbido a través de las estructuras de las raíces de las plantas. Los fertilizantes naturales de esta empresa norteamericana permiten determinar qué tipo de microorganismo puede ayudar a cada planta a fijar el nitrógeno en el suelo. De esta manera, empleando la biotecnología, pueden desarrollar fertilizantes que no precisan de

productos químicos para aportar a las plantas un nutriente tan importante como el nitrógeno. Esta firma ha sido respaldada recientemente por inversores como Breakthrough Energy Ventures (el fondo de inversión respaldado por Mukesh Ambani, Jeff Bezos, Bill Gates y Masayoshi Son) que junto a otros grupos inversores apoyan este proyecto con 100 millones de dólares.



### **El nuevo alimento que reduce las emisiones de metano de las vacas**

[COVAP](#) acaba de poner en marcha un proyecto de innovación, pionero en España con el objetivo de reducir el impacto medioambiental a través de la alimentación de sus vacas. Se trata de una iniciativa, única hasta el momento en nuestro país, mediante la cual la Cooperativa Ganadera del Valle de los Pedroches va a reducir un 30 % las emisiones de metano de la cabaña de vacas productoras de leche de COVAP gracias a la administración en la alimentación del ganado de un suplemento denominado Bovaer. Este suplemento alimenticio, que ha sido desarrollado por la empresa neerlandesa DSM, ha logrado que inhiba parte



del proceso que llevan a cabo las bacterias metanogénicas durante la digestión. De este modo, un porcentaje de la energía que invierte el animal en producir metano es utilizado en su propio beneficio. Se debe administrar al menos una vez al día y se ha demostrado que no deja restos ni en los purines ni en la orina y en ningún caso afecta a la carne ni la leche de los animales.

#### 4.2 FITORREMEDIACIÓN

Arsénico, mercurio, níquel, cobre, hidrocarburos alifáticos, clorados: estos son sólo algunos ejemplos de las muchas sustancias tóxicas que podemos encontrar en los suelos contaminados a lo largo de los años. Cada día, estos residuos entran en contacto con el suelo y las aguas subterráneas.

En la mayoría de los casos, la recuperación de los sitios afectados por este tipo de contaminantes se confía a métodos antiguos, que consisten en la recogida de los suelos contaminados y la extracción de sustancias tóxicas. Estas sustancias son sometidas a tratamientos químicos y térmicos que limitan su peligrosidad al degradarlas. Se trata de un proceso complejo con gran impacto ambiental, que requiere el uso de una cantidad significativa de recursos energéticos, el uso de vehículos pesados y el transporte de la tierra a los centros de recuperación.

Por esto, desde hace

años, investigadores y estudiosos de todo el mundo trabajan en el **desarrollo de técnicas alternativas de bajo impacto ambiental** capaces de responder a este tipo de problemas.

Y la respuesta vino de la naturaleza, en particular de una selección de plantas que absorben los contaminantes dispersos en el suelo, eliminando o reduciendo la toxicidad. Hablamos de la fitoremediación: **las plantas absorben la sustancia contaminante para metabolizarla, reduciendo en gran medida o incluso evitando su liberación a otras zonas**, a través de su degradación (en el caso de los compuestos orgánicos) y su estabilización o extracción (en el caso de los compuestos inorgánicos).

Entre las especies más conocidas destacan el vetiver y el cáñamo, conocidos por su capacidad de absorción de metales pesados en general. Luego está el girasol silvestre, que absorbe el níquel y el cromo. La mostaza de la india es perfecta para



reducir los niveles de plomo, cesio, cadmio, níquel, zinc y selenio dispersos en los acuíferos.

Algunas especies de árboles han demostrado ser útiles para la recuperación de suelos contaminados. Es el caso del álamo, un árbol capaz de absorber cantidades considerables de metales y de seguir acumulándolos a lo largo de su ciclo de vida.

## CASOS DE ÉXITO

### **Biotecnología para desarrollar plantas con propiedades de fitorremediación**

Científicos internacionales trabajan de forma continuada para desarrollar plantas capaces de limpiar ambientes contaminados a través de la fitorremediación y la fitomineoría. Su objetivo es el de ayudar a aliviar las amenazas para el medio ambiente y la salud humana mientras que se preservan los metales críticos que están comenzando a agotarse. Un artículo publicado por [Science](#) destacó la riqueza de la diversidad de plantas bioquímicas para ayudar a desintoxicar sustancias extrañas en el ecosistema terrestre. Aunque una planta tiene actividades



enzimáticas limitadas, esto puede compensarse con una amplia variedad de enzimas microbianas que pueden procesar incluso los contaminantes más complejos. La combinación de sus habilidades a través de la modificación genética puede producir plantas con enzimas microbianas que degradan xenobióticos para extender su fisiología para desintoxicar contaminantes orgánicos.

### **Un muro vegetal contra el avance del desierto**

La ciencia busca la manera de contener el avance de las tierras estériles empleando 'muros' de especies vegetales tolerantes a esta climatología como es el Argán, *Argania Spinosa*, un arbusto propio de Marruecos y que ahora investigadores del [CEBAS CSIC](#) proponen emplear en determinados terrenos del campo de Murcia. Parece que es la única planta capaz de vivir en la frontera del desierto. Puede además beneficiar a los suelos por aumentar su materia orgánica para que ganen en salud y fertilidad. Económicamente, este arbusto está muy valorado en cosmética: su aceite, que se usa para el cuidado de la piel y el cabello, puede llegar a tener un valor de hasta 200 euros por litro, con lo que también tendría una rentabilidad económica.



### 4.3 ECONOMÍA CIRCULAR

Según cifras de la FAO, **se desperdicia aproximadamente un tercio de los alimentos que se producen**. Si bien las pérdidas varían según la cadena, los grandes volúmenes de residuos, descartes y subproductos generados por la industria agroalimentaria constituyen un gran problema.

En el caso de las frutas y verduras, aspectos vinculados con su estética o tamaño conllevan a su descarte, dado que no cumplen con las exigencias de los consumidores. A esto, se suma los residuos y subproductos propios de la industrialización como piel, semillas, bagazos o sueros. La pregunta es: ¿son desechos o insumos?

En su mayoría, pueden ser considerados insumos. Y como ejemplo encontramos la utilización del bagazo de cebada, un subproducto de la fabricación de cerveza,

para alimentar ganado bovino. O bien, el descarte de cítricos para la suplementación de ganaderías destinados a la producción de carne y de leche, dado su alto valor energético.

También en este sentido encontramos la obtención de harina de banana de descarte, a partir del remanente de frutas que no califican para la comercialización en fresco. O la técnica de deshidratación en cerezas para la obtención de pasas con valor agregado y aprovechar los excedentes de frutas estacionales, o bien la producción de barras de frutas deshidratadas y frutos secos aptas para celíacos.

Otro modo de reciclar residuos es aprovechar el descarte de girasol para producir hongos y biofertilizantes. Así, reutilizan la cáscara de girasol que generan las aceiteras, procesan el sustrato degradado por los hongos y lo transforman en biofertilizante.



A su vez, es posible producir plásticos biodegradables con uno de los principales desechos de la cadena láctea: el lactosuero. Lograron transformarlo en dos productos con alto valor agregado: por un lado, plásticos biodegradables, que podrán también aplicarse a compostaje, y por el otro, un aditivo para la nutrición infantil.

## CASOS DE ÉXITO

### Producen biohidrógeno a partir de la quema de la paja del arroz

El centro tecnológico [AINIA](#) participa en un proyecto europeo (LIFE REPTES) que persigue conseguir biocombustibles verdes con los residuos del cultivo del arroz. Un nuevo modelo de economía circular que persigue buscar una solución a un problema histórico de la Albufera de Valencia: la quema de la paja del arroz. Se trata de conseguir la producción de biohidrógeno, a partir de subproductos lignocelulósicos (paja de arroz) obtenidos de los campos durante el periodo de recolección del arroz y los lodos procedentes de EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales), mediante un proceso de fermentación oscura. Los residuos de la paja se convertirán así en energía renovable limpia ya que el hidrógeno es un combustible energético limpio, ya que no libera CO<sub>2</sub>, óxidos nitrosos y óxidos de azufre a la atmósfera durante su combustión.

### El jugo de bacterias que ayuda a las plantas a soportar el estrés hídrico

La startup argentina [Puna Bio](#) ha desarrollado el primer bioestimulante "extremófilo" del mundo. Compuesto de bacterias capaces de sobrevivir en condiciones extremas como los de los salares más altos de la Puna argentina. Estas bacterias les confieren a las plantas condiciones de tolerancia a sequía, estrés y salinidad. Su bioestimulante, Kunza Soja, puede emplearse en suelo con malas condiciones de sequía o salinidad, pero también en suelos fértiles donde, aseguran, permite aumentar los rendimientos entre 10 y 15%. Además de Kunza Soja, Puna Bio está avanzando en ensayos de productos bioestimulantes para maíz, trigo, poroto, caña de azúcar, y otros. Fueron seleccionados por Indie Bio, la aceleradora de startups biotecnológicas más grande del mundo.





### **Biofertilizante con hongos y hormonas que favorece el crecimiento de las plantas**

Un equipo de investigación de la [Estación Experimental del Zaidín](#), centro del CSIC en Granada, ha propuesto el uso de un biofertilizante que combina hongos y hormonas vegetales para favorecer el crecimiento de las plantas. Estos agentes biológicos podrían sustituir la acción de los fertilizantes y pesticidas tradicionales hasta en un 50%. Según los investigadores cuando las plantas sufren un déficit nutricional como falta de fósforo y nitrógeno, emiten hormonas como las estrigolactonas o los flavonoides como señal de alerta. Así, los microorganismos beneficiosos del suelo, como el hongo *Rhizophagus irregularis*, acuden al rescate y colonizan las raíces del vegetal. De este modo, le aportan el alimento que necesita y también actúan como un 'seguro de vida': ayudan a la planta a obtener agua, activan las defensas de su sistema inmune para afrontar mejor adversidades

climáticas como la sequía y sufrir menos infecciones por otros hongos y bacterias, así como menos ataques de plagas de insectos herbívoros.

### **Pesticidas y estimulantes biológicos a partir de residuos del agua**

FACSA está llevando a cabo el proyecto [FertiLab](#) cuyo objetivo es dar una segunda vida al subproducto resultante de una de las fases de la depuración del agua, conocido como lodo digerido (o digestato), mediante su conversión en tres tipos de productos de gran interés para la agricultura sostenible. FertiLab buscará convertir los lodos resultantes de las aguas residuales en tres tipos de productos de gran interés para la agricultura sostenible. En primer lugar, en fertilizantes o abonos minerales enriquecidos con nutrientes presentes en estos lodos. En segundo lugar, en Biopesticidas, mediante una fermentación en estado sólido del lodo. Y, por último, en bioestimulantes, también mediante fermentación en estado sólido del



lodo. Entre las ventajas de estos productos se incluyen: un mejor crecimiento de las plantas, mayor producción y una mejora de la calidad del cultivo, entre otras. Con todo ello, el proyecto pretende lograr una mejora de la sostenibilidad en la agricultura a nivel territorial basándose en los principios de agroecología, ya que propone cambiar el escenario actual de agricultura intensiva por estrategias más locales, en las que se cierran ciclos de nutrientes y utilizan enmiendas orgánicas en sustitución de productos químicos de alto impacto ambiental, como los fertilizantes minerales y pesticidas químicos.

### **Cómo convertir el 'desecho' de las almazaras en materia prima sostenible**

La 'spin-off' de la Universidad de Alicante, [Calpech](#), seleccionada para el programa [Agrobank Tech Digital Innovation](#), crea una tecnología de fabricación de nanopartículas de hierro a partir del alpechín, residuo del 'oro líquido', que abre nuevas vías para generar biogás o el tratamiento de aguas. La compañía ha convertido un residuo, el alpechín de la oliva, en su materia prima para generar riqueza y prosperidad de la mano de una tecnología patentada que permite fabricar nanopartículas de hierro con un coste muy bajo y competitivo y abre las puertas a múltiples aplicaciones en el campo de la generación de biogás, el tratamiento de aguas o la creación de fertilizantes naturales. Gracias a su tecnología, Calpech entra en la cadena de valor de las almazaras y alperujeras para aprovechar el alpechín, un residuo que hasta la fecha no tenía una solución apropiada.



#### 4.4. EDICIÓN GENÉTICA

La innovación es esencial para abordar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. No existen soluciones mágicas para abordar estos desafíos. Entre las herramientas clave para hacer frente a estos retos está la mejora genética, que no sólo permite un modelo agrario más sostenible, sino que además permite incrementar la producción sin tener que incrementar la superficie de cultivo, evitando así la destrucción de biodiversidad y haciendo frente al reto de la seguridad alimentaria.

Además de las nuevas tecnologías informáticas, en los próximos años vamos a vivir el auge de una nueva revolución, en este caso biológica y relacionada con la genética. Esta revolución se inició con las técnicas de modificación genética y está tomando un impulso adicional a través de las nuevas técnicas de edición genética.

Aplicados al sector agrícola, la biotecnología permite seleccionar y manipular el material genético de las plantas y sus cultivos y acelerar procesos naturales que hubieran requerido cientos o miles de años de evolución.

En este ámbito encontramos los culti-



vos modificados genéticamente (OMG), que se producen introduciendo genes de unas especies en otras para generar, por ejemplo, cultivos resistentes a los herbicidas aplicados sobre las malas hierbas y determinadas plagas. Estos cultivos empezaron a comercializarse a finales de la década de los noventa y desde entonces han experimentado un fuerte crecimiento, principalmente en el continente americano e India.

Según el estudio de la Universidad de Cambridge [\*“Are biotechnology and sustainable agriculture compatible? Renewable Agriculture and Food Systems”\*](#) los cultivos modificados genéticamente tienen una mayor rentabilidad como consecuencia de los mayores rendimientos de estos cultivos (0,35 toneladas/ha superior en países desarrollados).

**Los nuevos avances biotecnológicos derivados de un mejor conocimiento de los mecanismos biológicos y de cómo éstos transforman la vida, supondrán un antes y un después en las actividades relacionadas con la vida humana, animal y vegetal.**

Los avances en biología también permitirán mejorar la aplicación de fertilizantes y de productos de sanidad vegetal, mejorando las dosis y haciéndolas más precisas a cada planta. Productos como los nanofertilizantes o los biosensores permitirán dotar al agricultor de información muy valiosa y relevante.

### **LA EDICIÓN GENÉTICA: LA NUEVA Y POTENTE HERRAMIENTA QUE ESTÁ REVOLUCIONANDO LA AGRICULTURA**

La edición genética es una nueva técnica, descubierta en 2012 y desarrollada posteriormente por científicos de las universidades de Berkeley, el Instituto Max Planck o el MIT, que permite modificar el material genético de una planta de forma precisa para mejorar sus características (rendimiento, resistencia a enfermedades, propiedades nutricionales u organolépticas, etc.)

Aunque hay otras, la técnica de edición

genética más utilizada es el CRISPR/Cas9, una herramienta desarrollada por el español Francis Mojica y que actúa como unas tijeras moleculares que cortan secuencias de ADN del genoma de forma muy precisa e insertan cambios en la misma.

Al corregir o editar el genoma de cualquier célula de una manera precisa y controlada, la edición genética permite crear semillas más productivas, resistentes a las consecuencias del cambio climático (incrementos de temperatura o sequía), resistentes a plagas o enfermedades y que, a la vez, produzcan alimentos más nutritivos y con presencia de moléculas más saludables, como los antioxidantes.

A diferencia de las mejoras convencionales y las técnicas de ingeniería genética más antiguas, que conllevaban un proceso lento y costoso, estas técnicas son mucho más rápidas y baratas y han supuesto una revo-

## **Cómo funciona el CRISPR**

*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*



Fuente: elaboración propia

lución por las grandes expectativas que ha generado su efectividad, rapidez y sencillez. Por eso, a pesar de ser relativamente reciente, ya existen varios productos editados genéticamente en vías de comercialización y muchos más en desarrollo.

Uno de los primeros productos desarrollados a través de esta técnica es el champiñón que no ennegrece. Desarrollado en la Universidad de Pennsylvania, se trata de un champiñón cuyo genoma ha sido modificado genéticamente para inactivar los genes responsables de la oxidación. El resultado es un champiñón que no empieza a ennegrecerse hasta pasadas como mínimo tres semanas y que, por tanto, puede resistir mucho más tiempo en las tiendas en perfecto estado. En desarrollo hay también, por ejemplo, tomates con más antioxidantes, melones más dulces y semillas de soja y girasol con menos grasas saturadas.

Por ejemplo, determinados genes de algunas bacterias se pueden introducir en el genoma de las plantas. Ya se está haciendo con el maíz. La bacteria BT produce toxinas para los insectos: si se introduce esa información en la cadena genética de la planta, no es necesario utilizar insecticidas químicos para combatir plagas porque la planta llega a ser inmune. 'Está vacunada'.

### **LA REGULACIÓN DE LOS PRODUCTOS EDITADOS GENÉTICAMENTE: UN TEMA CANDENTE**

Si bien la edición genética es una herramienta con gran potencial para mejorar la productividad agrícola, obtener productos adaptados a las consecuencias del cambio climático y más funcionales y nutritivos, la utilización de estas técnicas en la Unión Europea y, por tanto, en España es incierta hoy en día. La cuestión que está en **debate es si los productos editados genéticamente son considerados a efectos normativos como los organismos modificados**

### **genéticamente o como variedades obtenidas por la propia selección tradicional.**

En 2018, el Tribunal de Justicia de la UE dictó una sentencia que podría suponer un duro varapalo para el desarrollo de la técnica de edición genética CRISPR en el territorio de la Unión al establecer que los organismos obtenidos por mutagénesis mediante técnicas de edición genética (como CRISPR, entre otras) en el ámbito de la agricultura, sean considerados Organismos Modificados Genéticamente (OMG), esto es, transgénicos, a diferencia de lo que reclamaba el sector científico.

La sentencia ha generado una interesante controversia entre los legisladores y el mundo científico sobre las ventajas de esta novedosa tecnología. Si bien es cierto que la revolucionaria técnica de edición genética abre un inmenso campo de posibilidades de mejora para los cultivos, para conseguir que sean más resistentes y eficientes en recursos, aún no hay unanimidad en el sector científico donde tiene sus defensores, pero también quienes pide cautela por temor a repercusiones futuras.

Desde que se conoció la sentencia de Tribunal Europeo, buena parte de la comunidad científica internacional ha venido reclamando que los tribunales "ajusten la resolución al conocimiento científico actual". En una [Declaración Abierta](#) a los parlamentarios europeos en defensa del CRISPR, científicos de 120 instituciones de investigación de 25 países de la Unión explican que *"las plantas en las que se ha aplicado la tecnología CRISPR son tan seguras como las derivadas de las técnicas de mutagénesis convencionales, y que frenar su desarrollo en Europa tendrá graves consecuencias económicas y para el abastecimiento de alimentos"*. Y añaden: *"El hecho de que otros países no consideren las plantas editadas como OMG pon-*

*drá además a la agricultura europea en una situación de desventaja”.*

En 1920 los premios Nobel reconocieron la importancia de esta nueva tecnología concediendo el Nobel de Química a Emmanuelle Charpentier y Jennifer A. Doudna por sus aportaciones a la técnica del CRISPR.

Un reciente estudio de la [Alliance for Science de 2021](#) ha concluido que el freno a los cultivos biotecnológicos en Europa ha provocado en una emisión extra de 33 millones de toneladas de CO2 al año. Esto equivale al 7,5 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de todo el sector agrícola europeo, aproximadamente lo que podrían emitir cada año entre 10 y 20 centrales eléctricas de carbón.

Con todo, al tratarse de una tecnología novedosa, todavía despierta para algunos sectores científicos la incertidumbre ante las posibles consecuencias. De hecho, según un estudio del [Instituto Wellcome Sanger](#) *“muchas células editadas con CRISPR sufrieron reorganizaciones con ‘borrados’*

*e ‘inserciones’ no deseados de ADN, lo que puede provocar que algunos genes clave se ‘activen’ o ‘desactiven’.../... descubrimos que los cambios sobre el ADN se han subestimado hasta ahora”.* Y la conclusión a la que llegan es que efectivamente la utilización de estas herramientas CRISPR acaba generando en múltiples ocasiones modificaciones distintas a las deseadas, incorporando más *“ruido genético, más alteraciones”.*

Con todo ello, aunque la tecnología del ‘corta-pegar’ de ADN del CRISPR ha despertado muchas expectativas, lo cierto es que no se ha conseguido unanimidad sobre las posibles futuras repercusiones. De ahí la cautela que los legisladores europeos muestran a la hora de su aplicación. En cualquier caso, el debate científico está servido.

## CASOS DE ÉXITO

### Consiguen una variedad de tomate resistente a la sequía

Investigadores israelíes de la [Universidad Hebrea de Jerusalén](#) han desarrollado una nueva variedad de tomate que es más resistente a las condiciones de sequía. Una variedad que podría ayudar a hacer frente a los efectos del cambio climático y mejorar un cultivo que se está viendo afectado por las condiciones climáticas extremas. Los científicos cruzaron dos especies de tomates, una variedad silvestre de los desiertos del oeste de Perú,



con un cultivo comercial común que está disponible en muchas zonas del mundo. Identificaron interacciones entre dos áreas del genoma del tomate que conducen a un mayor rendimiento y resistencia a las condiciones secas. El estudio encontró que estas áreas específicas en el genoma de la planta conducen a un aumento del 20 al 50 por ciento del rendimiento, tanto en condiciones normales como de sequía. Los científicos también observaron que el tamaño de la planta mejoraba en estas variedades.

### **Tutti: la primera manzana adaptada al cambio climático**

Su nombre comercial es Tutti y sus creadores los investigadores del IRTA. Es una nueva variedad de manzana roja, dulce, crujiente y jugosa, pero, lo más importante, adaptada a soportar veranos más se-

cos y cálidos. Es una nueva fruta adaptada al cambio climático que sufrimos. Hija del innovador programa internacional Hot Climate Partnership (HCP), es la primera variedad de fruta de semilla registrada. El HCP es el único programa de mejora varietal del mundo diseñado para hacer frente a los retos de producir manzanas y peras en climas cálidos. Su principal objetivo es producir nuevas variedades "más adaptadas a unos veranos cada vez más calurosos, y que satisfagan las necesidades de productores, comercializadores y consumidores". Después de 4 años de investigación, los técnicos del Instituto de investigación y Tecnología Agroalimentaria han evaluado esta nueva variedad en los campos experimentales del [IRTA](#) en Mollerussa (Lleida) y en La Tallada de l'Empordà (Girona), donde las temperaturas pueden llegar a ser de más de 40°C en verano.



### **Olive Atlas, plataforma interactiva para estudios genéticos del olivo**

La investigación genómica de cualquier cultivo es fundamental para orientar a los productores a la hora de optimizar sus plantaciones. El conocimiento de las expresiones genéticas del olivo supone un aliado importante a la hora de potenciar el valor de este fruto básico en la nutrición española y un elemento de valor de la economía de buena parte del sector. De ahí la importancia del trabajo que el grupo de Biología Reproductiva y Microscopía Avanzada de Plantas (BReMAP) de la EEZ-CSIC, en colaboración con investigadores del IHSM (CSIC-UMA) y del Instituto Universitario de Investigación en Olivar y Aceites de Oliva (UJA) han desa-

rollado para poner en marcha [OliveAtlas](#), una plataforma interactiva que contiene datos de expresión génica del olivo, así como distintas herramientas bioinformáticas y métodos de visualización que permiten la comparación múltiple de genes, la búsqueda de duplicaciones génicas, el enriquecimiento de conjuntos de genes y la descarga de los datos transcriptómicos. La plataforma OliveAtlas contiene 70 experimentos de RNA-seq, organizados en 10 conjuntos de datos que representan los principales órganos de la planta (raíz, tallo, meristemo, hoja, semilla, fruto, flor y polen), el proceso de germinación del polen y elongación del tubo polínico, y la respuesta de la planta a distintos tipos de estreses bióticos y abióticos, entre otras condiciones experimentales.



## Conclusiones

**E**l sistema agroalimentario afronta un cambio de modelo ante los desafíos relacionados con la lucha contra el cambio climático, la sequía y temperaturas extremas, y la crisis de precios, donde la tecnología y la innovación serán claves para superarlos con la introducción de riego inteligente, la reutilización de aguas depuradas, o desalinizadas, gestionar los datos en agricultura y ganadería para el riego, plagas, etc y el trabajo para la edición genética de las plantas para hacerlas más resistentes.

Instituciones, Empresas, Organizaciones Agrarias y Universidades apuestan por un cambio de ciclo en el sector con la ayuda de tecnología y de las infraestructuras más

basadas en datos para afrontar retos como el cambio climático, la sequía y la sostenibilidad y seguridad alimentaria

**La innovación se ha convertido en un acompañante indispensable dentro de la nueva ola de la transformación digital en el sector agroalimentario.** Sin ella, las empresas de la industria están condenadas a estancarse y a perder competitividad en un escenario marcado por la incertidumbre, pero también por la entrada de nuevos actores y el cambio de hábitos en los consumidores.

Las nuevas tecnologías contemplan el riego inteligente, el aprovechamiento del agua en la economía circular o la regeneración de



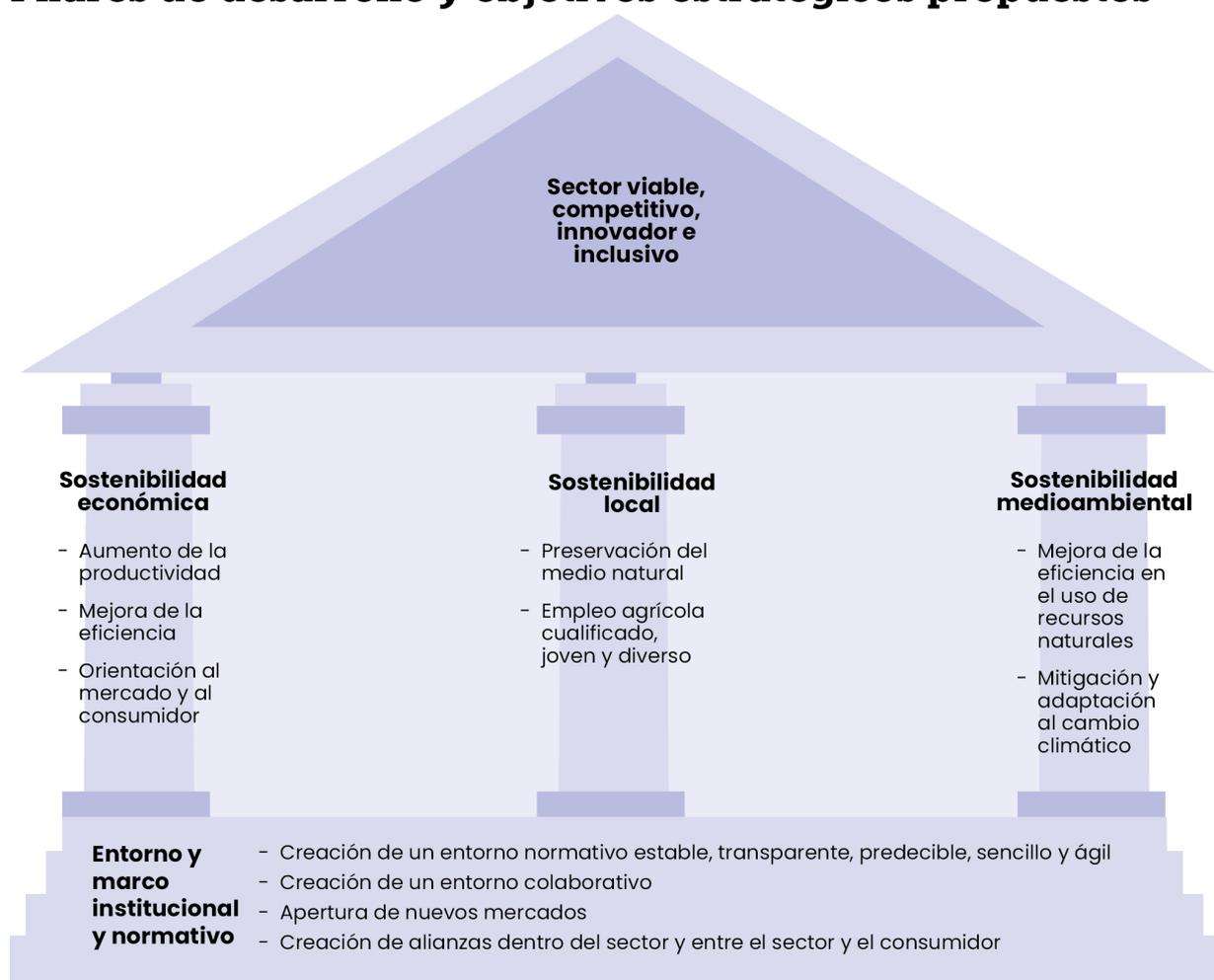
**La innovación es un catalizador del crecimiento y palanca clave para abordar los desafíos económicos, sociales y medioambientales del sector.**

las aguas residuales, de purines y residuos. Tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) permiten monitorizar y pronosticar el clima, mitigando los impactos de eventos climáticos extremos, como sequías, granizo e inundaciones. En el ámbito energético, la tecnología de generación eléctrica está avanzando de forma acelerada en renovables como la eólica o la solar fotovoltaica, así como la provisión de soluciones para comunidades energéticas inteligentes, gestión de redes y eficiencia energética son ya irremplazables.

En el nuevo escenario que se plantea, cada

vez más complejo por las limitaciones que impondrá el cambio climático y la competencia internacional, va a resultar fundamental que los agricultores dispongan de las mejores herramientas para producir. Este es un terreno muy amplio, que abarca la utilización de nuevas técnicas y tecnologías en las explotaciones; la disponibilidad de productos y soluciones de sanidad vegetal para hacer frente a la prevención, el control y la erradicación de plagas y enfermedades y para evitar las resistencias; la introducción de nuevos cultivos y variedades o la adopción de técnicas de edición genética o innovaciones biológicas.

## Pilares de desarrollo y objetivos estratégicos propuestos



Fuente: pwc

Para que esto suceda, el sector va a tener que apostar fuertemente por la investigación, ya que la tecnología y la innovación del futuro dependen de la investigación y el desarrollo que se realice en la actualidad, y por la tecnificación y digitalización del sector, como catalizadores del crecimiento claves para abordar los desafíos económicos, sociales y medioambientales.

Según el informe PWC [“El futuro del sector agrícola español”](#) **la tecnificación y digitalización de la agricultura podría permitir aumentar la producción agrícola española de 2050 en un significativo 8,8 %**. En términos monetarios, esto podría generar un impacto de 3.313 millones de euros en términos de producción de 2050 y un impacto acumulado en los próximos 30 años de 54.682 millones de euros.

Asimismo, las técnicas de no laboreo, recogidas dentro del concepto de agricultura de conservación podrían permitir aumentar la producción en España de 2050 en un 2,7 %. En términos monetarios, este impacto podría alcanzar los 1.024 millones de euros en 2050 y los 16.919 millones de forma acumulada en los próximos 30 años.

Por otro lado, el desarrollo de productos y soluciones de sanidad vegetal para combatir las plagas que afectarán a los cultivos españoles en el futuro podría permitir **aumentar la producción agrícola española de 2050 en un 11,9 %**. En términos monetarios, este impacto podría alcanzar los 4.454 millones de euros en 2050 y los 73.501 millones de forma acumulada a lo largo de los próximos 30 años.

Además, el desarrollo de variedades de cultivos adaptados a las nuevas condiciones climáticas podría permitir aumentar la producción en un 12,9 %. En términos monetarios, este impacto podría alcanzar los 4.828 millones



en 2050 y los 79.674 millones de forma acumulada en las próximas dos décadas.

### **PROFESIONALIZARSE Y ORIENTARSE HACÍA AL EXTERIOR**

El sector solo podrá competir en el mercado global si es capaz de desarrollar las estructuras y modelos empresariales que permitan maximizar la producción, controlar los costes, abrirse a nuevos mercados y adaptarse para dar respuesta a sus características y exigencias. Y esto pasa por apoyar el aumento de dimensión empresarial y la capacidad negociadora, por avanzar en la profesionalización del sector y por orientarse en visión y capacidades a los mercados internacionales

Y para conseguirlo es imprescindible que la Administración, a través de la Universidad, los Centros de investigación, los Institutos tecnológicos o los nuevos Hubs de digitalización, pongan al alcance de esta nueva generación de agricultores tecnológicos un sistema adecuado de investigación, transferencia, formación y asesoramiento (público/privado), que los informe, guíe, forme y asesore en el camino de la sostenibilidad, la digitalización y la transición energética.

# Referencias bibliográficas

## FAO Objetivos de desarrollo sostenible.

<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

## “Una transición global hacia sequías repentinas bajo el cambio climático”. Science.

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abn6301>

## “Impacto de la sequía en el sector agrario”. COAG.

<http://coag.chil.me/post/la-sequia-asfixia-ya-al-6025-del-campo-espanol-y-produce-perdidas-irreversibles--437591>

## Balance climático MITECO.

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/Abril-de-2023,-el-abril-m%C3%A1s-c%C3%A1lido-y-seco-desde-que-existen-registros-/tcm:30-561795>

## Estudio sobre las economías afectadas por el cambio climático de Swiss Re Institute.

<https://www.swissre.com/media/press-release/nr-20210422-economics-of-climate-change-risks.html>

## Conclusiones de la reunión de la Mesa de la Sequía Abril 2023.

[https://www.mapa.gob.es/es/prensa/230419mesadelasequia\\_tcm30-650328.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/prensa/230419mesadelasequia_tcm30-650328.pdf)

## Convenio Mapa de Regadíos MA-PA-AERYD.

<https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/el-ministerio-de-agricultura-pesca-y-alimentaci%C3%B3n-contribuir%C3%A1-a-la-difusi%C3%B3n-de-las-mejoras-t%C3%A9cnicas-para-el-regad%C3%ADo-espa%C3%B1ol/tcm:30-647878>

## Manifiesto por la Agrociencia.

Fundación ALAS <https://alasangricultura.es/actualidad/alas-lanza-el-manifiesto-por-la-agrociencia>

## “Alimentación y agricultura sostenibles”. FAO.

<https://www.fao.org/sustainability/es/>

## “Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS”. FAO.

<https://www.fao.org/3/i9900es/i9900es.pdf>

## Encuestas sobre superficies y rendimientos de cultivos. ESYRCE.

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>

## Manifiesto Alianza por la Agricultura Sostenible

<https://alasangricultura.es/sostenibilidad>

**“La teledetección para el control de los usos del agua”. MITECO.**

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/control-volumenes-agua/teledeteccion-uso-agua/>

**“Las tendencias agroalimentarias en España” INTEC.**

<https://chil.me//download-doc/438915>

**Objetivos de desarrollo sostenible: Tierra y suelo. FAO.**

<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>

**Directiva sobre uso sostenible de plaguicidas CE.**

<https://boe.es/doue/2009/309/L00071-00086.pdf#:~:text=DIRECTIVA%202009%2F12%2FCE%20DEL%20PARLAMENTO%20EUROPEO%20Y%20DEL%20CONSEJO,para%20conseguir%20un%20uso%20sostenible%20de%20los%20plaguicidas>

**“Are biotechnology and sustainable agriculture compatible? Renewable Agriculture and Food Systems”, Universidad de Cambridge.**

<https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/abs/are-biotechnology-and-sustainable-agriculture-compatible/ECC75526C-5F02E2A9B48E44288641FC9>

**Informe sobre cultivos transgénicos. Alliance for Science.**

<https://allianceforscience.org/blog/2021/02/eus-refusal-to-permit-gmo-crops-led-to-millions-of-tonnes-of-additional-co2-scientists-reveal/>

**“El daño del genoma por la edición del gen CRISPR / Cas9 es mayor de lo que se pensaba”. Instituto Wellcome Sanger.**

[https://www.sanger.ac.uk/news\\_item/genome-damage-crisprcas9-gene-editing-higher-thought/](https://www.sanger.ac.uk/news_item/genome-damage-crisprcas9-gene-editing-higher-thought/)

**“El futuro del sector agrícola español”, PWC.**

<https://www.pwc.es/es/publicaciones/assets/informe-sector-agricola-espanol.pdf>

**AgroBankTech**

**Digital INNOvation**

JUNIO 2023

# Agrifocus:

La sostenibilidad no es  
una utopía, es una  
obligación necesaria



**AgroBank**

**INNSOMNIA**  
Innovators that dream

