



# Smart Agro

Aplicando las tecnologías en  
la gestión agrícola inteligente



Esta guía se ha elaborado en el marco del proyecto **Comunidad Rural Digital (CRD)**. Éste es un proyecto de colaboración entre Administraciones Públicas de Portugal y España, aprobado en el marco del Programa de Cooperación Transfronteriza Interreg V-A España-Portugal 2014-2020 (POCTEP) y cofinanciado a través de fondos FEDER, cuyo objetivo es mejorar la innovación tecnológica de las instituciones del medio rural a ambos lados de la frontera, fomentando la cooperación y su competitividad.

## Aviso Legal

Esta publicación ha sido realizada por la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León para el desarrollo del proyecto Comunidad Rural Digital, en el marco del proyecto de Cooperación Transfronteriza España-Portugal, y se encuentra bajo una [licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 3.0 España](#).

Usted es libre de copiar, hacer obras derivadas, distribuir y comunicar públicamente esta obra, de forma total o parcial, bajo las siguientes condiciones:

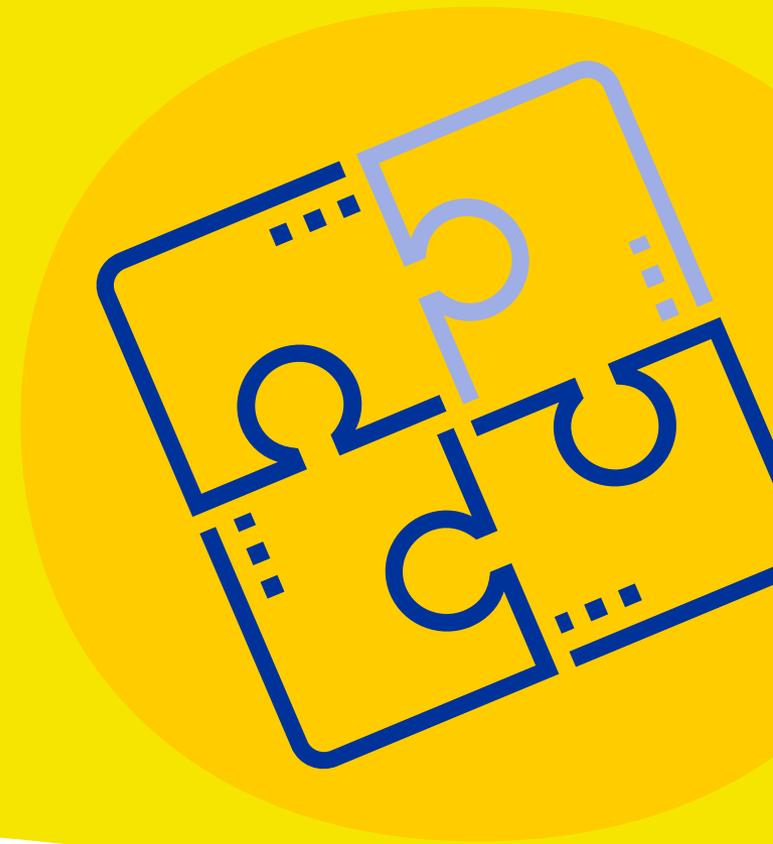
- **Reconocimiento:** Se debe citar su autoría así como su procedencia, haciendo referencia expresa al proyecto Comunidad Rural Digital.
- **Uso No Comercial:** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



# ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. OBJETIVOS EN LA GESTIÓN INTELIGENTE AGRARIA**
- 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE**
- 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO**
- 5. CONCLUSIONES**

**REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA**



# 1. INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

Con la introducción de nuevas tecnologías, como el uso de sensores, el procesamiento de grandes cantidades de datos (big data) o la inteligencia artificial, se está produciendo una revolución en el mundo agrario que ha dado lugar al concepto que se conoce como **Smart Agro o Agricultura Inteligente**. Este concepto permite que la producción del sector primario sea más eficiente y se logre una mayor calidad, control e impacto.

Las **ventajas** que se obtienen al utilizar estas tecnologías son:

- Mejorar los procesos operativos, ahorrando costes.
- Aumentar la productividad.
- Mejorar el control de las explotaciones.
- Controlar cultivos y granjas para disminuir la aparición de enfermedades y plagas.
- Optimizar el tiempo de trabajo y la mano de obra.
- Hacer un uso más sostenible del medio ambiente y de los recursos naturales.

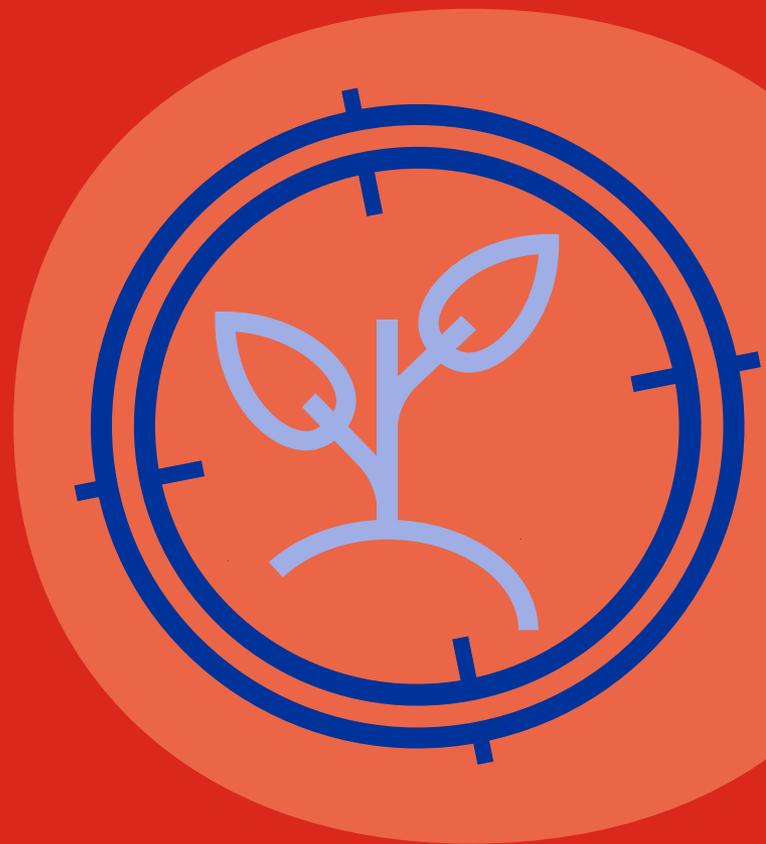
Los procesos *smart* en la agricultura suponen una novedosa medida para impulsar una mejora en la actividad del sector, pudiendo disponer de información en tiempo real sobre la explotación de los cultivos, para su análisis y predicción de comportamientos futuros.

Esta guía pretende ser un primer acercamiento al concepto de Smart Agro, explicando las **tecnologías básicas** que se utilizan y exponiendo diferentes **casos de éxito** de aplicación. Aunque el término Smart Agro es muy amplio e incluye sectores como la industria agroalimentaria, ganadera, pesquera y forestal, por su amplitud, en esta guía sólo nos centraremos en el **ámbito agrícola**.

En este documento, analizaremos el estado actual en el que se encuentra el campo de aplicación de las TIC a la agricultura e identificaremos los principales desafíos de desarrollo que se abordarán en el futuro, con el fin de responder preguntas como:

- ¿Qué papel juegan las TIC en Smart Agro?
- ¿Qué partes interesadas están involucradas y cómo están organizadas?
- ¿Cuáles son las perspectivas de cambio esperadas por la implementación de las TIC?
- ¿Qué desafíos deben abordarse en el futuro?





## **2. OBJETIVOS EN LA GESTIÓN INTELIGENTE AGRARIA**



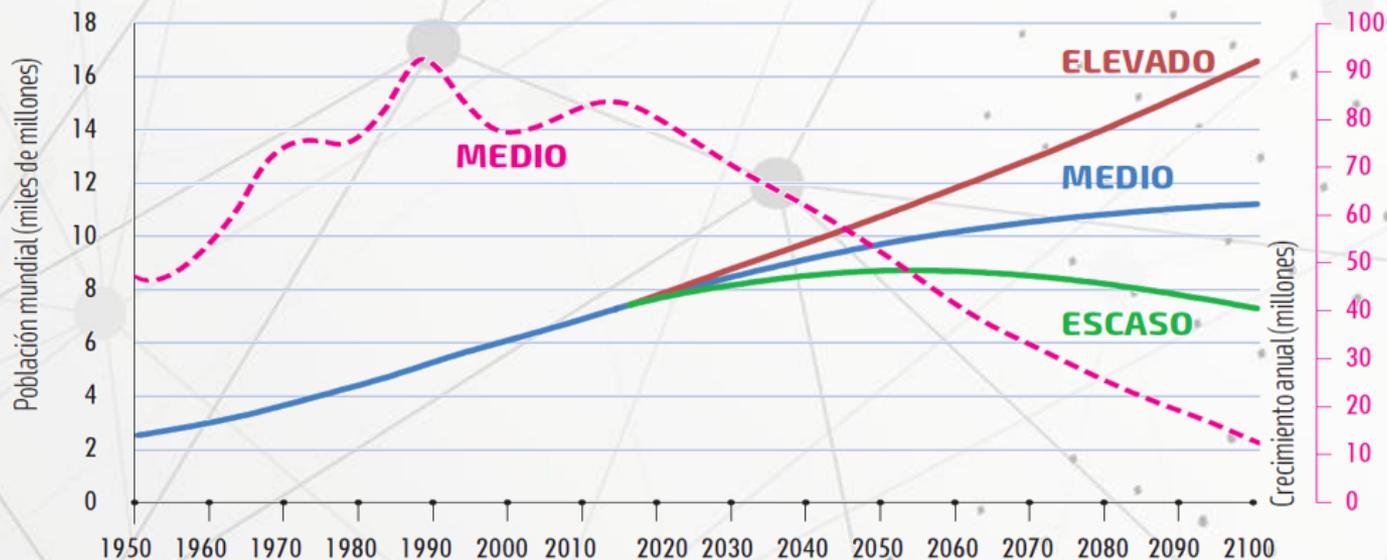
## 2. OBJETIVOS EN LA GESTIÓN INTELIGENTE AGRARIA

En los últimos años se ha venido observando un aumento en los esfuerzos por alcanzar una agricultura de precisión, caracterizada por romper el enfoque tradicional de la mera producción primaria.

A día de hoy, son muchos los retos que afronta el sector agrícola, intensificados en los últimos años por la desaceleración del rendimiento de los cultivos, el aumento del número de plagas y enfermedades o la presencia de condiciones climatológicas extremas. Estos problemas limitan la producción y conducen a precios cada vez más altos en todo el mundo.

Asimismo, la frecuencia de aparición de sequías, inundaciones y tormentas, ha aumentado en los últimos 30 años. Este tipo de fenómenos tienen un impacto muy negativo en la agricultura, afectando notablemente al proceso de producción y generando una elevada pérdida de recursos activos.

Se estima además que esta situación pueda verse afectada por el efecto del cambio climático, acentuado a su vez por la producción y liberación de gases de efecto invernadero durante la actividad agrícola.





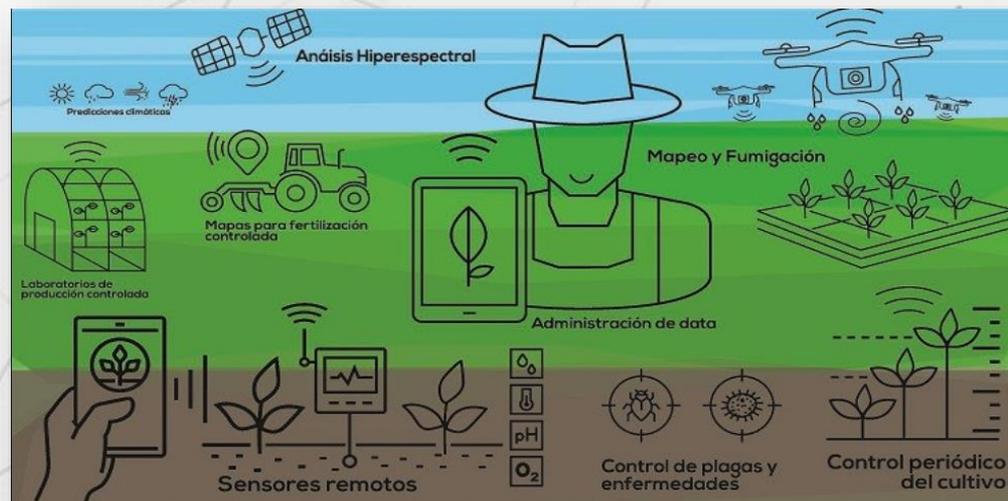
## 2. OBJETIVOS EN LA GESTIÓN INTELIGENTE AGRARIA

En este contexto de previsión, Smart Agro constituye una nueva herramienta que ayuda a orientar las acciones necesarias para transformar y reorientar los sistemas agrícolas, con el fin de apoyar de forma eficaz el desarrollo del sector.

Es posible aplicar las tecnologías para realizar una gestión inteligente en toda la cadena de producción agraria, desde la producción hasta la distribución. La gestión inteligente agraria a través del concepto de Smart Agro, pretende **promover la transformación digital y la innovación tecnológica en toda la cadena de desarrollo**: producción, procesamiento, distribución y comercialización, con el fin de obtener una optimización en todos los niveles de calidad, efectuar controles precisos y, al mismo tiempo, limitar los impactos medio ambientales.

En la **fase de producción**, la mayor eficiencia es posible gracias a las siguientes acciones:

- Automatización de las operaciones de producción, mediante redes de monitorización en tiempo real y toma de decisiones.
- Uso de tecnologías de ahorro de energía.
- Instalación de infraestructuras tecnológicas para la automatización del enfriamiento, riego, drenaje y gestión de residuos.
- Sistemas para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico.



Ejemplos de aplicación de tecnologías aplicadas al proceso agrario.



## 2. OBJETIVOS EN LA GESTIÓN INTELIGENTE AGRARIA

Entre los **pasos más importantes** de la **etapa de procesamiento**, podemos destacar los siguientes:

- Análisis de procesos de obtención de agua y cultivos resistentes al calor para contrarrestar la sequía.
- Medición de parámetros para la detección de plagas, optimizando el proceso de prevención y erradicación.
- Realización de estimaciones que permitan evaluar los tiempos de siembra más eficientes.

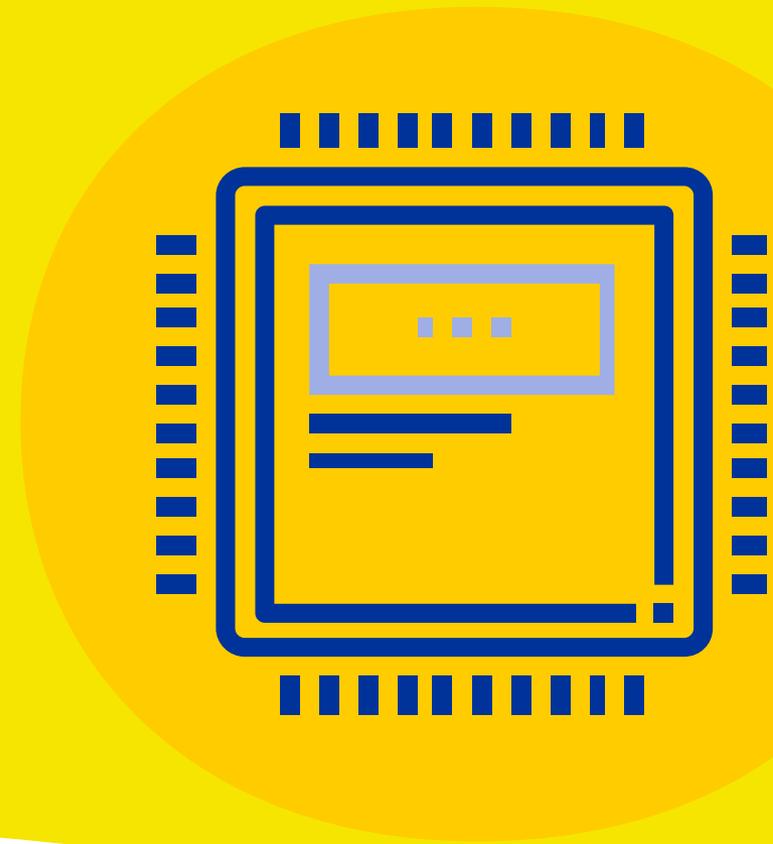
En lo referente a la **distribución y comercialización**, el uso de almacenamiento y análisis de datos masivos permite llevar un control financiero y contable de las explotaciones, así como una trazabilidad integral de cada producto y una completa gestión analítica de costes y rentabilidades.

Estas **herramientas** también tienen un papel fundamental a la hora de identificar nuevos dominios de actividad económica, en los que una determinada explotación agrícola pueda mostrar todo su potencial y sobresalir comercialmente.

En general, toda gestión integral fundamentada en la aplicación de estas disciplinas en el ámbito agrícola debe ejecutar las siguientes operaciones básicas:

- **Detección y monitorización:** medición del rendimiento real de los procesos agrícolas, ya sea manualmente o de forma automatizada mediante el uso de tecnologías de detección como sensores o satélites. Además, se pueden obtener datos externos para complementar las observaciones realizadas de forma directa.
- **Análisis y toma de decisiones:** comparación de las mediciones con las normas que especifican el rendimiento deseado (objetivos del sistema con respecto a, por ejemplo, cantidad, calidad y aspectos del tiempo de entrega), resaltando la presencia de las posibles desviaciones y generando una decisión acertada para la correcta intervención que permita eliminar las discrepancias señaladas.
- **Intervención:** planificación e implementación de la decisión elegida, con el fin de corregir el rendimiento de cada uno de los procesos.





### **3. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA AGRICULTURA INTELIGENTE**



## 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

Las nuevas tecnologías ofrecen un uso más eficiente de los recursos de la unidad agrícola. En el proceso de aplicación global que ofrecen dichas tecnologías, podemos diferenciar las siguientes fases:

- **Detección.**
- **Comunicación.**
- **Colaboración.**
- **Computación.**
- **Predicción.**

### Detección

Satélites | Drones  
Estaciones Meteorológicas | Móviles  
IoT

### Predicción

Machine Learning | IA  
Modelado de Cultivos | Asimilación de Datos  
Big Data | Data Mining

### Computación

Cloud Computing  
Transformación y Factoría de Datos

### Colaboración

Información Meteorológica Local y Regional  
Mapas de Rendimiento  
Datos Históricos

### Comunicación

Wi-Fi | ZigBee  
Bluetooth | Wibree  
Wi-SUN | Sigfox  
HRLR | HRNet



## 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

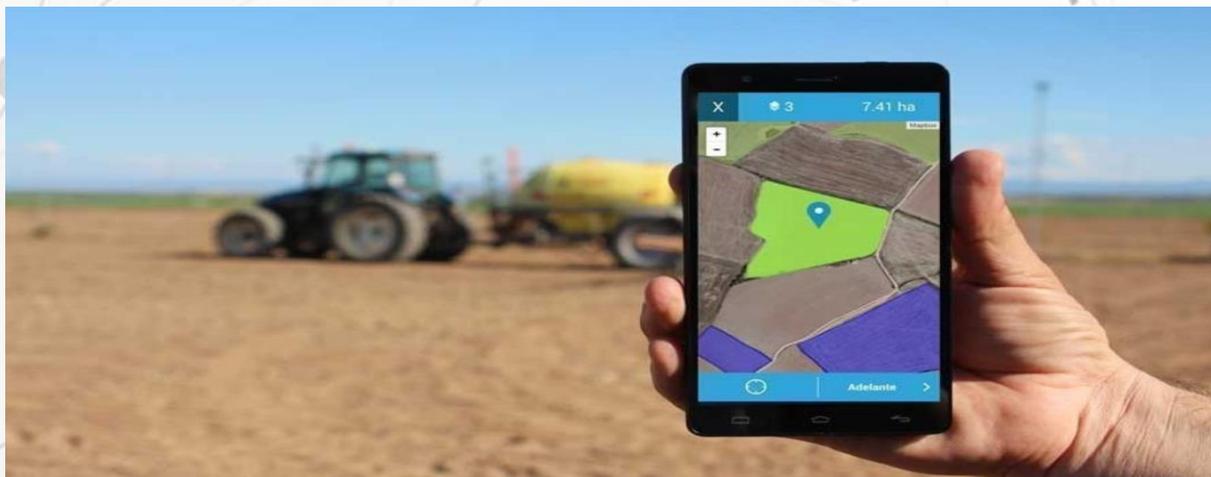
### Detección

En la **fase de detección** existe toda una gama de tipos de sensores que permiten obtener información clave de cada elemento de la unidad agrícola. Dicha red de dispositivos conectados a Internet o red de IoT (Internet of Things o Internet de las Cosas) es la base sobre la que se sustenta el resto de fases implicadas en la cadena de desarrollo. Por ejemplo, **son claves los sistemas de geoposicionamiento y percepción remota**, caracterizados principalmente por la implementación de sistemas de navegación por satélite como el GPS y sensores de precisión, respectivamente.

Los dispositivos de posicionamiento GPS permiten georreferenciar diferentes puntos de muestreo y elaborar mapas de tratamiento por lugares específicos, que permitirán el ajuste adecuado de cada tipo de tratamiento en función de la ubicación que se tenga en cada momento, así como en identificar in situ posibles incidencias dentro del propio cultivo durante la fase de monitorización.

En caso de tener integrados un sistema de autoguiado, dichos dispositivos indican y conducen directamente al usuario hacia aquellas zonas de la unidad agrícola que están pendientes de tratamiento o a las que ya lo están, con la idea de gestionar procesos tan fundamentales como:

- Cosecha.
- Siembra.
- Labrado.
- Plantación.
- Abonado.
- Tratamiento fitosanitario.



Asimismo, mediante un sistema de información geográfica (GIS), es posible relacionar mediciones realizadas en tiempo real con información sobre posicionamiento, lo que permite el procesamiento de una gran cantidad de datos geoespaciales.



### 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

Los sensores remotos también toman un papel fundamental en el proceso de detección y recolección de datos. Específicamente, sensores de suelo y ambiente permiten captar información básica del entorno como, por ejemplo, temperatura, humedad, pH, nivel de radiación solar, etc., así como transferir dicha información a un equipo remoto.

El sensor envía los datos registrados hacia servidores en Internet, donde se almacenan y pueden ser fácilmente consultados por el usuario a través de una aplicación.

Entre los diferentes tipos de sensores de precisión en la agricultura, destacamos los siguientes:

- **Sensores de localización:** usan señales de los satélites GPS para determinar parámetros de ubicación como la latitud, longitud y altitud. Se requieren tres satélites como mínimo para triangular una posición. El posicionamiento preciso es la piedra angular de la agricultura de precisión.
- **Sensores ópticos:** usan luz para medir las propiedades del suelo y sus constituyentes, a través de mediciones de diferentes frecuencias de reflectancia en espectros de luz infrarroja. Los sensores se pueden colocar en vehículos o plataformas aéreas, como drones o incluso satélites. La reflectancia del suelo y los datos de color de la planta son sólo dos variables de los sensores ópticos que se pueden agregar y procesar.
- **Sensores electroquímicos:** proporcionan información sobre niveles de pH y nutrientes del suelo mediante electrodos que detectan iones específicos en el suelo.





### 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

- **Sensores mecánicos:** miden la resistencia del suelo, usando una sonda que penetra en el mismo y registra las fuerzas de resistencia mediante el uso de células de carga o medidores de tensión. Una forma similar de esta tecnología se usa en tractores grandes para predecir los requisitos de tracción para el equipo de conexión a tierra.
- **Sensores de humedad del suelo:** evalúan los niveles de humedad midiendo la constante dieléctrica del suelo, al tratarse de una propiedad eléctrica que cambia dependiendo de la cantidad de humedad presente en el mismo.
- **Sensores de flujo de aire:** para medir la permeabilidad del aire en el suelo.
- **Sensores acústicos:** para la clasificación de semillas, mediante el análisis del espectro de absorción del sonido.
- **Sensores inteligentes:** para monitorizar la transpiración de las plantas en tiempo real.



Sensor de fuerza tracción-compresión.



### 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

La aplicación de **drones o vehículos aéreos no tripulados** es una más de las opciones que en los últimos tiempos se están poniendo a disposición de las explotaciones agrícolas, **principalmente por su capacidad de monitorizar los cultivos, en combinación con la red de sensores del suelo.**

La principal ventaja en el uso agrícola frente a otros medios aéreos es su facilidad de despliegue, que permite realizar observaciones sobre parcelas de terreno de una manera muy sencilla y rápida, con objeto de proporcionar información de alto valor para la toma de decisiones en el campo.

Los propios drones vienen equipados con sensores multispectrales, que permiten la toma de imágenes aéreas de muy alta resolución, así como de módulos de posicionamiento GPS, ofreciendo a partir de una planificación y trazados previamente definidos información altamente relevante al agricultor.





### 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

Otros tipos de sensores son los siguientes:

- Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Raman y Fourier: para evaluar diferencias estructurales entre celulosas de varios orígenes.
- Sensores basados en nivel de agua blanda: para caracterizar el rendimiento hidrológico en agua agrícola.
- Sondas de capacitancia: para la medición de la humedad del suelo en zonas tropicales.
- Metodologías para regulación de aspersores de barra: para garantizar que la dosis de producto aplicado sea homogénea a través del campo. .
- Reflectómetros: para determinar el contenido de humedad en frutos de palma aceitera.
- Sensores de covarianza de Eddy: para cuantificar el metabolismo del carbono en turberas.
- Actuadores inalámbricos autónomos accionados por energía solar: para sistemas de irrigación.
- Termopares infrarrojos: para la medición de la temperatura en campos de cultivo.





## 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

### Comunicación

En lo relativo al proceso de comunicación, las tecnologías de transmisión inalámbrica constituyen los principales sistemas de comunicación entre todos los dispositivos IoT. La transferencia y recepción de la información entre estos dispositivos es fundamental en el proceso de monitorización de cada una de las fases de la cadena agrícola.

Actualmente existen una variedad de opciones de comunicación inalámbrica de uso común que se pueden utilizar en sistemas de Smart Agro que incluyen entre otras:

- Redes de comunicaciones móviles (GSM, GPRS, 3G o 4G).
- Redes inalámbricas de largo alcance de baja potencia (LoRa)
- Sigfox
- Narrowband IoT (NB-IoT)

Otras tecnologías de comunicaciones de corto alcance que se pueden utilizar para conectar sensores son las siguientes:

- Wi-Fi
- ZigBee





## 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

### Colaboración

Una vez que los datos recogidos por los sensores están almacenados, es posible integrarlos información meteorológica local y regional, mapas de rendimiento de diferentes campañas y anotaciones históricas.

### Computación

La gran cantidad de datos obtenidos a través de los sensores requiere una tecnología de almacenamiento especial y de acceso a través de internet. **Este servicio lo proporciona, de una manera segura y minimizando los costes, los sistemas de Cloud Computing o almacenamiento en la nube.**

Las principales **ventajas del almacenamiento en la nube** son:

- **Reducción de costes:** el modelo de facturación es de pago por uso, sólo según su utilización.
- **Fácil acceso:** al tratarse de datos almacenados en una nube de servidores externos, se puede disponer de ellos desde cualquier lugar con acceso a internet.
- **Constante actualización:** por tratarse de softwares que está instalado fuera de nuestro ordenador, las actualizaciones son muy fáciles de realizar y vienen acompañadas con mejoras en los servicios.
- **Colaboración:** ofrece la posibilidad de compartir cualquier tipo de información, en tiempo real, con el resto de miembros de la nube que estén conectados con nuestras plataformas.
- **Agilidad en la escalabilidad:** permite dar respuesta a necesidades cada vez más exigentes.



## 3. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA AGRICULTURA INTELIGENTE

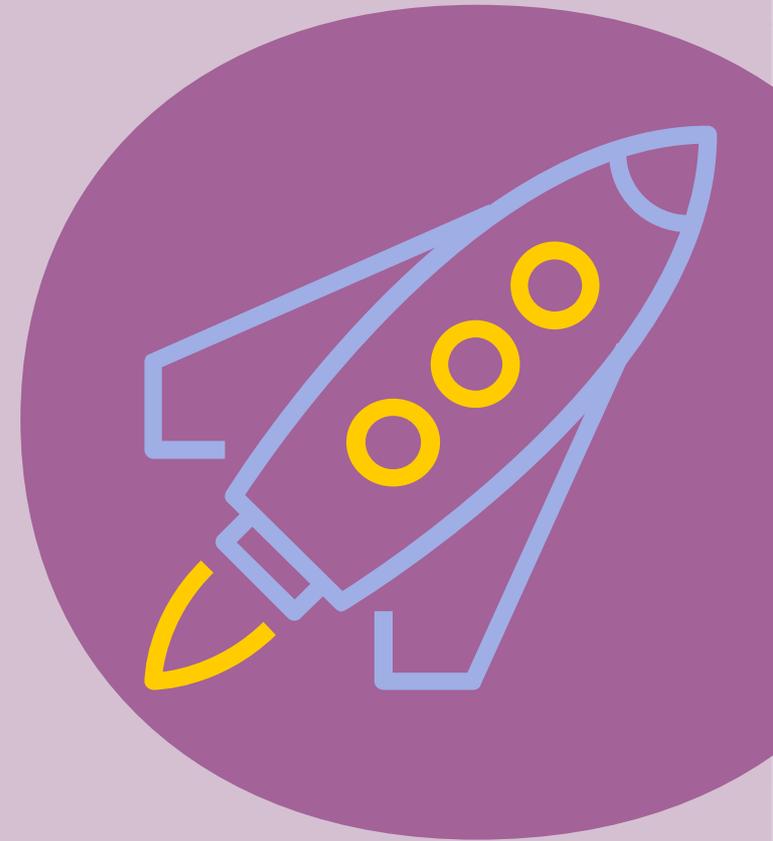
### Predicción

En la **fase de predicción**, se pueden aplicar técnicas de Inteligencia Artificial de los datos obtenidos para tener un enfoque global de la explotación y de sus necesidades más apremiantes.

Toda la **información recogida y analizada** va a permitir la **óptima realización de funciones** tan importantes como:

- Monitorización de la cosecha de forma precisa.
- Fumigación de precisión en el campo.
- Detección de plagas y malas hierbas de manera prematura.
- Localización de posibles problemas en el riego.
- Elaboración de mapas representativos de las características y del estado metabólico del suelo, así como de los parámetros biofísicos de los cultivos.
- Peritaje e inventario de terrenos de cultivo.
- Teledetección automatizada.
- Asistencia a la polinización.





## **4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO**



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Bodegas Emilio Moro y Vodafone

Se trata de un proyecto de colaboración entre las **Bodegas Emilio Moro y Vodafone** a través de su solución 'Sensing4Farming' con ayuda de socios locales en un entorno rural.

La instalación en los viñedos consta de una red de sensórica avanzada que, junto a imágenes de satélite obtenidas en alta resolución y a tiempo real, permiten medir factores ambientales clave como: humedad, temperatura, conductividad del suelo y absorción de agua, así como el vigor y la salud de las propias vides.

Gracias a la inteligencia artificial y la aplicación de tecnologías basadas en Big Data, esos datos son procesados al instante y enviados de forma inmediata a las herramientas móviles de los enólogos y técnicos de la bodega. Eso permite que conozcan con absoluta precisión la cantidad ideal de riego y fertilizante que necesitan sus vides en cada momento. También propicia la toma de decisión sobre qué áreas necesitan ser podadas o cuándo cosechar.



Sensores en unas viñas Bodegas Emilio Moro

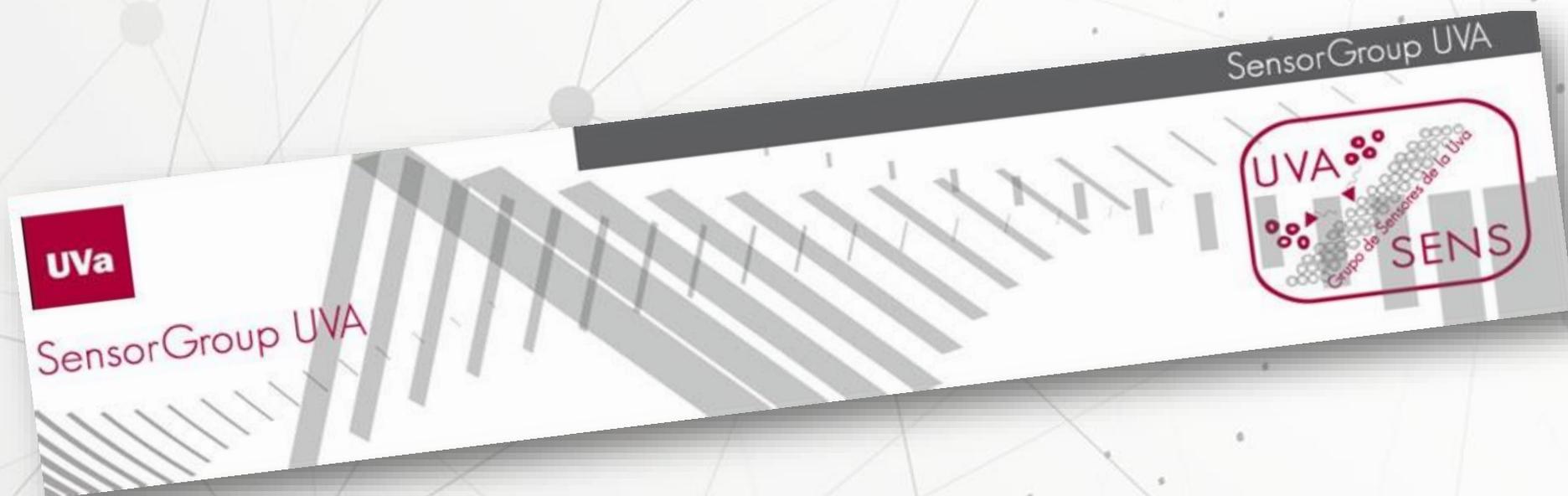


## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Sensores electroquímicos

El grupo formado por especialistas en física, química e ingeniería de la Universidad de Valladolid, denominado UVaSens, con la colaboración de la Estación Enológica de Castilla y León, el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL) y el departamento de I+D de la Bodega Cooperativa de Cigales, desarrolla un nuevo método para ayudar a determinar la fecha idónea para recolectar la uva. Este nuevo método permite identificar los cambios que se producen en la piel de la uva durante la etapa de maduración actuando como un monitor del estado de la fruta.

El método se aplicó a muestras de tres variedades autóctonas de España: Mencía, Prieto Picudo y Juan García, y para el análisis de los cambios, se empleó un sistema de electrodos sensibles a las variaciones electroquímicas en la piel de la uva. El dispositivo calibra los procesos de reducción-oxidación, una reacción química en la que tienen un papel esencial los compuestos fenólicos por sus propiedades antioxidantes.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Sensores multispectrales (I)

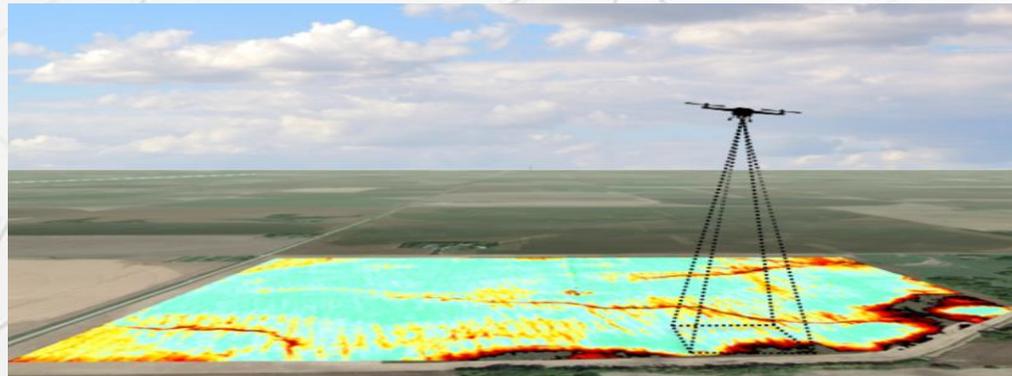
Entre los dispositivos diseñados para desarrollar una agricultura de precisión, por su grado de innovación y funcionalidad, los **sensores multispectrales** son claves a la hora de tomar un elevado número de datos de la explotación y tener además la capacidad de hacerlo en diferentes bandas del espectro electromagnético, revelando así multitud de información que el ojo humano y el resto de dispositivos tradicionales del campo no son capaces de detectar.

En este sentido, el sensor multispectral **Sequoia**, de la compañía Parrot, es capaz de capturar imágenes mediante **drones** a través de cuatro bandas espectrales que trabajan dentro del espectro visible y fuera de él, proporcionando datos de alta precisión y exactitud para analizar condiciones del suelo y de los cultivos:

- Salud y calidad.
- Crecimiento y evolución.

El sistema está fundamentado en dos elementos. En primer lugar, consta de una cámara multispectral cuya labor es inspeccionar el terreno, mientras que simultáneamente un sensor solar mide y registra las condiciones de luz en las mismas bandas del espectro que el sensor multispectral.

De esta forma, los datos lumínicos recogidos permiten confirmar los valores de los datos espectrales identificados y comparar así estos datos con la actividad solar y el estado del cultivo.

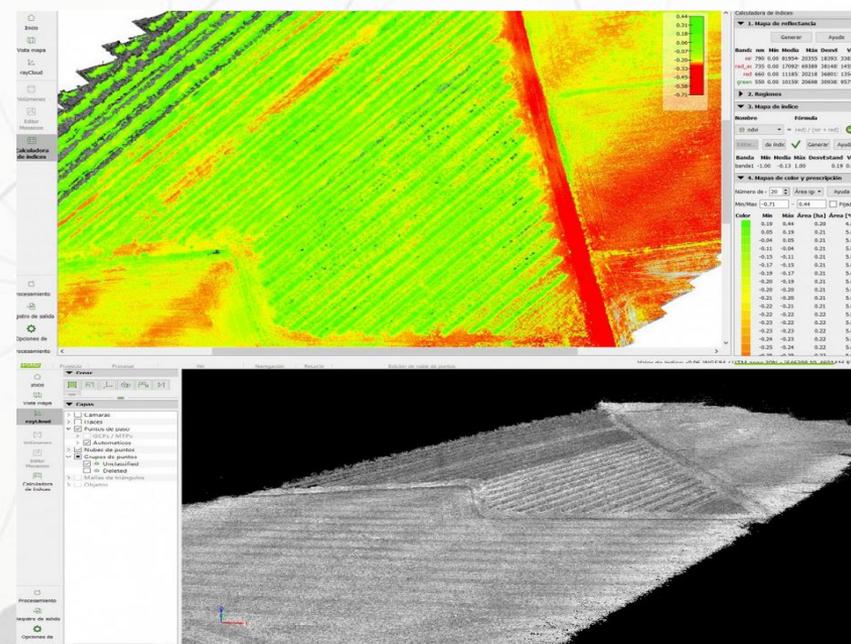


## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Sensores multiespectrales (II)

Están provistos de las siguientes características:

- Cuatro cámaras espectrales 1.2 Mpx 10 bits para la captura ultraprecisa de imágenes.
- Cámara RGB 16 Mpx para generar ortomosaicos e imágenes panorámicas de campos agrícolas.
- Calibración radiométrica automática mediante sensor solar.
- Capacidad de almacenamiento de 64 GB.
- Captura de alta velocidad (una fotografía por segundo).
- IMU y magnetómetro.
- Conexión Wi-Fi.
- Protocolo estándar (PTP) de comunicación con el dispositivo dron.
- Dimensiones: 41 x 28 x 59 (mm)
- Peso de la cámara: 72g.



La combinación de estos sensores multiespectrales con otras cámaras, como la cámara RGB, permite **generar modelos digitales del terreno de parcelas agrícolas y un sistema de información geográfica**, los cuales darán cobertura principalmente a las siguientes operaciones:

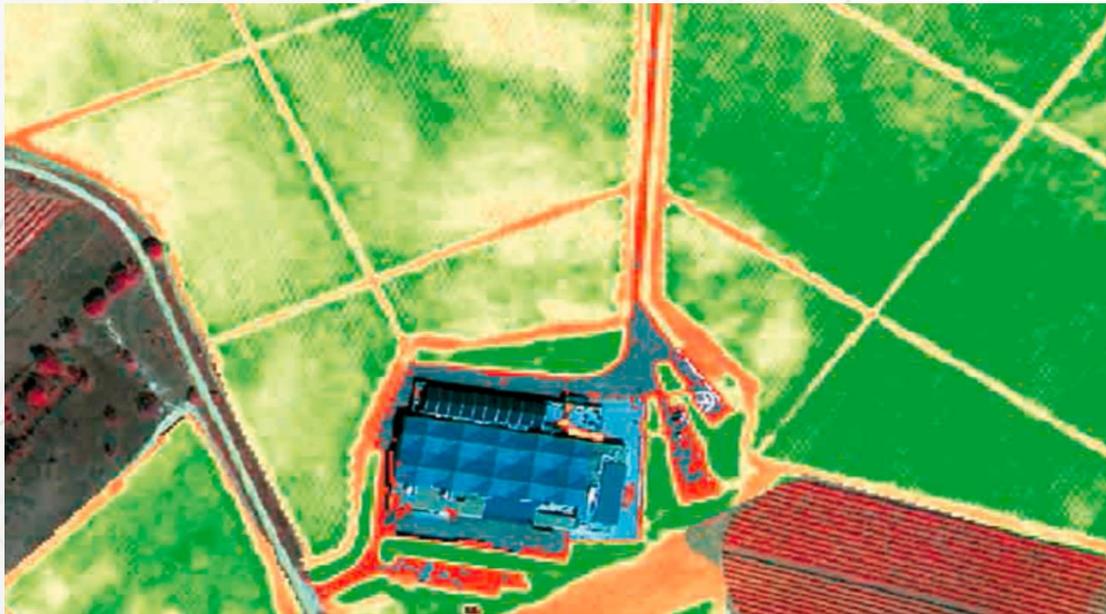
- Clasificación de zonas en función de su productividad, mediante el cálculo de índices de crecimiento vegetativo como el NDVI o índice de vegetación de diferencia normalizada y de otros como el de estrés hídrico (MSI).
- Aplicación de tareas localizadas en zonas de baja productividad, mediante el riego con agua o el uso de fertilizantes y pesticidas químicos.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Sensores multiespectrales (II)

De esta forma, los **datos captados por todos estos sensores se almacenan digitalmente en forma de tablas y mapas**, a partir de los cuales se genera la información que ayuda al agricultor en la toma de decisiones en campo (fertilización, podas o aclareos). Específicamente, el cálculo y la representación de los índices de vegetación a partir de las imágenes multiespectrales capturadas por el sensor aportan una información crucial acerca del desarrollo vegetativo de los cultivos y permiten determinar la evolución de la cosecha.



Índices de vegetación a partir de una imagen multiespectral.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Drones (I)

Para la captación de imágenes en altura a través de drones, la compañía vallisoletana **SmartRural** emplea un dron de ala fija eBee Ag de SenseFly, capaz de sobrevolar con gran rapidez amplias extensiones de terreno y tomar una gran cantidad de información de los cultivos.

Para ello, este dispositivo incorpora las siguientes tecnologías:

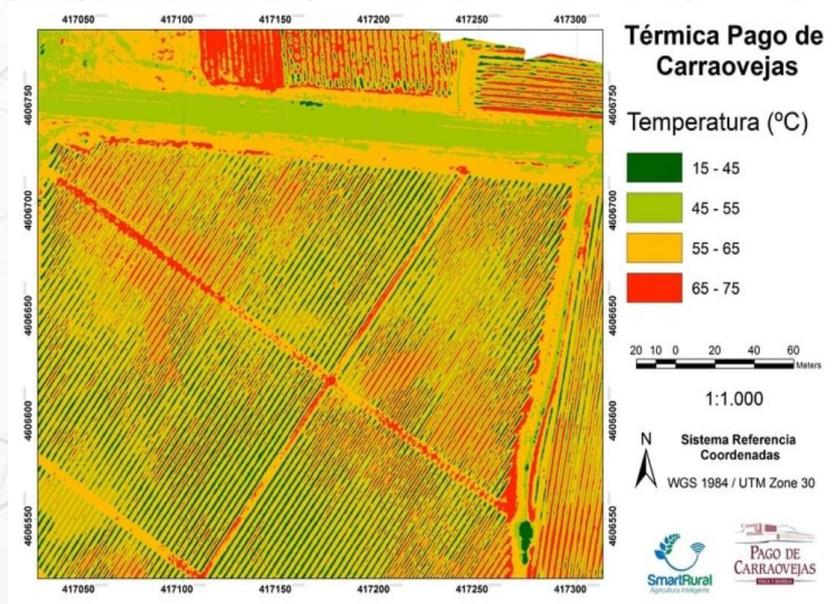
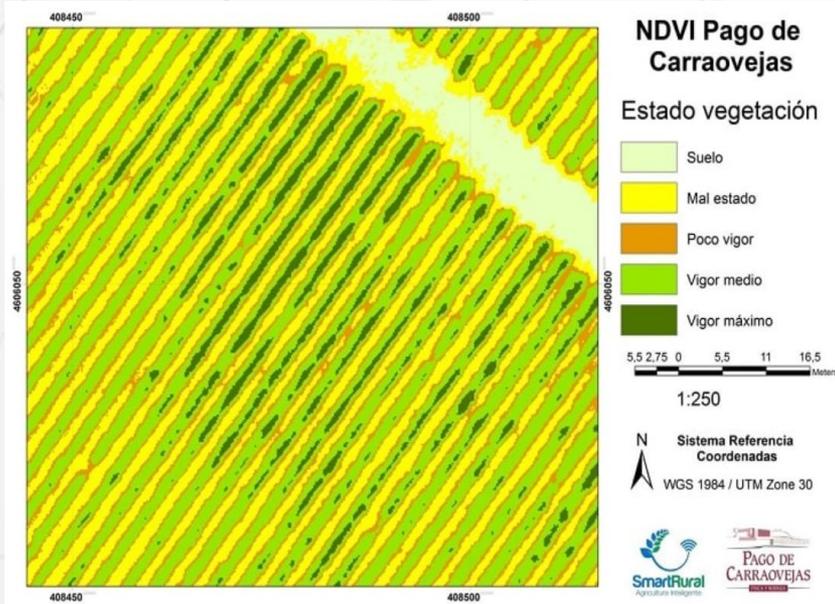
- Una cámara multiespectral capaz de realizar 200 fotografías en cada vuelo de 10 minutos.
- Una cámara secundaria RGB y sensores térmicos.
- Un sistema de autoguiado por GPS.
- Los principales servicios que ha proporcionado este tipo de tecnología a la compañía son:
- Diseño de mapas de índices agronómicos.
- Medición de temperatura.
- Cálculo de biomasa.
- Peritaje de daños en parcela y levantamientos topográficos de precisión.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Drones (II)

Su puesta en marcha en la bodega de Pago de Carraovejas durante distintas fases del ciclo biológico de la vid permite **cuantificar el estado vegetativo de cada parcela y medir así el vigor de las plantas, la uniformidad del cultivo y su nivel de humedad y temperatura, entre otros parámetros fisicoquímicos.**



La capacidad del dron de sobrevolar toda la superficie del viñedo en un solo día permite a la bodega realizar tomas de imágenes cuando considere que sea más necesario, para lo cual es vital mantener una correcta coordinación con los técnicos de la explotación para señalar las fechas más importantes en las que llevar a cabo la medición.

Además, su aplicación consigue reducir notablemente los costes frente a otras alternativas como el uso de satélites.

## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Mapa de conductividad eléctrica aparente del suelo

En lo relativo a la gestión de cultivos, aGrae permite obtener **mapas del suelo a través de la medida de la conductividad eléctrica aparente** del mismo. Esta magnitud física está íntimamente relacionada con factores como la humedad, la textura o la salinidad del suelo, por lo que **su medida permite generar mapas de rendimiento y programas de fertilización optimizada del suelo**. Todas estas herramientas posibilitan la aplicación de una siembra variable de precisión y una mejora en la gestión del riego, constituyendo así una fuente de información muy valiosa y suponiendo un ahorro económico considerable.

Para ello, se realizan para cada parcela recorridos con un equipo que consta de diversas sondas que son capaces de obtener el valor de esta magnitud física con un elevado grado de precisión. Posteriormente, los datos obtenidos se registran y geoposicionan a través de un sistema de GPS incorporado en el propio equipo de medida, permitiendo así su acceso y localización de una manera rápida y clara.



Mapa de conductividad eléctrica aparente del suelo.



Sonda de suelo montada en quad para la medición de la conductividad eléctrica aparente del suelo.

## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Big Data aplicado a la agricultura (I)

Como solución Big Data orientada a la agricultura, la aplicación **Bynse** de la empresa española **Cubenube**, optimiza la producción en plantaciones agrícolas mediante mediciones a nivel de planta, suelo y microclima. Sus creadores han desarrollado sus propias unidades de sensorización, Bynsebox, para la toma de datos; capaces de medir hasta 14 parámetros diferentes de importancia para las necesidades de los cultivos.

Toda la información registrada se envía a una plataforma digital en la Nube y se procesa junto con los datos de los servicios de predicción meteorológica y de los propios productores. En este proceso, **se pueden relacionar parámetros y aplicar modelos matemáticos personalizados**, que determinan la relación entre los datos registrados por el sistema y las magnitudes que se pretenden conocer.



#### CARACTERÍSTICAS

- Comunicación Telefonía Móvil GSM/GPRS
- Acelerómetro interno para evitar robos
- Geolocalización automática
- Protocolos de calidad de datos integrados
- Botón ON/OFF de seguridad
- Instalación sencilla
- Mínimo mantenimiento



- Más de 20 sensores compatibles
- Encapsulado IP-67
- Múltiples opciones de instalación
- Alimentación por baterías especiales
- Panel solar de autorecarga
- Hasta 7 conectores Plug&Play Universales



Sencilla plataforma en Internet que permite al agricultor gestionar y conocer las necesidades de sus cultivos. Registra los datos de las bynsebox, estaciones de la Aemet, predicciones meteorológicas y labores para generar información personalizada sobre necesidades del cultivo, riesgos agronómicos, etc.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Big Data aplicado a la agricultura (II)

Los principales beneficios que se alcanzan mediante la utilización de estas herramientas son:

- Reducción del consumo de agua y mayor eficiencia de riego, optimizando la cantidad de agua necesaria en función de cada microclima.
- Mejora en la predicción de fenómenos meteorológicos adversos, como tormentas o granizos, evitando importantes pérdidas.
- Mayor conocimiento del desarrollo específico de los cultivos, adaptando y planificando distintas labores en función de las necesidades de cada microclima, lo que significa un aumento de la eficiencia.
- Más capacidad predictiva ante la posible aparición de enfermedades y plagas, así como una mejora en la precisión a la hora de aplicar los tratamientos.





## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Waspote

La empresa **Libellum** diseña y elabora hardware para redes inalámbricas de sensores, permitiendo su implementación en una amplia gama de sistemas de IoT, incluidos sistemas inteligentes de estacionamiento, monitorización urbana, gestión de desechos, medio ambiente, seguridad, emergencias y aplicaciones inteligentes, entre otros.

Su tecnología **Waspote** está basada en un sistema de redes de sensores inalámbricas, que envía datos a cualquier plataforma en la nube y está diseñada para permitir a los usuarios implementar fácilmente redes de sensores inalámbricos escalables con costes mínimos de mantenimiento.

De esta forma, la fase de recopilación de datos consiste básicamente en una colección de sensores y puertas de enlace. Los sensores difieren en el tipo y la cantidad de datos que son capaces de almacenar, en los intervalos de recolección y en sus fuentes de alimentación. Su misión es recoger datos acerca de toda una multitud de parámetros, por lo que pueden utilizarse para una gran variedad de tareas como, por ejemplo, optimizar el crecimiento de los cultivos o realizar estimaciones sobre las condiciones meteorológicas. En general, los tipos de datos recolectados incluyen factores como la lluvia, la luminosidad, la temperatura y humedad del aire y del suelo, la radiación solar visible, la velocidad y la dirección del viento o la presión atmosférica, entre otros.

Por tanto, sus principales aplicaciones se centran en la **agricultura de precisión, los sistemas de riego y los invernaderos**. En ese sentido, en lo relativo al control de los niveles de humedad y temperatura para prevenir la aparición de enfermedades y plagas, destacan los tres niveles de profundidad del sensor de humedad del suelo, que son útiles para reducir el desperdicio de agua mediante el riego selectivo en zonas secas.

También existen modelos que se aplican para controlar y monitorizar los sistemas de riego, logrando medir una docena de los parámetros de calidad del agua más relevantes.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Bodegas Legaris

Disponen de casi 100 hectáreas de superficie total de viñedos repartidos en dos pagos situados en los municipios de Curiel de Duero y San Martín de Rubiales. En Legaris se trabaja de forma sostenible, aplicando técnicas que les permiten conocer el estado de las plantas y sus necesidades y aplicar sólo los tratamientos estrictamente necesarios a partir de las nuevas tecnologías:

- RDI (Regulated Deficit Irrigation). Riego según las necesidades de la planta. Cinco sensores en profundidades distintas que mandan datos al ordenador cada 15 minutos.
- Sistemas de conducción. Mejora de la iluminación, producción controlada.
- Sistema anti-heladas. Riego por aspersión para las heladas de primavera.
- Viticultura de precisión. Mapas por satélite.
- Estación meteorológica propia. Aporta datos de temperatura y humedad que ayudan a detectar el riesgo de aparición de enfermedades como el mildiu y el oidio. Posibilita la reducción de hasta un 80% de aplicaciones químicas en el viñedo.
- Cubiertas vegetales. Disminuyen la erosión, mantiene la humedad, aumenta la permeabilidad. Mejora el ciclo de nutrientes de la planta e incorpora nutrientes tras el desbrozado y secado del material vegetal cortado. Mantiene la fauna autóctona.





## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Bodegas Lahoz (I)

Otro caso de éxito de gran relevancia e implementado en España por **HEMAV** tiene como objetivo el control y aumento de la producción para **Bodegas Lahoz**, en la región española de Ciudad Real, a través de la introducción de drones en sus viñedos.

Para ello, se realiza un plan de rastreamiento de tres vuelos: un primer vuelo en la etapa de cuajado, otro antes de la fase de envero y otro en la de maduración, así como un seguimiento mensual con datos satelitales. Mediante un software especializado, es posible introducir un plan de abonado, análisis foliares, condiciones climatológicas e índices espectrales, además de datos radiométricos provenientes de tecnología dron para la realización de informes. Los datos resultantes son fácilmente visualizados y gestionados a través de una plataforma app, dotada de un conjunto de recomendaciones geoposicionadas, para iOS y Android.

A partir de toda la información registrada mediante este plan, se determinó que existía un potencial de mejora considerable, el cual repercutiría notablemente en un aumento de la producción.



## 4. SOLUCIONES INNOVADORAS Y CASOS DE ÉXITO

### Bodegas Lahoz (II)

A nivel correctivo, el sistema determinó que la mejora de las vides debía provenir de un ajuste de la fertilización más que del riego.

Asimismo, se observó una falta de Nitrógeno foliar en la mayoría de los sectores y un exceso generalizado de riego, alertando de una posible presencia de plaga.

De esta forma, el análisis integral de HEMAV es capaz de discriminar cada tratamiento por separado. Mediante su aplicación, se observó una clara evolución positiva tanto en la gestión de los recursos como en la productividad de cada una de las parcelas tratadas, pudiendo resumir en los siguientes puntos los objetivos más importantes que se alcanzaron:

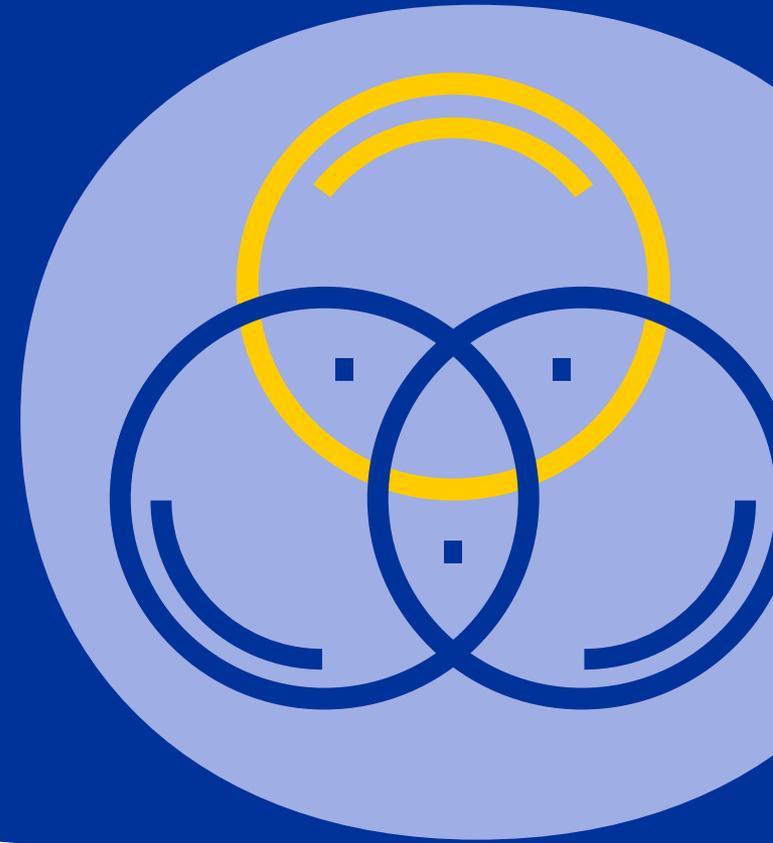
- Digitalización de un 10% de los cultivos, habiendo podido aplicar adecuadamente las correcciones derivadas a partir de la misma.
- Ahorro medio en toda la campaña del 7% en abonado y del 11,4% en el riego.
- Aumento de la cosecha en 1.000 Kg/ha superior a la esperada.
- Estimación final con una precisión del 97% en maduración y del 94% en envero, cuando la desviación de la bodega era del orden de un 12%.



Recomendación de abonado a los dos meses.  
Se observa una mejora considerable en todos los sectores.



Dosificación de riego. Se produce un ahorro del 9.13% contando la corrección de zonas con necesidad de aumentar la dosificación hídrica.



## **5. CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

**El concepto Smart Agro se está extendiendo rápidamente.** La instalación masiva de sensores y el compromiso para impulsar su expansión constituyen **una gran oportunidad para desarrollar una agricultura de precisión moderna e inteligente, caracterizada por un alto grado de eficiencia en aras de una mayor sostenibilidad.**

Disciplinas de análisis y procesamiento de datos como Big Data, Data Mining o Machine Learning están ampliando el alcance y la organización de la agricultura a través de su uso, optimizando cada uno de los procesos existentes en toda la cadena agrícola. Su registro y clasificación pueden realizarse mediante una amplia variedad de sistemas de geolocalización, sensores, drones o satélites, **proporcionando todo tipo de información acerca de los principales procesos agrícolas y generando una capacidad y síntesis de los datos con un plan de toma de decisiones que antes no era posible.**

La adopción de estas nuevas tecnologías y metodologías de la información constituye, por tanto, una solución esencial para la racionalización del sistema de producción agrícola moderno que, en resumen, ya ha demostrado alcanzar los siguientes objetivos básicos mediante su implementación:

- Optimizar la cantidad de fertilizantes o correctivos aplicados en los suelos y cultivos.
- Establecer la magnitud de la correlación de la variabilidad espacial y/o temporal entre los factores asociados al suelo y el desarrollo de los cultivos.
- Determinar la disponibilidad y presencia de diferentes elementos como nutrientes, materia orgánica, agua, plagas, malezas... así como el valor de distintos parámetros físicos como la temperatura, acidez, textura y reflectancia, entre otros.
- Reducir los costes de producción y la contaminación ambiental.
- Mejorar la calidad de las cosechas.

**Las perspectivas a futuro derivadas por esta nueva revolución apuntan a que su impulso sobre el sector agrícola tendrá una importancia vital en un futuro próximo, favoreciendo la consecución de nuevas soluciones y de una situación de estabilidad frente a los complejos desafíos que se presentan y al establecimiento de un nuevo escenario de transformación a nivel global.**





# REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): El futuro de la alimentación y la agricultura: tendencias y desafíos (2017).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): El estado mundial de la agricultura y la alimentación (2016).
- Gestión del cuaderno de explotación Hispatec Agroiinteligencia (2016).
- EPP views on the future of common agriculture policy: for a strong, sustainable and innovative EU agriculture – The European People's Party.
- Junta de Castilla y León: Planificación y Criterios de Prioridad de las Infraestructuras Agrarias en Castilla y León. Mapa de Infraestructuras Agrarias, Horizonte 2014-2020.
- IoT Sector Smart Agro Fimart – IBM Watson IoT (2016).
- Big Data in Smart Farming – Agricultural Systems 153, 69 (2017).
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the regions – The future of food and farming (2017).
- Challenges facing European agriculture and possible biotechnological solutions – Critical Reviews in Biotechnology 36, 875 (2016).
- Swedish International Development Cooperation Agency (Sida): Climate Smart Agriculture (2017).
- Smart farm using wireless sensor network – International Journal of Computer Applications 6, 8 (2016).
- Advances in sensors applied to agriculture and forestry – Sensors 11, 8930 (2011).
- Smart irrigation in agriculture – Journal of Electrical and Electronics Engineering 9, 34 (2014).
- Smart farming and food safety Internet of Things applications – AIOTI WG06 (2015).
- Cloud Computing and agriculture – International Journal of Agriculture Sciences 8, 1429 (2016).
- A Smart agricultural model by integrating IoT, Mobile and Cloud-based Big Data Analytics – International Journal of Pure and Applied Mathematics 118, 365 (2018).
- Agro Genius: an emergent expert system for querying agricultural clarification using Data Mining technique – International Journal of Engineering and Science 1, 34 (2012).
- Deep Learning in agriculture: a survey – Computers and Electronics in Agriculture 147, 70 (2018).
- Libro Blanco del Agua en España (1998).
- Control y aumento de la producción para Bodegas Lahoz – HEMAV (2017).
- Enabling the Smart agriculture revolution. The future of farming through the IoT perspective – Libelium (2016).

