

AHORRO EN EL AGUA DE  
RIEGO Y OTROS INSUMOS  
MEDIANTE NUEVAS  
TECNOLOGIAS  
MR 331A-FEADER 2022/008A



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>LA NUEVA GESTIÓN DE COMUNIDADES DE REGANTES</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO.</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>IMPLANTACION DE RED METEOROLOGICA LOCAL</b>	<b>6</b>
4.1.	Material y métodos: la red termo pluviométrica	7
4.2.	Red de estaciones termo pluviométricas.	8
4.2.1.	Especificaciones técnicas generales:	8
4.3.	La red estaciones termo pluviométricas 2023-2024	11
4.3.1.	Estación Xunta	11
4.3.2.	Estación Folgoso	14
4.3.3.	Estación Lavandeira	14
4.4.	Datos recogidos y accesibles.	14
4.4.1.	Dashboard: acceso a estaciones, historial de datos.	15
4.4.2.	Agronomía: gestión personalizada de cultivos parcela a parcela	16
4.4.3.	Previsiones: meteorológicas en varias plataformas.	17
4.4.4.	Ventanas de tratamiento.	17
4.5.	Red de estaciones de humedad en hoja 2023-2024.	18
4.5.1.	La red de humedad en hoja 2023	20
4.5.2.	Creación de alertas personalizadas	21
4.5.3.	Red de alertas: Primavera verano 2023.	22
4.6.	La red de humedad en hoja en 2024	23
4.6.1.	Primavera verano 2024	23
4.7.	Mecanismo de transmisión de datos y alertas.	24
<b>5.</b>	<b>MONITORIZACION GASTO DE AGUA: RACIONALIZACION DEL GASTO DE AGUA</b>	<b>25</b>
5.2.	Tecnología implantada.	26
5.2.1.	Alimentación y Comunicación	26
5.2.2.	Componentes principales del sistema implantado.	27
5.2.3.	Capacidades del Sistema	28
5.3.	Operatividad del sistema.	29
5.3.1.	Rangos y tiempos de actuación.	30
5.3.2.	Consumos máximos por rango de tiempo o ciclos, umbrales de presión.	31
5.3.3.	Nube de gestión de estaciones de riego y Webservices.	32
5.3.4.	Monitores.	34
5.3.5.	Control de consumos. Contadores.	36
5.4.	Componentes del sistema en una caseta de riego.	37
5.4.1.	Cable tipo pulpo.	38
5.4.2.	Sensores de puertas.	39
5.4.3.	Sensores de consumo y electroválvulas.	39
5.5.	Instalación en campo.	40
5.5.1.	Monitor y sensores en el habitáculo de control	41
5.5.2.	Instalación de la electroválvula	42
<b>6.</b>	<b>ENSAYO CULTIVO DE PATATA CON SENSORES vs TRADICIONAL.</b>	<b>43</b>
6.1.	Introducción.	43
6.1.1.	Mejoras gestión fitosanitarios.	43
6.2.	Metodología propuesta.	43

6.2.1.	<i>Sistema con Sensores</i>	44
6.2.2.	<i>Manejo Tradicional</i>	44
6.2.3.	<i>Resultados Esperados</i>	44
6.2.4.	<i>Gasto en fitosanitarios: ventajas e inconvenientes.</i>	44
<b>6.3.</b>	<b>Resultados del ensayo 2022.</b>	<b>45</b>
6.3.1.	<i>Cuaderno de campo 2022.</i>	46
6.3.2.	<i>Gestión de riego en el ensayo 2022.</i>	46
6.3.3.	<i>Producción obtenida y comparada ensayo 2022</i>	51
6.3.4.	<i>Producción Bruta y Producción Comercial 2022</i>	51
6.3.5.	<i>Tanto por ciento de destrío.</i>	52
6.3.6.	<i>Visitas a la parcela de ensayo aplicación fitosanitarios 2022.</i>	52
<b>6.4.</b>	<b>Resultados del ensayo 2023.</b>	<b>52</b>
6.4.1.	<i>Cuaderno de campo 2023</i>	52
6.4.2.	<i>Producción obtenida y comparada 2023.</i>	53
6.4.3.	<i>Producción Bruta y Producción comercial.</i>	53
6.4.4.	<i>Tanto por ciento de destrío.</i>	54
6.4.5.	<i>Visitas a la parcela de ensayo aplicación fitosanitarios 2023.</i>	54
<b>7.</b>	<b>CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS.</b>	<b>55</b>
7.1.	<b>Objetivos propuestos</b>	<b>55</b>
7.2.	<b>Objetivos alcanzados.</b>	<b>55</b>
<b>8.</b>	<b>DIFUSION DE LA INICIATIVA.</b>	<b>56</b>

#### Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1: comunidad Regantes Antioquía plano parcelas.</i>	6
<i>Ilustración 2: pluviómetro RAINCROP</i>	9
<i>Ilustración 3: especificaciones pluviómetro RAINCROP</i>	10
<i>Ilustración 4: higrómetro THERMOCROP</i>	10
<i>Ilustración 5: especificaciones higrómetro THERMOCROP</i>	11
<i>Ilustración 6: estación XUNTA termo pluviométrica con sensores de viento y solar</i>	11
<i>Ilustración 7: sensor de viento WINDCROP</i>	12
<i>Ilustración 8: especificaciones técnicas sensor WINDCROP</i>	12
<i>Ilustración 9: sensor solar SOLARCROP</i>	13
<i>Ilustración 10: especificaciones técnicas sensor SOLARCROP</i>	13
<i>Ilustración 11: pantallazo datos aportados por el sensor SOLARCROP</i>	14
<i>Ilustración 12: datos pluviométricos consultados en la app SENCROP en la estación A Corga</i>	15
<i>Ilustración 13: dashboard de la app SENCROP con acceso a múltiples datos.</i>	16
<i>Ilustración 14: datos ultra locales con cultivo personalizado.</i>	16
<i>Ilustración 15: acceso a previsiones meteorológicas de diferentes plataformas.</i>	17
<i>Ilustración 16: ventanas de tratamiento propuestas por la app según datos recogidos.</i>	17
<i>Ilustración 17: estación en hoja con el cultivo de patata a punto de cosecha</i>	18
<i>Ilustración 18: partes de la estación de humedad en hoja de SENCROP</i>	19
<i>Ilustración 19: especificaciones técnicas estación humedad en hoja</i>	19
<i>Ilustración 20: recogida red estaciones humedad en hoja en 2023</i>	20
<i>Ilustración 21: red humedad en hoja tal como la muestra la app SENCROP</i>	20
<i>Ilustración 22: aspecto de la suite de una estación humedad en hoja.</i>	21
<i>Ilustración 23: creación de alerta en una estación de humedad en hoja</i>	22
<i>Ilustración 24: alerta de mildium creada.</i>	22
<i>Ilustración 25: red humedad en hoja 2024 según la muestra la app SENCROP</i>	23
<i>Ilustración 26: listado de estaciones colocadas en 2024 humedad en hoja</i>	24

<i>Ilustración 27: grupo de WhatsApp de la Comunidad de Regantes Antioquía con 134 miembros</i>	24
<i>Ilustración 28: estación IoT WaterMon</i>	27
<i>Ilustración 29: panel solar de alimentación.</i>	27
<i>Ilustración 30: electroválvula</i>	28
<i>Ilustración 31: control de acceso puertas.</i>	28
<i>Ilustración 32: sensor de presión instalado</i>	28
<i>Ilustración 33: sensor de consumo de agua.</i>	28
<i>Ilustración 34: pantallazo del funcionamiento de la estación IoT</i>	32
<i>Ilustración 35: gestión de usuarios y de parámetros de la estación.</i>	33
<i>Ilustración 36: visualización de alarmas.</i>	34
<i>Ilustración 37: gestión de monitores visualizada en la suite de la estación.</i>	34
<i>Ilustración 38: edición de parámetros.</i>	35
<i>Ilustración 39: aviso de alarmas activadas</i>	35
<i>Ilustración 40: resumen historial consultado.</i>	36
<i>Ilustración 41: control de consumos según suite</i>	37
<i>Ilustración 42: cable y conector</i>	38
<i>Ilustración 43: cable tipo pulpo.</i>	38
<i>Ilustración 44: sensores de puertas cableados</i>	39
<i>Ilustración 45: sensor de consumo de agua</i>	40
<i>Ilustración 46: electroválvula para control remoto</i>	40
<i>Ilustración 47: caseta modificada.</i>	41
<i>Ilustración 48: sensor de presión y electroválvula instalado en una caseta</i>	41
<i>Ilustración 49: detalle de instalación de electroválvula.</i>	42
<i>Ilustración 50: sensor instalado en el contador.</i>	42
<i>Ilustración 51: detalle del manejo con y sin sensores en 2023, un año muy complejo por las lluvias que multiplicó los tratamientos en patata</i>	49
<i>Ilustración 52: detalle de los tratamientos en 2023, en rojo realizados con avisos de sensores y en verde manejo tradicional.</i>	50

#### Índice de tablas

<i>Tabla 1: pros y contras del manejo tradicional y con sensores locales.</i>	45
<i>Tabla 2: cuaderno de campo ensayo Devesa SC 2022</i>	46
<i>Tabla 3: calendario de tratamientos con dos tipos de manejo, con y sin sensores.</i>	47
<i>Tabla 4: producciones ensayo 2022</i>	51
<i>Tabla 5: cuaderno campo ensayo Devesa SC 2023</i>	53
<i>Tabla 6: producciones ensayo 2023</i>	53

## 1. INTRODUCCION

El agua es un recurso vital para la agricultura, pero su disponibilidad se ve amenazada por el cambio climático, el aumento de la población y la urbanización. La dificultad para gestionar este recurso ha llevado a la búsqueda de nuevas maneras de optimizar su uso, especialmente en comunidades de regantes. La implementación de tecnologías innovadoras puede transformar la forma en que se gestiona el agua en la agricultura, promoviendo el ahorro y la sostenibilidad.

El sector agrícola es uno de los mayores consumidores de agua, y en muchas regiones, el riego ineficiente provoca un derroche considerable. La escasez de agua y las sequías son problemas recurrentes que afectan la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Por ello, es esencial adoptar prácticas que reduzcan el consumo hídrico y mejoren la resiliencia de los cultivos. Podemos optimizar el gasto de agua a través de:

- Los sistemas de riego inteligente son tecnologías como el riego por goteo y los sistemas de riego automatizado permiten entregar agua directamente a las raíces de las plantas, minimizando la evaporación y el escurrimiento. Estos sistemas pueden ser controlados por sensores que determinan el requerimiento hídrico real del cultivo.
- Sensores de humedad del suelo miden la cantidad de agua en el suelo y permiten a los agricultores ajustar el riego según las necesidades reales de las plantas, evitando el riego excesivo.
- Drones y teledetección para monitorear cultivos y detectar áreas que requieren más riego es una herramienta potente. Este tipo de tecnología permite una gestión más precisa y eficiente del agua.

Los datos meteorológicos ultra locales son información climática que se recopila y analiza a niveles muy específicos y detallados, a menudo en áreas geográficas pequeñas. Estos datos pueden incluir variables como:

- Temperatura: Mediciones precisas de la temperatura del aire en diferentes momentos del día.
- Precipitación: Datos sobre la cantidad y frecuencia de lluvia, nieve u otras formas de precipitación en una área pequeña.
- Humedad: Niveles de humedad relativa del aire, que afectan tanto el confort como las condiciones atmosféricas.
- Viento: Velocidad y dirección del viento, que pueden variar considerablemente en áreas pequeñas.
- Radiación solar: Medición de la cantidad de radiación solar que recibe una área específica.
- Presión atmosférica: Datos sobre la presión del aire, que pueden indicar cambios en las condiciones climáticas.

Estos datos pueden ser recolectados mediante estaciones meteorológicas locales, dispositivos de medición personal, o incluso a través de aplicaciones y sistemas de crowdsourcing que permiten a los interesados contribuir con observaciones locales.

Los datos ultra locales son especialmente útiles para aplicaciones como la agricultura de precisión, el monitoreo de eventos climáticos extremos y la mitigación de riesgos. También ayudan a mejorar la calidad de los pronósticos meteorológicos a nivel local, permitiendo un mejor entendimiento de la variabilidad climática en espacios reducidos.

Las plataformas de gestión de datos integran datos de clima, suelo y cultivos ayuda a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre el uso del agua; y los canales de comunicación para compartir dichos datos facilitan la gestión optimizada de los cultivos

## **2. LA NUEVA GESTIÓN DE COMUNIDADES DE REGANTES**

La cooperación entre los miembros de las comunidades de regantes es fundamental para una gestión eficiente del agua. Las nuevas tecnologías facilitan esta colaboración al proporcionar herramientas que permiten:

- **Planificación y Toma de Decisiones:** plataformas digitales pueden facilitar la planificación conjunta y la asignación equitativa de recursos hídricos.
- **Educación y Capacitación:** a través de aplicaciones móviles y cursos en línea, los agricultores pueden aprender sobre técnicas de riego eficiente, conservación del agua y uso de tecnologías.
- **Monitoreo y Control:** sistemas de monitoreo en tiempo real ayudan a detectar fugas y optimizar el uso de agua en toda la comunidad.
- **Participación:** las tecnologías actuales facilitan un canal de comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad, lo que permite un intercambio constante de información y una gestión más colaborativa.

El ahorro de agua en la agricultura es un desafío crucial que exige la adopción de nuevas tecnologías y un enfoque colaborativo en la gestión de comunidades de regantes. Implementar sistemas innovadores no solo mejora la eficiencia en el uso del agua, sino que también contribuye a la sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola frente a los retos futuros. La integración de tecnología en la agricultura es, sin duda, una de las claves para asegurar un futuro más sostenible y seguro para las próximas generaciones.

## **3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

**Objetivo principal:** aplicar tecnologías emergentes y dar paso a la digitalización de la comunidad de regantes aplicando nuevas tecnologías de detección y control que permitan racionalizar el gasto de agua y sean la base de la agricultura. Personalizada a nivel parcela para optimizar la toma de decisiones presente y futura

**Objetivos secundarios:** el control remoto de hidrantes permitiría el control de consumos y perdidas en la red de distribución de agua; riegos racionales en base a datos proporcionados por humecto metros; detección precoz de condiciones que dan paso a

enfermedades o plagas en cultivos; creación de un histórico de datos a nivel parcela para futuras decisiones



Ilustración 1: comunidad Regantes Antioquia plano parcelas.

#### 4. IMPLANTACION DE RED METEOROLOGICA LOCAL

Se busca establecer redes meteorológicas que permitan a los usuarios acceder en tiempo real tanto a datos instantáneos como a históricos locales y así facilitar la toma de decisiones en sus cultivos. En nuestro caso sobre las 2100 hectáreas se estableció una red termo pluviométrica es un sistema integrado de estaciones meteorológicas que proporciona información climática detallada y representativa de un área geográfica determinada; es un conjunto de estaciones meteorológicas que registran y miden variables relacionadas con la temperatura y la precipitación de una región determinada. Estas estaciones están distribuidas de manera estratégica para obtener datos representativos del clima de esa zona.

Como complemento a la red anterior y a nivel parcela se estableció una red de sensores de humedad instalados directamente en las parcelas de patata, se puede realizar un seguimiento preciso de las condiciones del cultivo y activar sistemas de control cuando sea necesario, como antes de que se produzca una infección de mildiu.

Las principales ventajas de contar con una red privada de estaciones meteorológicas son:

- ✓ Datos meteorológicos ultra locales y precisos: Las estaciones de la red recopilan datos climáticos detallados y específicos de la zona, permitiendo a los usuarios acceder a información meteorológica muy precisa y localizada.

- ✓ Monitoreo en tiempo real: permite monitorear las condiciones meteorológicas actuales de forma constante, a diferencia de las estaciones públicas que pueden tener datos más dispersos. Esto facilita la toma de decisiones oportunas.
- ✓ Ahorro de costos: compartir los datos entre los miembros de la red, se evita la necesidad de que cada usuario instale y mantenga su propia estación meteorológica, lo que reduce los costos.
- ✓ Colaboración entre usuarios: la red fomenta la colaboración entre los agricultores, agrónomos y otros miembros, quienes pueden compartir información y tomar decisiones en conjunto.
- ✓ Mejor planificación y toma de decisiones: contar con datos meteorológicos detallados y en tiempo real permite a los usuarios optimizar sus actividades agrícolas, como el momento idóneo para siembra, riego, aplicación de fitosanitarios, etc.
- ✓ Aumento de la producción y eficiencia: al tomar decisiones más acertadas gracias a la información meteorológica precisa, los usuarios pueden aumentar la productividad y eficiencia de sus cultivos.
- ✓ Detección temprana de condiciones adversas: las redes de estaciones pueden alertar a los usuarios sobre eventos climáticos extremos, plagas o enfermedades, permitiendo tomar medidas preventivas a tiempo.

En resumen, la red meteorológica creada ofrece a los usuarios agrícolas datos climáticos de alta calidad y en tiempo real, lo que se traduce en una mejor planificación, toma de decisiones y, en última instancia, en una mayor productividad y rentabilidad.

#### **4.1. Material y métodos: la red termo pluviométrica**

El uso de redes de estaciones meteorológicas para la gestión del agua en comunidades de regantes es fundamental para optimizar el uso de recursos hídricos, mejorar la planificación agrícola y asegurar la sostenibilidad del agua. A continuación, se describen algunas aplicaciones y beneficios de esta práctica:

- Monitoreo Climatológico: estaciones que permiten recolectar datos meteorológicos como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, precipitación y radiación solar. Esta información es crucial para entender las condiciones climáticas que afectan el riego.
- Predicción de Necesidades Hídricas: analizar los datos climáticos, se pueden modelar las necesidades de riego de los cultivos, minimizando el uso excesivo de agua y ajustando los tiempos de riego según las condiciones del tiempo.
- Gestión de Recursos Hídricos: tomar decisiones más informadas sobre el almacenamiento y distribución del agua, basándose en las proyecciones meteorológicas y las necesidades reales de los cultivos.
- Alertas Climáticas: las estaciones meteorológicas pueden proporcionar alertas tempranas sobre eventos extremos como sequías, inundaciones o heladas, lo que permite a los regantes tomar medidas preventivas.

- Investigación y Desarrollo Agrícola: disponer de datos meteorológicos también contribuyen a estudios sobre la adaptación de cultivos a diferentes condiciones climáticas, mejorando así la resiliencia y productividad agrícola.

### **Beneficios potenciales para la Comunidad de Regantes**

- Eficiencia en el uso del agua: conocer de manera precisa las condiciones climáticas y las necesidades de los cultivos, se puede utilizar el agua de manera más eficiente, asegurando que sea suficiente para cumplir con la demanda sin desperdicios.
- Sostenibilidad: gestión adecuada del agua ayuda a preservar los recursos hídricos a largo plazo, evitando la sobreexplotación de acuíferos y promoviendo un uso sostenible del agua.
- Incremento de la productividad agrícola: cultivar con información adecuada sobre el clima puede resultar en una mejora de la productividad, lo que beneficia económicamente a la comunidad de regantes.
- Colaboración y planificación comunal: la red de estaciones meteorológicas puede facilitar la cooperación entre los regantes, pues permite un acceso común a la información y mejora la planificación colectiva del uso del agua.
- Educación y capacitación: estas redes pueden servir como una herramienta educativa para la formación de los regantes en el manejo del agua y en prácticas agrícolas sostenibles.
- La implementación de redes de estaciones meteorológicas en comunidades de regantes no solo mejora la gestión del agua, sino que también contribuye a una agricultura más sostenible y resiliente ante las variaciones climáticas. Utilizando tecnología y datos precisos, se puede optimizar el uso de recursos hídricos en beneficio de toda la comunidad.

#### **4.2. Red de estaciones termo pluviométricas.**

Cubriendo las 2100 hectáreas de la Comunidad de Regantes Antioquía se colocaron tres estaciones termo pluviométricas durante dos años para obtener datos generales al que tenían acceso los agricultores a través de app de SENCROP. Las estaciones estaban colocadas estratégicamente en tres lugares con suelos y condiciones diferentes para cubrir todas las posibles variables dentro del territorio de la Comunidad.

##### *4.2.1. Especificaciones técnicas generales:*

Se ejecutó una red general de estaciones cuatro meteorológicas como dispositivos distribuidos en el área geográfica específica de la comunidad de regantes Antioquía, que se encargaron de medir variables climáticas, tales como la temperatura, la precipitación, la humedad, entre otros. Cada una de las cuatro estaciones termo pluviométricas instaladas estaba compuesta de:

- El pluviómetro conectado Raincrop: es una estación meteorológica para la agricultura que le informa en vivo sobre las condiciones climáticas de sus parcelas.

Gracias a la app móvil de Sencrop, puede recolectar y analizar datos provenientes de su propia estación, pero también de las estaciones cercanas. Con estos datos, ahora puede empezar a tratar sus parcelas de manera estratégica y razonada para proteger sus cultivos de los riesgos de enfermedades. La clave está en la priorización de las intervenciones, escogiendo el mejor momento para tratar las parcelas. El pluviómetro Sencrop dispone de un cuchara simple basculante, lo que garantiza fiabilidad en la toma de medidas, incluso en caso de lluvias muy intensas. La forma aerodinámica de su embudo limita la influencia del viento sobre las precipitaciones. En el embudo se incluye un sistema antibloqueo que facilita el mantenimiento. El pluviómetro conectado Raincrop fue creado para medir con precisión, desde su parcela, los siguientes datos: caídas de lluvia, temperaturas, tasa de humedad, temperatura húmeda y punto de rocío. Puede decidir si lo quiere usar solo o asociado con otras estaciones dispuestas en varias parcelas. Con la asociación de varias estaciones, podrá recibir más información, como por ejemplo datos relativos al viento.



### El pluviómetro

El pluviómetro Sencrop dispone de un cuchara simple basculante, lo que garantiza fiabilidad en la toma de medidas, incluso en caso de lluvias muy intensas. La forma aerodinámica de su embudo limita la influencia del viento sobre las precipitaciones. En el embudo se incluye un sistema antibloqueo que facilita el mantenimiento.

### Medición de temperatura y humedad relativa.

Se utilizan tres sensores para hacer que las mediciones de temperatura y humedad sean más confiables y para evitar que las mediciones se desvien con el tiempo. Esto permite aumentar la vida útil del producto y realizar un mantenimiento predictivo.

Ilustración 2: pluviómetro RAINCROP

Medidas		
Pluviómetro	Principio de funcionamiento	Cuchara basculante
	Rango de temperatura de funcionamiento	0 - +85 °C
	Rango de medición	0 - 1 039 mm/h
	Precisión	± 4% a 50 mm/h
	Resolución	0,254 mm
Temperatura y humedad	Principio de funcionamiento	Tres sensores digitales
	Rango de temperatura	-40 °C a +125 °C
	Rango de humedad	0 % a 100 %
	Precisión de temperatura	± 0,2°C tip. / ± 0,3°C máx. (-40°C a +90°C)
	Precisión de la humedad	± 2% tip. / ± 3% máx. de 0°C a 80°C (0% TH a 100% TH)
Características mecánicas		
Mástil	Material	Acero con tratamiento de polizinc.
	Dimensiones	Longitud: 210 cm Diámetro: 30 mm
	Peso	3 kilos
Blindaje	Material	COMO UN
Pluviómetro	Material	Plástico ABS resistente a los rayos UV
	Superficie receptora	214 cm²
Placa de soporte	Material	Acero inoxidable
General		
Batería	Batería	Cloruro de litio-lionilo - capacidad 19 Ah - 3,6 V
	Rango de temperatura	-60°C a +85°C
Otros sensores	Acelerómetro	
	GPS	
Comunicación	Red	Sigfox (868 MHz)
	Frecuencia de transmisión de datos	Cada 15 minutos

Ilustración 3: especificaciones pluviómetro RAINCROP

- El termómetro higrómetro Thermocrop: es un dispositivo móvil que puede colocarse en el corazón de su parcela y envía los datos directamente a la aplicación. Le ayuda a anticipar el riesgo de heladas para que pueda activar sus sistemas de control de heladas en el momento adecuado, o controlar las condiciones climáticas de sus cultivos bajo cubierta.

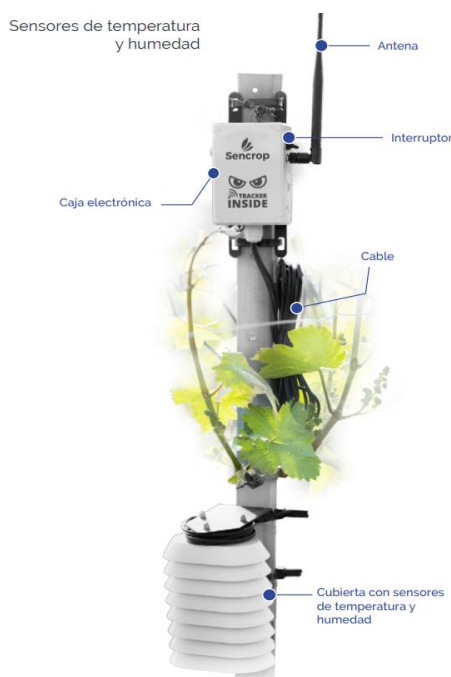


Ilustración 4: higrómetro THERMOCROP

Medidas		
Temperatura y humedad	Principio de funcionamiento	3 sensores digitales
	Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +125 °C
	Rango de humedad relativa	0 % a 100 %
	Precisión de temperatura	± 0,2 °C tip. / ± 0,3 °C máx. (-40 °C a +90 °C)
	Precisión de humedad	± 2 % tip. / ± 3 % máx. de 0 °C a 80 °C (0% h.r. a 100% h.r.)
Características mecánicas		
Protección contra la radiación	Material	ASA
	Longitud del cable	2,5 m
Platino	Placa de soporte	Acero inoxidable
General		
Batería	Batería	Cloruro de litio y tionilo - capacidad 19 Ah de capacidad - 3,6 V
	Temperatura	-60°C a +85°C
Otros sensores	Acelerómetro	
	GPS	
Comunicación	Red	Sigfox (868 MHz)
	Frecuencia de transmisión de datos	Cada 15 minutos

Ilustración 5: especificaciones higrómetro THERMOCROP

### 4.3. La red estaciones termo pluviométricas 2023-2024

#### 4.3.1. Estación Xunta

Colocada en la parcela 71 del polígono 177 de Sandiás, dotada de pluviómetro Raincrop e higrómetro Thermocrop, a mayores esta estación está dotada de más sensores además de monitorizar temperatura y precipitación. Cubre el Sur de la Comunidad de Regantes Antioquía. Se dispone de anemómetro Windcrop anemómetro digital Windcrop ha sido pensado para ofrecer un servicio de agricultura de precisión que ayude al profesional a verificar las recomendaciones europeas. Ofrece a los agricultores datos meteorológicos precisos y ultra locales utilizables en su día a día. Estos datos dan información sobre la velocidad y la dirección del viento y también sobre las ráfagas.



Ilustración 6: estación XUNTA termo pluviométrica con sensores de viento y solar

Estas informaciones son indispensables para organizar las temporadas de tratamiento fitosanitario y así tomar las decisiones correctas en el mejor momento. El anemómetro digital Windcrop ofrece medidas de precisión desde sus propias parcelas. Su ergonomía fue estudiada para facilitar la ubicación del sensor en las partes más expuestas al viento. Los datos colectados (dirección del viento, velocidad y ráfagas) permiten prever las condiciones meteorológicas favorables para las pulverizaciones.



Ilustración 7: sensor de viento WINDCROP

<b>SopORTE</b>	
Material	Acero con tratamiento de polizinc.
Dimensiones	Longitud 210 cm; diámetro 30mm
Peso	3 kilos
<b>Anemómetro</b>	
Rango de temperatura de funcionamiento	0 - +85 °C
<b>Medición de velocidad (media y ráfaga)</b>	
Rango de medición	0 - 160 kilómetros por hora
Precisión	±3 km/h o ±5% (lo que sea mayor)
Resolución	0,5 kilómetros por hora
Mecanismo	Tazas
Principio de funcionamiento	Interruptor de láminas magnético
<b>Medición de dirección</b>	
Rango de medición	0 - 359°
Precisión	± 7°
Resolución	1°
Mecanismo	Veleta
Principio de funcionamiento	Potenciómetro
Material	«Cuerpo y paleta: ABS resistente a los rayos UV Copas: policarbonato Mástil: aluminio anodizado»
<b>Acelerómetro</b>	
Umbral de detección de movimiento	0,3 g
<b>GPS</b>	
Integrado	Geolocalización automática
<b>Batería</b>	
Pila	2x Cloruro de Litio-Tionilo - 3,6 V - 19 Ah
<b>Comunicación</b>	
Red	Sigfox (banda ultraestrecia)
Banda de frecuencia	Banda ISM a 868 MHz
Periodo de transmisión de datos	15 minutos
Tiempo de transmisión de datos	6 segundos (relación de trabajo < 1%)
<b>Acceso a los datos</b>	
Teléfono inteligente, tableta, computadora	app.sencrop.com

Ilustración 8: especificaciones técnicas sensor WINDCROP

Solarcrop es el primer y único sensor de radiación inteligente patentado que permite acceder a los datos directamente desde la parcela a un coste reducido. Se puede utilizar con las estaciones meteorológicas Raincrop y Windcrop para obtener el balance hídrico y la ETP necesarios para controlar el riego.

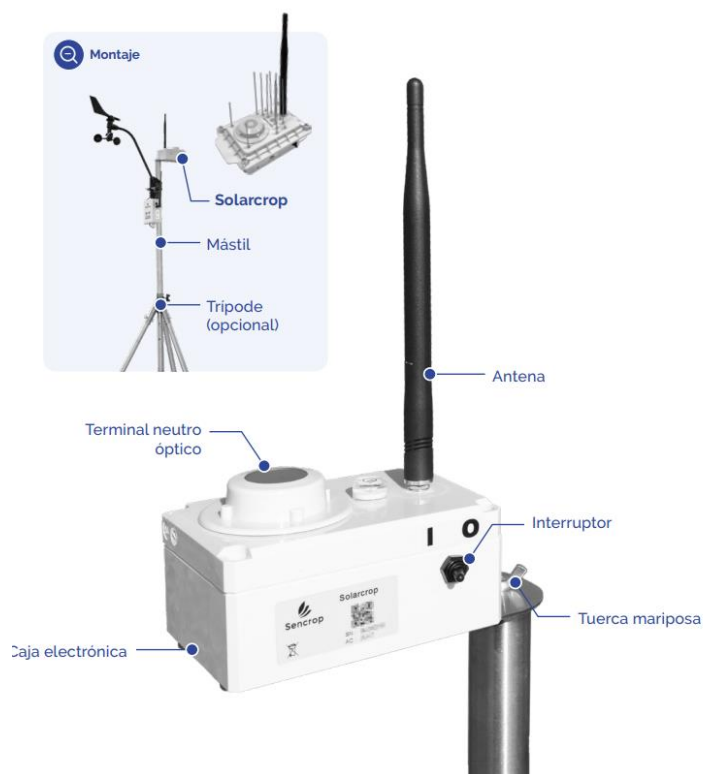


Ilustración 9: sensor solar SOLARCROP

Medidas	
Principio de funcionamiento	Si-piranómetro
Temperatura de funcionamiento	-20/+60°C
Rango de medición	0 - 2000 W/m <sup>2</sup> 380 - 1070 nm
Precisión	±2% - 20 W/m <sup>2</sup> (El mayor)
Resolución	1 W/m <sup>2</sup>
Características mecánicas	
Mástil	
Material	Acero inoxidable SS304
Dimensiones	Longitud 170 cm ; Diámetro 30 mm
Peso	3 kg
General	
Batería	
Batería	Cloruro de litio-tionilo - capacidad 19Ah - 3,6V
Temperatura	-60 °C a +85 °C
Otros sensores	
Acelerómetro	
GPS	
Comunicación	
Red	Sigfox (868 MHz)
Período de transmisión de datos	Cada 20 minutos

Ilustración 10: especificaciones técnicas sensor SOLARCROP



Ilustración 11: pantallazo datos aportados por el sensor SOLARCROP

#### 4.3.2. Estación Folgoso

Situada en la parcela 174 del polígono 501 de Sarreaus, dotada de Raincrop y Thermocrop de Sencrop dispositivos conectados diseñados para medir diversos datos climáticos desde la parcela del usuario. Su situación en Sureste de

#### 4.3.3. Estación Lavandeira

Situada en la parcela 668 del polígono 502 de Sandiás, dotada de Raincrop y Thermocrop de Sencrop, ambos dispositivos permiten al usuario acceder a estos datos de forma remota a través de una aplicación móvil u online, lo que facilita el seguimiento de las condiciones climáticas en su parcela. Cubre el centro de los terrenos de las 2100 hectáreas de la Comunidad.

### 4.4. Datos recogidos y accesibles.

Las estaciones termo pluviométricas con la tecnología Sencrop instaladas, ofrece una red de estaciones meteorológicas conectadas que permiten a los usuarios de la comunidad a través de su app acceder a datos meteorológicos precisos y localizados para sus parcelas agrícolas. Algunas características clave de la red Sencrop: Las estaciones de la red Sencrop transmiten datos meteorológicos en tiempo real cada 15-20 minutos, incluyendo variables como pluviometría, temperatura, humedad y velocidad del viento. Los usuarios pueden acceder a los datos de sus propias estaciones instaladas en sus parcelas, así como a los de otras estaciones de la red cercanas a través de la aplicación

móvil y web de Sencrop. La red creada cubre una zona geográfica de 2100 hectáreas , con 3 estaciones instaladas en el área de la Comunidad de Regantes Antioquía.



Ilustración 12: datos pluviométricos consultados en la app SENCROP en la estación A Corga

Los datos de la red se utilizan para generar previsiones meteorológicas precisas a escala local que ayudan a los agricultores a tomar decisiones oportunas sobre riego, protección de cultivos, etc. En resumen, la red permite a los agricultores acceder a datos meteorológicos hiper locales en tiempo real a través de una red de estaciones conectadas, lo que les ayuda a optimizar sus operaciones agrícolas. Permite introducir datos de para cultivos y ofrece la posibilidad de acceder a datos, previsiones y optimización de tratamientos.

#### 4.4.1. Dashboard: acceso a estaciones, historial de datos.

La app Sencrop permite a los agricultores acceder al historial de datos meteorológicos locales de manera sencilla y precisa. Esta herramienta recopila información en tiempo real de estaciones meteorológicas conectadas, proporcionando datos sobre temperatura, humedad, precipitaciones, viento y más. Los usuarios pueden consultar el historial de estos datos a través de la aplicación, lo que facilita la toma de decisiones informadas para la gestión de riego, fertilización y control de plagas.

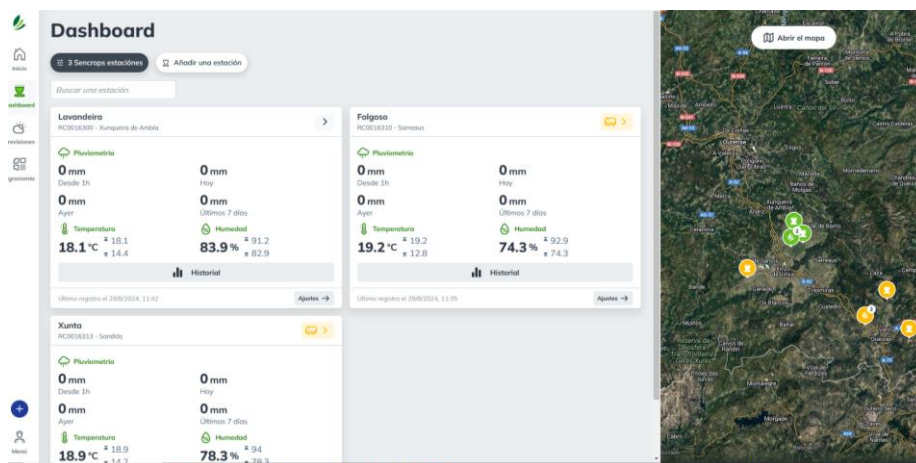


Ilustración 13: dashboard de la app SENCROP con acceso a múltiples datos.

#### 4.4.2. Agronomía: gestión personalizada de cultivos parcela a parcela

El uso de estaciones meteorológicas es clave para la gestión personalizada de cultivos parcela a parcela en la agricultura de precisión. Estas estaciones proporcionan datos en tiempo real sobre temperatura, humedad, precipitaciones, velocidad del viento y radiación solar, lo que permite ajustar las prácticas de riego, fertilización y control de plagas de manera eficiente. En función de la información obtenida, se puede programar el riego en parcelas específicas para optimizar el uso del agua, evitar encharcamientos o sequías, y sincronizar la fertilización con las condiciones climáticas ideales. Asimismo, el pronóstico de fenómenos meteorológicos adversos, como heladas o tormentas, permite a los agricultores tomar medidas preventivas para proteger los cultivos en cada parcela.

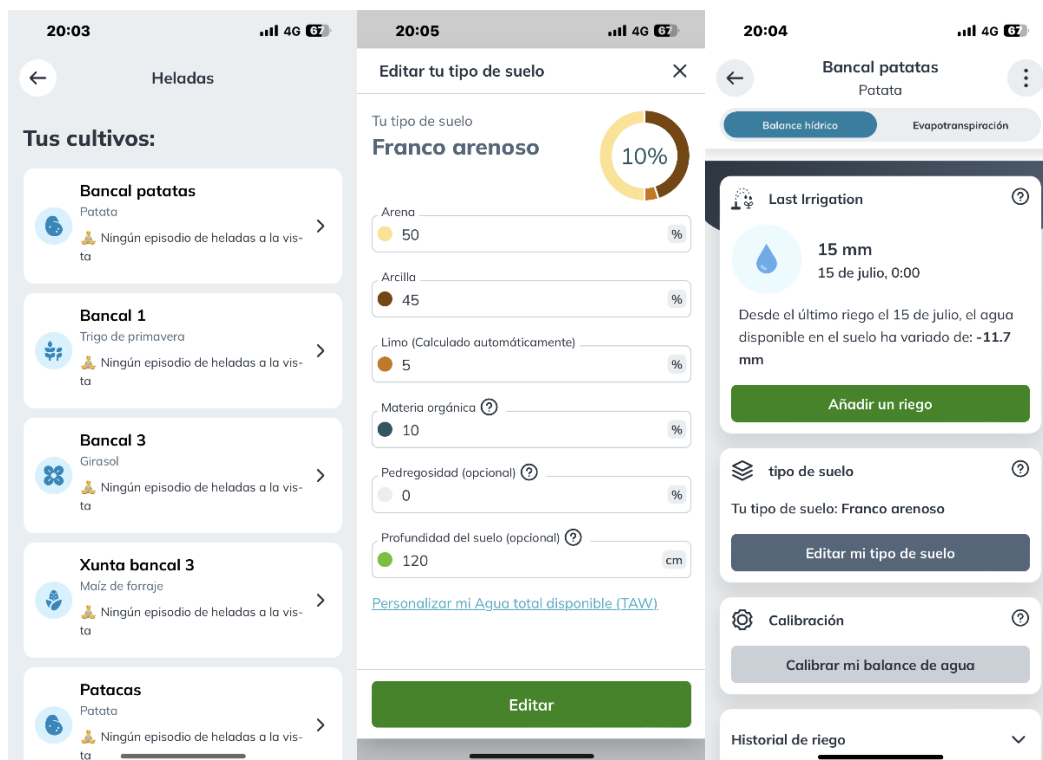


Ilustración 14: datos ultra locales con cultivo personalizado.

#### 4.4.3. Previsiones: meteorológicas en varias plataformas.

La app Sencrop permite a los agricultores consultar previsiones meteorológicas de alta precisión en diversas plataformas, como teléfonos móviles, tabletas y ordenadores. La aplicación proporciona pronósticos detallados de temperatura, precipitaciones, viento y humedad, con datos actualizados en tiempo real, gracias a las estaciones meteorológicas conectadas. Además, ofrece alertas personalizadas basadas en las condiciones locales, lo que facilita la planificación y toma de decisiones agrícolas.

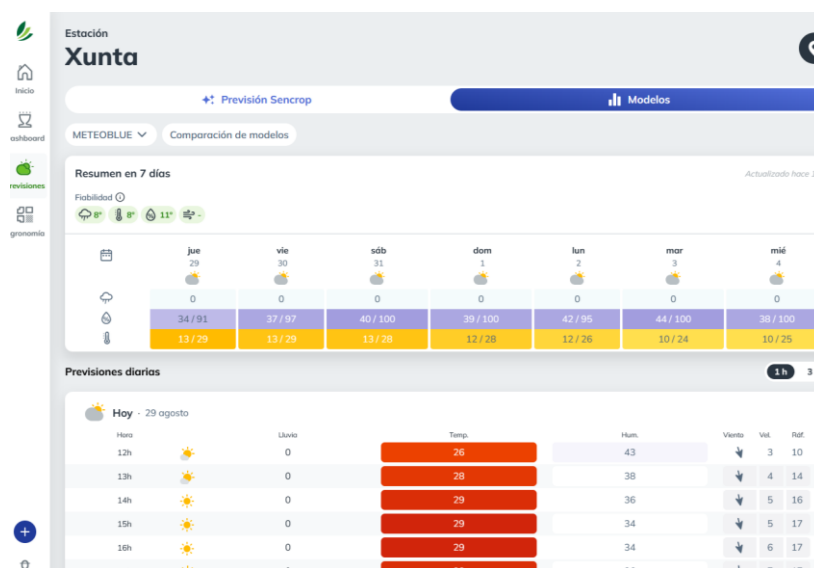


Ilustración 15: acceso a previsiones meteorológicas de diferentes plataformas.

#### 4.4.4. Ventanas de tratamiento.

Avisa de las posibles mejores horas para aplicar fitosanitarios, informando de las condiciones de viento temperatura y humedad.

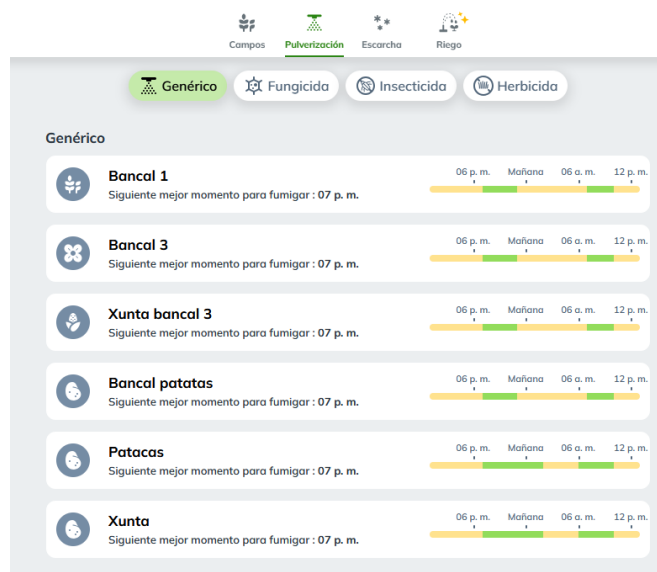


Ilustración 16: ventanas de tratamiento propuestas por la app según datos recogidos.

#### 4.5. Red de estaciones de humedad en hoja 2023-2024.

Para monitorear la humedad específica en la hoja de la patata se requieren herramientas que puedan medir tanto la humedad del ambiente como la humedad de la planta, en hoja más concretamente por la relación entre aumento de enfermedades como el mildium "Phytophthora infestans," y el tiempo de exposición a humedad y temperaturas suaves.



*Ilustración 17: estación en hoja con el cultivo de patata a punto de cosecha*

El mildium es una enfermedad causada por hongos que afecta a las hojas y otros tejidos de la planta. Se manifiesta con manchas en las hojas que pueden ser de color verde claro a oscuro, y en condiciones de alta humedad, estas manchas pueden ampliarse rápidamente, llevando a la descomposición de la planta. y el tiempo . Una estación meteorológica especializada en este tipo de mediciones incluiría varias características clave:

- **Sensores de Humedad de la Hoja:** Existen dispositivos que pueden medir la humedad en la superficie de las hojas o la transpiración, que son cruciales para entender el estado hídrico de la planta.
- **Termómetros:** Para medir la temperatura del aire y de la superficie de las hojas, ya que ambos influyen en la transpiración.
- **Registro de Datos:** Un sistema para registrar y analizar los datos recogidos; esto podría incluir software para correlacionar la humedad de las hojas con otras variables ambientales.
- **Conectividad:** Una estación con opciones de conectividad, como Wi-Fi o Bluetooth, para transmitir datos a una app o base de datos en tiempo real podría ser muy útil para monitoreo y análisis.

Se utilizó el Leafcrop de Sencrop que es un sensor de humectación ofrece a los agricultores, medidas precisas y fiables de sus parcelas. Estos datos se envían

directamente a través de una app y le permiten ser más eficientes contra diferentes enfermedades como el mildiu, oídio, moteado y demás hongos. Las alertas personalizables permiten alertar al cliente en caso de helada para así poder anticipar la intervención.



Ilustración 18: partes de la estación de humedad en hoja de SENCROP

Medidas		
<b>Sensor humectación foliar</b>	Principio de funcionamiento	Sensor capacitivo
	Intervalo de temperatura de funcionamiento	-20 - +60 °C
	Intervalo de medición	320 - 1000mV
	Precisión	Tiempo medio 10min
	Resolución	1mV
<b>Temperatura y humedad</b>	Principio de funcionamiento	3 sensores digitales
	Intervalo de temperatura	De -40 °C a +125 °C
	Rango de humedad	De 0 % a 100 %
	Precisión de temperatura	± 0.2 °C typ. / ± 0.3 °C máx. (de -40 °C a +90 °C)
	Precisión de la humedad	± 2 % typ. / ± 3 % max. de 0 °C a 80 °C (0 % de HR a 100 % HR)
Características mecánicas		
<b>Sensor de humectación foliar</b>	Longitud del cable	5m
<b>Protector solar</b>	Material	ASA
	Longitud del cable	2,5m
<b>Soporte platino</b>	Material	Acero inoxidable
General		
<b>Batería</b>	2 baterías	Cloruro de tionilo-litio; capacidad: 19 Ah - 3,6 V
	Intervalo de temperatura	De -60°C a +85°C
<b>Otros sensores</b>	Acelerómetro	
	GPS	
<b>Comunicación</b>	Red	Sigfox (868 MHz)
	Transmisión del dato	Cada 15 minutos

Ilustración 19: especificaciones técnicas estación humedad en hoja

Especialmente creado para prever las enfermedades fúngicas foliares de los cultivos, permite anticipar los riesgos de helada. Este sensor se ha convertido en una

herramienta de uso diario que permite a los profesionales del campo monitorizar viñedos y otras parcelas de forma segura.



Ilustración 20: recogida red estaciones humedad en hoja en 2023

#### 4.5.1. La red de humedad en hoja 2023

En 2023 se repartieron 16 estaciones de humedad en hoja cubriendo la totalidad del terreno con las diferentes áreas de la comunidad así como diferentes tipos de suelo.

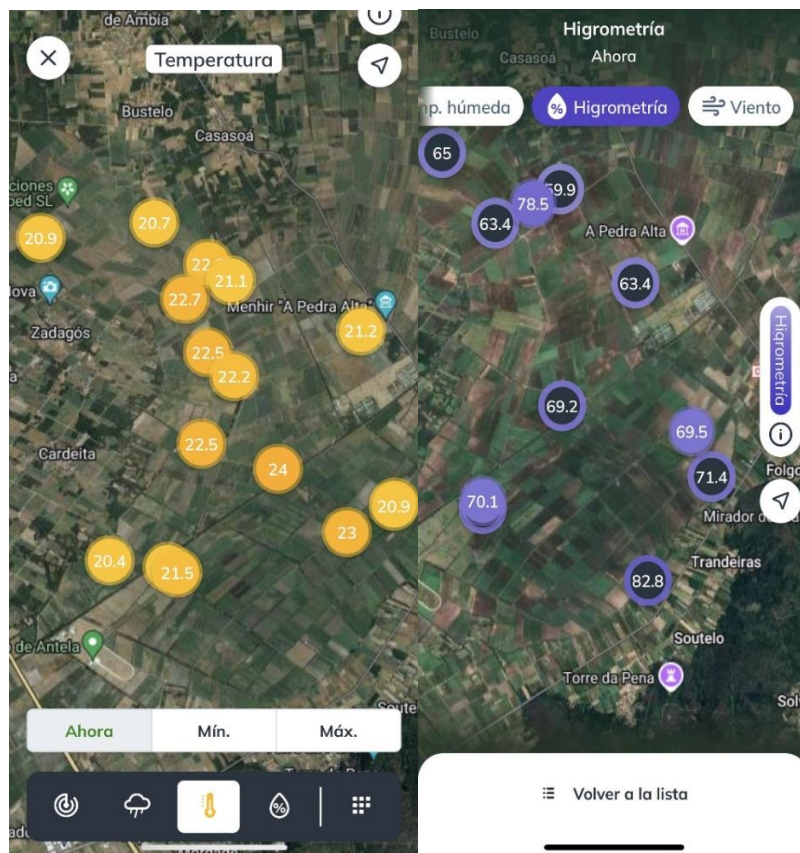


Ilustración 21: red humedad en hoja tal como la muestra la app SENCROP

Cada una de estas estaciones puede generar alertas y datos meteorológicos personalizados para ayudar a los agricultores:

1. Alertas de heladas: Sencrop puede enviar una notificación cuando la temperatura seca baja de 2°C y la temperatura húmeda baja de 1°C, permitiendo a los agricultores activar sus sistemas de control contra las heladas a tiempo.
2. Alertas de plagas y enfermedades: Los agricultores pueden configurar alertas para estar prevenidos cuando sus cultivos vuelven a estar sujetos a riesgos, para tomar las medidas necesarias en el momento adecuado.
3. Sencrop envía alertas personalizables a los usuarios cuando las condiciones son favorables para el mildiu, permitiéndoles activar a tiempo los sistemas de tratamiento (aspersión, , etc.)
4. Datos meteorológicos en tiempo real: La aplicación Sencrop permite acceder a los datos meteorológicos recogidos por sus estaciones, como temperatura, humedad, pluviometría y velocidad del viento, para tomar decisiones informadas sobre el manejo de los cultivos.
5. Históricos de datos: Sencrop guarda los registros históricos de las mediciones, permitiendo a los agricultores analizar tendencias y planificar mejor sus intervenciones.

En resumen, el implantado sistema ofrece una gama de alertas y datos meteorológicos precisos y personalizables que ayudan a los agricultores a anticipar riesgos y optimizar el manejo de sus cultivos.

#### 4.5.2. Creación de alertas personalizadas

Sencrop permite a los agricultores crear alertas personalizadas para proteger sus cultivos y ser avisados en el momento oportuno. Algunas características clave sobre las alertas Sencrop: Las alertas permiten recibir notificaciones oportunas sobre posibles amenazas como riesgos de heladas y brotes de enfermedades. Esto permite responder de inmediato y mitigar posibles daños a los cultivos. Para crear una alerta, primero hay que definir las condiciones deseadas, como temperatura de bulbo húmedo inferior a 1°C y temperatura seca inferior a 1°C.



Ilustración 22: aspecto de la suite de una estación humedad en hoja.

Todas las condiciones deben cumplirse al mismo tiempo. Es importante verificar que el número de teléfono móvil esté registrado correctamente en el perfil, ya que las alertas se envían por SMS y no a teléfonos fijos. También es necesario asegurarse de que las notificaciones móviles estén habilitadas en el dispositivo para recibir las alertas Sencrop. En resumen, Sencrop permite crear alertas personalizadas que ayudan a los agricultores a anticiparse y proteger sus cultivos de manera efectiva. Tal como se muestra debajo se edita y crea una alerta para cada una de las estaciones accesibles.

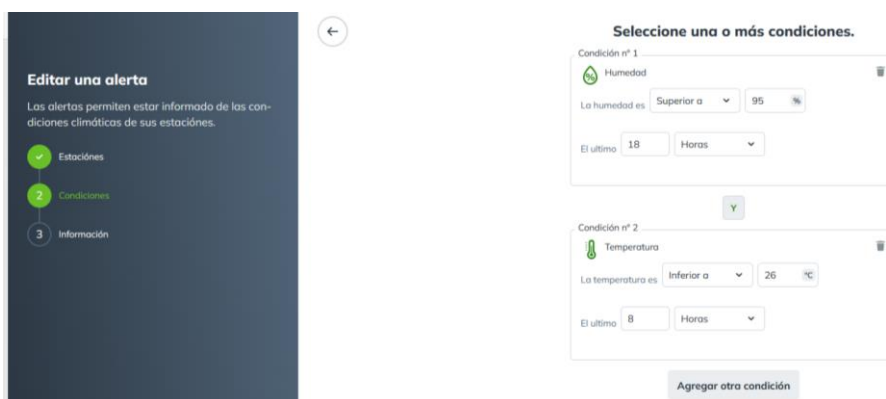


Ilustración 23: creación de alerta en una estación de humedad en hoja

En estas condiciones la red de alertas creada funcionó generando las correspondientes alertas para mildium consistente en condiciones de temperatura y humedad específicas:

- ✓ Temperatura: El mildiu se desarrolla óptimamente cuando la temperatura oscila entre los 10°C y 27°C.
- ✓ Humedad: La enfermedad requiere una humedad relativa superior al 90% durante al menos 16-18 horas consecutivos.

La alerta creada en funcionamiento genera avisos vía SMS y correo electrónico a cada usuario.



Ilustración 24: alerta de mildium creada.

#### 4.5.3. Red de alertas: Primavera verano 2023.

La comarca de A Limia en Ourense ha registrado niveles de precipitación muy elevados durante la primavera y verano de 2023:

- ✓ La primavera de 2023 fue la tercera más húmeda de la serie histórica en Galicia, con valores de precipitación entre un 90% y un 110% por encima de lo normal.
- ✓ A finales de la primavera y comienzos del verano, las fuertes y persistentes precipitaciones han generado preocupación entre los agricultores, ya que podrían poner en riesgo la cosecha de patata.
- ✓ Según los informes climáticos A Limia ha registrado un inusual exceso de precipitaciones en los meses de mayo y junio de 2023

En resumen, la región de A Limia en Ourense ha experimentado niveles de precipitación muy por encima de lo normal durante la primavera y el verano de 2023, generando tanto beneficios como preocupaciones entre la población local.

#### 4.6. La red de humedad en hoja en 2024

En 2024 se estableció una nueva red de 16 estaciones repartidas en campos de patata dentro del terreno de la Comunidad de Regantes Antioquía, al igual que en 2023 cada usuario pudo acceder a los datos y crear alertas para cada estación.

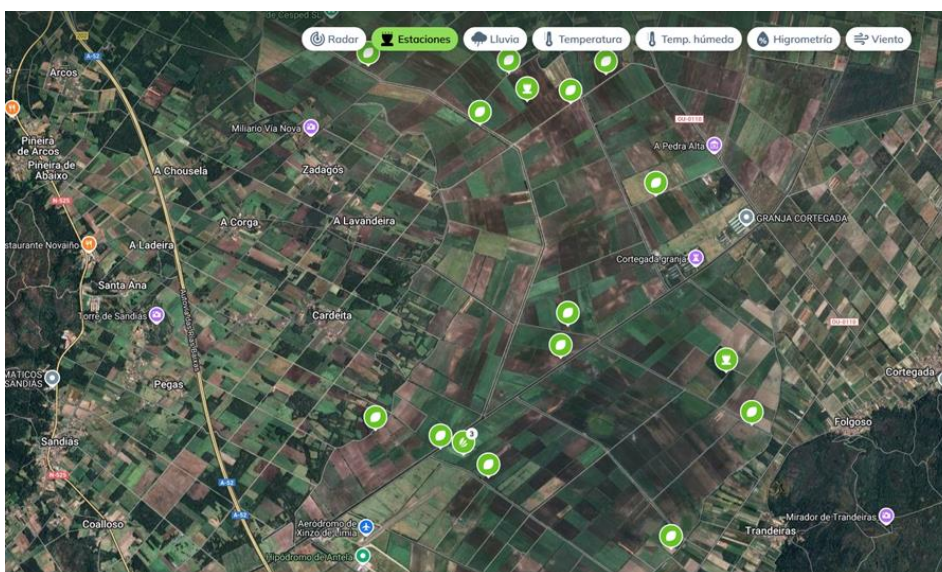


Ilustración 25: red humedad en hoja 2024 según la muestra la app SENCROP

##### 4.6.1. Primavera verano 2024

La red creada en 2024 sobre campos de patata ha generado un volumen de alertas mucho menor que en 2023, las condiciones este 2024 fueron mejores en comparación con la campaña pasada aunque no fue una primavera seca.

← Mi red

Estaciones Sencro Usuarios Información

Nombre	Estado	Ubicación
Lavandeira RC0016300	📶	42.1442, -7.69538
Falgoso RC0016310	📶	42.1179, -7.66938
Xunta RC0016313	📶	42.1099, -7.70372
Humedad de hoja Sandiás LC0018076	📍	42.1347, -7.71737
Xunta hoja LC003205	📶	42.1105, -7.70679
Modesto hoja LC003206	📶	42.1123, -7.71523
Jivi portaoito hoja LC003265	📶	42.135, -7.67862
Solar Xunta LC003872	📶	42.1099, -7.70373
Viento Xunta WC012955	📶	42.1099, -7.70372
Tino hoja LC004117	📶	42.1419, -7.7016

Ilustración 26: listado de estaciones colocadas en 2024 humedad en hoja

#### 4.7. Mecanismo de transmisión de datos y alertas.

Estos sistemas de alerta se difundieron por canales como WhatsApp para mantener informados al resto de los agricultores sobre el riesgo de aparición de la enfermedad. Es importante que los agricultores estén atentos a la evolución de la enfermedad en sus parcelas y coordinen y compartan la información para tomar las medidas necesarias de manera oportuna. Esta coordinación entre los técnicos y los productores es clave para un control eficaz de la enfermedad. En resumen, el uso de sistemas de alerta y monitoreo ultra local, junto con un control preventivo y localizado, y otras medidas complementarias, son claves para un manejo eficaz del mildiu de la patata. La comunidad ya dispone de un canal de WhatsApp propio en que se pueden publicar alertas de todo tipo compartidas por un canal accesible, barato y participativo. Participan 134 regantes en el chat “regadío laguna” y es el canal de comunicación y gestión de la Comunidad de Regantes Antioquía.



Ilustración 27: grupo de WhatsApp de la Comunidad de Regantes Antioquía con 134 miembros

## **5. MONITORIZACION GASTO DE AGUA: RACIONALIZACION DEL GASTO DE AGUA**

La adecuada gestión del agua en una zona agrícola de esta magnitud es fundamental no solo para garantizar el rendimiento de las cosechas, sino también para hacer un uso sostenible de los recursos hídricos, considerando el impacto del cambio climático y la creciente demanda de agua en la agricultura.

La instalación de dispositivos de control remoto en los hidrantes representa un avance significativo en la optimización del riego de estas parcelas. Mediante la sensorización y el control remoto, se pueden monitorizar en tiempo real el gasto de agua en cada sector.

Además, la monitorización remota facilita la toma de decisiones más eficientes, ya que se pueden recibir alertas automáticas y acceder a datos históricos y en tiempo real sobre el consumo de agua y las condiciones del suelo. Esto no solo optimiza el uso de recursos, sino que también reduce los costes operativos al minimizar la necesidad de intervenciones manuales en campo y permite una mejor planificación del riego. La integración de estas tecnologías en la Comunidad de Regantes Antioquía promueve una agricultura eficiente, garantizando una mayor productividad y sostenibilidad a largo plazo.

### **5.1. Situación de partida.**

La Comunidad de Regantes Antioquía presenta un sistema que combina tecnologías de bombeo en remoto con una gestión de riego aún manual en la parcela, lo que limita la eficiencia operativa y la optimización del recurso hídrico. La falta de conectividad de los contadores y la necesidad de intervención manual en los hidrantes representan oportunidades para mejorar mediante la implementación de sistemas de control remoto y automatización en el riego.

Actualmente, la comunidad cuenta con sistemas de bombeo de agua que están controlados de manera remota, lo que permite automatizar y controlar el caudal de agua desde los puntos de extracción o estaciones de bombeo a las diferentes balsas de riego de la comunidad. Sin embargo, la gestión del riego a nivel de parcela aún presenta limitaciones importantes. En su estado actual, la gestión del riego por parcela se realiza de manera presencial, es decir, los agricultores o los encargados de cada sector deben estar físicamente presentes para controlar la apertura y cierre de los hidrantes que suministran el agua a las parcelas. Este proceso implica que, a pesar de contar con un sistema automatizado de bombeo, la distribución del agua en las parcelas aún depende de la intervención manual, lo que reduce la eficiencia y puede generar un desperdicio de agua o un uso no óptimo del recurso hídrico.

En cuanto a los sistemas de riego empleados, la Comunidad de Regantes utiliza principalmente cuatro métodos, clasificados en orden de importancia:

- Cobertura con aspersores, que es el sistema más común, adecuado para cubrir grandes áreas de manera uniforme.

- Cañones de riego, que se utilizan en parcelas donde se requiere mayor potencia de distribución de agua.
- Goteo, un sistema más eficiente en términos de ahorro de agua, pero utilizado en menor proporción.
- Pivots de riego, también presentes en algunas áreas, aunque en menor número.

Un aspecto importante es que la apertura y cierre de los hidrantes se realiza de forma manual, lo que requiere la intervención continua de los agricultores. Este proceso manual es menos eficiente y puede resultar en una distribución de agua desigual o tardía, afectando la productividad de los cultivos y el manejo eficiente de los recursos hídricos.

Para el riego principalmente de patata la opción para alta eficiencia y conservación del agua, ideal para cultivos que requieren riego preciso; los pivots sería otra buena opción pero con un desembolso inicial alto para áreas grandes con cobertura uniforme, aunque menos eficiente que el goteo. Aspersores y cañón de agua son menos eficientes en términos de conservación de agua debido a las pérdidas por evaporación y deriva.

Además, cada parcela cuenta con contadores de agua que permiten medir el consumo de agua, lo que es un paso positivo hacia el control del riego. Sin embargo, estos contadores no están conectados a ningún sistema centralizado que permita su monitorización en tiempo real, su lectura es manual año a año. Esta desconexión limita la capacidad de los gestores para controlar y regular el uso de agua de manera eficiente y remota, impidiendo un control preciso sobre el volumen de agua utilizado en cada parcela y dificultando la identificación de posibles pérdidas o excesos de riego.

## **5.2. Tecnología implantada.**

Las estaciones de medición IoT WaterMon representan una solución avanzada y eficiente para la gestión del agua en sistemas de riego y otras aplicaciones relacionadas. Estos dispositivos integran diversas tecnologías para ofrecer una monitorización detallada y un control efectivo del consumo de agua, optimizando así el uso de este recurso crucial.

### *5.2.1. Alimentación y Comunicación*

Las estaciones WaterMon están diseñadas para operar en entornos remotos donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado. Para garantizar una autonomía prolongada, cada estación está alimentada por una batería de litio, la cual es recargada mediante un panel solar integrado. Este sistema de alimentación asegura que el dispositivo pueda funcionar de manera continua sin necesidad de intervenciones frecuentes, incluso en condiciones de baja luz solar.

En cuanto a las comunicaciones, las estaciones utilizan la red GSM para transmitir los datos recolectados a la nube de gestión. Esta tecnología de comunicación

es ideal para áreas remotas y garantiza que los datos sean accesibles en tiempo real desde cualquier ubicación con cobertura GSM, facilitando la supervisión y el análisis desde plataformas en línea.

### 5.2.2. Componentes principales del sistema implantado.

Cada estación IoT WaterMon está compuesta por varios elementos clave que permiten una supervisión y control completos del sistema de agua:

- Estación IoT: el núcleo del sistema que integra todos los componentes y gestiona la comunicación con la nube.



Ilustración 28: estación IoT WaterMon

- Panel Solar: utilizado para cargar la batería de litio y extender la autonomía del dispositivo.



Ilustración 29: panel solar de alimentación.

- Electroválvula: permite el control del suministro de agua al sistema de riego, abriendo o cerrando el flujo según sea necesario.



*Ilustración 30: electroválvula*

- Sensores de control de puertas: monitorean y gestionan la apertura y cierre de las puertas de las casetas de riego.



*Ilustración 31: control de acceso puertas.*

- Sensor de presión: mide la presión del agua en el circuito de riego, asegurando que el sistema opere dentro de los parámetros óptimos.



*Ilustración 32: sensor de presión instalado*

- Sensor de consumo de agua: registra la cantidad de agua utilizada en un rango de tiempo determinado, permitiendo un seguimiento detallado del consumo.



*Ilustración 33: sensor de consumo de agua.*

### 5.2.3. Capacidades del Sistema

Las estaciones WaterMon ofrecen una amplia gama de capacidades para gestionar de manera eficaz el consumo de agua y optimizar los sistemas de riego:

- **Medición del Consumo:** las estaciones permiten medir el consumo de agua en intervalos de tiempo específicos. Estos datos son fundamentales para analizar patrones de uso, detectar posibles fugas y ajustar los programas de riego para mejorar la eficiencia.
- **Monitorización de la Presión:** el sensor de presión asegura que el sistema de riego funcione dentro de los límites de presión recomendados. Monitorear la presión ayuda a prevenir daños en el sistema y a mantener una distribución uniforme del agua.
- **Control de la Electroválvula:** las estaciones pueden controlar la electroválvula para regular el flujo de agua en el sistema de riego. Esto permite una gestión precisa del suministro de agua, adaptándose a las necesidades específicas del sistema en tiempo real.
- **Control de Apertura de Puertas:** los sensores de puertas permiten gestionar el acceso a las casetas de riego. Esto es útil para garantizar que solo el personal autorizado pueda acceder a las instalaciones y realizar mantenimientos o ajustes.
- **Control del Sistema de Alimentación:** las estaciones supervisan el estado del sistema de alimentación, incluyendo el panel solar y la batería, para asegurar que el dispositivo esté siempre operativo.
  
- **Detección de Ciclos de Riego:** las estaciones pueden identificar y registrar los ciclos de riego, proporcionando datos valiosos para ajustar los programas de riego y mejorar la eficiencia del uso del agua.

En resumen, las estaciones IoT WaterMon combinan tecnología avanzada con una funcionalidad integral para ofrecer una solución completa en la gestión del agua. Su capacidad para medir, controlar y monitorear diversos aspectos del sistema de riego ayuda a optimizar el uso del agua, reduciendo costos y mejorando la eficiencia en el manejo de recursos hídricos.

### **5.3. Operatividad del sistema.**

El sistema de control de riego descrito opera mediante una combinación de monitorización continua y actuación remota, lo que permite gestionar eficientemente el suministro de agua en áreas agrícolas o de riego. Su operativa se mantiene activa 24x7, es decir, funciona de manera ininterrumpida desde el momento en que se activa, garantizando la supervisión constante del sistema.

Una de las principales funcionalidades es la monitorización continua del suministro de agua. La estación registra los consumos en intervalos de tiempo previamente configurados. Al finalizar cada período de monitorización, si se han detectado consumos, estos datos se envían a una nube de gestión para su análisis y almacenamiento. Esto permite a los responsables del sistema tomar decisiones basadas en el uso real del agua.

Además del consumo de agua, el sistema también controla en tiempo real otros parámetros clave para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de riego. Entre ellos se encuentran la presión del agua en el sistema de suministro, el nivel de batería del equipo, la cobertura de la red de telefonía, el estado de carga del panel solar, y la seguridad de las instalaciones (como el estado de las puertas de la caseta y la apertura del dispositivo). El sistema permite configurar varios parámetros, como los rangos de tiempo para la actuación, los consumos máximos permitidos en cada intervalo o ciclo, y los umbrales de presión aceptables. Esto asegura que se pueda personalizar el funcionamiento del sistema según las necesidades específicas del entorno de riego.

El método de conexión utiliza la red GSM, por lo que cada estación requiere un servicio de datos. Para minimizar los costos asociados al consumo de datos, el sistema está optimizado para transmitir solo la información estrictamente necesaria. Asimismo, para maximizar la autonomía energética, el dispositivo se conecta a la red únicamente cuando es necesario enviar datos.

### *5.3.1. Rangos y tiempos de actuación.*

El sistema de control de riego permite configurar distintos rangos de tiempo para la detección y automatización de funciones clave, lo que optimiza su desempeño y gestión. Entre estas funciones destacan:

- a. Ciclo de envío de mediciones: este es el rango de tiempo en el que la estación envía las medidas de consumo de agua registradas. La estación monitoriza el consumo continuamente, almacenando los datos localmente. Una vez cumplido el ciclo de envío configurado, la estación se conecta a la nube para transmitir los datos acumulados. Esto asegura que las mediciones se envíen en intervalos establecidos, optimizando el uso de la red y el consumo de energía.
- b. Ciclo de riego: este parámetro se configura para definir el tiempo que debe transcurrir sin actividad en el sistema para que se considere un nuevo ciclo de riego. Dado que es posible que por razones operativas el riego pueda comenzar y detenerse varias veces en una estación, el ciclo de riego permite que, tras un período de inactividad definido, la estación registre el próximo evento de riego como un ciclo completamente nuevo.
- c. Indicador de estación operativa: en caso de que no haya consumo de agua en un período prolongado, la estación no enviará datos a la nube, ya que no hay mediciones que reportar. Sin embargo, se configura un tiempo máximo en el que, si no se ha enviado ninguna información, la estación envía un mensaje básico a la nube para indicar que sigue operativa. Este mensaje contiene datos esenciales de funcionamiento (como el estado de batería y señal) para garantizar que en la nube se pueda monitorear el estado de todas las estaciones activas, asegurando que no haya fallas en la comunicación o el funcionamiento del sistema.

Estas configuraciones permiten un control preciso del riego, minimizando el consumo de energía y optimizando la transmisión de datos según las necesidades operativas de cada estación.

### 5.3.2. Consumos máximos por rango de tiempo o ciclos, umbrales de presión.

El sistema de control de riego ofrece un completo conjunto de configuraciones que permiten ajustar y limitar el consumo de agua en función de distintos parámetros temporales o de ciclos, lo que contribuye a optimizar el uso del recurso hídrico y a prevenir excesos o fallas. Entre las principales configuraciones disponibles destacan:

- a) Consumos máximos por rango de tiempo o ciclos: Esta funcionalidad permite establecer límites de consumo de agua para distintos intervalos temporales o en función de ciclos de riego. Esto asegura que el sistema opere dentro de parámetros controlados, evitando el desperdicio de agua y asegurando que el riego se realice de manera eficiente.
- b) Máximo consumo por ciclo de riego: El sistema permite configurar el consumo máximo que se puede realizar en cada ciclo de riego. Un ciclo de riego se determina por un período de inactividad en el sistema, y este parámetro garantiza que no se exceda el uso de agua en cada ciclo. Si el consumo máximo configurado se supera, el sistema corta automáticamente el suministro de agua hasta que se cumpla el tiempo establecido para la detección de un nuevo ciclo sin consumo. Este mecanismo de control asegura que el riego no exceda lo necesario y protege contra posibles fallas o excesos en la distribución del agua.
- c) Máximo consumo por hora: También se puede establecer un límite de consumo por hora. Si el sistema detecta que se ha superado el consumo máximo permitido en una hora, corta el suministro hasta que esa hora termine. El consumo se reinicia en el minuto 0 de la hora siguiente. Este control a corto plazo asegura que el agua se utilice de manera controlada y eficiente, evitando picos de consumo que puedan afectar el sistema o las fuentes de suministro.
- d) Máximo consumo por día: Para un control más amplio, se puede configurar un límite de consumo diario. Si este umbral se supera, el sistema corta el suministro hasta que finalice el día, reiniciándose a las 00:00 del día siguiente. Este límite diario es útil para gestionar los recursos hídricos a largo plazo y evitar que se utilice más agua de la permitida en una jornada.
- e) Máximo consumo por semana: Además, se puede establecer un límite de consumo semanal. Si el consumo total de agua durante la semana supera el valor configurado, el sistema corta el suministro hasta que la semana finalice, reiniciándose automáticamente a las 00:00 del domingo. Esta funcionalidad es clave para garantizar un uso sostenible del agua en contextos agrícolas o de grandes áreas de riego.
- f) Bloqueo manual: El sistema incluye una función de bloqueo manual, que permite desactivar una estación de suministro de agua de manera manual. Este bloqueo

solo puede ser reiniciado manualmente, lo que permite al operador tomar el control directo de la estación en situaciones críticas o de mantenimiento.

- g) Umbrales de presión: También se puede configurar un umbral mínimo de presión para que el sistema opere correctamente. Si la presión cae por debajo del umbral configurado, el sistema bloquea automáticamente el suministro de agua y envía una alarma a la nube para notificar del problema. Este mecanismo de seguridad protege el sistema de posibles daños o fallos en el circuito de suministro, garantizando que solo opere bajo condiciones adecuadas.

Estas configuraciones combinadas permiten un control exhaustivo del consumo y del funcionamiento del sistema de riego, optimizando el uso del agua y mejorando la seguridad y eficiencia del sistema.

### 5.3.3. Nube de gestión de estaciones de riego y Webservices.

La nube de gestión es una aplicación web que centraliza la administración y monitorización de todas las estaciones de riego, permitiendo tanto la configuración como la visualización de datos de consumo y estadísticas. Esta plataforma está dividida en dos partes principales: los WebServices y la aplicación web de gestión.

Nombre	B	G	A	W	L	V	UC	Última comunicación	Ubicación	Observaciones
WM031	4	14d	2024-08-26 17:30:38	Parcela 197						
WM030	4	13d	2024-08-26 19:13:41	Parcela 190						
WM029	4	26m	2024-08-08 18:52:16							

Ilustración 34: pantalla del funcionamiento de la estación IoT

### WebServices

Los WebServices son el conjunto de servicios que actúan como pasarela de comunicaciones entre las estaciones de riego y la nube. Estos servicios gestionan el intercambio de información entre las estaciones y la plataforma, asegurando que los datos de cada estación lleguen de manera segura y precisa. Los WebServices se encargan de:

- Intercambio de información: reciben los datos enviados por las estaciones, como consumos de agua, estado de las instalaciones y alertas.
- Seguridad: implementan medidas de seguridad para proteger las comunicaciones, asegurando que los datos transmitidos estén cifrados y sean accesibles solo para usuarios autorizados.
- Configuración específica: permiten personalizar la configuración de cada estación en la nube, lo que garantiza que cada una funcione bajo los parámetros previamente establecidos.

## Aplicación de gestión

La aplicación de gestión es la interfaz web que permite a los usuarios configurar, visualizar y gestionar todas las estaciones conectadas. Es una herramienta intuitiva diseñada para facilitar la operativa del sistema y aprovechar al máximo la información recopilada. Entre sus funcionalidades clave se encuentran:

- **Configuración:** En este apartado se pueden ajustar los parámetros generales de la aplicación, como los umbrales de consumo, ciclos de riego y otros ajustes personalizados de cada estación WaterMon. También se gestionan los usuarios que tendrán acceso al sistema, estableciendo roles y permisos según las necesidades de cada organización.

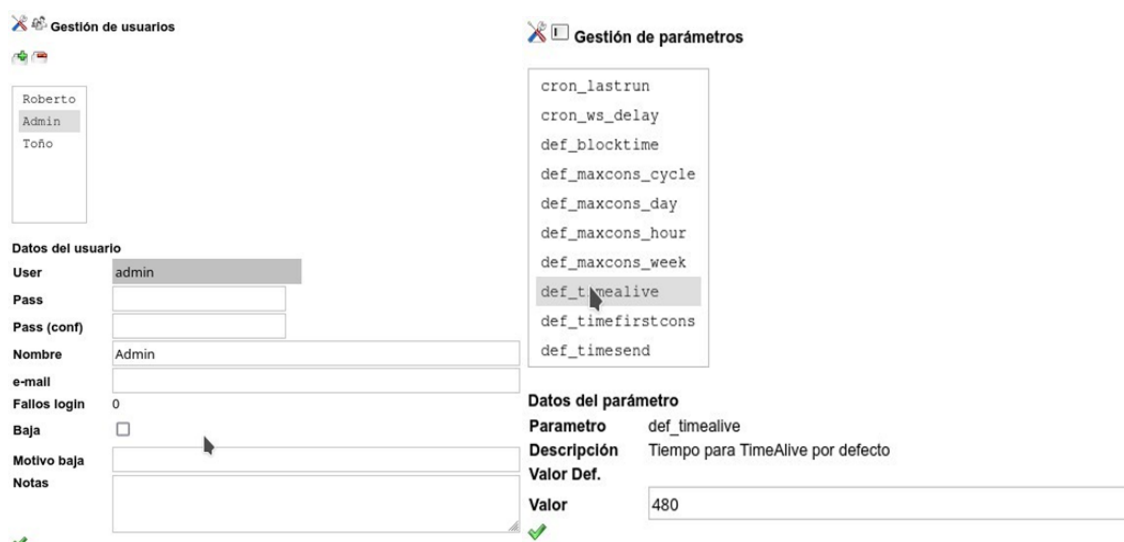


Ilustración 35: gestión de usuarios y de parámetros de la estación.

- **Visualización de consumos y estadísticas:** Los usuarios pueden consultar los datos de consumo de agua en tiempo real, así como acceder a estadísticas detalladas sobre el uso de agua en diferentes estaciones. Esto permite un análisis detallado del rendimiento del sistema, ayudando a identificar patrones de consumo, optimizar recursos y prevenir desperdicios.
- **Alertas y notificaciones:** La aplicación puede enviar notificaciones cuando se superan los límites establecidos o cuando se detectan irregularidades en el sistema, como una baja presión o un fallo en la estación. De esta manera, los operadores pueden actuar de manera proactiva para resolver problemas antes de que se conviertan en fallas mayores.

#### ALARMAS IN VALIDAR

MAC	Equipo	Hora	T	Val	Cmd	Bat	Gprs	Observaciones
✓ 0064E1BF713C	WM019::Pablo guarda	2023-07-09 16:23:35	C		AL.T			ALARMA TIEMPO DE COMUNICACIÓN EXCEDIDO
✓ 041DF7B267AC	WM029::	2023-07-10 15:00:53	C		AL.T			ALARMA TIEMPO DE COMUNICACIÓN EXCEDIDO AI ARMA TIEMPO

Ilustración 36: visualización de alarmas.

En resumen, la nube de gestión es una plataforma integral que conecta a las estaciones WaterMon con una herramienta web avanzada. A través de esta interfaz, los operadores pueden configurar y optimizar los parámetros del sistema, recibir alertas y acceder a informes detallados para mejorar la gestión del agua y asegurar la eficiencia operativa.

#### 5.3.4. Monitores.

La aplicación de gestión permite visualizar un listado con todas las estaciones conectadas al sistema y varios datos clave sobre el estado de cada una. Esta vista ofrece una serie de herramientas para ver, configurar y actuar sobre cada estación, asegurando que los operadores puedan supervisar el correcto funcionamiento del sistema de riego.

#### GESTIÓN DE MONITORES

	Nombre	B	G	A	W	L	V	UC	Última comunicación	Ubicación	Observaciones
	WM031							4 14d	2024-08-26 17:30:38	Parcela 197	
	WM030							4 13d	2024-08-26 19:13:41	Parcela 190	
	WM029							4 26m	2024-08-08 18:52:16		
	WM028							4 13d	2024-08-26 18:03:27		
	WM027							4 13d	2024-08-27 00:03:44		

Ilustración 37: gestión de monitores visualizada en la suite de la estación.

Cada estación muestra información importante, como:

- B: Nivel de batería.
- G: Cobertura de telefonía móvil.
- A: Estado de las alarmas.
- W: Estado de los avisos.
- L: Bloqueo del suministro de agua.
- V: Versión del software de la estación.
- UC: Última comunicación con la nube.

#### Herramientas de gestión para cada estación:

- Editar monitor: permite configurar los parámetros específicos de cada estación y visualizar su información general. En este apartado se configuran los datos generales del monitor MAC: Dirección única de cada monitor proporcionada de fábrica
- Nombre.
- Ubicación: descripción de la ubicación


- Coordenadas: este campo se actualiza de forma automática con datos de la red GSM
- Versiones de hardware y software: las versiones de cada monitores
- Baja: Estado de operación. sí está de baja no recibe alarmas ni comunicaciones
- Observaciones: notas sobre el monitores

**EDITAR MONITOR**

**MAC** 4076BF549434

**Nombre** WM031


**Ubicación** Parcela 197

**Coordenadas** 

**Versiones:** HW: 4 SW: 4

**Baja**

**Observaciones**



*Ilustración 38: edición de parámetros.*

Estado de alarmas: Muestra las alarmas activas, que se activan automáticamente cuando se detectan condiciones de trabajo normales. Entre estas alarmas destacan:

Solar: Se activa al detectar un panel solar. Envía un aviso si no hay radiación solar detectada en 24 horas.

Puerta: Se activa cuando las puertas están cerradas, y se envía un aviso si se abre alguna.

#### ALARMAS

 Solar: ON | Puerta: OFF | Caja: ON

*Ilustración 39: aviso de alarmas activadas*

Caja: Envía una notificación si la caja se abre tras haber sido cerrada.

#### Datos generales del monitor

Cada monitor tiene información clave como la MAC, nombre, ubicación, coordenadas, versiones de hardware y software, y observaciones. También incluye detalles sobre la configuración de red GPRS para comunicaciones móviles.

#### Configuración de operación de cada monitor

- Default: Marcando esta opción se cargan los valores por defecto configurados en parámetros
- Clave: Password para las comunicaciones de cada monitor
- Tiempo envíos: periodo entre envíos de información
- Tiempo primer consumo: período para detectar ciclos de riego
- Tiempo vida: período para comunicar estado si no hay consumo de agua
- MaxCons ciclo: consumo máximo por ciclo de riego
- MaxCons hora: consumo máximo por hora
- MaxCons día: consumo máximo por día

- MaxCons semana: consumo máximo por semana
- Bloqueo manual: bloqueo manual de la estación
- Medir presión: se habilita la función de monitorizar la presión del circuito de riego
- Factor conversión: factor para la calibración del sensor de presión
- Grupo de medición: nombre de grupo para hacer una media entre varios monitores
- Bloqueo presión: bloqueo de suministro en caso de presión por debajo del umbral
- Presión mínima: Umbral de presión mínima de trabajo en el circuito de suministro

**Historial:** muestra un registro detallado de todas las comunicaciones de cada estación. Este historial incluye información clave sobre los mensajes enviados y recibidos, facilitando el monitoreo de la actividad y el estado de cada estación.

- T: Tipo de mensaje, que puede incluir:
- C: Comando.
- W: Medida de consumo de agua.
- S: Mensaje de sistema.
- VAL: Valor del mensaje, que indica el contenido específico de cada comunicación.
- CMD: Tipo de mensaje, como alarmas, keepalive, desbloqueo (U) o bloqueo (L).
- BAT: Nivel de batería de la estación al momento de la comunicación.
- GPRS: Nivel de cobertura de la red móvil.
- Observaciones: Información adicional o contenido del mensaje.

Este historial permite al usuario ver patrones de comunicación, alertas importantes y el estado general de la estación, ayudando a garantizar un funcionamiento óptimo

WM031 :: Parcela 197 [4076BF549434]

01/08/2024..31/09/2024

#### HISTORIAL

A	Hora	T	Val	Cmd	Bat	Gprs	Observaciones
▲	2024-08-27 08:05:08	C		AL.T			ALARMA TIEMPO DE COMUNICACIÓN EXCEDIDO
	2024-08-26 23:02:26	S					CFG: WM031;Parcela 197;N;
	2024-08-26 17:30:38	C		K	3.99	7	AQUI ESTOU   LOC:42.045986,-7.668874,550
	2024-08-26 09:30:43	C		K	3.95	7	AQUI ESTOU   LOC:42.045986,-7.668874,550
	2024-08-26 01:29:39	W	28		3.95	7	WC:28;WCC:287;WCH:0;WCD:59;WCW:59
	2024-08-26 00:28:56	W	66		3.95	8	WC:66;WCC:259;WCH:31;WCD:31;WCW:31
	2024-08-26 00:01:23	C		U	3.94	7	DESBLOQUEO
	2024-08-25 23:56:51	C		L.H	3.95	8	BLOQ Exc. Hora
	2024-08-25 23:28:47	W	66		3.96	8	WC:66;WCC:193;WCH:30;WCD:193;WCW:1198
	2024-08-25 23:04:24	C		U	3.96	7	DESBLOQUEO

Ilustración 40: resumen historial consultado.

#### 5.3.5. Control de consumos. Contadores.

La aplicación de gestión permite a los usuarios visualizar los consumos de agua registrados por cada estación, organizados por un rango de tiempo seleccionable. Esto brinda una visión detallada del uso del agua en períodos específicos, lo que ayuda a gestionar eficientemente los recursos hídricos. Los rangos de tiempo pueden ser

configurados para visualizar datos por hora, día, semana o mes, según las necesidades de control y análisis.

<b>CONSUMOS</b>		
<b>VOLVER a consumos 01/08/2024..31/09/2024</b>		
<b>Hora</b>	<b>Val</b>	<b>Observaciones</b>
2024-08-19 23:23:30	43	
2024-08-19 22:23:11	44	
2024-08-19 21:22:49	46	
<b>TOTAL</b>	<b>133</b>	

*Ilustración 41: control de consumos según suite*

Al seleccionar un consumo específico, el sistema muestra un detalle exhaustivo de ese consumo, lo que permite identificar picos de uso, comportamientos anómalos o patrones de riego en cada estación. Esta información es clave para ajustar la operativa y mejorar la eficiencia del riego.

Para contrastar los datos automáticamente registrados por el sistema, se incluye la opción de añadir medidas manuales de los contadores de agua. Esto es útil para realizar una doble verificación en caso de que se sospeche de discrepancias en los datos. Estas medidas manuales quedan reflejadas en el sistema, lo que permite comparar los datos registrados automáticamente con los ingresados manualmente, mejorando la precisión del monitoreo y proporcionando un respaldo en caso de fallas o errores en la medición automática.

#### **5.4. Componentes del sistema en una caseta de riego.**

La instalación de cada estación de riego en las casetas requiere un cableado adicional para la interconexión de los distintos sensores con el monitor. Este cableado es fundamental para garantizar la correcta comunicación entre los sensores que monitorean parámetros como el consumo de agua, la presión del sistema, la apertura de puertas y el estado del panel solar.

Se diseñó un cableado estándar que puede instalarse de manera uniforme en cualquier caseta, independientemente de su ubicación. Esta estandarización simplifica considerablemente el proceso de instalación, ya que los técnicos no necesitan personalizar el cableado para cada sitio específico, reduciendo así tiempos y costos.

El cableado conecta los sensores de forma eficiente, asegurando que todos los datos capturados, como los niveles de consumo de agua o las alertas de fallos, sean transmitidos al monitor central sin problemas. Además, este enfoque estandarizado facilita el mantenimiento y la expansión del sistema en el futuro, permitiendo que cualquier caseta pueda ser equipada o actualizada rápidamente con los mismos componentes y procedimientos. Esto asegura una instalación rápida, confiable y consistente en todo el proyecto.

#### 5.4.1. Cable tipo pulpo.

El cableado utilizado en la instalación de las casetas de riego sigue una topología de tipo "pulpo". En esta configuración, hay una cabecera principal desde la cual se distribuyen todas las señales hacia los diferentes sensores y periféricos. En la cabecera se encuentra el conector de interfaz con el monitor, que es el punto central de la comunicación entre el monitor y los dispositivos conectados.



*Ilustración 42: cable y conector*

Desde esta cabecera, el cableado se va ramificando hacia los distintos sensores (como medidores de agua, detectores de presión, sensores de apertura de puertas, y paneles solares) y periféricos necesarios para cada caseta. Estas ramificaciones se adaptan según las medidas y longitudes requeridas en cada caseta, lo que asegura una instalación limpia y organizada.



*Ilustración 43: cable tipo pulpo.*

Gracias a esta topología de "pulpo", el sistema puede gestionar de manera eficiente la conexión de múltiples sensores en una misma estructura, optimizando la instalación y reduciendo la complejidad del cableado. Al contar con una única cabecera desde la cual se distribuyen las señales, se mejora la facilidad de mantenimiento, ya que cualquier ajuste o reparación puede realizarse en un solo punto de conexión principal. Este diseño también permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en la instalación, haciéndola aplicable a cualquier caseta dentro del proyecto.

#### 5.4.2. Sensores de puertas.

En cada caseta de riego, que está dividida en dos habitáculos, se integran dos sensores magnéticos de proximidad para la detección de apertura de las puertas de ambos espacios. Estos sensores magnéticos funcionan detectando la presencia o ausencia de un campo magnético, lo que permite identificar si las puertas están abiertas o cerradas.



Ilustración 44: sensores de puertas cableados

Cuando una puerta se abre, el sensor magnético cambia su estado, lo que se comunica al sistema central. Esto es crucial para la seguridad y el mantenimiento del sistema, ya que la apertura no autorizada de las puertas puede indicar un posible problema o un intento de manipulación. Los sensores magnéticos de proximidad son elegidos por su alta fiabilidad y capacidad de funcionamiento sin contacto físico, lo que minimiza el desgaste y garantiza una larga vida útil.

La integración de estos sensores en ambos habitáculos asegura una vigilancia completa de las condiciones dentro de la caseta, permitiendo una respuesta rápida a cualquier incidencia y mejorando la seguridad general del sistema de riego.

#### 5.4.3. Sensores de consumo y electroválvulas.

El sistema de riego incluye dos componentes clave para la gestión y control del suministro de agua:

**Sensor de Consumo:** este sensor se encarga de detectar el consumo de agua y está integrado en el contador analógico ya existente en la instalación de suministro. Es importante que el sensor sea específico para el fabricante del contador, ya que cada tipo de contador puede tener características y mecanismos de integración particulares. El sensor tiene una resolución de 1 m<sup>3</sup>, lo que significa que puede medir y registrar el consumo de agua con una precisión de hasta un metro cúbico. Esta precisión permite un seguimiento detallado del uso del agua y ayuda a mantener un control efectivo sobre el consumo.



*Ilustración 45: sensor de consumo de agua*

**Electroválvula:** la electroválvula es un dispositivo fundamental en el sistema de riego que permite el corte del suministro de agua. Actúa sobre la válvula de paso de la instalación y se controla electrónicamente, lo que permite su operación remota o automatizada. Cuando el sistema detecta un consumo excesivo, un fallo, o cuando es necesario cerrar el suministro por otras razones, la electroválvula se activa para cerrar el paso de agua y detener el flujo. Este mecanismo es crucial para la gestión eficiente del riego y para prevenir el desperdicio de agua en caso de problemas o ajustes en el sistema.



*Ilustración 46: electroválvula para control remoto*

### **5.5. Instalación en campo.**

La instalación de cada caseta de riego está cuidadosamente diseñada para asegurar la eficiencia y la protección del sistema. Cada caseta cuenta con dos habitáculos diferenciados: uno para distribución/suministro de agua y otro para control. Esta separación evita que problemas relacionados con el agua, como pérdidas o inundaciones, afecten al equipo de control.



*Ilustración 47: caseta modificada.*

#### **5.5.1. Monitor y sensores en el habitáculo de control**

- **Monitor:** Se instala en el habitáculo de control para mantenerlo protegido de posibles daños causados por la parte de suministro.
- **Sensor de puerta:** Colocado en la esquina inferior izquierda de la puerta del habitáculo de control para detectar cualquier apertura.
- **Panel solar:** Montado en la parte superior externa del habitáculo de control, siempre que reciba exposición solar suficiente. Si no es así, se busca una ubicación alternativa. Se perfora el techo para pasar el cable del panel, que se conecta mediante un conector USB.
- **Conexión de sensores y periféricos:** Se utilizan perforaciones existentes para pasar los cables desde el habitáculo de control al compartimento de distribución de agua, lo que facilita una instalación ordenada y eficiente.



*Ilustración 48: sensor de presión y electroválvula instalado en una caseta*

### 5.5.2. Instalación de la electroválvula

Se ubica cerca de la válvula de control de la caseta para simplificar la instalación de los tubos de presión, lo que facilita el funcionamiento del sistema y reduce la complejidad en la conexión.



*Ilustración 49: detalle de instalación de electroválvula.*

Este diseño modular y organizado no solo optimiza el funcionamiento del sistema de riego, sino que también mejora la facilidad de mantenimiento y la protección de los componentes críticos.



*Ilustración 50: sensor instalado en el contador.*

## **6. ENSAYO CULTIVO DE PATATA CON SENSORES vs TRADICIONAL.**

### **6.1. Introducción.**

Devesa en colaboración con el CTC se encargó de la actividad de siembra de un campo de ensayos de patata donde una hectárea se manejaría de acuerdo con las alertas del sistema Sencrop en comparación con el resto de la finca. Esta tarea se realizó durante las anualidades 2022 y 2023.

En el cultivo de patata, el manejo eficiente del agua y la aplicación adecuada de tratamientos fitosanitarios son cruciales para maximizar el rendimiento y la salud de los cultivos. Este ensayo compara dos enfoques de gestión agrícola: el manejo tradicional basado en un cuaderno de riego y aplicación de fitosanitarios según necesidad, frente a un sistema de control avanzado guiado por alarmas generadas por sensores de humedad y red meteorológica. El objetivo es evaluar las mejoras en la eficiencia del uso de agua, la reducción de la incidencia de enfermedades y la optimización general del cultivo.

#### *6.1.1. Mejoras gestión fitosanitarios.*

La racionalización del gasto en fitosanitarios es un tema importante para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la agricultura. Según los resultados de búsqueda, algunos aspectos clave a considerar son:

- **Uso racional de fitosanitarios:** es necesario desarrollar técnicas de aplicación más eficientes que permitan reducir la cantidad de productos fitosanitarios utilizados, sin afectar a la eficacia del control de plagas y enfermedades
- **Mejorar la tecnología de aplicación:** el uso de equipos de tratamiento más avanzados, como los de ultra bajo volumen, pueden contribuir a un gasto más racional de los fitosanitarios
- **Monitoreo y avisos fitosanitarios:** mantener y mejorar los sistemas de avisos fitosanitarios ayuda a un empleo más racional de estos productos, además de mejorar su efectividad
- **Integración de métodos de control:** combinar diferentes técnicas de control (cultural, biológico, químico, etc.) permite reducir el uso de fitosanitarios sin afectar a los resultados

La racionalización del gasto en fitosanitarios pasa por mejorar la eficiencia de su uso, a través de técnicas de aplicación más precisas, un mejor asesoramiento y control integrado de plagas y enfermedades.

### **6.2. Metodología propuesta.**

Se han establecido zonas de cultivo de patata para este ensayo en dos campañas diferentes, 2022 y 2023. La primera zona se maneja utilizando el método tradicional, basado en registros manuales y tratamientos fitosanitarios aplicados según la necesidad observada. La segunda parcela utiliza un sistema avanzado de control de cultivo que se basa en datos en tiempo real proporcionados por una red meteorológica y sensores de humedad en el suelo. Este sistema incluye alarmas automáticas que guían la aplicación de tratamientos fitosanitarios, además de intentar optimizar la visita a la parcela

minimizando gastos. Contabilizar las visitas para tratamientos nos da una clara idea sobre la optimización del gasto tanto en fitosanitarios como en los medios usado para esta labor (gasto gasoil).

#### *6.2.1. Sistema con Sensores*

##### **En la parcela con el sistema avanzado:**

Control meteorológico y de humedad: se recopilan datos meteorológicos y de humedad del suelo en tiempo real. Esto permite ajustar el riego y los tratamientos fitosanitarios de manera precisa, en función de las condiciones actuales y pronosticadas.

Alarmas Automatizadas: los sensores de humedad y de riego generan alarmas que indican la necesidad de ajustar el riego o aplicar tratamientos, basándose en parámetros preconfigurados para optimizar el uso del agua y los productos fitosanitarios.

#### *6.2.2. Manejo Tradicional*

##### **En la parcela con manejo tradicional:**

Cuaderno de Campo: se registra manualmente los tratamientos fitosanitarios, basándose en la experiencia y observaciones directas del estado del cultivo.

Aplicación de tratamientos: los tratamientos fitosanitarios se aplican de forma reactiva, según la observación de síntomas de enfermedades o plagas.

#### *6.2.3. Resultados Esperados*

Eficiencia uso de fitosanitarios: la aplicación oportuna y específica de tratamientos fitosanitarios, basada en datos en tiempo real, debería reducir la incidencia de enfermedades en la parcela con el sistema avanzado, en comparación con el manejo reactivo del enfoque tradicional.

Eficiencia en visitas a la parcela: existe una clara diferencia en las veces que se visita la parcela a realizar trabajos

Rendimiento y Calidad del Cultivo: se anticipa que la parcela con el sistema guiado por alarmas muestre un mejor rendimiento y calidad del cultivo de patata, debido a una gestión más precisa y a la optimización de los recursos.

#### *6.2.4. Gasto en fitosanitarios: ventajas e inconvenientes.*

Observar el gasto en fitosanitarios aplicados en la patata mediante sensores y el de forma tradicional puede generar diferencias significativas en términos de eficiencia, desarrollo del cultivo y rendimiento. Los pros y contras se resumen en la tabla siguiente:

La gestión de fitosanitarios es crucial en la agricultura para proteger los cultivos de plagas y enfermedades. Comparar los sistemas tradicionales con los manejados con sensores puede ayudar a identificar sus ventajas y desventajas.

Aspecto	Sistema Tradicional	Sistema con Sensores
<b>Ventajas</b>		
<b>Simplicidad</b>	No requiere tecnología avanzada; se basa en prácticas establecidas y conocidas.	Permite aplicaciones más precisas basadas en datos específicos.
<b>Costo Inicial Bajo</b>	No se necesitan inversiones en tecnología avanzada ni en formación especializada.	A largo plazo, puede reducir costos al optimizar el uso de productos.
<b>Experiencia</b>	Los agricultores suelen tener experiencia y conocimiento en el uso de fitosanitarios.	Datos y monitoreo permiten una mejor toma de decisiones.
<b>Inconvenientes</b>		
<b>Uso Ineficiente de Productos</b>	Puede llevar a un uso excesivo o ineficaz de fitosanitarios debido a aplicaciones basadas en pautas generales.	Requiere interpretación de datos para ajustar aplicaciones, lo que puede ser complejo.
<b>Impacto Ambiental</b>	Mayor riesgo de contaminación y daño al medio ambiente debido a aplicaciones no ajustadas.	Menor impacto ambiental gracias a aplicaciones más controladas y específicas.
<b>Riesgo para la Salud</b>	Posible exposición innecesaria de trabajadores y consumidores a químicos.	Dependencia de la tecnología puede ser un problema si hay fallos técnicos.
		Costo inicial alto en formación

Tabla 1: pros y contras del manejo tradicional y con sensores locales.

### 6.3. Resultados del ensayo 2022.

Se planteó un ensayo sobre cultivo de patata Agria de manera que en un campo fuese cultivado según la información proporcionada por Sencrop según sensores meteorológicos diferentes para monitorizar distintos parámetros ambientales y optimizar el riego:

- Raincrop: mide la precipitación en tiempo real.
- Thermocrop: mide la temperatura ambiental.
- Solarcrop: mide la radiación solar, lo que permite calcular la evapotranspiración y ajustar el balance hídrico.
- Windcrop: mide la velocidad y dirección del viento.
- Leafcrop: no se proporciona información sobre este sensor en los resultados de búsqueda.

Estos sensores pueden utilizarse de forma combinada para obtener datos meteorológicos completos y optimizar el riego de cultivos. Estas estaciones están diseñadas para proporcionar información meteorológica precisa y localizada, lo que les permite anticipar riesgos como heladas, controlar las necesidades hídricas de sus cultivos, y monitorear la llegada de plagas y enfermedades para poder actuar en el momento adecuado. Los datos de estos diferentes sensores, permiten tomar decisiones más informadas sobre el riego, la protección de cultivos y otras prácticas agrícolas, mejorando así la productividad y sostenibilidad de sus explotaciones.

Para comparar se gestionó la mitad de la parcela con la metodología tradicional, la "observación" diaria de los campos es la primera destreza que necesita un agricultor. Al recorrer y examinar cuidadosamente los cultivos, se pueden detectar a tiempo

problemas como plagas, enfermedades o necesidades de riego. Esto permite tomar decisiones oportunas para asegurar el éxito de la cosecha.

Al final del ensayo se comparó el cuaderno de campo y los resultados de producción en cantidad y calidad.

- Producción y rendimiento producción bruta y comercial
- Calidad
- Gestión y aplicación de fitosanitarios

### 6.3.1. Cuaderno de campo 2022.

Este registro muestra las operaciones agrícolas realizadas por Devesa SC en una parcela llamada "A nosa" con un cultivo de patatas a lo largo de 2022 en 8 hectáreas en A Limia. A continuación se resume la información:

FECHA	PARCELA	CULTIVO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (has)
26/4/22	A nosa	Patatas	gradeo	8
1/6/2022	A nosa	Patatas	fresado	8
2/6/2022	A nosa	Patatas	vertedera	8
3/6/2022	A nosa	Patatas	abonado	8
3/6/2022	A nosa	Patatas	gradeo	8
3/6/2022	A nosa	Patatas	cultivador	8
4/6/2022	A nosa	Patatas	gradeo	8
5/6/2022	A nosa	Patatas	rotovator	8
7/6/2022	A nosa	Patatas	siembra	8
28/6/22	A nosa	Patatas	acaballonar	8
15/7/2022	A nosa	Patatas	cultivador entrelineas	8
5/10/2022	A nosa	Patatas	recolección	8

Tabla 2: cuaderno de campo ensayo Devesa SC 2022

- Preparación del terreno: Incluyó operaciones como gradeo, fresado, vertedera y uso del cultivador.
- Fertilización: Se realizó el abonado el 3 de junio.
- Siembra y manejo del cultivo: La siembra se completó el 7 de junio y se aplicaron técnicas como acaballonar y cultivo entre líneas.
- Cosecha: Se recolectó el 5 de octubre.
- Este cuaderno de campo refleja un manejo completo del ciclo de cultivo de patatas en 8 hectáreas.

### 6.3.2. Gestión de riego en el ensayo 2022.

A modo de ejemplo se presentan los datos de dos meses del 2023, donde se recoge la fecha, punto de rocío, humedad en hoja, humedad relativa máxima y mínima, temperatura máxima y mínima, temperatura húmeda máxima y mínima, lluvia, minutos totales de humedad en hoja, riesgo (cuando está más de 16 horas la hoja mojada >90%, y, con una temperatura entre 13 y 28 grados), fecha de tratamiento antifúngico.

temperatura entre min/max	10	28	en rojo tratamiento o en modelo	en verde tratamiento o resto finca									en rojo tratamiento o en modelo	en verde tratamiento o resto finca
limite humedad	90													
dateLocale	dateUTC	Punto de rocío	Humedad en hoja	Humedad en hoja importante	Minutos totales de humedad en folla	humedad maior de 90%	temperatura entre 13 e 28	folla mollada	riesgo	riesgo diario Horas riesgo	dia	HORA	fecha	
										sin datos	10/07/2022 0:00	23:00:00	10/07/2022	
18/07/2022	T21:00:00.000Z	13,76	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	8	18/07/2022 0:00	23:00:00	18/07/2022	
19/07/2022	T21:00:00.000Z	16,18	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	4	19/07/2022 0:00	23:00:00	19/07/2022	
20/07/2022	T21:00:00.000Z	14,53	0	0	60	TRUE	TRUE	TRUE	0	9	20/07/2022 0:00	23:00:00	20/07/2022	
21/07/2022	T21:00:00.000Z	11,33	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	1	7	21/07/2022 0:00	23:00:00	21/07/2022	
22/07/2022	T21:00:00.000Z	15,73	60	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	1	22/07/2022 0:00	23:00:00	22/07/2022	
23/07/2022	T21:00:00.000Z	16,97	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	7	23/07/2022 0:00	23:00:00	23/07/2022	
24/07/2022	T21:00:00.000Z	16,84	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	6	24/07/2022 0:00	23:00:00	24/07/2022	
25/07/2022	T21:00:00.000Z	14,18	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	8	25/07/2022 0:00	23:00:00	25/07/2022	
26/07/2022	T21:00:00.000Z	18,18	0	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	6	26/07/2022 0:00	23:00:00	26/07/2022	
27/07/2022	T21:00:00.000Z	17,02	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	11	27/07/2022 0:00	23:00:00	27/07/2022	
28/07/2022	T21:00:00.000Z	19,99	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	3	28/07/2022 0:00	23:00:00	28/07/2022	
29/07/2022	T21:00:00.000Z	16,27	24	0	24	FALSE	TRUE	TRUE	0	10	29/07/2022 0:00	23:00:00	29/07/2022	
30/07/2022	T21:00:00.000Z	16,76	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	3	30/07/2022 0:00	23:00:00	30/07/2022	
31/07/2022	T21:00:00.000Z	16,91	42	0	42	FALSE	TRUE	TRUE	0	9	31/07/2022 0:00	23:00:00	31/07/2022	
01/08/2022	T21:00:00.000Z	14,72	48	0	48	FALSE	TRUE	TRUE	0	11	01/08/2022 0:00	23:00:00	01/08/2022	
02/08/2022	T21:00:00.000Z	15,06	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	4	02/08/2022 0:00	23:00:00	02/08/2022	
03/08/2022	T21:00:00.000Z	13,81	0	3	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	8	03/08/2022 0:00	23:00:00	03/08/2022	
04/08/2022	T21:00:00.000Z	15,42	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	5	04/08/2022 0:00	23:00:00	04/08/2022	
05/08/2022	T21:00:00.000Z	16,27	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	5	05/08/2022 0:00	23:00:00	05/08/2022	
06/08/2022	T21:00:00.000Z	17,06	6	0	6	FALSE	TRUE	TRUE	0	9	06/08/2022 0:00	23:00:00	06/08/2022	
07/08/2022	T21:00:00.000Z	15,7	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	1	10	07/08/2022 0:00	23:00:00	07/08/2022	
08/08/2022	T21:00:00.000Z	15,84	6	0	6	FALSE	TRUE	TRUE	0	9	08/08/2022 0:00	23:00:00	08/08/2022	
09/08/2022	T21:00:00.000Z	16,81	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	1	10	09/08/2022 0:00	23:00:00	09/08/2022	
10/08/2022	T21:00:00.000Z	18,53	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	8	10/08/2022 0:00	23:00:00	10/08/2022	
11/08/2022	T21:00:00.000Z	16	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	7	11/08/2022 0:00	23:00:00	11/08/2022	
12/08/2022	T21:00:00.000Z	15,7	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	9	12/08/2022 0:00	23:00:00	12/08/2022	
13/08/2022	T21:00:00.000Z	14,91	0	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	6	13/08/2022 0:00	23:00:00	13/08/2022	
14/08/2022	T21:00:00.000Z	11,74	39	0	39	FALSE	TRUE	TRUE	1	10	14/08/2022 0:00	23:00:00	14/08/2022	
15/08/2022	T21:00:00.000Z	11,71	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	2	15/08/2022 0:00	23:00:00	15/08/2022	
16/08/2022	T21:00:00.000Z	13,4	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	2	16/08/2022 0:00	23:00:00	16/08/2022	
17/08/2022	T21:00:00.000Z	17,76	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	4	17/08/2022 0:00	23:00:00	17/08/2022	
18/08/2022	T21:00:00.000Z	14,38	9	0	9	FALSE	TRUE	TRUE	0	6	18/08/2022 0:00	23:00:00	18/08/2022	
19/08/2022	T21:00:00.000Z	11,56	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	7	19/08/2022 0:00	23:00:00	19/08/2022	
20/08/2022	T21:00:00.000Z	12,53	30	0	30	FALSE	TRUE	TRUE	0	1	20/08/2022 0:00	23:00:00	20/08/2022	
21/08/2022	T21:00:00.000Z	14,32	0	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	0	21/08/2022 0:00	23:00:00	21/08/2022	
22/08/2022	T21:00:00.000Z	12,51	30	0	30	FALSE	TRUE	TRUE	0	9	22/08/2022 0:00	23:00:00	22/08/2022	
23/08/2022	T21:00:00.000Z	16,63	9	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	7	23/08/2022 0:00	23:00:00	23/08/2022	
24/08/2022	T21:00:00.000Z	9,95	15	0	15	FALSE	TRUE	TRUE	0	10	24/08/2022 0:00	23:00:00	24/08/2022	
25/08/2022	T21:00:00.000Z	10,14	60	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	1	25/08/2022 0:00	23:00:00	25/08/2022	
26/08/2022	T21:00:00.000Z	11,48	60	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	1	26/08/2022 0:00	23:00:00	26/08/2022	
27/08/2022	T21:00:00.000Z	11,75	30	0	30	FALSE	TRUE	TRUE	0	4	27/08/2022 0:00	23:00:00	27/08/2022	
28/08/2022	T21:00:00.000Z	14,44	18	0	18	FALSE	TRUE	TRUE	0	5	28/08/2022 0:00	23:00:00	28/08/2022	
29/08/2022	T21:00:00.000Z	14,49	6	0	60	FALSE	TRUE	TRUE	0	8	29/08/2022 0:00	23:00:00	29/08/2022	
30/08/2022	T21:00:00.000Z	14,94	45	0	45	FALSE	TRUE	TRUE	0	9	30/08/2022 0:00	23:00:00	30/08/2022	
31/08/2022	T21:00:00.000Z	13,44	60	0	60	TRUE	TRUE	TRUE	1	13	31/08/2022 0:00	23:00:00	31/08/2022	
01/09/2022	T21:00:00.000Z	12,58	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	10	01/09/2022 0:00	23:00:00	01/09/2022	
02/09/2022	T21:00:00.000Z	11,2	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	5	02/09/2022 0:00	23:00:00	02/09/2022	
03/09/2022	T21:00:00.000Z	10,36	3	0	3	FALSE	TRUE	TRUE	0	0	03/09/2022 0:00	23:00:00	03/09/2022	
04/09/2022	T21:00:00.000Z	8,95	24	0	24	FALSE	TRUE	TRUE	0	3	04/09/2022 0:00	23:00:00	04/09/2022	
05/09/2022	T21:00:00.000Z	8,11	60	0	60	FALSE	FALSE	TRUE	0	0	05/09/2022 0:00	23:00:00	05/09/2022	
06/09/2022	T21:00:00.000Z	9,7	0	0	60	TRUE	TRUE	TRUE	0	1	06/09/2022 0:00	23:00:00	06/09/2022	
07/09/2022	T21:00:00.000Z	10,49	0	0	0	FALSE	TRUE	FALSE	0	11	07/09/2022 0:00	23:00:00	07/09/2022	

Tabla 3: calendario 2022 de tratamientos con dos tipos de manejo, con y sin sensores.



temperatura min/max	10	28	en rojo tratamiento en modelo	en verde tratamiento resto finca								en rojo tratamiento en modelo	
limite humedad	90											en verde tratamiento resto finca	
dateLocal	dateUTC	Punto de rocio	Humedad en hoja	Humedad en hoja importante	Minutos totales de humedad en folla	humedad mayor de 90%	temperatura entre 13 e 28	folla mollada	riesgo	riesgo diario Horas riesgo	dia	HORA	fecha
23/06/2023	T21:00:00.00	18,42	0	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	1	13	23/06/2023	T21:00:00.00	23/06/2023
24/06/2023	T21:00:00.00	17,49	30	0	54	FALSO	FALSO	VERDADERO	0	10	24/06/2023	T21:00:00.00	24/06/2023
25/06/2023	T21:00:00.00	12,47	0	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	11	25/06/2023	T21:00:00.00	25/06/2023
26/06/2023	T21:00:00.00	11,29	0	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	12	26/06/2023	T21:00:00.00	26/06/2023
27/06/2023	T21:00:00.00	13,78	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	12	27/06/2023	T21:00:00.00	27/06/2023
28/06/2023	T21:00:00.00	15,72	24	0	24	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	11	28/06/2023	T21:00:00.00	28/06/2023
29/06/2023	T21:00:00.00	8,28	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	10	29/06/2023	T21:00:00.00	29/06/2023
30/06/2023	T21:00:00.00	13,56	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	5	30/06/2023	T21:00:00.00	30/06/2023
01/07/2023	T21:00:00.00	17,32	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	3	01/07/2023	T21:00:00.00	01/07/2023
02/07/2023	T21:00:00.00	15,96	3	0	3	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	02/07/2023	T21:00:00.00	02/07/2023
03/07/2023	T21:00:00.00	17,09	60	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	11	03/07/2023	T21:00:00.00	03/07/2023
04/07/2023	T21:00:00.00	17,33	27	0	27	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	10	04/07/2023	T21:00:00.00	04/07/2023
05/07/2023	T21:00:00.00	13,21	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	11	05/07/2023	T21:00:00.00	05/07/2023
06/07/2023	T21:00:00.00	14,43	3	0	3	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	10	06/07/2023	T21:00:00.00	06/07/2023
07/07/2023	T21:00:00.00	16,51	51	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	07/07/2023	T21:00:00.00	07/07/2023
08/07/2023	T21:00:00.00	15,77	60	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	5	08/07/2023	T21:00:00.00	08/07/2023
09/07/2023	T21:00:00.00	13,38	0	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	09/07/2023	T21:00:00.00	09/07/2023
10/07/2023	T21:00:00.00	17,26	9	0	9	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	10/07/2023	T21:00:00.00	10/07/2023
11/07/2023	T21:00:00.00	17,84	60	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	12	11/07/2023	T21:00:00.00	11/07/2023
12/07/2023	T21:00:00.00	18,72	12	0	12	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	11	12/07/2023	T21:00:00.00	12/07/2023
13/07/2023	T21:00:00.00	19,38	57	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	11	13/07/2023	T21:00:00.00	13/07/2023
14/07/2023	T21:00:00.00	19,86	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	7	14/07/2023	T21:00:00.00	14/07/2023
15/07/2023	T21:00:00.00	15,49	24	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	9	15/07/2023	T21:00:00.00	15/07/2023
16/07/2023	T21:00:00.00	15,73	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	16/07/2023	T21:00:00.00	16/07/2023
17/07/2023	T21:00:00.00	15,68	9	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	5	17/07/2023	T21:00:00.00	17/07/2023
18/07/2023	T21:00:00.00	11,83	57	0	57	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	8	18/07/2023	T21:00:00.00	18/07/2023
19/07/2023	T21:00:00.00	11,69	0	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	12	19/07/2023	T21:00:00.00	19/07/2023
20/07/2023	T21:00:00.00	14,21	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	10	20/07/2023	T21:00:00.00	20/07/2023
21/07/2023	T21:00:00.00	14,4	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	21/07/2023	T21:00:00.00	21/07/2023
22/07/2023	T21:00:00.00	12,17	24	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	9	22/07/2023	T21:00:00.00	22/07/2023
23/07/2023	T21:00:00.00	60	0	0	60	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	1	12	23/07/2023	T21:00:00.00	23/07/2023
24/07/2023	T21:00:00.00	60	0	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	24/07/2023	T21:00:00.00	24/07/2023
25/07/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	4	25/07/2023	T21:00:00.00	25/07/2023
26/07/2023	T21:00:00.00	36	0	36	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	4	26/07/2023	T21:00:00.00	26/07/2023	
27/07/2023	T21:00:00.00	0	0	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	10	27/07/2023	T21:00:00.00	27/07/2023
28/07/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	10	28/07/2023	T21:00:00.00	28/07/2023
29/07/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	1	9	29/07/2023	T21:00:00.00	29/07/2023
30/07/2023	T21:00:00.00	45	0	45	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	8	30/07/2023	T21:00:00.00	30/07/2023	
31/07/2023	T21:00:00.00	15	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	7	31/07/2023	T21:00:00.00	31/07/2023	
01/08/2023	T21:00:00.00	21	0	21	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	8	01/08/2023	T21:00:00.00	01/08/2023	
02/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	11	02/08/2023	T21:00:00.00	02/08/2023	
03/08/2023	T21:00:00.00	3	0	3	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	03/08/2023	T21:00:00.00	03/08/2023	
04/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	3	04/08/2023	T21:00:00.00	04/08/2023	
05/08/2023	T21:00:00.00	12	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	0	05/08/2023	T21:00:00.00	05/08/2023	
06/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	7	06/08/2023	T21:00:00.00	06/08/2023
07/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	0	07/08/2023	T21:00:00.00	07/08/2023
08/08/2023	T21:00:00.00	30	0	30	FALSO	FALSO	VERDADERO	0	3	08/08/2023	T21:00:00.00	08/08/2023	
09/08/2023	T21:00:00.00	3	0	3	FALSO	FALSO	VERDADERO	0	7	09/08/2023	T21:00:00.00	09/08/2023	
10/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	10/08/2023	T21:00:00.00	10/08/2023	
11/08/2023	T21:00:00.00	24	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	11/08/2023	T21:00:00.00	11/08/2023	
12/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	1	9	12/08/2023	T21:00:00.00	12/08/2023	
13/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	2	13/08/2023	T21:00:00.00	13/08/2023	
14/08/2023	T21:00:00.00	3	0	3	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	14/08/2023	T21:00:00.00	14/08/2023	
15/08/2023	T21:00:00.00	15	0	15	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	9	15/08/2023	T21:00:00.00	15/08/2023	
16/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	8	16/08/2023	T21:00:00.00	16/08/2023
17/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	3	17/08/2023	T21:00:00.00	17/08/2023
18/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	4	18/08/2023	T21:00:00.00	18/08/2023
19/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	0	19/08/2023	T21:00:00.00	19/08/2023
20/08/2023	T21:00:00.00	15	0	15	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	12	20/08/2023	T21:00:00.00	20/08/2023	
21/08/2023	T21:00:00.00	45	0	45	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	1	9	21/08/2023	T21:00:00.00	21/08/2023	
22/08/2023	T21:00:00.00	15	0	15	FALSO	FALSO	VERDADERO	0	9	22/08/2023	T21:00:00.00	22/08/2023	
23/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	FALSO	FALSO	0	3	23/08/2023	T21:00:00.00	23/08/2023
24/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	FALSO	FALSO	0	7	24/08/2023	T21:00:00.00	24/08/2023
25/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	9	25/08/2023	T21:00:00.00	25/08/2023
26/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	2	26/08/2023	T21:00:00.00	26/08/2023
27/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	4	27/08/2023	T21:00:00.00	27/08/2023
28/08/2023	T21:00:00.00	60	0	60	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	5	28/08/2023	T21:00:00.00	28/08/2023	
29/08/2023	T21:00:00.00	30	0	30	FALSO	VERDADERO	VERDADERO	0	4	29/08/2023	T21:00:00.00	29/08/2023	
30/08/2023	T21:00:00.00	0	0	0	0	FALSO	VERDADERO	FALSO	0	5	30/08/2023	T21:00:00.00	30/08/2023

Ilustración 51: detalle del manejo con y sin sensores en 2023, un año muy complejo por las lluvias que multiplicó los tratamientos en patata

			en rojo tratamiento en modelo	
			en verde tratamiento resto finca	
	<b>riesgo diario</b>			
<b>riesgo</b>	<b>Horas riesgo</b>	<b>dia</b>	<b>HORA</b>	<b>fecha</b>
1	13	23/06/2023	T21:00:00.000	23/06/2023
0	10	24/06/2023	T21:00:00.000	24/06/2023
0	11	25/06/2023	T21:00:00.000	25/06/2023
1	12	26/06/2023	T21:00:00.000	26/06/2023
0	12	27/06/2023	T21:00:00.000	27/06/2023
0	11	28/06/2023	T21:00:00.000	28/06/2023
0	10	29/06/2023	T21:00:00.000	29/06/2023
0	5	30/06/2023	T21:00:00.000	30/06/2023
0	3	01/07/2023	T21:00:00.000	01/07/2023
0	9	02/07/2023	T21:00:00.000	02/07/2023
1	11	03/07/2023	T21:00:00.000	03/07/2023
0	10	04/07/2023	T21:00:00.000	04/07/2023
0	11	05/07/2023	T21:00:00.000	05/07/2023
0	10	06/07/2023	T21:00:00.000	06/07/2023
0	9	07/07/2023	T21:00:00.000	07/07/2023
1	5	08/07/2023	T21:00:00.000	08/07/2023
0	9	09/07/2023	T21:00:00.000	09/07/2023
0	5	10/07/2023	T21:00:00.000	10/07/2023
1	12	11/07/2023	T21:00:00.000	11/07/2023

Ilustración 52: detalle de los tratamientos en 2023, en rojo realizados con avisos de sensores y en verde manejo tradicional.

### Tratamiento según manejo tradicional (columna de la izquierda verde)

Sigue criterios más generales y menos específicos, basados probablemente en calendario o ciertos rangos climáticos amplios. Este tipo de manejo puede realizar tratamientos sin tener en cuenta necesariamente las condiciones micro climáticas en detalle. En este sistema, se observa una mayor frecuencia de días en los que se realizan tratamientos (casi todos los días). Esto podría reflejar una estrategia preventiva más generalizada y menos dependiente de datos específicos.

### Tratamiento con sensores (columna rojo)

Este sistema utiliza datos más detallados obtenidos de sensores, tales como humedad en las hojas, temperatura, humedad relativa y riesgo de enfermedades para hacer recomendaciones más ajustadas. En el manejo basado en sensores, se observa una reducción de tratamientos. Parece que los tratamientos solo se realizan cuando las condiciones de riesgo son más altas, de acuerdo con las mediciones específicas del entorno (como el riesgo diario). Esto podría optimizar el uso de insumos y evitar aplicaciones innecesarias. Si revisamos la tabla completa en la parcela donde se sigue un calendario de tratamientos se dieron 8 tratamientos, mientras que en la parcela gestionada con las aletas de las estaciones solamente se dieron 4 tratamientos, con lo que el gasto se redujo a la mitad del coste, además de las mejoras medioambientales por la reducción de pesticidas aplicados.

El manejo basado en sensores parece ser más eficiente y preciso, ya que recomienda tratamientos solo cuando las condiciones lo justifican, mientras que el manejo tradicional parece ser más preventivo, realizando tratamientos de manera más frecuente.

#### 6.3.3. Producción obtenida y comparada ensayo 2022

El análisis del ensayo realizado en el cultivo de patata en 2022, donde se compararon dos métodos de riego (uno basado en sensores y otro en manejo tradicional), muestra diferencias significativas en términos de producción, calidad del producto y uso del agua. A continuación se presenta un análisis detallado basado en los datos proporcionados:

Cultivo patata 2022	Producción bruta (kg/ha)	Producción comercial (kg/ha)	% destrío	Visitas a la parcela
Sensores	45423	43754	3,67%	4
Tradicional	44638	42906	3,88%	7

Tabla 4: producciones ensayo 2022

Las visitas a la parcela hacen referencia a visitas para realizar trabajos de tratamiento con fitosanitarios, las tradicionales según calendario y con sensores según alertas y avisos generados por las estaciones y dispositivos descritos.

#### 6.3.4. Producción Bruta y Producción Comercial 2022

El riego con sensores produjo una producción bruta ligeramente superior (785 kg/ha más) que el riego tradicional, lo que representa una mejora del 1.76%. Esto muestra que el riego basado en datos optimiza el crecimiento del cultivo, generando más producto.

La producción comercial, que incluye solo las patatas que cumplen con los estándares de calidad, fue 848 kg/ha mayor en el sistema con sensores, lo que representa una mejora del 1.98%. Aunque la diferencia no es enorme, este incremento muestra que un manejo más preciso del agua tiene un impacto positivo en la calidad del producto.

#### *6.3.5. Tanto por ciento de destrío.*

El porcentaje de destrío fue ligeramente menor con sensores, lo que indica que un manejo más eficiente del agua reduce el número de patatas no aptas para la venta. Aunque la diferencia del 0.21% no es drástica, cada reducción en el destrío mejora la rentabilidad.

#### *6.3.6. Visitas a la parcela de ensayo aplicación fitosanitarios 2022.*

Sistema con sensores necesitó menos visitas (4) en comparación con el sistema tradicional (7). Esto sugiere una mayor eficiencia en la gestión del cultivo con sensores, ya que el sistema proporciona datos precisos que permiten una mejor planificación y menos necesidad de inspecciones físicas frecuentes, así como generó las alertas justas para tratar el cultivo sin que la producción se resintiese.

La implementación de sensores en el manejo de cultivos de patata parece ofrecer ventajas claras en términos de eficiencia y precisión. Con menos visitas necesarias y una posible reducción en la aplicación de fitosanitarios, los sensores permiten una gestión más optimizada que se refleja en una producción ligeramente superior y menos desperdicio. El sistema tradicional, aunque efectivo, requiere más visitas y podría no ser tan eficiente en el uso de fitosanitarios, lo que puede impactar en la producción y el % de destrío.

### **6.4. Resultados del ensayo 2023.**

Se repitió el ensayo en otra parcela de patata siguiendo las mismas premisas que en 2022, comparando el manejo de un cultivo de patata aplicando tratamientos ayudado por información proporcionada por sensores con manejo tradicional.

#### *6.4.1. Cuaderno de campo 2023*

Este registro muestra las operaciones agrícolas realizadas en una parcela llamada "David" con un cultivo de patatas a lo largo de 2023 en 4.2 hectáreas en A Limia. A continuación se resume la información:

FECHA	PARCELA	CULTIVO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD has
13/4/2023	David	Patatas	gradeo	4,2
13/4/2023	David	Patatas	gradeo	4,2
24/4/2023	David	Patatas	vertedera	4,2
25/4/2023	David	Patatas	rotovator	4,2
28/4/2023	David	Patatas	abonado	4,2
28/4/2023	David	Patatas	cultivador	4,2
1/5/2023	David	Patatas	fresadora	4,2
9/5/2023	David	Patatas	siembra	4,2
9/5/2023	David	Patatas	acaballonar	4,2
22/5/2023	David	Patatas	cultivador entrelíneas	4,2
5/6/2023	David	Patatas	cultivador entrelíneas	4,2
2/10/2023	David	Patatas	recolección	4,2

Tabla 5: cuaderno campo ensayo Devesa SC 2023

- Preparación del terreno: Incluyó operaciones como gradeo, fresado, vertedera y uso del cultivador.
- Siembra y manejo del cultivo: La siembra se completó el 9 de mayo y se aplicaron técnicas como acaballonar y cultivo entre líneas.
- Cosecha: Se recolectó el 2 de octubre.

#### 6.4.2. Producción obtenida y comparada 2023.

El análisis del ensayo del cultivo de patata en 2023, en un año muy lluvioso y con ataques de mildiu, revela diferencias importantes entre los dos métodos de manejo (sensores y tradicional) en términos de producción, calidad del producto y uso de agua.

Cultivo patata 2023	Producción bruta (kg/ha)	Producción comercial (kg/ha)	% destrío	Visitas a la parcela
Sensores	39265	36999	5,77%	7
Tradicional	38065	35941	5,58%	10

Tabla 6: producciones ensayo 2023

Las visitas a la parcela hacen referencia a visitas para realizar trabajos de tratamiento con fitosanitarios, las tradicionales según calendario y con sensores según alertas y avisos generados por las estaciones y dispositivos descritos.

#### 6.4.3. Producción Bruta y Producción comercial.

A pesar de las condiciones difíciles, con lluvias abundantes y ataques de mildiu, el riego con sensores produjo una producción bruta ligeramente superior (1,200 kg/ha más) que el método tradicional, lo que supone un 3.15% de incremento. El sistema de sensores, al poder ajustar mejor las cantidades de agua aplicadas durante los periodos de lluvias, parece haber permitido que el cultivo gestionara mejor el exceso de humedad.

La producción comercial también fue superior en el sistema de riego con sensores, con una diferencia de 1,058 kg/ha (aproximadamente 2.94% más). Esto sugiere que, a pesar de los ataques de mildiu y las condiciones de exceso de agua, la

precisión en la gestión hídrica mediante sensores contribuyó a mantener una mejor calidad en los tubérculos.

#### *6.4.4. Tanto por ciento de destrío.*

El porcentaje de destrío fue ligeramente mayor en el sistema con sensores (5.77% vs. 5.58%). Esto podría estar relacionado con el hecho de que el mildiu afectó de manera similar a ambos métodos, y aunque los sensores optimizaron el riego, no pudieron prevenir completamente los daños causados por la enfermedad. La diferencia es mínima (0.19%), lo que sugiere que, en un año con presión de enfermedades tan alta, el manejo hídrico solo puede hacer una mejora limitada en la calidad del producto.

#### *6.4.5. Visitas a la parcela de ensayo aplicación fitosanitarios 2023.*

Analizar las visitas a la parcela y la aplicación de fitosanitarios en un año atípico con alta incidencia de mildium (mildiu) proporciona información sobre cómo los diferentes sistemas de manejo responden a situaciones adversas. En un año con alta incidencia de mildium, el número de visitas se incrementa en comparación con años normales, pero sigue siendo menor que en el sistema tradicional. Esto indica que el sistema con sensores todavía proporciona una ventaja en términos de gestión y planificación de visitas, a pesar del aumento en la necesidad de monitoreo debido al mildium. Una reducción del 30% en visitas con fines de tratamiento de la parcela con sensores a la tradicional.

El sistema tradicional requiere más visitas en este año atípico. La mayor frecuencia de visitas sugiere que la gestión de fitosanitarios está siendo ajustada con más frecuencia para enfrentar el brote de mildium, posiblemente debido a una falta de datos precisos que ayuden a optimizar las aplicaciones.

Si analizamos la cosecha el sistema con sensores muestra una mayor eficiencia en la gestión del cultivo incluso en condiciones adversas. Aunque el número de visitas aumentó, el sistema aún requiere menos visitas que el sistema tradicional. Esto sugiere que la gestión de fitosanitarios puede ser más efectiva y ajustada con la tecnología de sensores. A pesar de la alta incidencia de mildium, el sistema con sensores logra mantener una producción ligeramente superior y un % de destrío comparable al del sistema tradicional. Esto indica que la tecnología de sensores puede ofrecer una ventaja en la mitigación del impacto de enfermedades y plagas, ayudando a mejorar los resultados en condiciones difíciles. En un año con condiciones adversas, los sensores permiten una aplicación más precisa y dirigida, lo que puede haber contribuido a una mejor gestión del mildium y a una producción relativamente alta en comparación con el sistema tradicional, a pesar del aumento en el % de destrío. En resumen se mantienen producciones similares pero las visitas y aplicaciones de fitosanitarios son menores con un manejo con sensores, lo que nos indica que supone un ahorro

## **7. CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS.**

### *7.1. Objetivos propuestos*

Antes de la ejecución del proyecto, se establecieron varios objetivos clave para mejorar la gestión del agua en la agricultura. El primer objetivo fue disponer de un sistema de control y monitorización del consumo de agua en tiempo real accesible para todos los regantes. Este sistema debía permitir una gestión rápida y eficiente del recurso hídrico, proporcionando información precisa y actualizada sobre el consumo de agua en cada unidad de riego. La capacidad de monitorizar en tiempo real es esencial para ajustar las prácticas de riego según las necesidades actuales de los cultivos, optimizando el uso del agua y minimizando el riesgo de desperdicio.

Un segundo objetivo fundamental era ofrecer acceso en tiempo real a datos meteorológicos y de humedad del suelo. Estos datos permiten a los regantes tomar decisiones informadas sobre el riego y la aplicación de fertilizantes. Con información meteorológica precisa, los regantes pueden anticipar condiciones como la evaporación o las precipitaciones, ajustando el riego para evitar tanto el riego excesivo como la falta de agua. Los datos de humedad del suelo proporcionan una visión detallada del contenido de agua disponible para las plantas, lo que ayuda a determinar la cantidad exacta de riego necesaria en cada momento.

Complementando estos objetivos, el sistema también debía permitir el control remoto. Esta capacidad proporciona una ventaja adicional al permitir a los regantes gestionar y ajustar los sistemas de riego y fertilización desde cualquier lugar. El control remoto no solo mejora la flexibilidad operativa, sino que también facilita la respuesta rápida a cambios imprevistos o emergencias.

En resumen, los objetivos propuestos antes del proyecto estaban orientados a desarrollar un sistema integrado que combinara el control en tiempo real del consumo de agua con datos meteorológicos y de humedad del suelo, y que además ofreciera funcionalidades de control remoto para una gestión más eficiente y efectiva del recurso hídrico en la agricultura.

### *7.2. Objetivos alcanzados.*

Contar con un sistema de monitorización de agua en tiempo real ofrece numerosos beneficios para la gestión eficiente del recurso hídrico en la agricultura. Uno de los principales resultados de esta acción es la capacidad de los regantes para gestionar de manera rápida y eficiente el uso del agua, adaptándose a las condiciones cambiantes. Este sistema permite a los regantes monitorear el consumo de agua con gran precisión, asegurando que cada planta reciba la cantidad óptima para su desarrollo sin excesos que podrían llevar a problemas de escasez o desbalance. Además, el acceso en tiempo real a datos meteorológicos y de humedad del suelo es crucial para optimizar el uso de agua, fertilizantes y fitosanitarios. Los datos meteorológicos proporcionan información clave sobre las condiciones climáticas que afectan la evapotranspiración y la necesidad de riego, y ajustar las aplicaciones de riego y tratamientos en consecuencia. Esta integración de datos asegura una planificación más precisa y efectiva, reduciendo el riesgo de aplicar

más agua o fitosanitarios de los necesarios, lo que no solo mejora la salud de los cultivos, sino que también reduce el impacto ambiental y los costos asociados. El control remoto complementa estos beneficios al permitir a los regantes ajustar y controlar el sistema desde cualquier ubicación. Esto facilita la gestión proactiva y la respuesta rápida a cualquier incidencia, mejorando la flexibilidad y la eficiencia operativa. En resumen, la implementación de este sistema de control y monitorización resulta en una gestión más eficiente del recurso hídrico, una optimización del uso de fertilizantes y un aumento en la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

## **8. DIFUSION DE LA INICIATIVA.**

<https://ceteca.net/es/servizos/idi/proyectos/>

Se ha realizado la difusión entre todos los regantes de la Comunidad Antioquia aprovechando el canal de Whatsap existente en el grupo “Regadío laguna”

Para asegurar el éxito de la iniciativa de monitorización de riego y ahorro de agua en la Comunidad de Regantes Antioquía, es fundamental difundir la información de manera clara y efectiva entre todos los socios regantes. La estrategia de difusión se centrará en tres canales principales: reuniones explicativas en campo, reuniones en oficinas y participación activa en el chat de WhatsApp.

### **Reuniones explicativas en campo**

Se organizarán reuniones en el campo con grupos pequeños de socios, aprovechando visitas a las parcelas para mostrar in situ el funcionamiento de los sistemas de monitorización y control remoto de hidrantes. Estas sesiones prácticas permitirán a los regantes entender de primera mano cómo las nuevas tecnologías mejorarán la eficiencia del riego, reduciendo el consumo de agua y optimizando el rendimiento de los cultivos. Además, se destacará cómo el sistema facilita el ahorro de tiempo y esfuerzo al no tener que manejar manualmente los hidrantes.



### Reuniones en oficinas

Adicionalmente, se programarán reuniones en las oficinas de la comunidad, donde se ofrecerán charlas informativas y demostraciones más detalladas sobre el uso de las aplicaciones y plataformas digitales que permiten monitorear el gasto de agua en tiempo real. Estas sesiones incluirán oportunidades para que los socios hagan preguntas y aclaren dudas, asegurando que todos comprendan el funcionamiento y los beneficios del sistema.



### Participación en el chat de WhatsApp

Finalmente, se utilizará el chat de WhatsApp de la comunidad como un canal continuo de comunicación. En este espacio, se compartirán actualizaciones, recordatorios sobre

las reuniones y avances de la implementación del sistema, además de resolver consultas de los socios en tiempo real, fomentando la participación activa.

