



Unión Europea  
Fondo Europeo Agrícola  
de Desarrollo Rural  
Europa invierte en  
las zonas rurales

Gobierno  
de Navarra  Nafarroako  
Gobernua

 **digi  
agri** Digitalización  
del uso eficiente  
del agua de riego

# AYUDAS A PROYECTOS PILOTO DE COOPERACIÓN

*Financiadas a través del PDR de Navarra 2014-2020 y fondos adicionales EURI  
(Next Generation)*

## ***Digitalización del uso eficiente del agua de riego (DigiAgri)***

### ***ENTREGABLE 5***

*Informe de las campañas de riego*



## ÍNDICE GENERAL

1. Introducción.....	3
2. Campañas de riego.....	3
2.1. Brócoli.....	3
2.2. Espárrago.....	8
2.3. Tomate.....	14
2.4. Maíz.....	20
3. Funcionamiento de los equipos.....	26

## 1. Introducción

Este entregable presenta los resultados obtenidos para cada uno de los cultivos y de las campañas de riego gracias al proyecto DigiAgri. Se presenta la ubicación de las sondas de humedad, su instalación, los datos obtenidos, el apoyo obtenido con las imágenes de satélite y los indicadores potenciales de ahorro de agua. También se muestra el funcionamiento de los equipos instalados durante de la campaña.

## 2. Campañas de riego

En el presente apartado se analizan las campañas de riego de manera individual para cada cultivo. Para cada cultivo se muestra la instalación de los equipos y se presentan los resultados obtenidos de las sondas de humedad, imágenes de satélite y del ahorro potencial de agua.

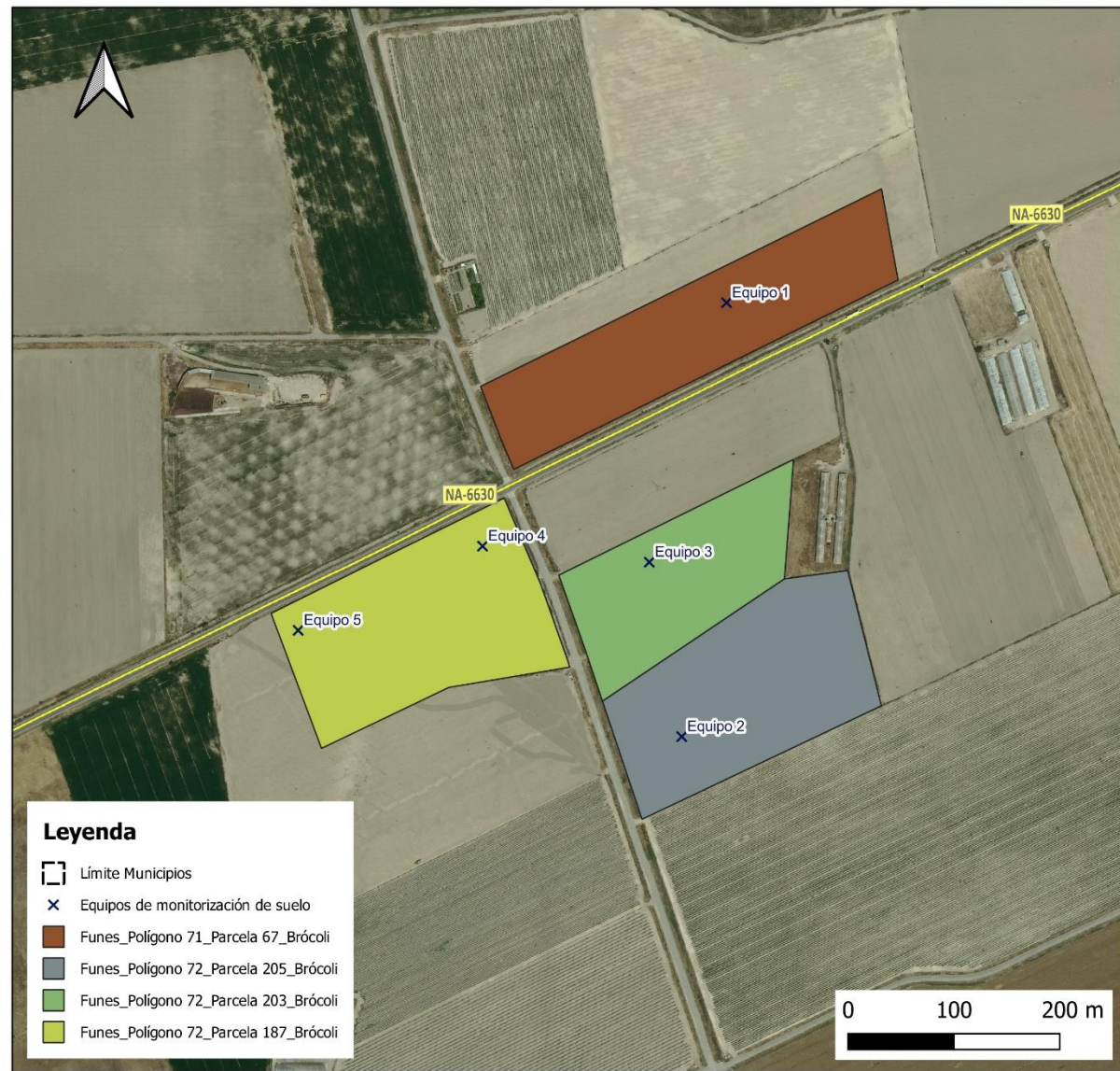
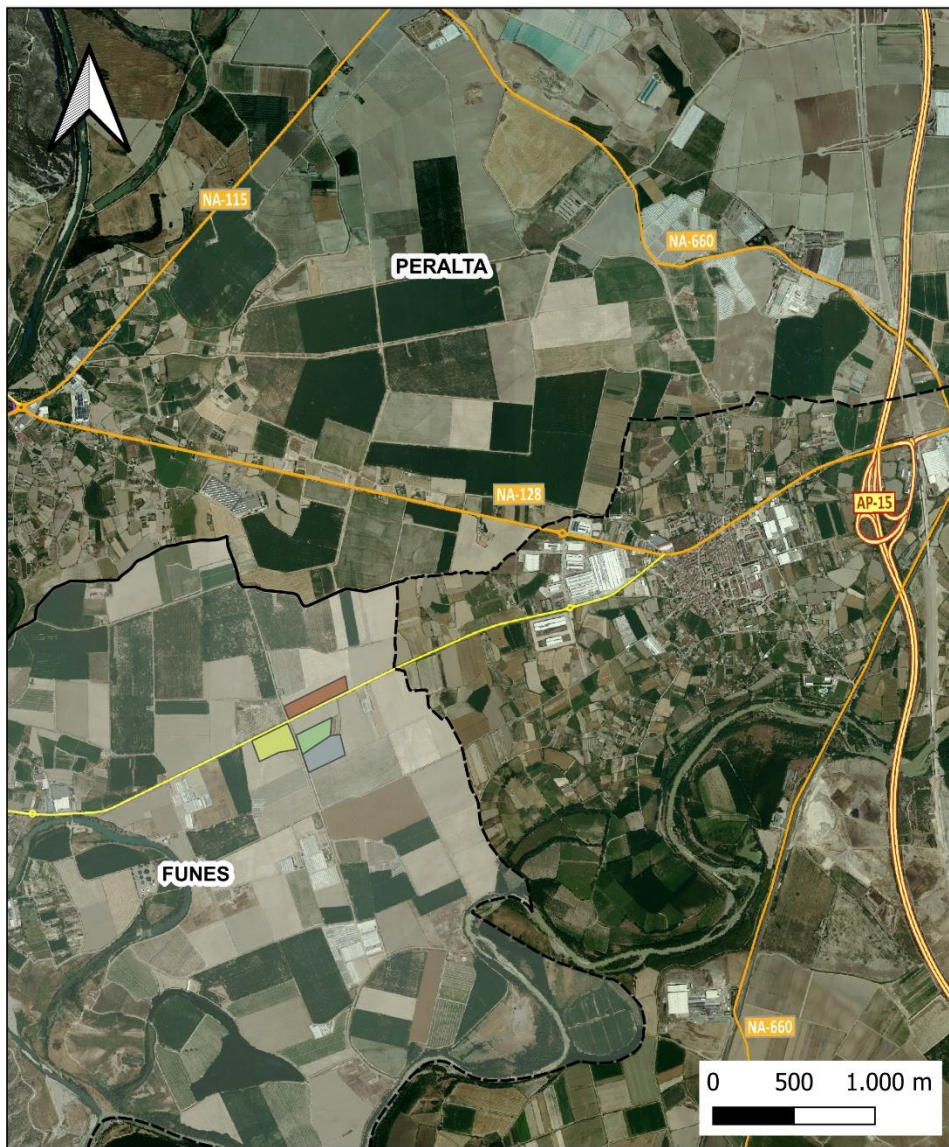
### 2.1. Brócoli

La campaña para el cultivo del brócoli transcurre desde agosto hasta noviembre, con oscilaciones del orden de tres semanas entre parcelas para que la cosecha sea escalonada. Este cultivo es un cultivo de invierno en la zona donde se desempeña el proyecto por lo que requiere de aportes de riego durante la campaña. El sistema de regadío para este cultivo analizado en concreto en el proyecto es por aspersión.







Para poder llevar a cabo el estudio, se comienza con la instalación de los equipos en campo como se muestra en la Figura 1. La ubicación concreta de los equipos se puede observar en el Plano N° 2.

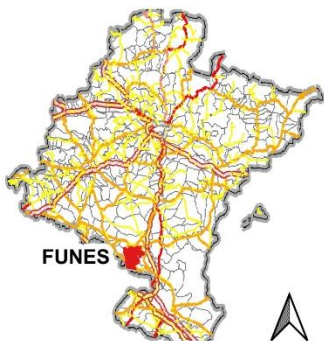


*Figura 1. Instalación de las sondas de humedad en campo para el cultivo del brócoli (agosto 2022).*



**Leyenda**

-  Límite Municipios
-  Equipos de monitorización de suelo
-  Funes\_Polígono 71\_Parcela 67\_Brócoli
-  Funes\_Polígono 72\_Parcela 205\_Brócoli
-  Funes\_Polígono 72\_Parcela 203\_Brócoli
-  Funes\_Polígono 72\_Parcela 187\_Brócoli

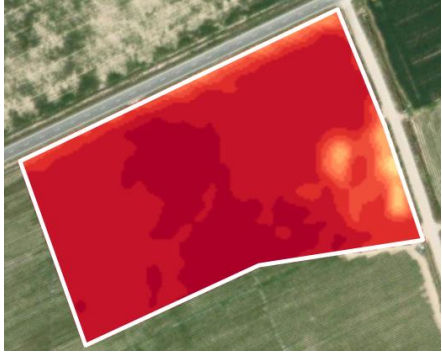

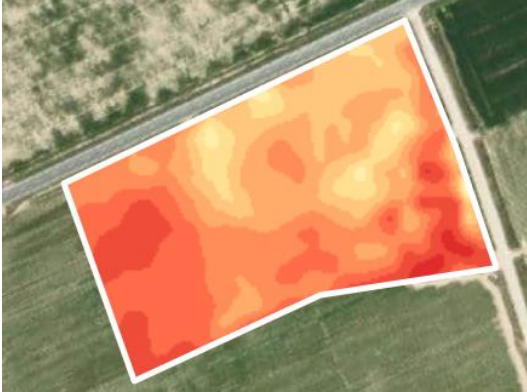
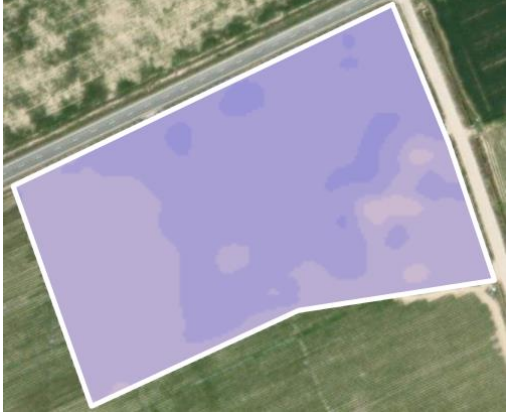


Id Equipos	Uso	Longitud	Latitud	Cultivo	Parcela	Superficie (Ha)
Equipo 1	Sonda Humedad	-1,767731	42,320145	Brócoli	67	3,49
Equipo 2	Sonda Humedad	-1,768317	42,316459	Brócoli	205	3,42
Equipo 3	Sonda Humedad	-1,768866	42,317947	Brócoli	203	2,47
Equipo 4	Sonda Humedad	-1,77057	42,318104	Brócoli	187	3,59
Equipo 5	Sonda Humedad	-1,772698	42,31741	Brócoli	187	3,59

<h2 style="margin: 0;">DigiAgri</h2> <h3 style="margin: 0;">Proyecto Piloto PDR de Navarra 2014-2020 Convocatoria 2021</h3>		
<p style="margin: 0;"><b>DIGITALIZACIÓN DEL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO</b></p>		
 <p style="font-size: small; margin: 0;">Digitalización del uso eficiente del agua de riego</p>	<p><b>LOCALIZACIÓN</b></p> <p>- Cultivo Brócoli -</p>	<p>PAMPLONA 29 de agosto de 2023</p> <p>ESCALA: 1 / 5000</p> <p><b>PLANO N° 2 / 5</b></p>

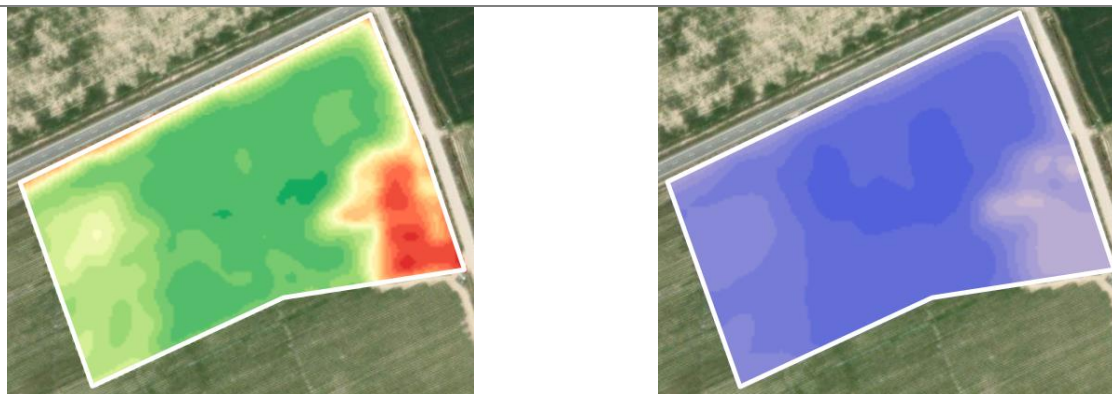
Durante las campañas de riego se ha hecho un seguimiento del estado vegetativo del cultivo y de la humedad en cada parcela mediante el análisis de las imágenes de satélite, para poder hacer buenas recomendaciones de riego. En la siguiente Tabla 1 se muestran la evolución del cultivo del brócoli. En la columna de la izquierda se muestra la evolución del índice de vegetación NDVI. La primera imagen muestra valores rojos, indicando una vegetación prácticamente inexistente ya que corresponde con la fecha de la plantación. Seguidamente la imagen de debajo, muestra el NDVI para una fase del cultivo un poco más desarrollado y la última muestra el cultivo en plena vigorosidad. En la columna de la derecha se muestra el índice de humedad NDWI. La primera imagen de arriba muestra colores más claros que la de abajo ya que la cantidad de agua aportada era inferior al principio del cultivo que hacia el final. Este índice también permite observar que existe una diferencia de texturas (suelo) a lo largo de la parcela, la cual necesita una gestión del riego de forma diferente dentro de la misma. Estas imágenes muestran que el nivel de vegetación no es consistente a lo largo de la parcela. Se observa que existe una zona donde el desarrollo de la vegetación es menor, coincidiendo con una zona de la parcela con una textura más desfavorable para el correcto desarrollo del cultivo.

*Tabla 1.. Representación del índice de vegetación NDVI para el cultivo del brócoli y el índice de humedad NDWI.*

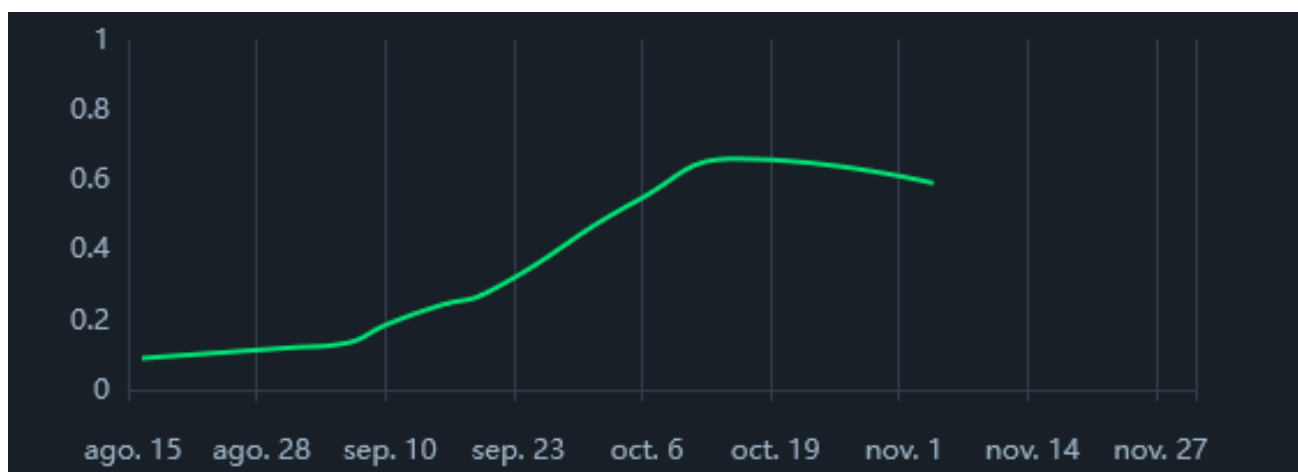
NDVI	NDWI
16/08/2022 Plántula recién plantada	16/08/2022 Riegos de poca intensidad
	
20/09/2022	20/09/2022 Riegos ligeramente más abundantes
	

15/10/2022 Cultivo con planta desarrollada

15/10/2022 Humedad después de un riego  
abundante

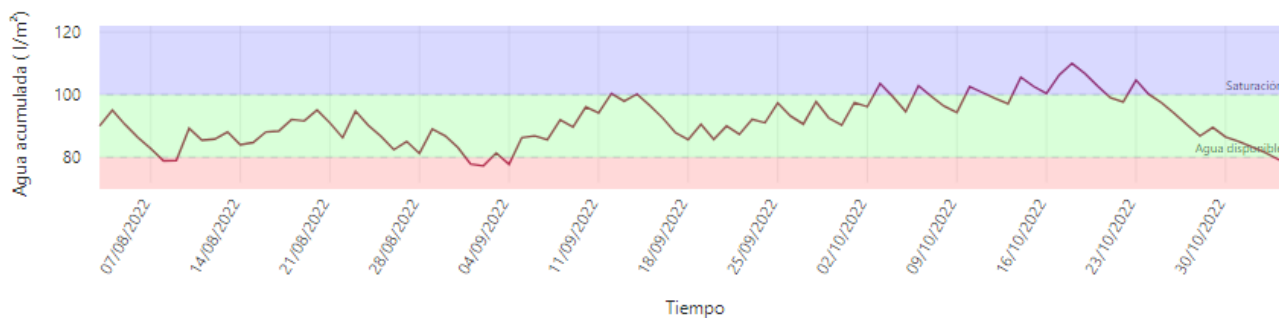


La Figura 2 muestra la evolución completa del índice de vegetación NDVI para el cultivo del del brócoli desde su plantación hasta su recolección. En este índice se observa perfectamente cómo se va desarrollando el cultivo alcanzando su pico máximo de vegetación a mediados de octubre.



*Figura 2. Evolución del NDVI para el cultivo del brócoli en la campaña del 2022.*

En la Figura 3 se muestra la integración de los datos de las sondas de humedad para poder estimar y mostrar el agua acumulada en la parcela. Esta integración permite determinar la profundidad de suelo explorable por las raíces del cultivo, parámetro variable según el estado fenológico de la planta, ya que conforme va creciendo la profundidad va aumentando. El primer tercio de la figura corresponde al principio de la campaña, donde la planta es pequeña y los riegos son menores. Conforme la planta va creciendo estos riegos aumentan, ya que el consumo hídrico por la planta aumenta y necesitan ser más abundantes. Se observa como en el ultimo tercio de la figura el agua acumulada en el suelo es mayor debido a los requerimientos del cultivo.



*Figura 3. Integración del agua acumulada a 30 cm para el cultivo del brócoli a partir del % de humedad medido por las sondas de humedad.*

La Figura 4 muestra el ahorro potencial que tiene el cultivo del brócoli según los datos obtenidos a lo largo del proyecto. En verde se muestran los datos integrados por la sonda, estos datos corresponden a la estimación de agua necesaria según los datos obtenidos de la humedad. La línea azul es el aporte de agua de riego acumulada a lo largo de la campaña registrados mediante el caudalímetro del hidrante correspondiente. La diferencia entre los datos de ambas líneas al final de la campaña es lo que corresponde al ahorro potencial de agua que se podría conseguir si se riega conforme a los datos recogidos e integrados por las sondas. Como se indica en la figura este ahorro potencial es de 47 mm (470 m<sup>3</sup>/ha), ahorro potencial muy próximo al esperado.

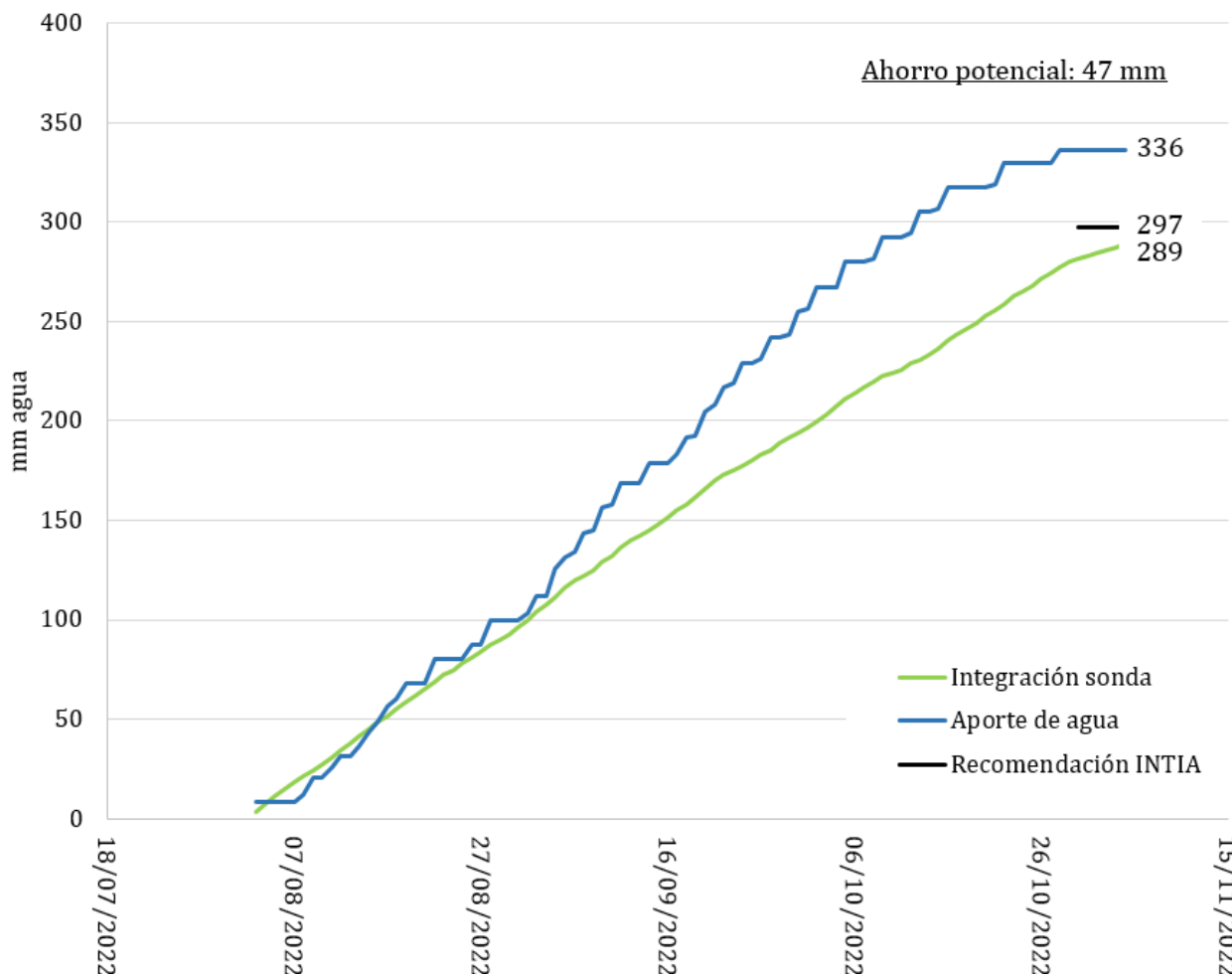


Figura 4. Ahorro potencial de agua para el cultivo del brócoli según la información proporcionada por la sonda vs. el aporte de agua de riego real.

## 2.2. Espárrago

El espárrago es un cultivo permanente con una duración productiva de ocho años de media. La campaña de riego para el cultivo del espárrago en la Ribera de Navarra transcurre desde junio hasta mediados finales de octubre. El aporte de agua de riego comienza una vez finaliza la cosecha hasta la senescencia de la parte aérea.

Una vez finalizó la cosecha del espárrago se instalaron los equipos en campo como se muestra en la Figura 5. La ubicación de los equipos se puede observar en el Plano N° 1.





*Figura 5. Instalación de las sondas de humedad para el cultivo del espárrago (junio 2022).*

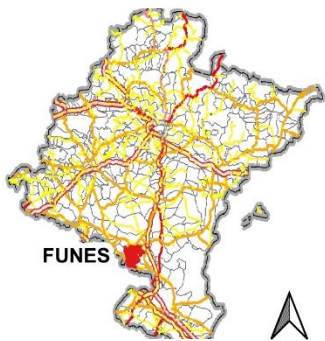
Durante la campaña de riego para cada cultivo se ha hecho un seguimiento del estado vegetativo del cultivo y de la humedad en cada parcela, y así poder hacer buenas recomendaciones de riego, aunque el cultivo del espárrago es un cultivo que se riega cada 2-3 semanas en riegos por goteo de larga duración.

En la siguiente Tabla 2 se muestra la evolución de la parte vegetativa del cultivo mediante la aplicación de índices espectrales a las imágenes adquiridas por satélites ópticos. En la columna de la izquierda se muestra el índice vegetativo MSAVI. La elección de este índice se debe a que permite determinar la presencia de vegetación cuando hay mucho suelo desnudo, casuística que se cumple en este caso ya que este cultivo está organizado en caballones y la vegetación no alcanza cubrir la superficie total influenciando el suelo desnudo a los índices comúnmente utilizados. En la columna de la derecha se muestra el índice de humedad NDWI. Las imágenes de la primera fila corresponden a mediados de abril, cuando el cultivo se encuentra en plena cosecha por lo que hay ausencia de vegetación en la parcela y no se aplican riegos. En la segunda fila se observan las imágenes de finales de mayo, corresponden con el fin de la cosecha del espárrago y el primer pulso de riego, ya ha comenzado el desarrollo vegetativo del cultivo, aunque de manera poco uniforme en los inicios. Justo debajo se muestran las imágenes correspondientes a octubre donde el cultivo ya está plenamente desarrollado y los riegos continúan. Las últimas imágenes son de mediados de noviembre cuando el cultivo ya se encuentra en senescencia y los riegos dejan de aplicarse.



### Leyenda

- Unidades de Riego
- Hidrante
- Límite Municipios
- × Equipos de monitorización de suelo
- Funes\_Polígono 13\_Parcela 313\_Espárrago
- Funes\_Polígono 13\_Parcela 318\_Espárrago
- Funes\_Polígono 13\_Parcela 334\_Espárrago



Id Equipos	Uso	Latitud	Longitud	Cultivo	Parcela	Superficie (Ha)
Equipo 1	Sonda Humedad	42,303188	-1,816432	Espárrago	313	7,83
Equipo 2	Sonda Humedad	42,304627	-1,814771	Espárrago	313	7,83
Equipo 3	Sonda Humedad	42,302863	-1,810811	Espárrago	318	4,75
Equipo 4	Sonda Humedad	42,300777	-1,81177	Espárrago	318	4,75
Equipo 5	Sonda Humedad	42,300033	-1,812735	Espárrago	334	4,56

## DigiAgri

### Proyecto Piloto PDR de Navarra 2014-2020 Convocatoria 2021

**DIGITALIZACIÓN DEL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO**



Digitalización  
del uso eficiente  
del agua de riego

**LOCALIZACIÓN**

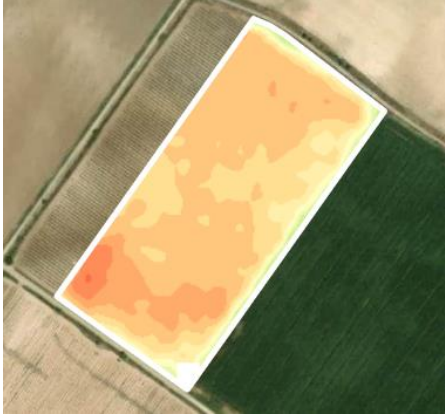

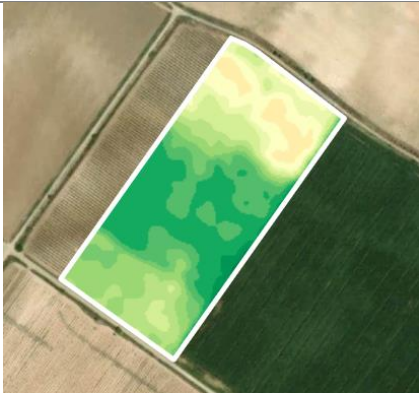

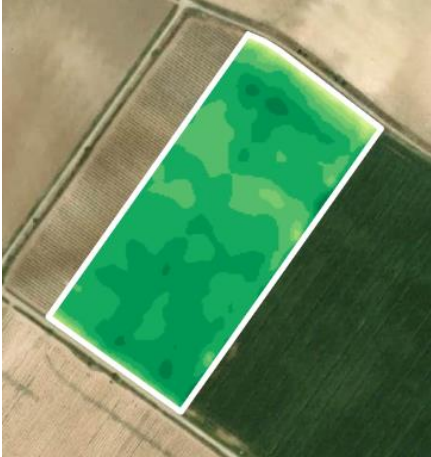
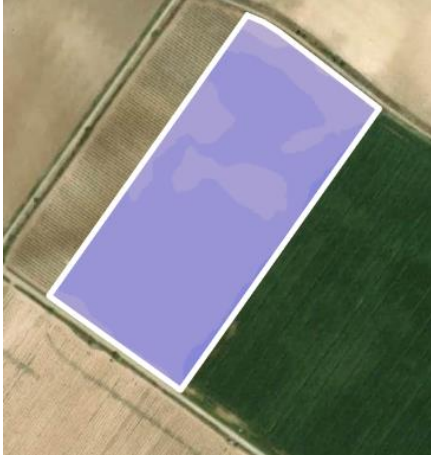
- Cultivo Espárrago -

PAMPLONA  
29 de agosto de 2023

ESCALA:  
1 / 5000

**PLANO N° 1 / 5**

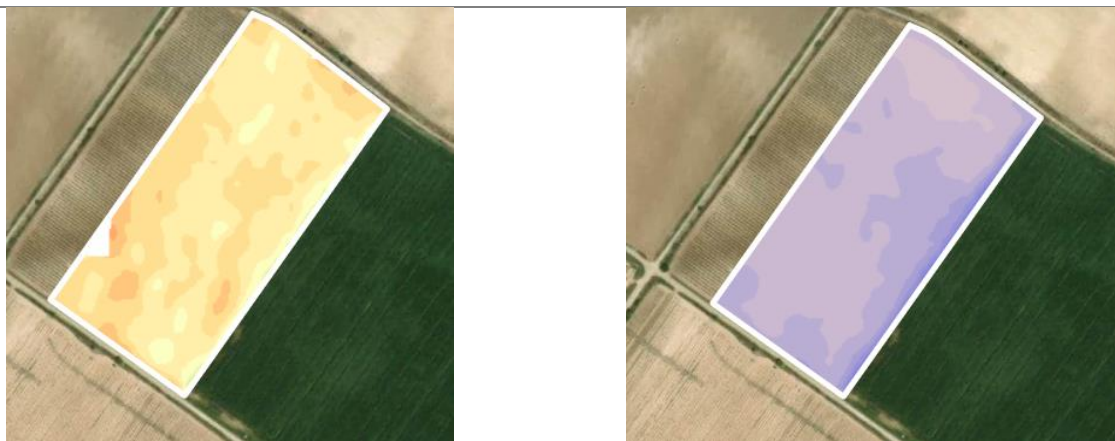
Tabla 2. Representación del índice de vegetación MSAVI para el cultivo del brócoli y el índice de humedad NDWI.

MSAVI	NDWI
18/04/2022 Cosecha, no hay vegetación	18/04/2022 Ausencia de riegos
	
28/05/2022 Fin cosecha, comienzo desarrollo de la vegetación	28/05/2022 Humedad primer riegos
	
05/10/2022 Vegetación frondosa	05/10/2022 Humedad después de riego
	



19/11/2022 Senescencia

19/11/2022 Riego ya no aplicado

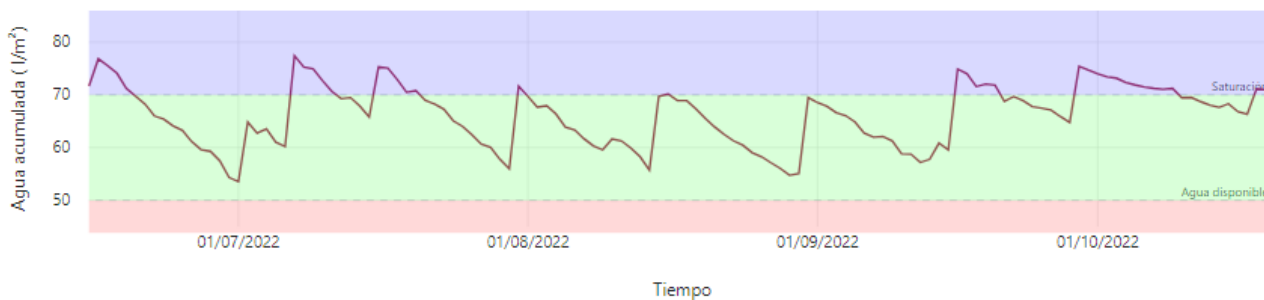


La Figura 6 muestra la evolución completa del índice de vegetación NDVI para el cultivo del espárrago para un año completo (2022). Con esta firma espectral se observa perfectamente el desarrollo fenológico del cultivo. Desde febrero hasta mayo el cultivo se encuentra en fase de cosecha, por lo que hay ausencia de vegetación ya que los caballones están conformados y cubiertos por plástico negro. Una vez finaliza la fase de cosecha, el cultivo empieza a desarrollar la parte vegetativa y esto se ve reflejado con el aumento del índice yendo in crescendo hasta mediados de noviembre que es cuando la planta alcanza el estado de senescencia.



Figura 6. Evolución del MSAVI para el cultivo del espárrago en la campaña del 2022.

En la Figura 7 se muestra la integración de los datos de las sondas de humedad para poder estimar y mostrar el agua acumulada en la parcela. El aporte de riego en este cultivo se realiza cada 2-3 semanas, por ello la gráfica es tan similar a lo largo de la campaña del riego, siendo los primeros riegos más abundantes y los últimos un poco inferiores, todo en función del clima y de las necesidades del cultivo.



*Figura 7. Integración del agua acumulada a 30 cm para el cultivo del espárrago a partir del % de humedad medido por las sondas de humedad.*

La Figura 8 muestra el ahorro potencial que tiene el cultivo del espárrago según los datos obtenidos a lo largo del proyecto. En verde se muestran los datos integrados por la sonda, estos datos corresponden a la estimación de agua necesaria según los datos obtenidos de la humedad. La línea azul es el aporte de agua de riego acumulada a lo largo de la campaña registrados mediante el caudalímetro del hidrante correspondiente. La diferencia entre los datos de ambas líneas al final de la campaña es lo que corresponde al ahorro potencial de agua que se podría conseguir si se riega conforme a los datos recogidos e integrados por las sondas. Como se indica en la figura este ahorro potencial es de 25 mm (250 m<sup>3</sup>/ha), ahorro potencial ligeramente superior al esperado.

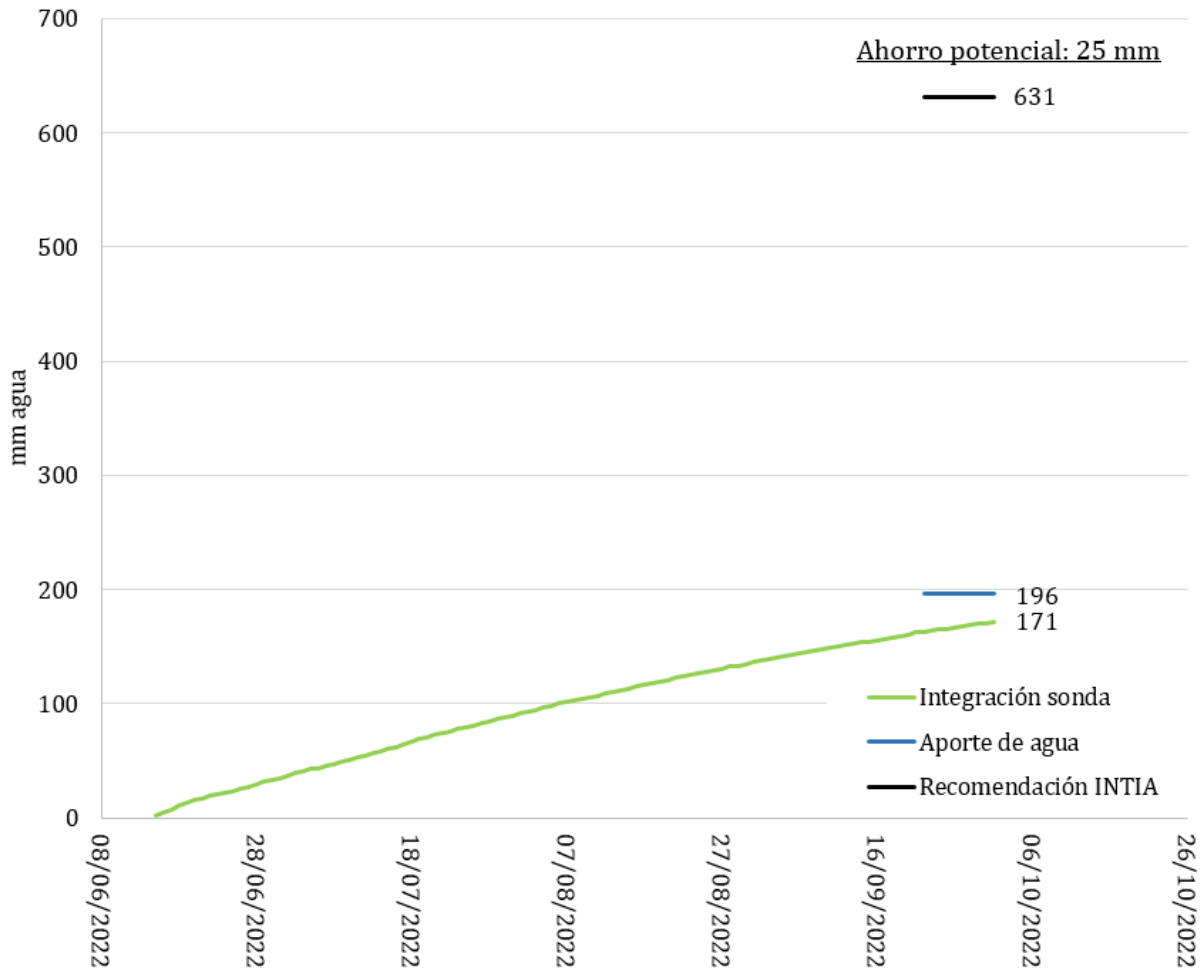


Figura 8. Ahorro potencial de agua para el cultivo del espárrago según la información proporcionada por la sonda vs. el aporte de agua de riego real.

### 2.3. Tomate

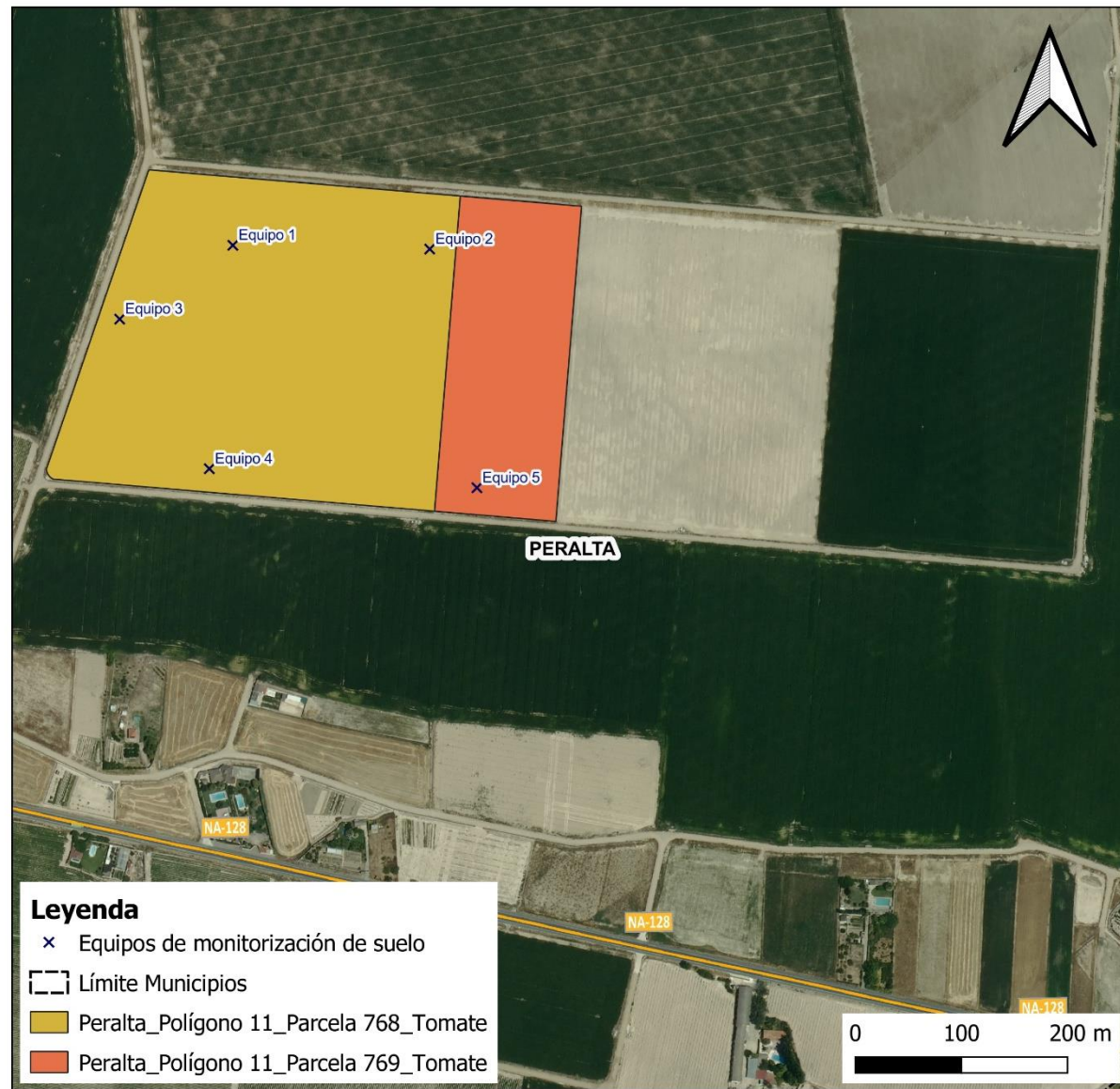
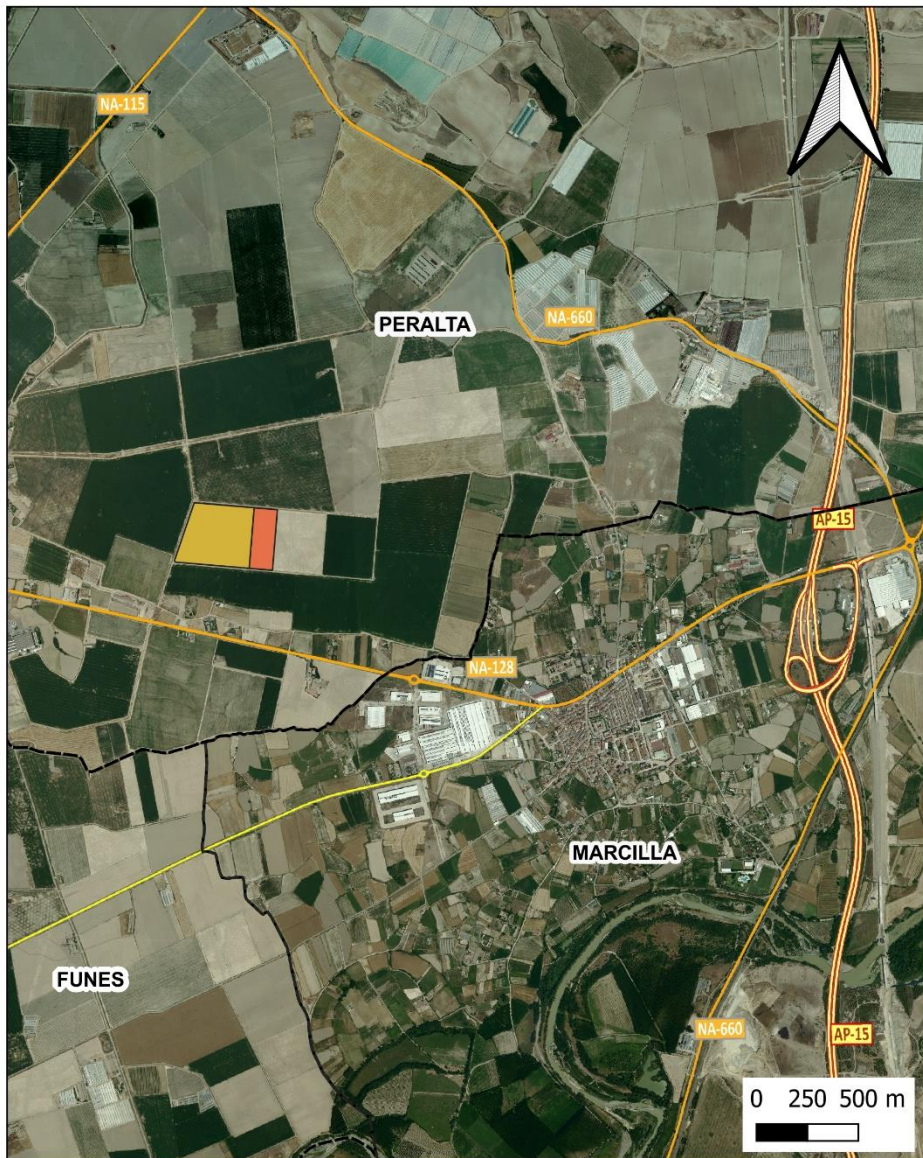
El tomate es un cultivo de verano y su campaña transcurre desde mayo hasta septiembre. Es un cultivo que en la Ribera de Navarra depende en su totalidad del agua de riego. El sistema de regadío para este cultivo analizado en concreto en el proyecto es por goteo.

Para poder llevar a cabo el estudio, de nuevo se comienza con la instalación de los equipos en campo como se muestra en la Figura 9. La ubicación concreta de los equipos se puede observar en el Plano N<sup>o</sup>4.



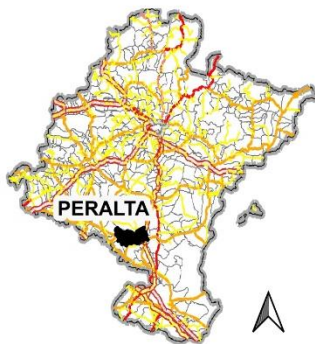
Figura 9. Instalación de las sondas de humedad en campo para el cultivo del tomate (junio 2023).

De nuevo, durante la campaña de riego se ha hecho un seguimiento del estado vegetativo del cultivo y de la humedad en cada parcela mediante el análisis de las imágenes de satélite. En la siguiente Tabla 3 se muestra la evolución de la parte vegetativa del cultivo mediante la aplicación de índices espectrales a las imágenes adquiridas por satélites ópticos. En la columna de la izquierda se muestra el índice vegetativo MSAVI, índice escogido por el mismo motivo que para el cultivo del espárrago (conformación del cultivo en caballones y la presencia de suelo desnudo que altera los índices comúnmente utilizados). En la columna de la derecha se muestra el índice de humedad NDWI. Las imágenes de la primera fila corresponden con el terreno ya preparado para la plantación del tomate. A mediados de junio el cultivo ya se encuentra plantado y ha comenzado ya su crecimiento como se observa en la segunda fila de imágenes, así como también el aporte de riegos. A principios de agosto el cultivo ha alcanzado su máximo crecimiento vegetativo como se puede observar y la humedad analizada con el NDWI es mayor debido a aportes de mayor cantidad de agua. Un mes más tarde el cultivo empieza a secarse, se cortan los riegos y comienza su recolección. A finales de septiembre el cultivo se ha cosechado y no queda nada en la parcela.



**Legenda**

- × Equipos de monitorización de suelo
- Límite Municipios
- Peralta\_Polígono 11\_Parcela 768\_Tomate
- Peralta\_Polígono 11\_Parcela 769\_Tomate



Id Equipos	Uso	Latitud	Longitud	Cultivo	Polígono	Parcela	Superficie (Ha)
Equipo 1	Sonda Humedad	42,336139	-1,7615	Tomate	11	768	9,88
Equipo 2	Sonda Humedad	42,336083	-1,75925	Tomate	11	768	9,88
Equipo 3	Sonda Humedad	42,335528	-1,762806	Tomate	11	768	9,88
Equipo 4	Sonda Humedad	42,33425	-1,761806	Tomate	11	768	9,88
Equipo 5	Sonda Humedad	42,334056	-1,75875	Tomate	11	769	3,41

**DigiAgri**  
**Proyecto Piloto del PDR de Navarra 2014-2020 Convocatoria 2021**

DIGITALIZACIÓN DEL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO



**LOCALIZACIÓN**

- Cultivo Tomate -

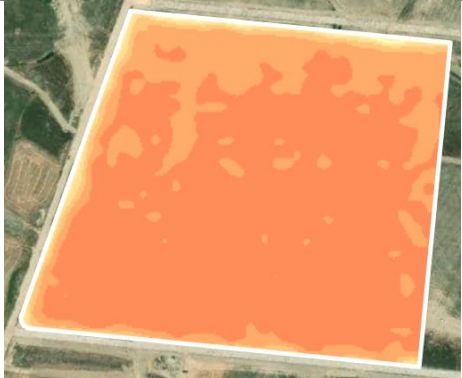

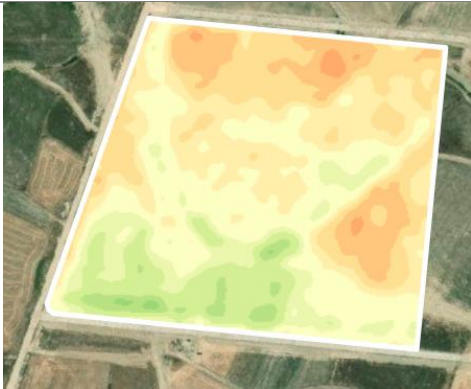

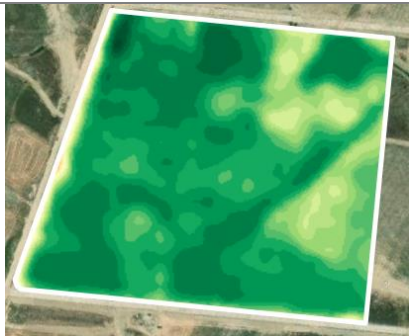

PAMPLONA  
30 de agosto de 2023

ESCALA:  
1 / 5000

**PLANO N° 4 / 5**



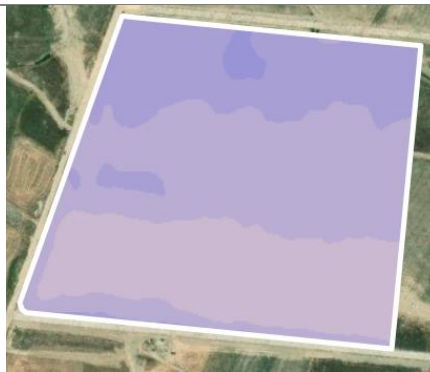
Tabla 3. Representación del índice de vegetación MSAVI para el cultivo del tomate y el índice de humedad NDWI.

MSAVI	NDWI
18/05/2023 Suelo desnudo	18/05/2023 Ausencia de riegos
	
17/06/2023 Cultivo con planta pequeña	17/06/2023 Humedad después de un riego
	
01/08/2023 Cultivo en máximo desarrollo vegetativo	01/08/2023 Aporte de riego abundante
	



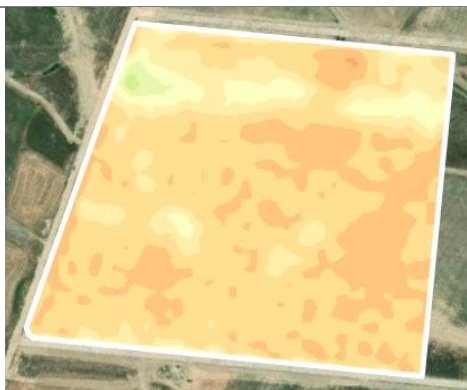
05/09/2023 Comienzo senescencia vegetativa

05/09/2023 Corte de riego



20/09/2023 Cultivo plenamente cosechado

20/09/2023 Ausencia de riegos



La Figura 10 muestra la evolución completa del índice de vegetación MSAVI para el cultivo del tomate durante toda su campaña del 2023. Con esta firma espectral se observa perfectamente el desarrollo fenológico del cultivo del tomate durante el verano. El cultivo se planta a principios de junio y este empieza su crecimiento paulatino hasta alcanzar su máximo vegetativo a principios de agosto. Una vez alcanzado este ecuador, el fruto empieza a madurar y la planta a secarse. La cosecha se produce a mediados de septiembre dejando la parcela limpia de cultivo.



Figura 10. Evolución del MSAVI para el cultivo del tomate en la campaña del 2023.

En la Figura 11 se muestra la integración de los datos de las sondas de humedad para poder estimar y mostrar el agua acumulada en la parcela. El aporte de riego para el cultivo del tomate en pleno verano y mediante riego por goteo es diario como se observa en la figura. El manejo del riego en este caso se realizaba mediante aportes de agua cíclicos, concretamente 4. En la Figura 12 se muestran los valores del % de humedad de los sensores donde se aprecia a la perfección estos aportes.

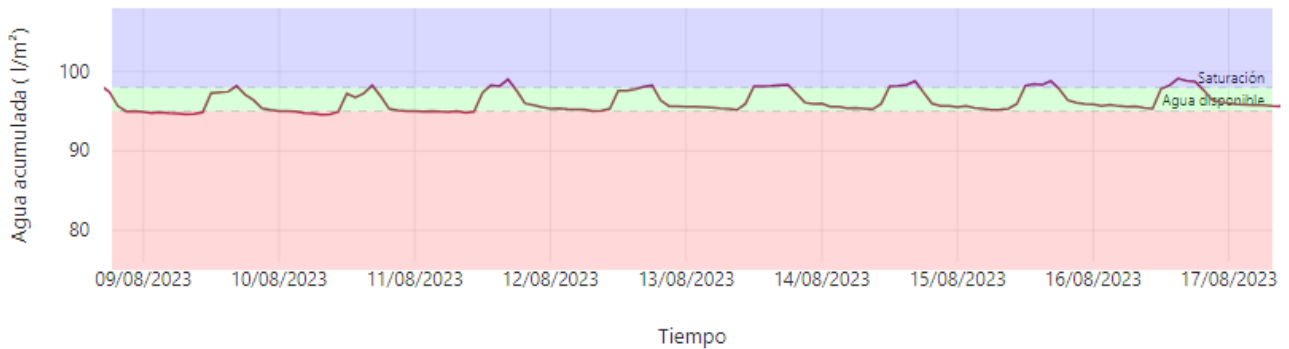


Figura 11. Integración del agua acumulada a 25 cm para el cultivo del tomate a partir del % de humedad medido por las sondas.

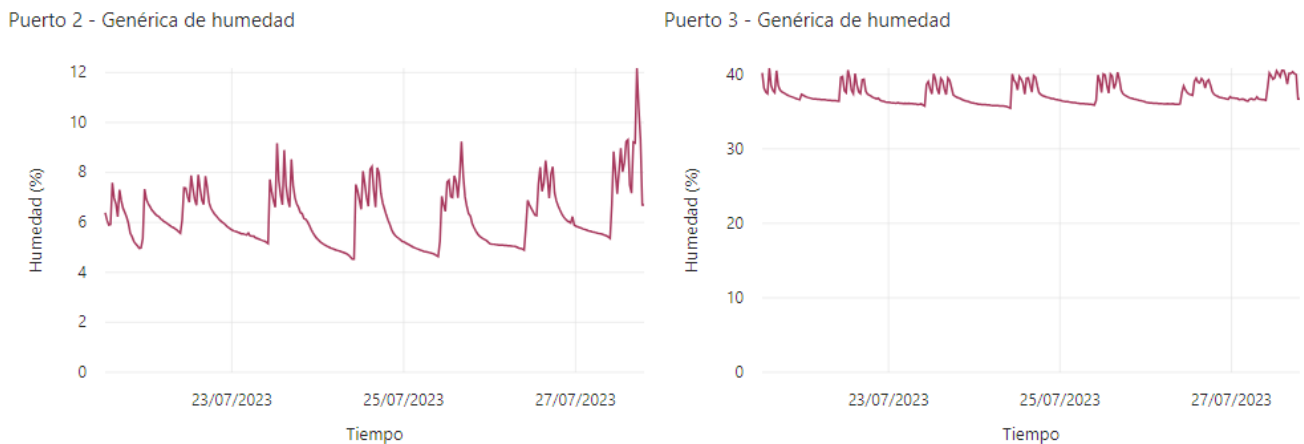


Figura 12. Valores de la sonda de humedad para el cultivo del tomate.

La Figura 13 muestra el ahorro potencial que tiene el cultivo del tomate según los datos obtenidos a lo largo del proyecto. En verde se muestran los datos integrados por la sonda, estos datos corresponden a la estimación de agua necesaria según los datos obtenidos de la humedad. La línea azul es el aporte de agua de riego acumulada a lo largo de la campaña registrados mediante el caudalímetro del hidrante correspondiente. La diferencia entre los datos de ambas líneas al final de la campaña es lo que corresponde al ahorro potencial de agua que se podría conseguir si se riega conforme a los datos recogidos e integrados por las sondas. Como se indica en la figura este ahorro potencial es de 58 mm (580 m<sup>3</sup>/ha), ahorro potencial muy positivo.

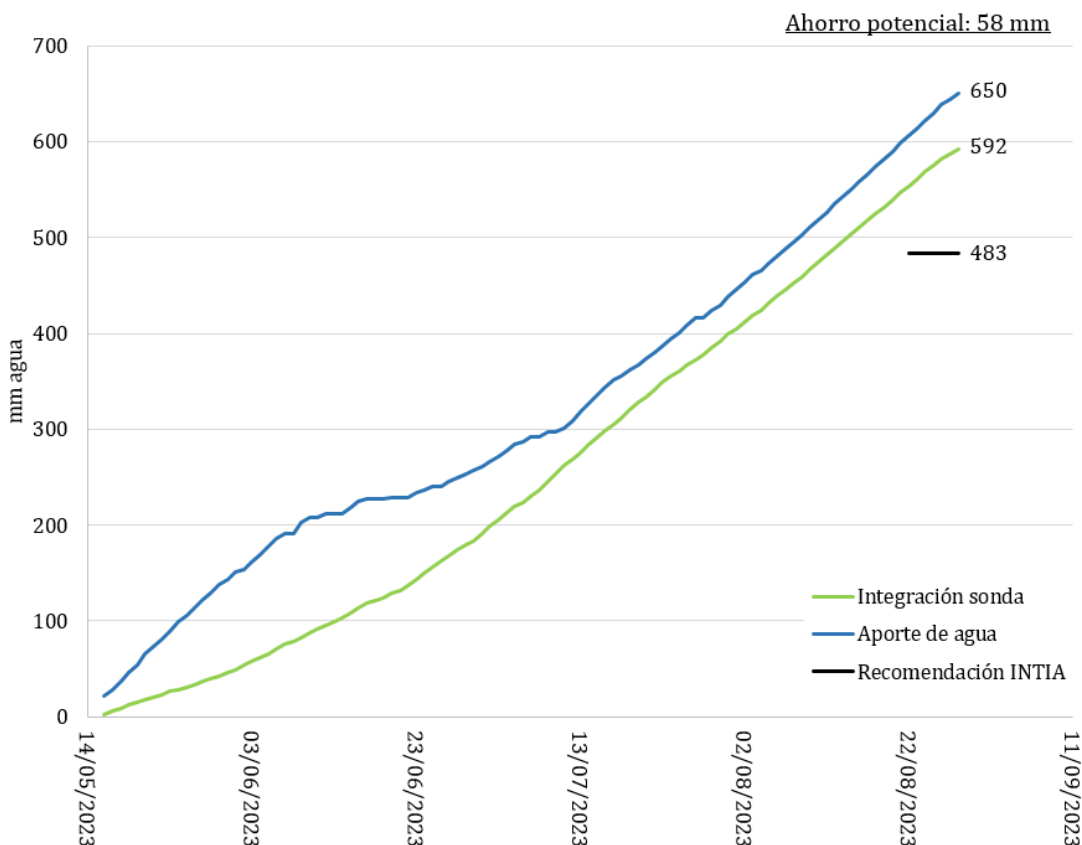


Figura 13. Ahorro potencial de agua para el cultivo del tomate según la información proporcionada por la sonda vs. el aporte de agua de riego real

## 2.4. Maíz

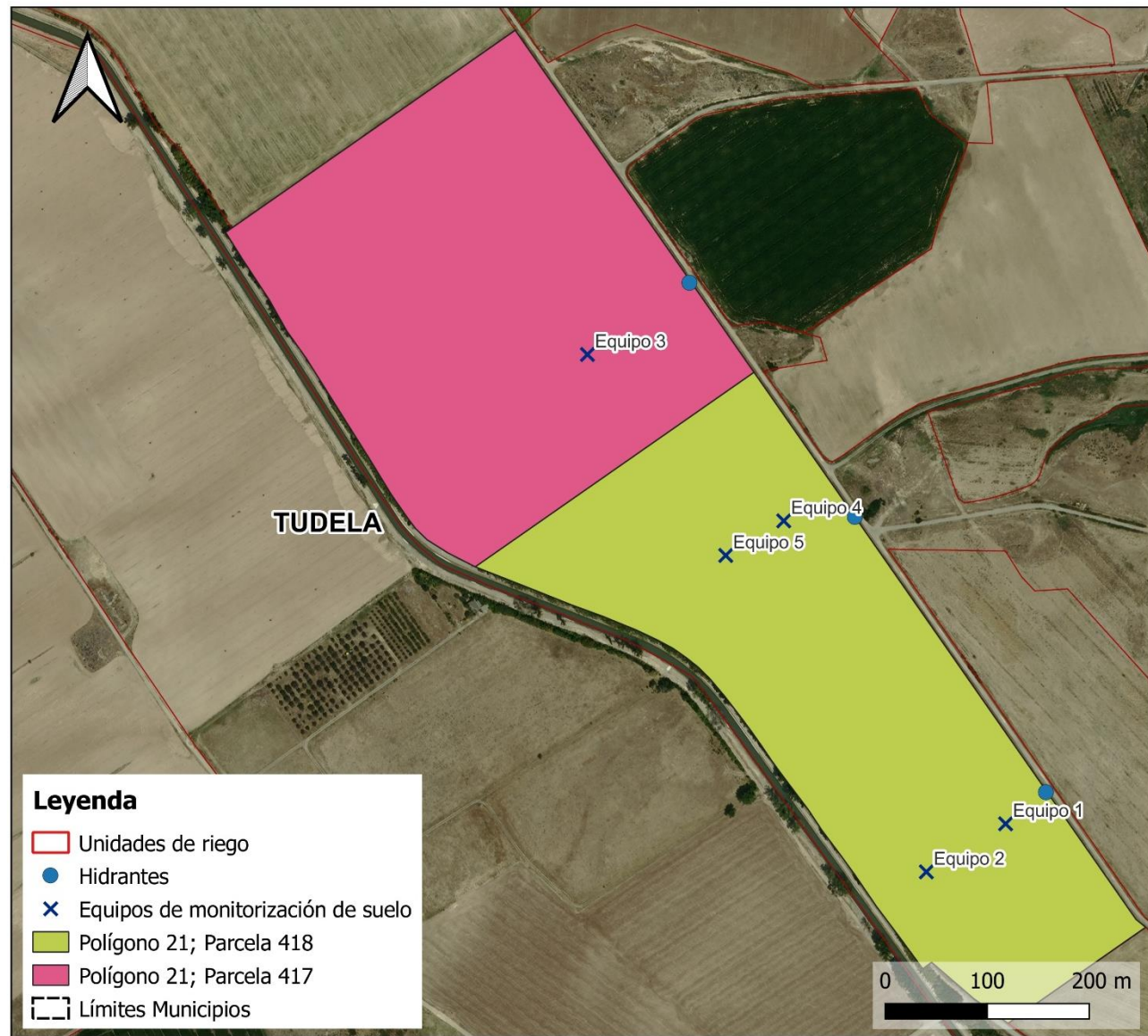
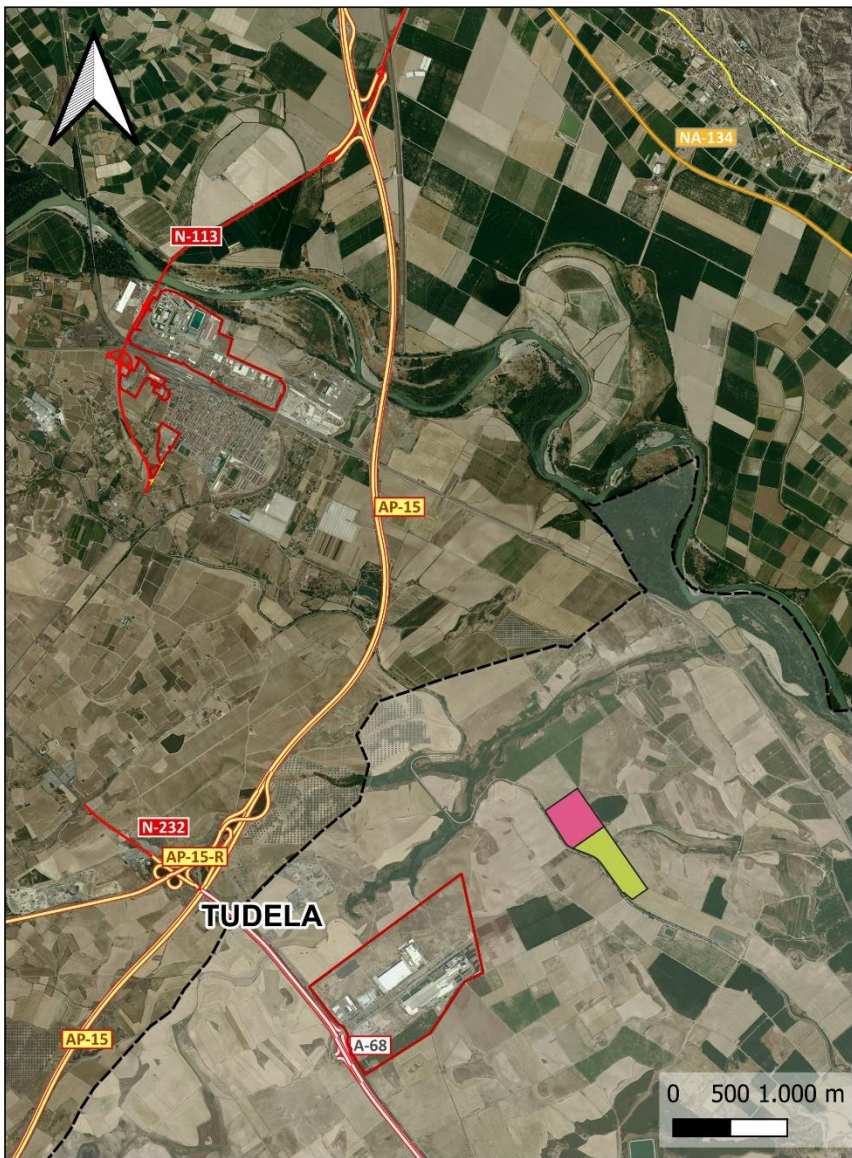
El maíz sembrado en las parcelas monitorizadas es maíz forrajero que se sembró a principios de mayo. El maíz es un cultivo de verano que en la Ribera de Navarra depende en su totalidad del agua de riego. El sistema de regadío para este cultivo analizado en concreto en el proyecto es por aspersión.

Para poder llevar a cabo el estudio, de nuevo se comienza con la instalación de los equipos en campo como se muestra en la Figura 14. La ubicación concreta de los equipos se puede observar en el Plano N°3.



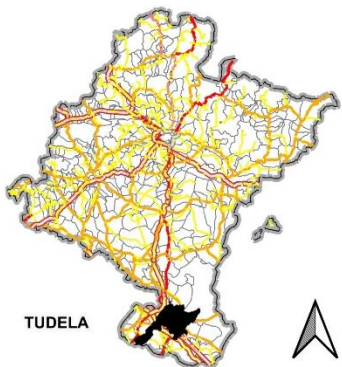
*Figura 14. Instalación de las sondas de humedad en campo para el cultivo del maíz (junio 2022).*

Durante la campaña de riego y crecimiento del cultivo se ha hecho un seguimiento del estado vegetativo y de humedad de las parcelas mediante el análisis de las imágenes de satélite. En la siguiente Tabla 4 se muestran imágenes de la evolución del cultivo. En la columna de la izquierda se presenta el índice de vegetación NDVI, mientras que en la columna de la derecha se muestra el índice de humedad NDWI. La primera fila de imágenes corresponde a mediados de mayo y muestra la parcela con el maíz recién sembrado. Quince días más tarde, el cultivo ya comienza a presentar la plántula pequeña y esto ya es apreciable por las imágenes de satélite, además de que el índice de humedad comienza a incrementarse debido a los riegos aportados. Un mes más tarde el cultivo ya está bastante desarrollado alcanzando su máximo durante el primer tercio de agosto, donde el índice de humedad también alcanza su máximo por los abundantes riegos debido a la alta demanda de agua por el cultivo en este momento. Finalmente, este cultivo se cosechó en verde para forraje por lo que en la última fila de imágenes se ve como el índice de vegetación ha descendido drásticamente.



**Leyenda**

- Unidades de riego
- Hidrantes
- × Equipos de monitorización de suelo
- Polígono 21; Parcela 418
- Polígono 21; Parcela 417
- Límites Municipios



Id Equipos	Uso	X	Y	PARCELA	Superficie (Ha.)	Cultivo
Equipo 1	Sonda Humedad	-1,646273	42,132746	418	14,57	Maíz
Equipo 2	Sonda Humedad	-1,647222	42,132333	418	14,57	Maíz
Equipo 3	Sonda Humedad	-1,651145	42,136949	417	14,45	Maíz
Equipo 4	Sonda Humedad	-1,648847	42,135452	418	14,57	Maíz
Equipo 5	Sonda Humedad	-1,649542	42,135155	418	14,57	Maíz

**DigiAgri**  
 Proyecto Piloto del PDR de Navarra 2014-2020 Convocatoria 2021

DIGITALIZACIÓN DEL USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO



**LOCALIZACIÓN**

- Cultivo Maíz -

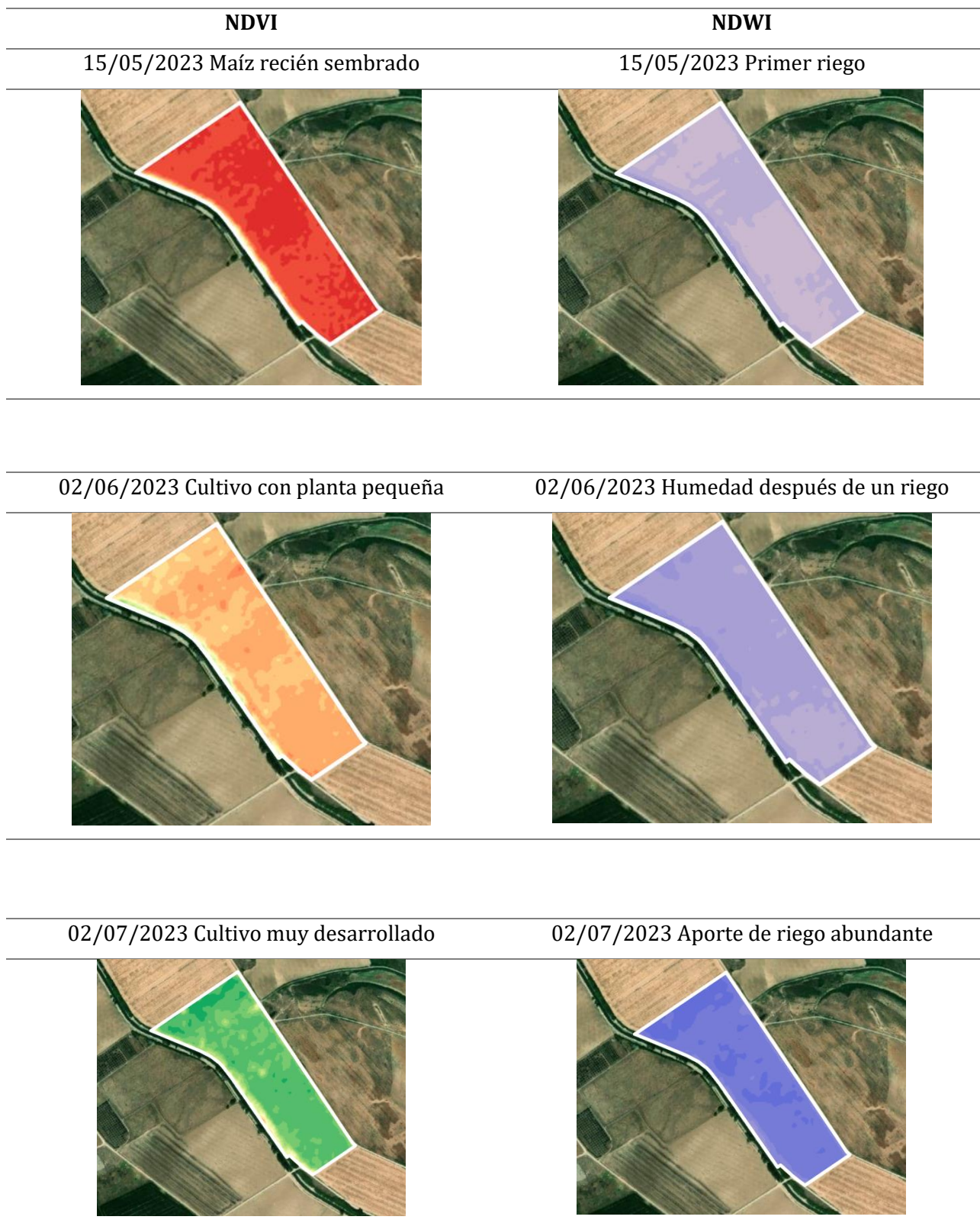
PAMPLONA  
30 de agosto de 2023

ESCALA:  
1 / 5000

**PLANO N° 3/5**



Tabla 4. Representación del índice de vegetación NDVI para el cultivo del maíz el índice de humedad NDWI.



11/08/2023 Crecimiento vegetativo máximo

11/08/2023 Aporte de riego abundante



26/08/2023 Cultivo plenamente cosechado

20/08/2023 Corte de riegos



La Figura 15 muestra la evolución completa del índice de vegetación NDVI para el cultivo del maíz durante toda su campaña del 2023. Con esta firma espectral se observa perfectamente el desarrollo fenológico del cultivo durante el verano. El cultivo se siembra en mayo y este sigue su crecimiento paulatino hasta alcanzar sus máximos en agosto. Este cultivo se cosechó en verde para forraje, causando una caída repentina en la firma espectral a finales de agosto.

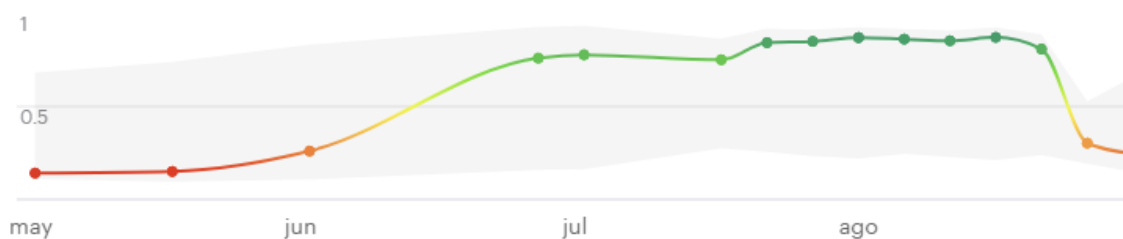


Figura 15. Evolución del índice NDVI para el cultivo del maíz en la campaña del 2023.



En la Figura 16 se muestra la integración de los datos de las sondas de humedad para poder estimar y mostrar el agua acumulada en la parcela. Esta integración permite determinar la profundidad de suelo explorable por las raíces del cultivo, parámetro variable según el estado fenológico de la planta, ya que conforme va creciendo la profundidad va aumentando. La figura representa los datos durante quince días en el mes de julio. El primer tercio de la figura representa riegos prácticamente diarios, el segundo tercio de la figura representa una ausencia de riegos que se hizo debido a un tratamiento aplicado y la parte final representa de nuevo riegos diarios con mayor aporte de agua que al principio debido a la propia demanda del cultivo al ir desarrollándose.



*Figura 16. Integración del agua acumulada a 35 cm para el cultivo del maíz a partir del % de humedad medido por las sondas.*

La figura anterior muestra uno de los pocos datos recogidos en el cultivo del maíz debido a la incidencia que se sufrió. Las sondas de humedad instaladas en el cultivo fueron escarbadas, mordidas y rotas por fauna local, posiblemente jabalíes como se puede observar en la siguiente Figura 17.



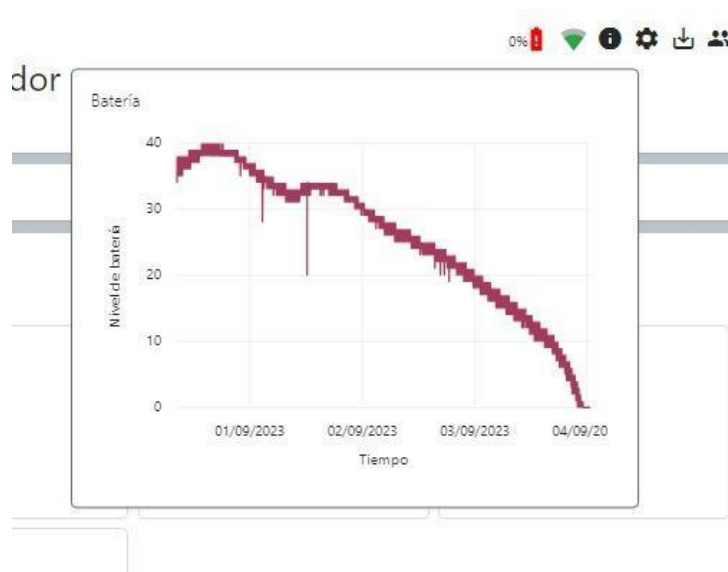
*Figura 17. Fotografías in situ de las incidencias de las sondas de humedad en el cultivo del maíz.*

Debido a que no ha sido posible integrar los datos recogidos por la sonda, es imposible cuantificar el agua necesaria estimada por estas. Además, tampoco se puede comparar el agua de riego aplicada durante la campaña con otras ya que el cultivo se cosechó en verde por el alza de los precios del forraje durante el verano, aunque estaba planificado para la cosecha de grano.

### 3. Funcionamiento de los equipos

Los dataloggers y los programadores de riego han funcionado de forma correcta, aunque con pequeñas incidencias que se fueron solventando durante las campañas conforme fueron surgiendo. Hay que tener en cuenta que los equipos están expuestos a la intemperie con cambios climatológicos que pueden afectar en su funcionamiento.

Durante el transcurso del proyecto algún equipo sufrió algún problema en la recarga de la batería del datalogger bien por problemas en la salud de la batería, en la placa solar u otros. Tan pronto como ocurrían se hacía una visita técnica a campo y se solventaba el problema. Un mal funcionamiento de la recarga de la batería se puede observar en la Figura 18.



*Figura 18. Batería que no consigue recargarse y el equipo acaba apagándose.*

Debido a un error en una de las actualizaciones del firmware de los equipos, los equipos dejaron de enviar y comunicarse de forma correcta como se puede observar en la Figura 19. Este problema se solventó con una actualización que se hizo en cuanto se detectó la anomalía.

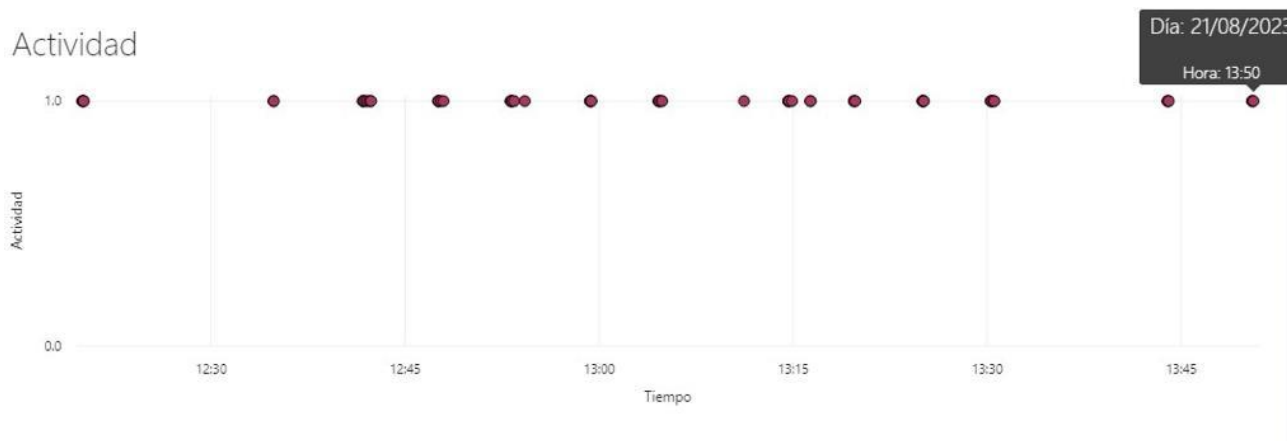


Figura 19. Fallos en la comunicación del equipo con la plataforma debido a un problema en una actualización de FW.

Gracias a la monitorización de la presión en la red dentro de la parcela ha sido posible detectar fallos en el cierre del sistema de riego por causas varias como han sido roturas de solenoides o mala ejecución de las órdenes de los equipos. También ha permitido detectar anomalías en los solapes entre sectores. Estas anomalías que se iban observando se fueron solventando conforme surgían. Ver Figura 20.

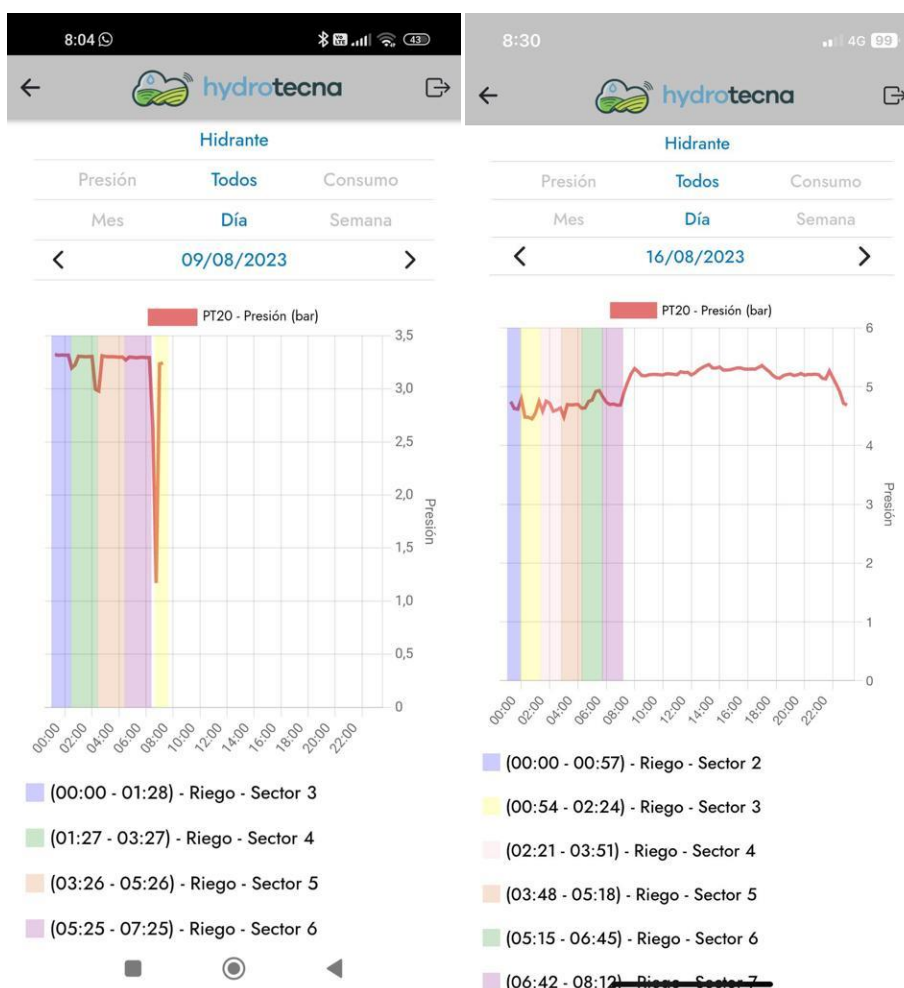


Figura 20. Anomalías en las presiones de la red monitorizada por los programadores de riego.