



27
DE NOVIEMBRE

**IV CONGRESO DE REGADÍOS
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del Riego

Miguel Ángel Campo Bescós



 Espacio La Granja, Valladolid

revistacampo.es/jornada-regadios



DIPUTACIÓN DE VALLADOLID

revista
CAMPO
.es

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. Sensórica: Sondas de humedad
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. Sensórica: Sondas de humedad
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

La transformación digital en el regadío

Mejorar la sostenibilidad económica, social y medioambiental del regadío

Retos y Oportunidades:

- Reducción del uso de agua, energía y fertilizantes.
- Optimización de los recursos productivos.
- Aumentar la rentabilidad agrícola



El proceso de transformación digital es clave para garantizar un regadío más eficiente y sostenible.

Retos y Oportunidades de la Transformación Digital

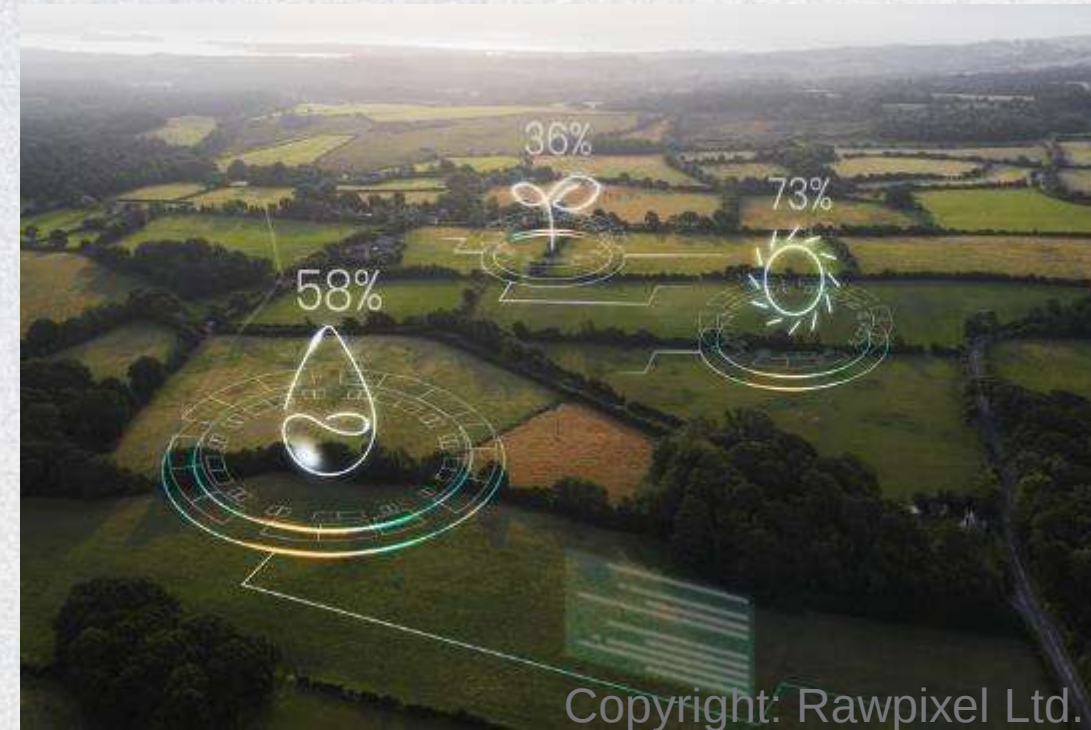
Retos técnicos:

- Adopción de nuevas tecnologías.
- Falta de acceso a infraestructuras.



Retos económicos:

- Inversión inicial en tecnología
- Necesidades de capacitación técnica usuarios



Oportunidades:

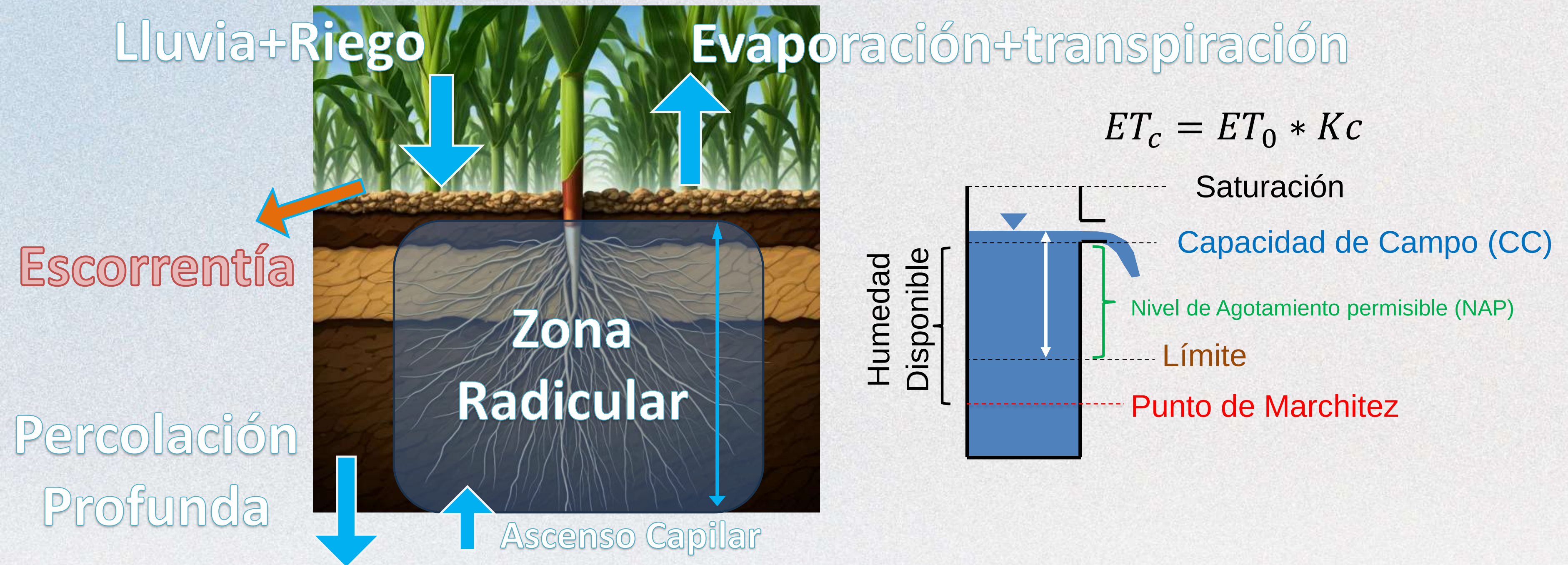
- Mayor rentabilidad y menores costes operativos
- Mejor control de los recursos productivos y su sostenibilidad
- Mejora en la calidad de vida de los agricultores

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. Sensorica: Sondas de humedad
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

El Agua en el suelo. Contenido de Agua

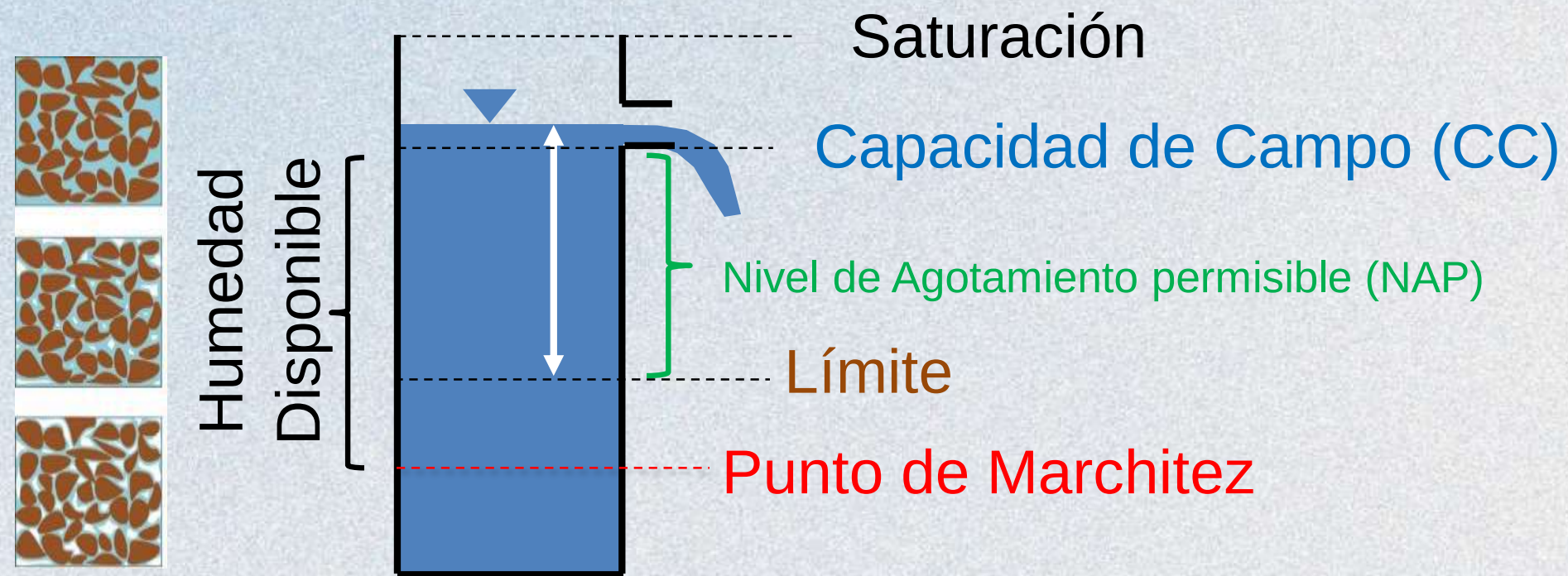


Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

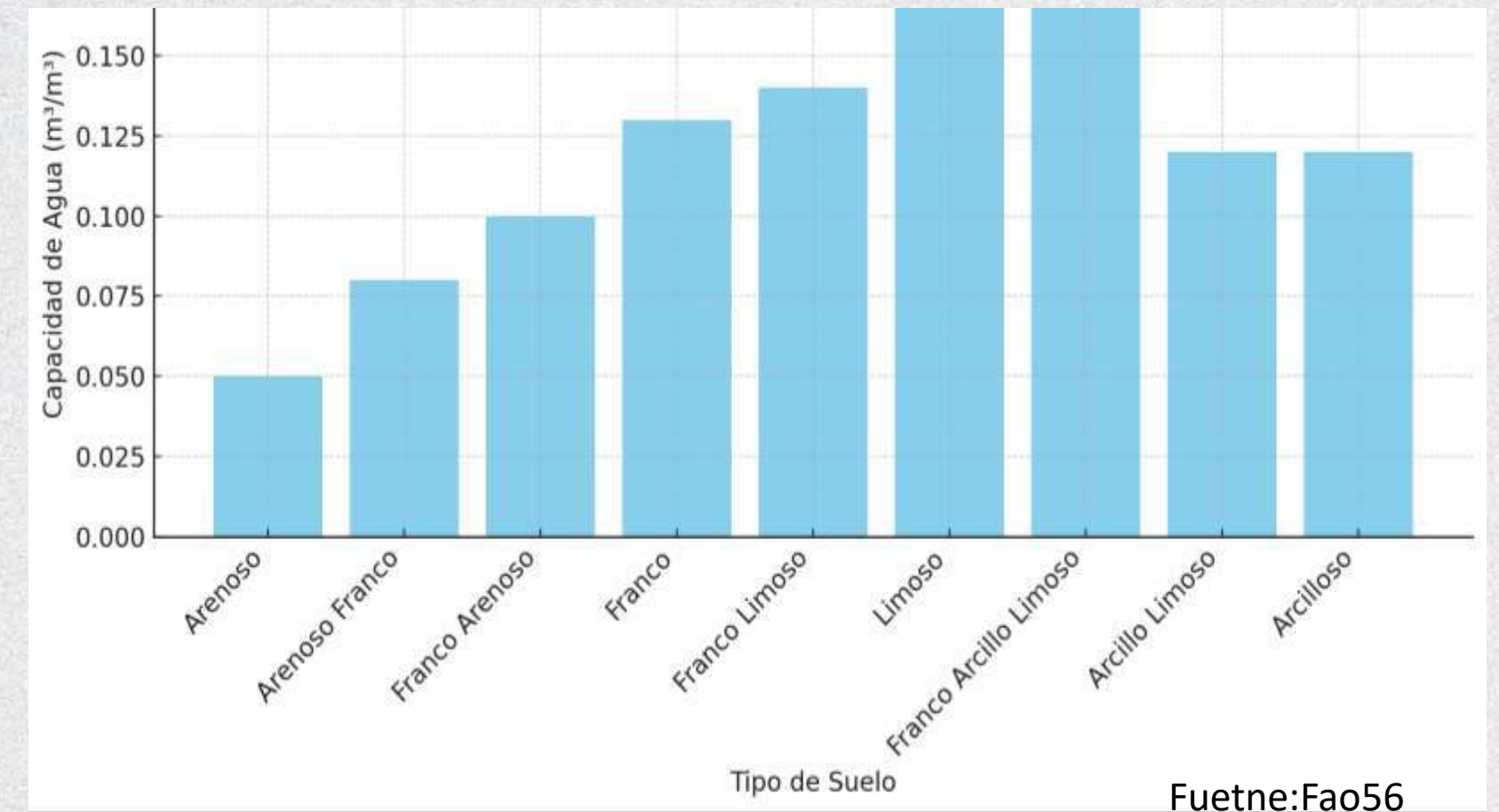
El Agua en el suelo. Contenido de Agua

Evaporación+transpiración

$$ET_c = ET_0 * Kc$$



Humedad Disponible



$$Agua\ Disponible = Humedad\ disponible * Profundidad\ Raices\ (Zr)$$

$$Agua\ Facilmente\ Aprovechable(AFA) = Humedad\ disponible * NAP * Profundidad\ Raices\ (Zr)$$

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

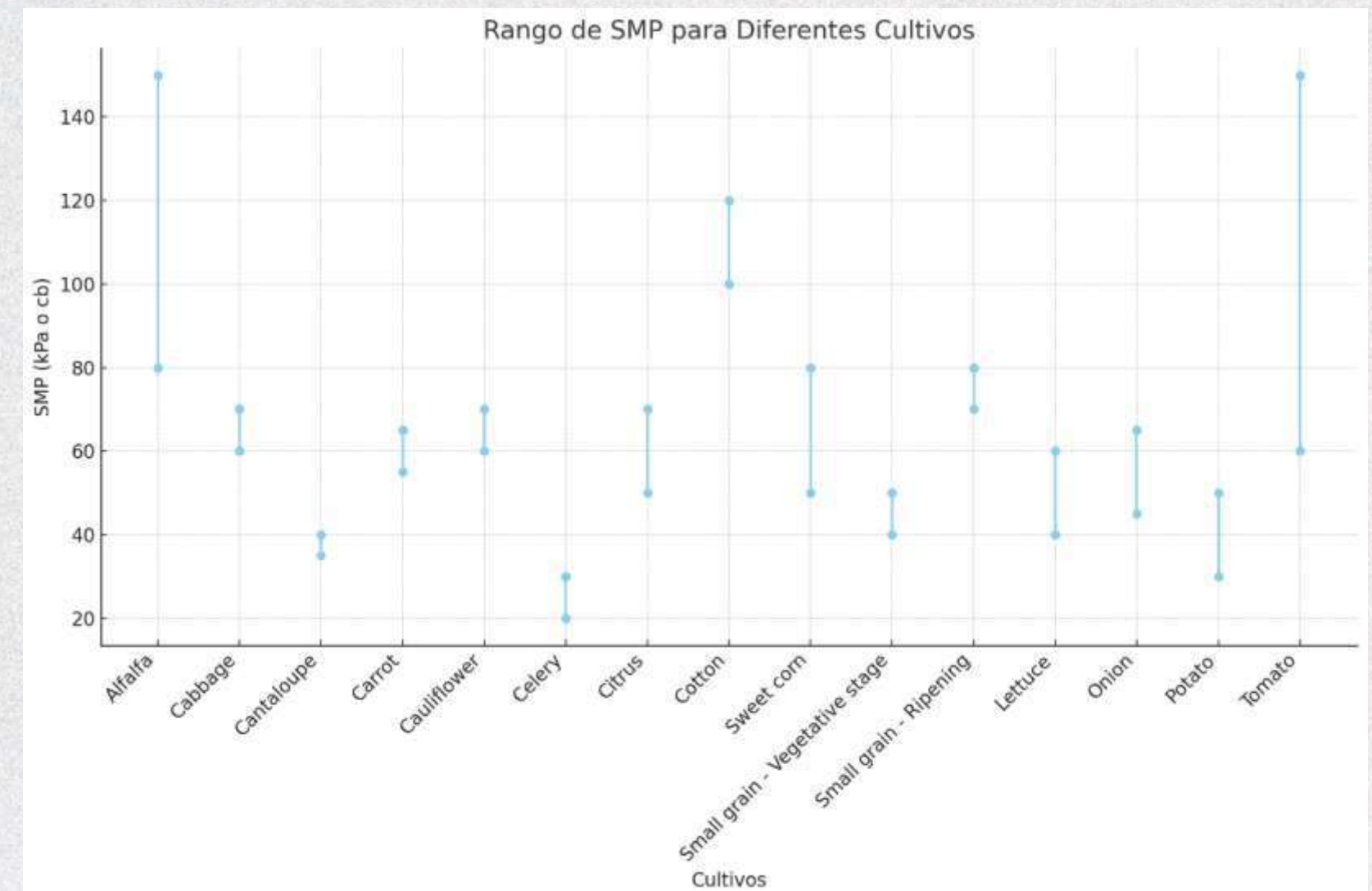
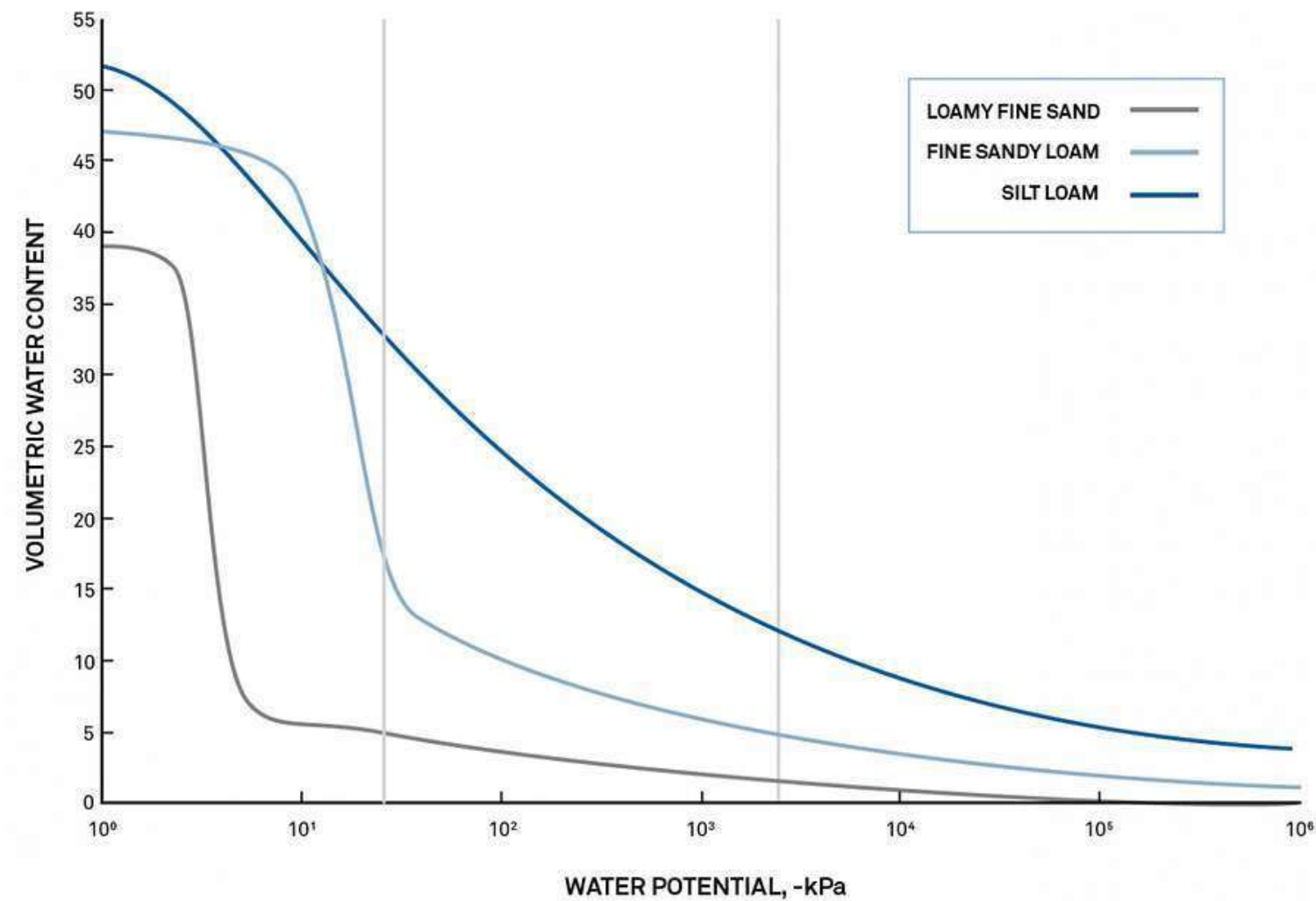
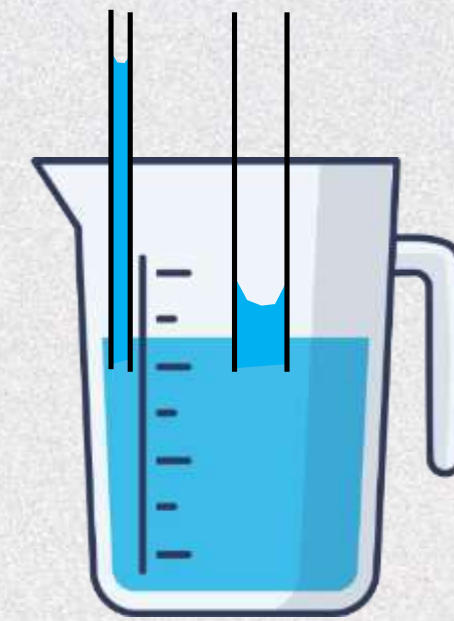
El Agua en el suelo. Contenido de Agua



Agua Facilmente Aprovechable (AFA)
 $= \text{Humedad disponible} * NAP * \text{Profundidad Raices (Zr)}$

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

El Agua en el suelo. Potencial mátrico del suelo



Hanson et al. (2000)

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. **Sensórica: Sondas de humedad**
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Contenido Volumétrico

Se basan en la diferente constante dieléctrica de los elementos presentes en el suelo (aire, agua, minerales)



Potencial Mátrico

Se basan en el balance de energía

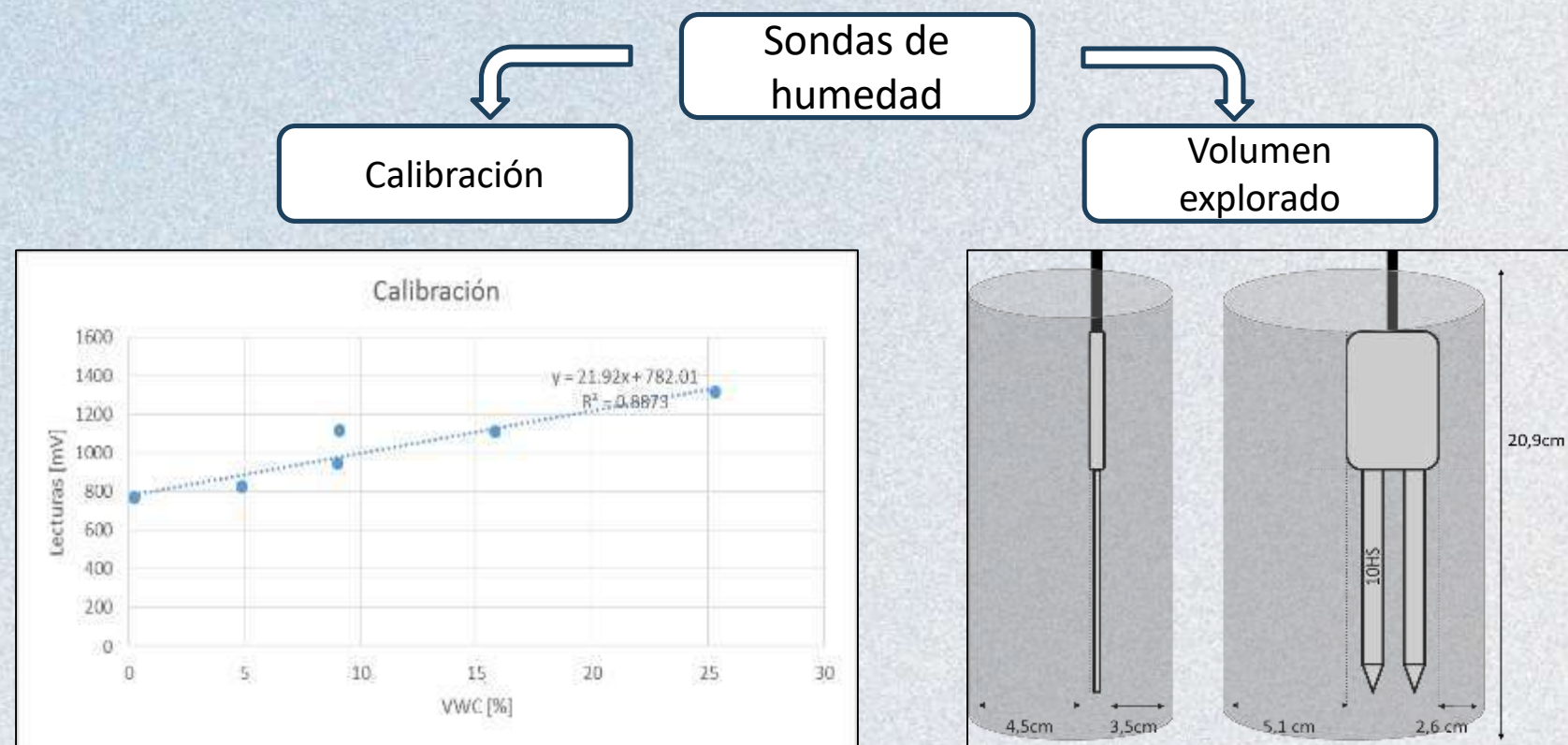


Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

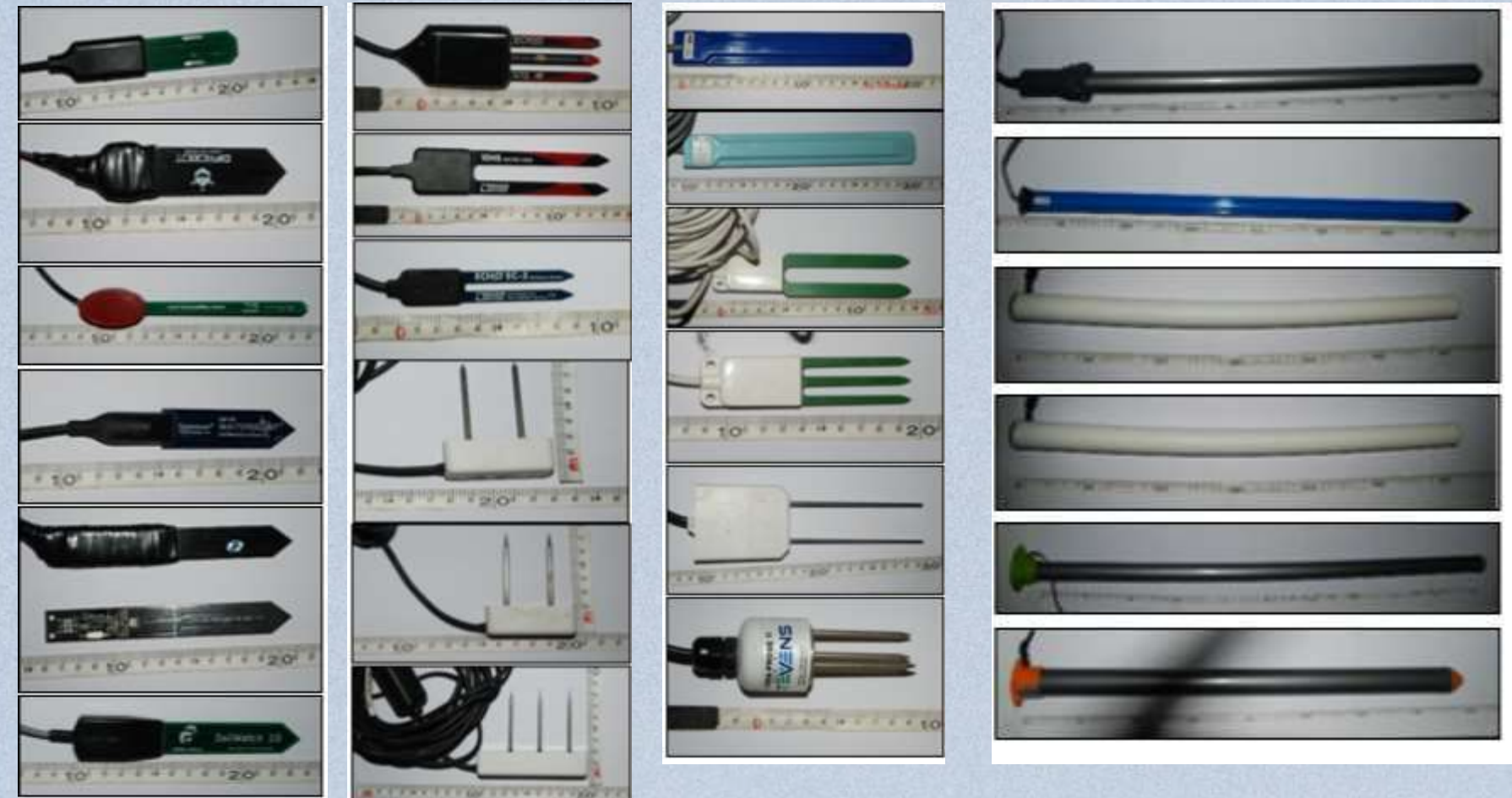
Sensorización: Sondas de humedad

Contenido Volumétrico

Comparativa 24 Sondas de humedad



https://zonanosaturada.com/wp-content/uploads/2019/11/069-074_Evaluaci%C3%B3n-de-24-sondas-de-humedad-calibraci%C3%B3n-y-Volumen-de-influencia.pdf

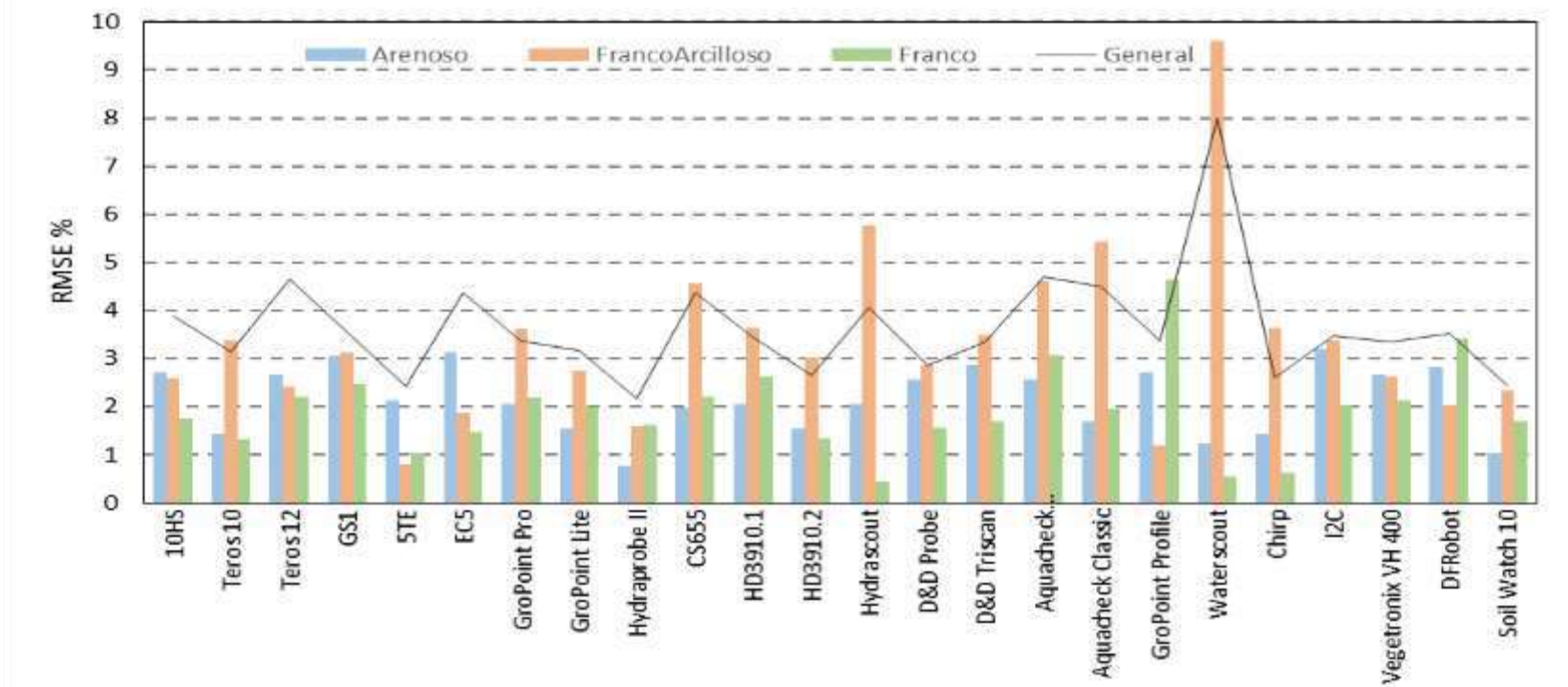
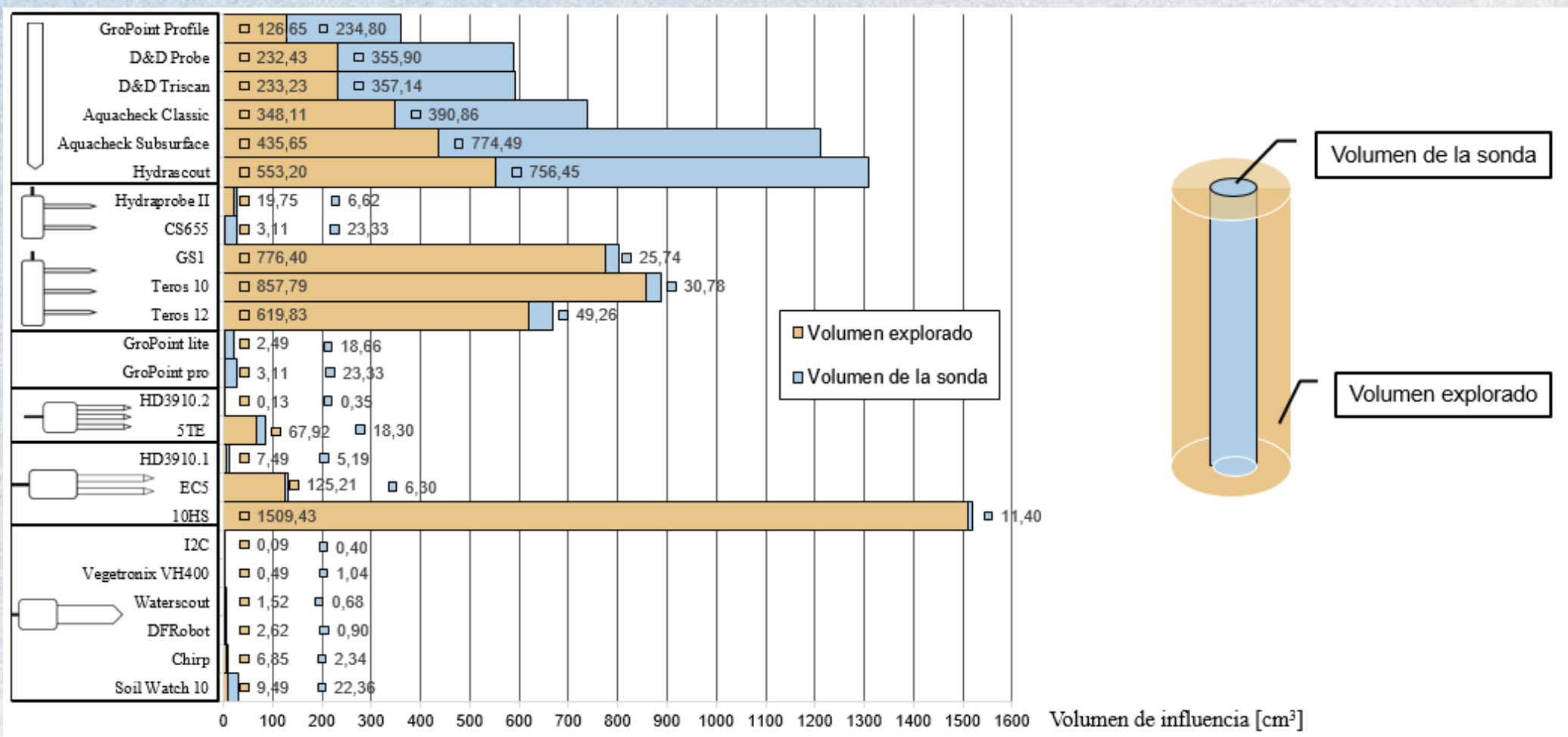


Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Contenido Volumétrico

Comparativa 24 Sondas de humedad



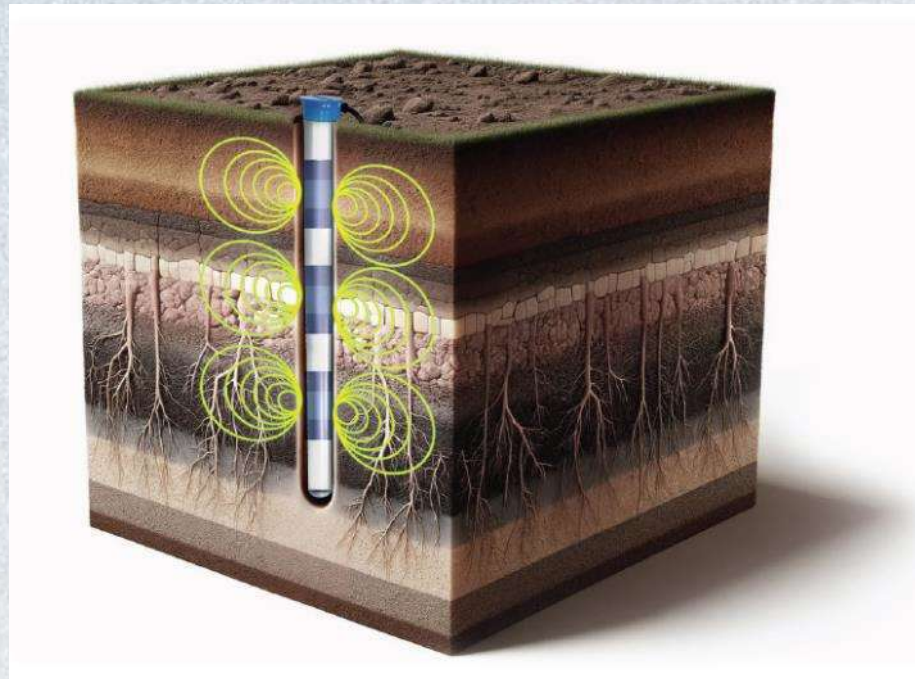
https://zonanosaturada.com/wp-content/uploads/2019/11/069-074_Evaluaci%C3%B3n-de-24-sondas-de-humedad-calibrai%C3%B3n-y-Volumen-de-influencia.pdf

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

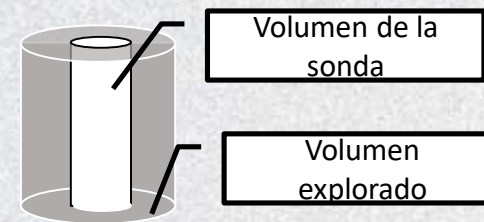
Sensorización: Sondas de humedad

Contenido Volumétrico

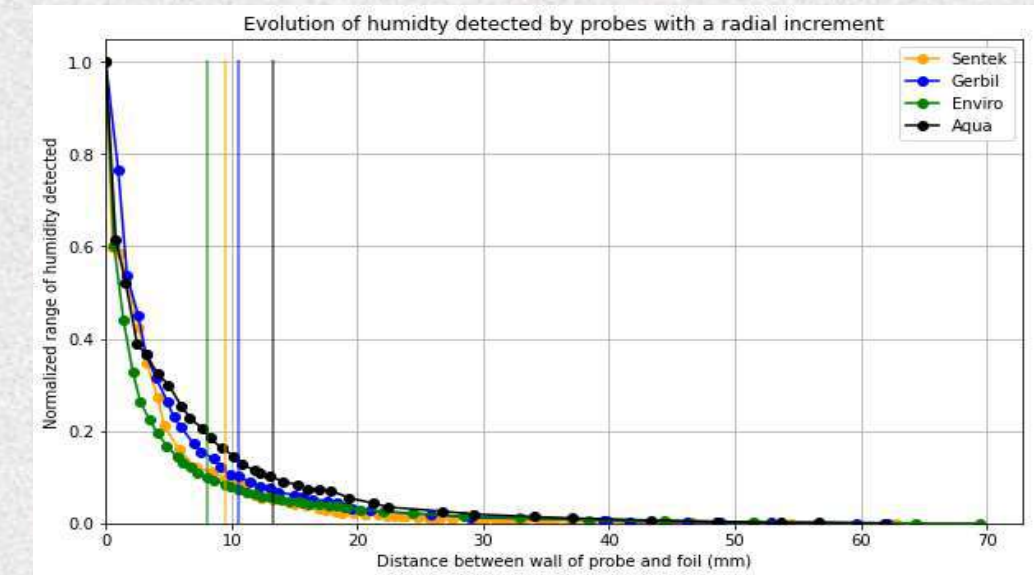
Nueva Sonda de Humedad



<https://www.gerbil-irrigation.com/>



Gran volumen explorado



Aquacheck



Gerbil



Enviropro



Sentek



Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Potencial Hídrico

Comparativa 10 sensores

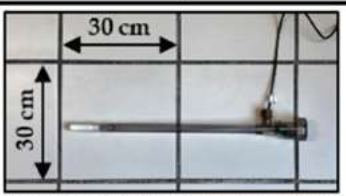
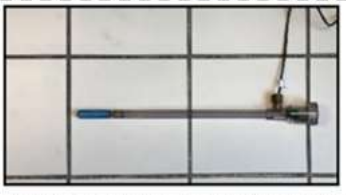
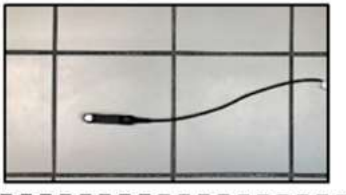
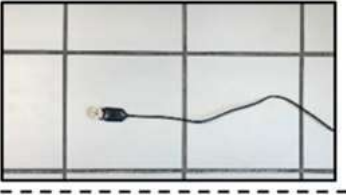
Toward Optimal Irrigation Management at the Plot Level: Evaluation of Commercial Water Potential Sensors

by Alaitz Aldaz-Lusarreta ^{1,2,*}, Miguel Ángel Campo-Bescós ^{1,2}, Iñigo Virto ^{1,3} and Rafael Giménez ^{1,2}

- ¹ Institute for Innovation & Sustainable Development in Food Chain (IS-FOOD), Public University of Navarre (UPNA), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona, Spain
- ² Department of Engineering, Los Olivos Building, Public University of Navarre (UPNA), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona, Spain
- ³ Department of Science, Los Olivos Building, Public University of Navarre (UPNA), Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona, Spain
- * Author to whom correspondence should be addressed.

Sensors 2023, 23(22), 9255; <https://doi.org/10.3390/s23229255>

Heat dissipation sensor	229-L		0 - 2500 kPa
Electrical resistance sensor	Watermark Model 200SS		0 - 200 kPa

Classification	Model	Image	Measuring range
Tensiometers	Model SR		0 - 100 kPa
	Model LT		0 - 40 kPa
	Tensio 153e		0 - 100 kPa
	Teros 32		0 - 85 kPa
Capacitance sensors	TensioMark		1 - 1,000,000 kPa
	Teros 21		9 - 2000 kPa
	Teros 21 Gen 2		5 - 100,000 kPa
	EQ-3		0 - 1000 kPa

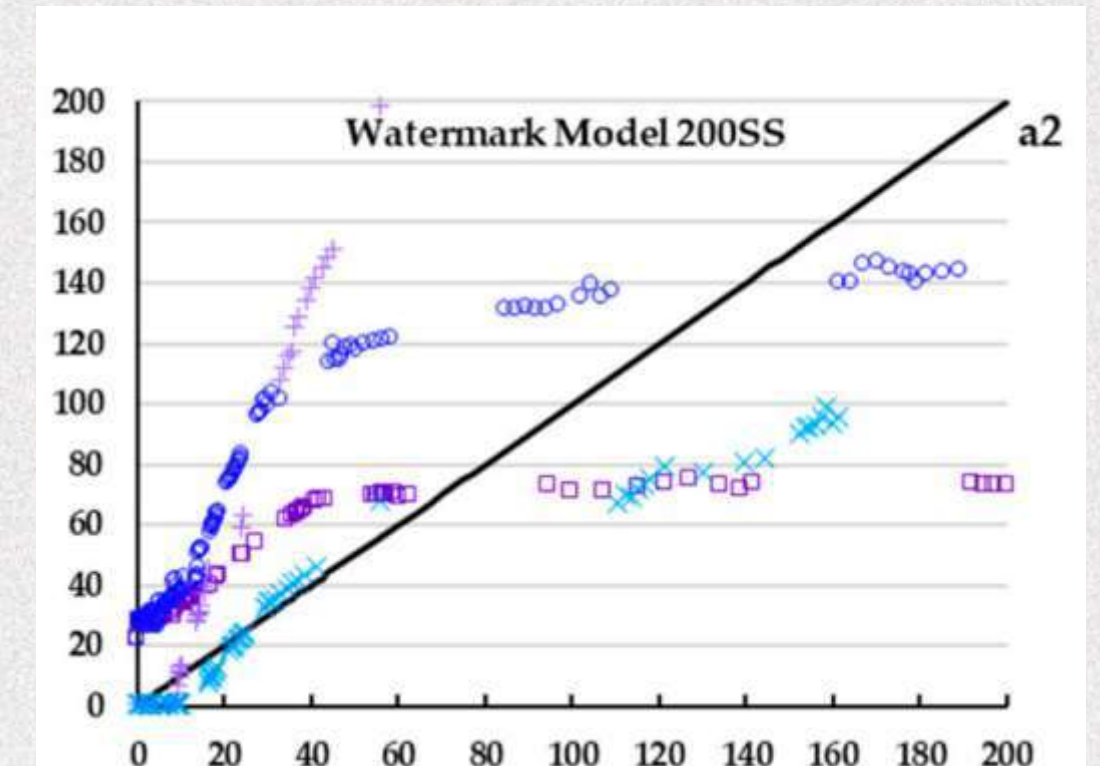
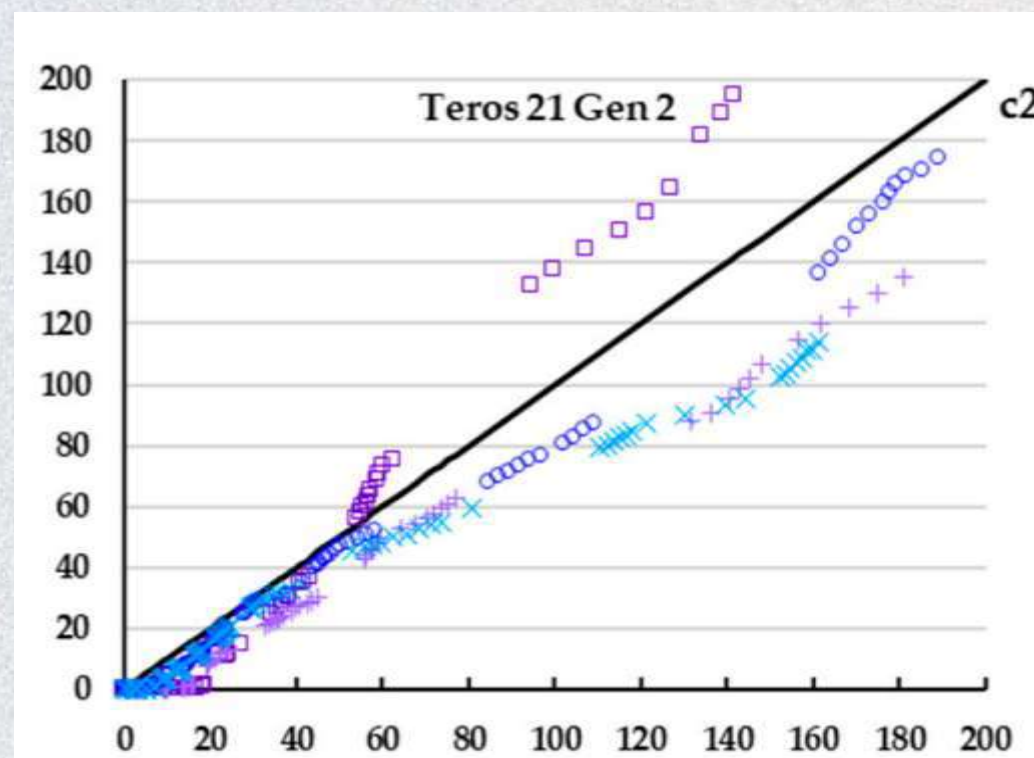
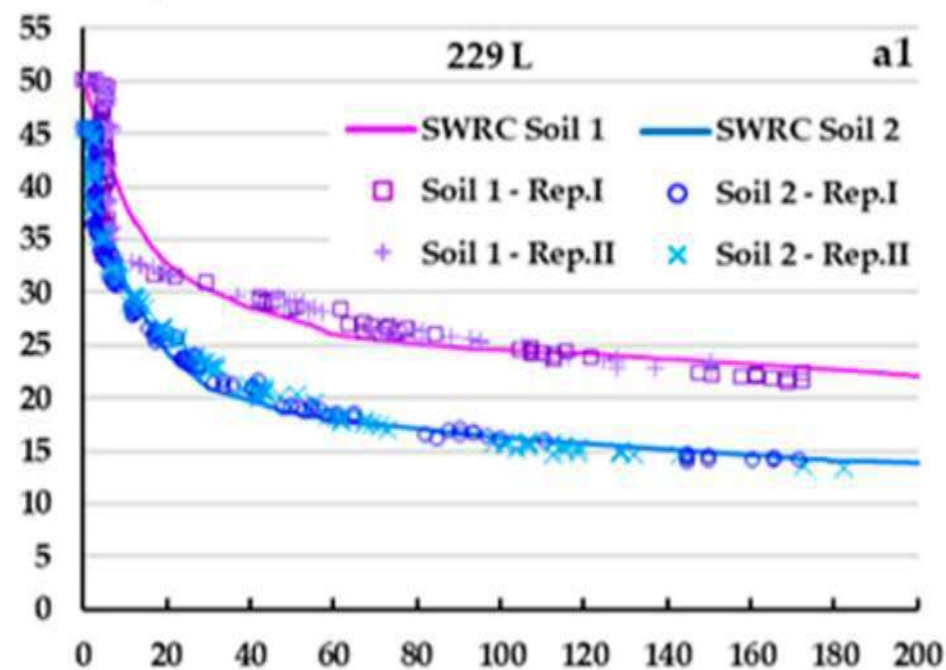
Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Potencial Hídrico

Diferente respuesta en zonas de trabajo (Rango agronómico 0-100kPa)

a) Heat dissipation sensor and electrical resistance sensor



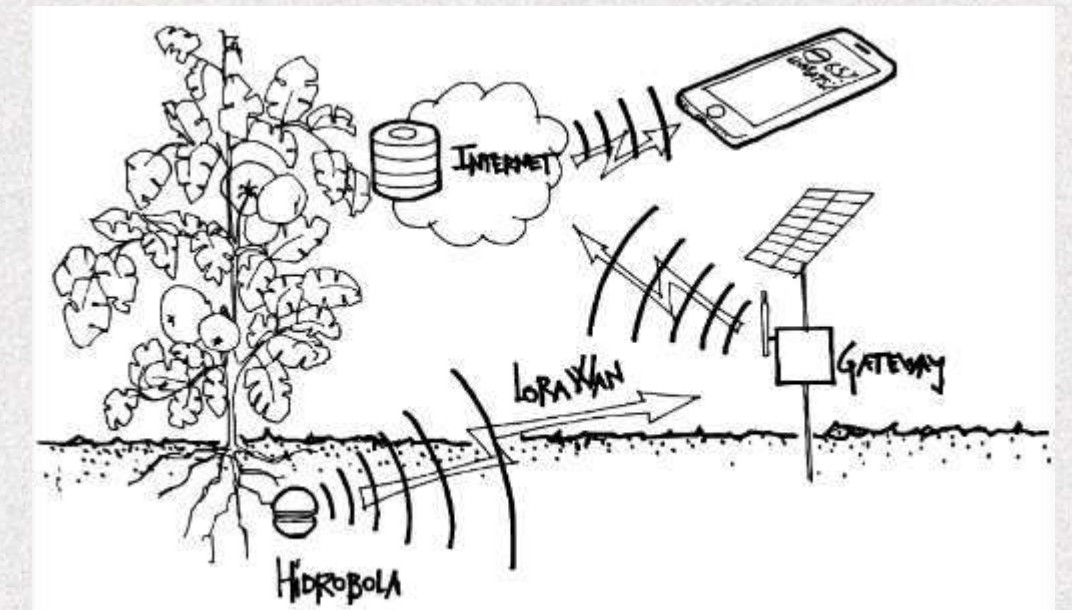
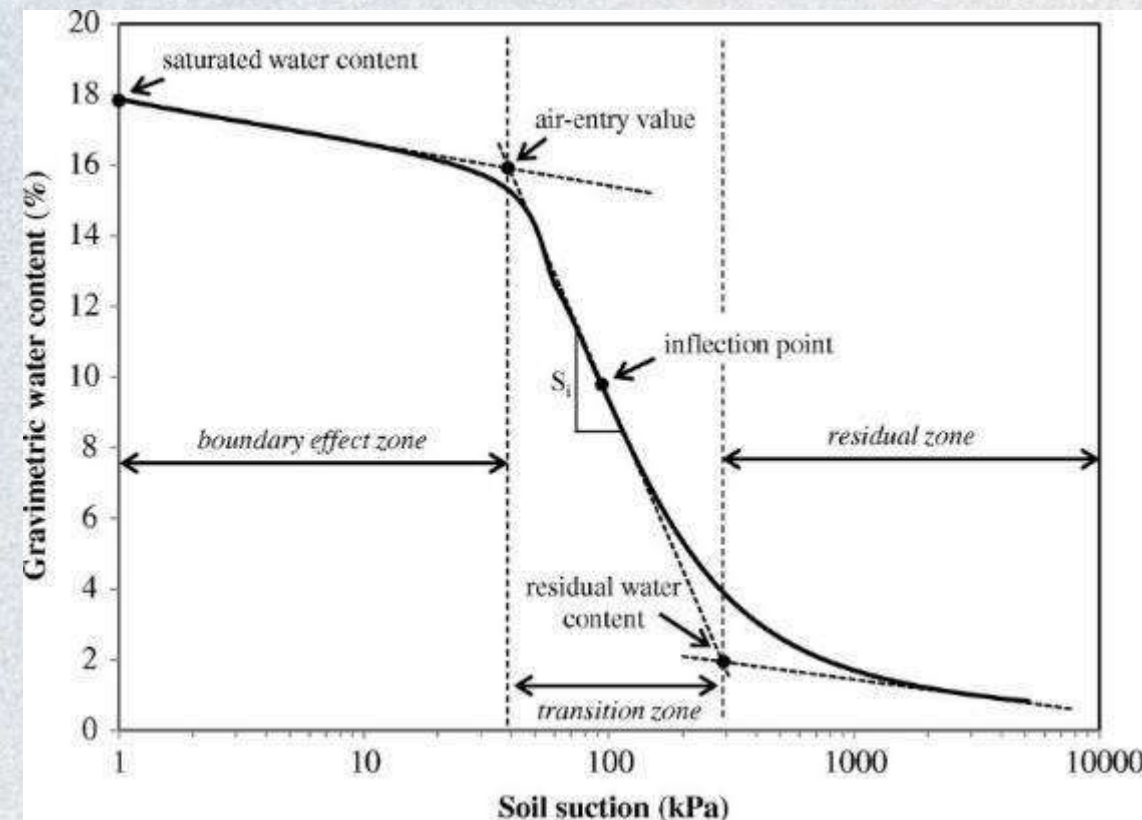
Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Nueva Sonda de Humedad Dual



<https://www.denodl.com/>



Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Experiencias



Foto: Luís Miguel Arregui

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

Sensorización: Sondas de humedad

Experiencias



Evaluar la práctica de riego en maíz

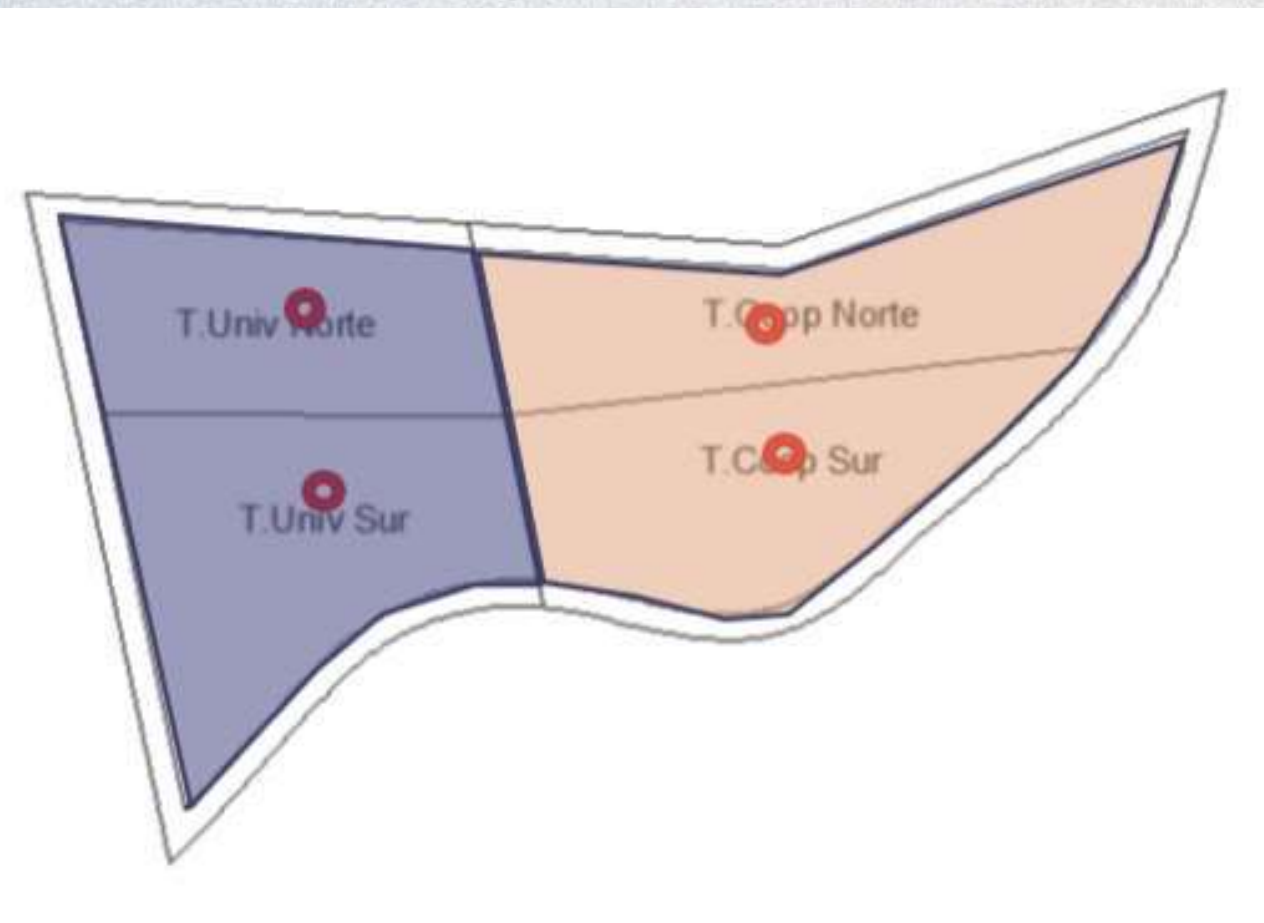
Preguntas:

- ¿Consumo de agua ajustado?
- ¿Rendimiento óptimo según el riego?
- ¿Profundidad radicular de trabajo?
- ¿Inicio de extracción de agua de forma significativa?
- ¿Fin de extracción de agua de forma significativa?
- ¿Ha habido déficit de agua?
- ¿Ha habido exceso de agua?

Experimentación estrategias de riego en maíz, con sondas de humedad

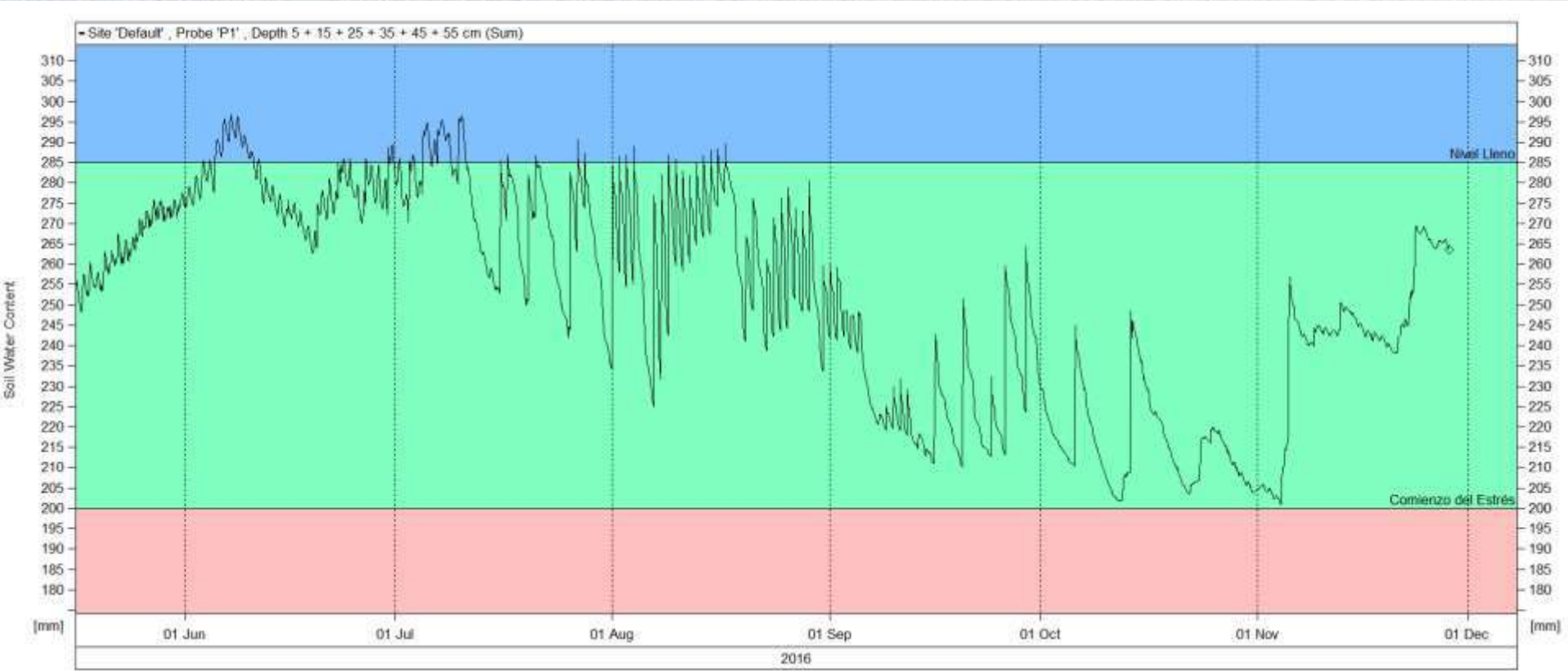
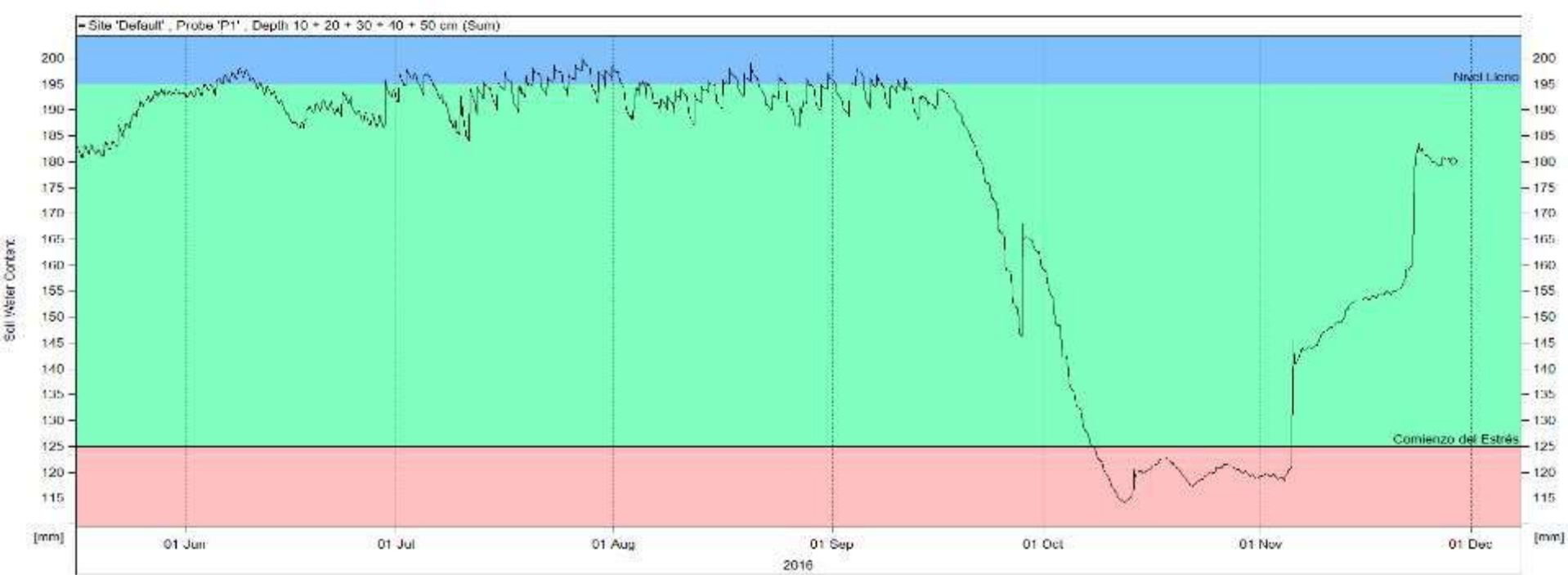
Situación de la parcela y tratamientos

Experiencias



Experimentación estrategias de riego en maíz, con sondas de humedad

Dinámica del Agua

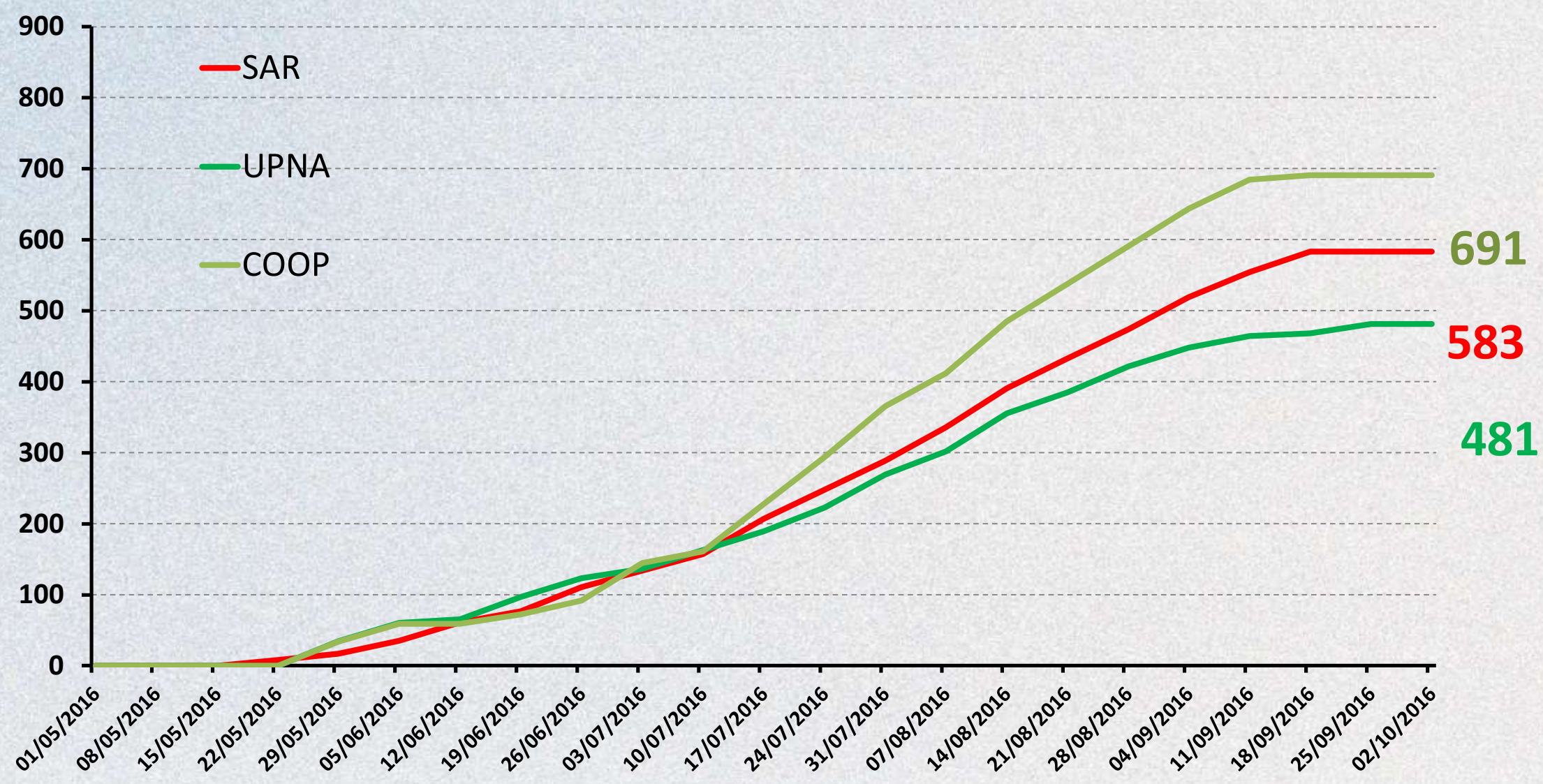


Experiencias



Experimentación estrategias de riego en maíz, con sondas de humedad

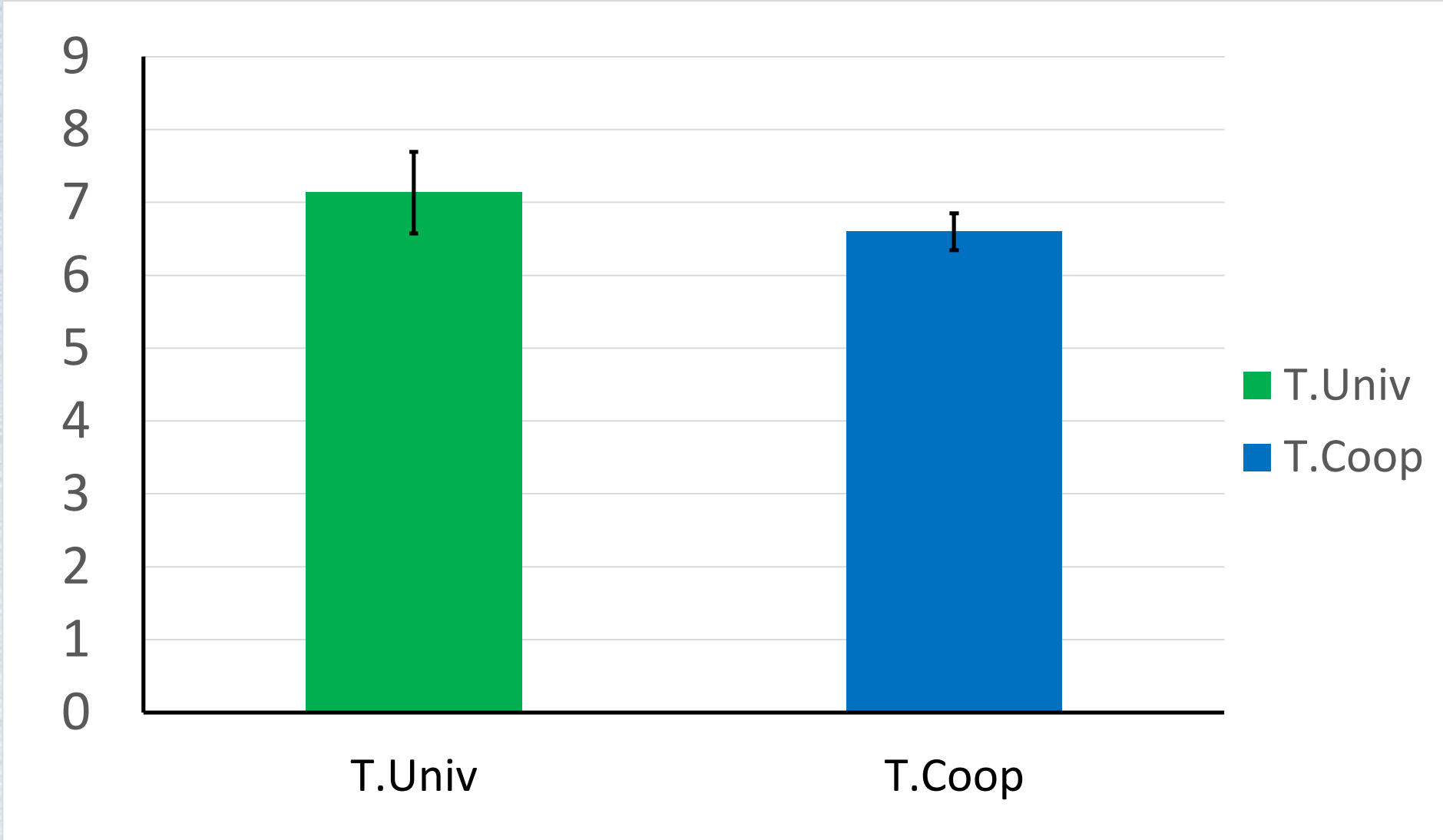
Consumo de agua acumulado (mm)



<https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/24109>

Experimentación estrategias de riego en maíz, con sondas de humedad

Producción (Kg /zona muestra 3.6m²)



<https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/24109>

Experimentación estrategias de riego en maíz, con sondas de humedad

Conclusiones

- Exceso de agua en julio y agosto que no repercute en rendimiento
- Programación de riego correcta en base a los sensores de humedad.
- Los sensores de humedad pueden ser herramientas de ayuda para la gestión final del riego pensando en la entrada de maquinaria pesada

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

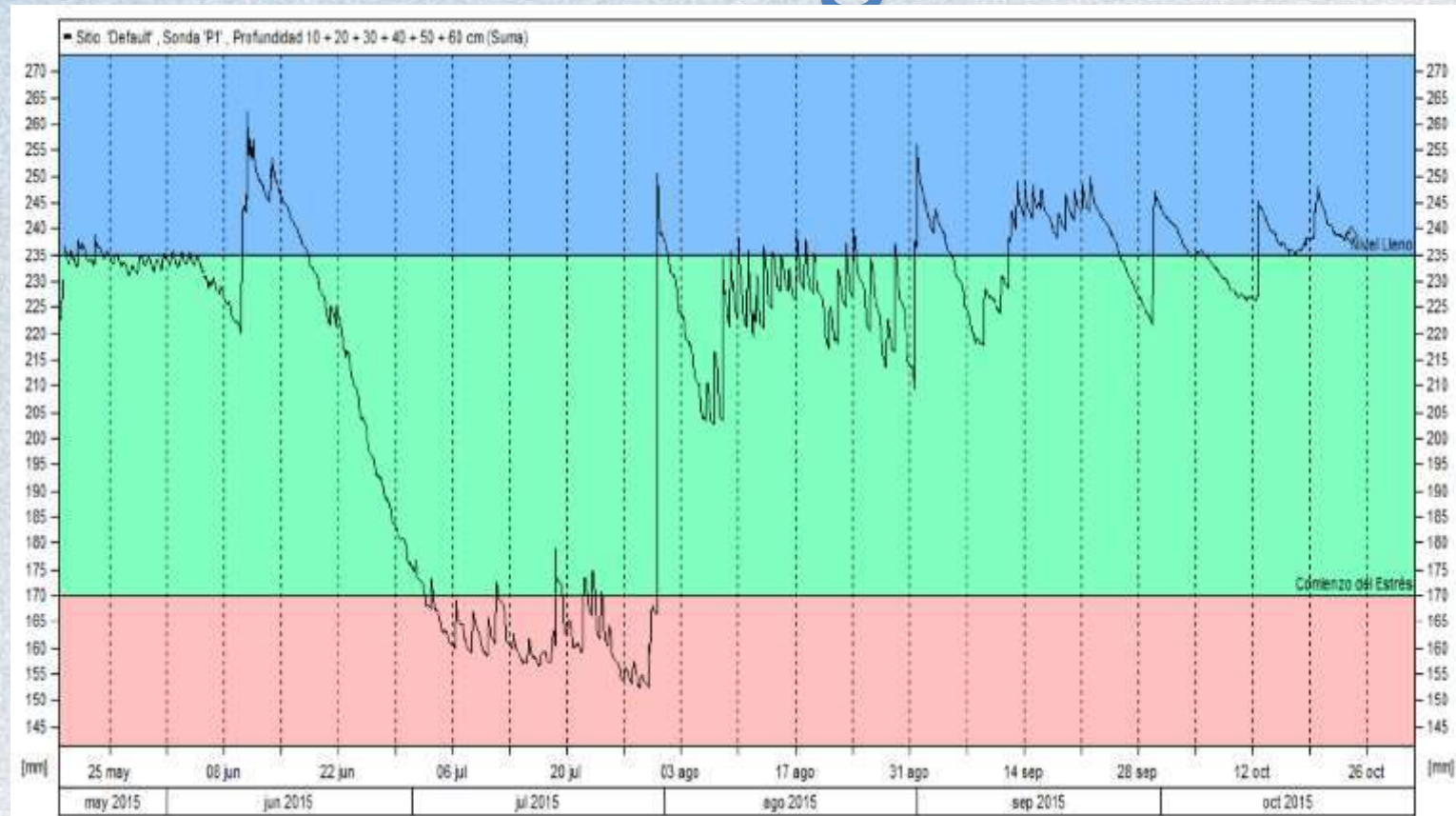
Sensorización: Sondas de humedad

Experiencias

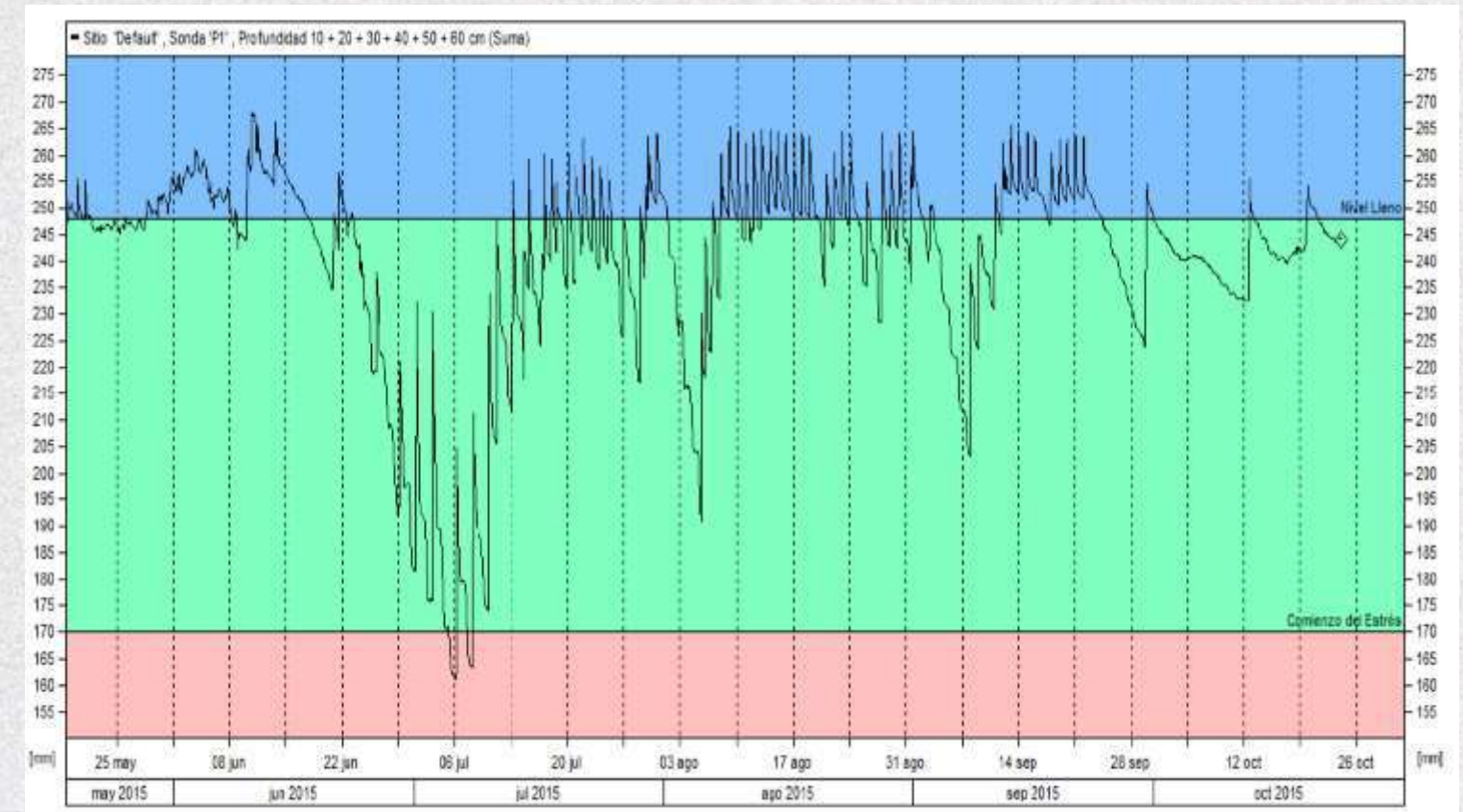


Mismo tiempos de riego, en parcela de maíz con pendiente

Dinámica del agua



Cerro

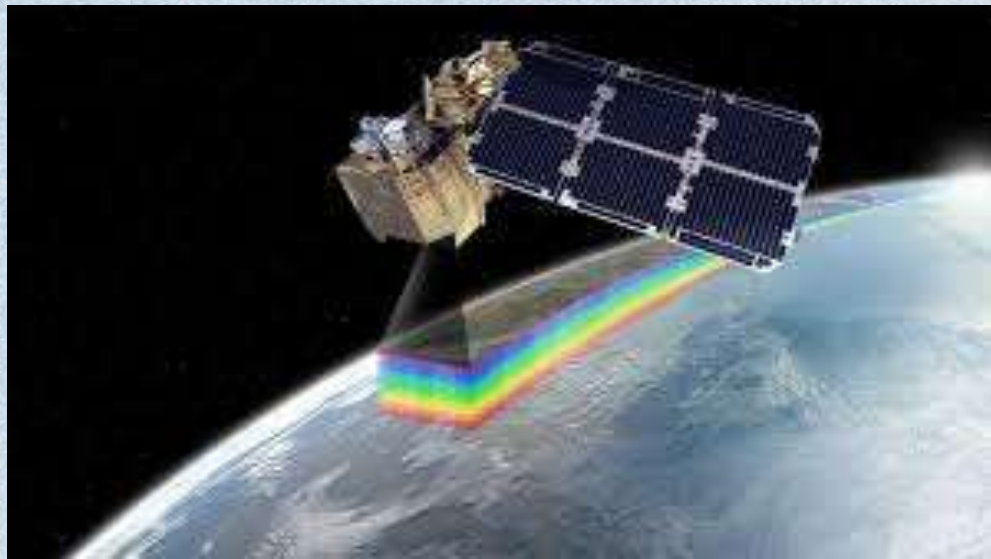


Vaguada

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

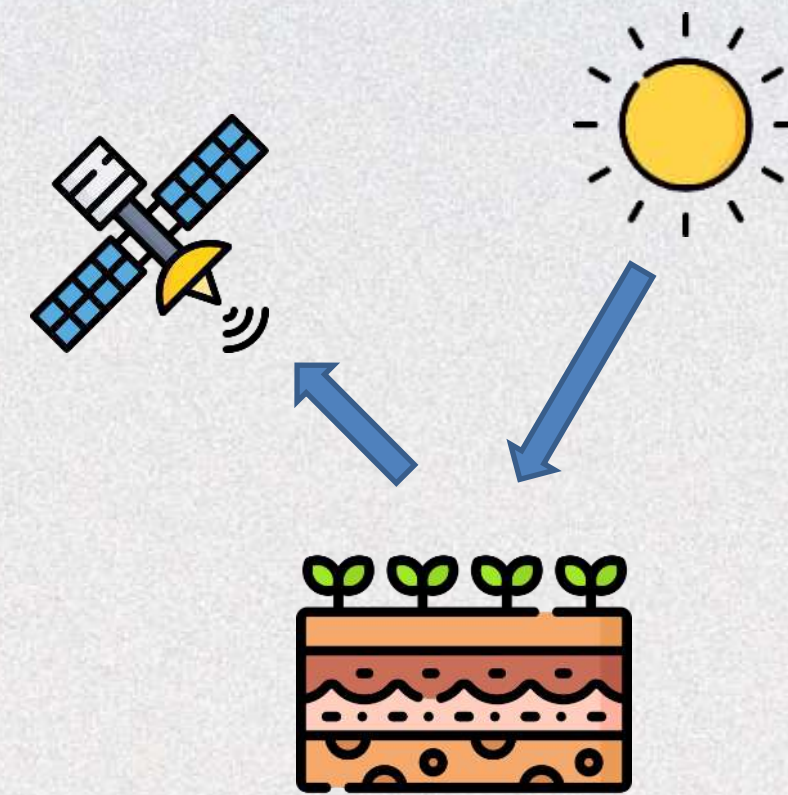
1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. Sensórica: Sondas de humedad
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

Estimación espacial del contenido de humedad



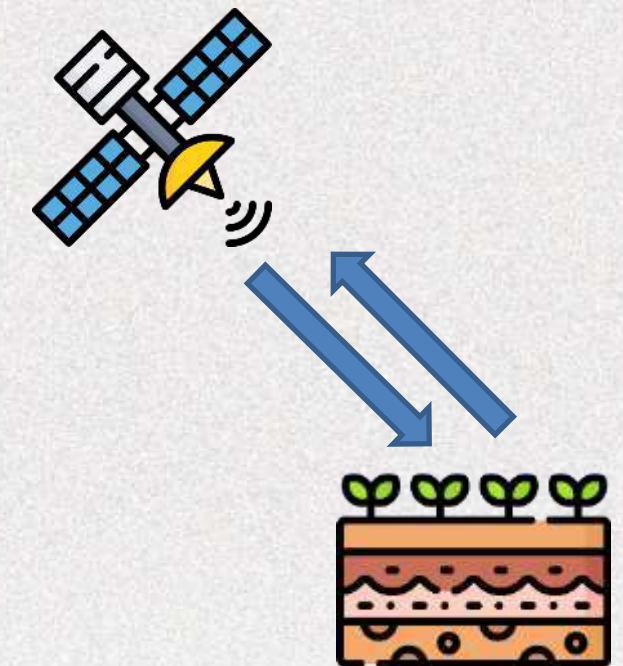
Teledetección pasiva

La mission Sentinel 2 está compuesta por 2 satelites gemelos (S2A y S2B), con una resolución temporal de 5 días y resolución espacial de 10m, 20m y 60 m

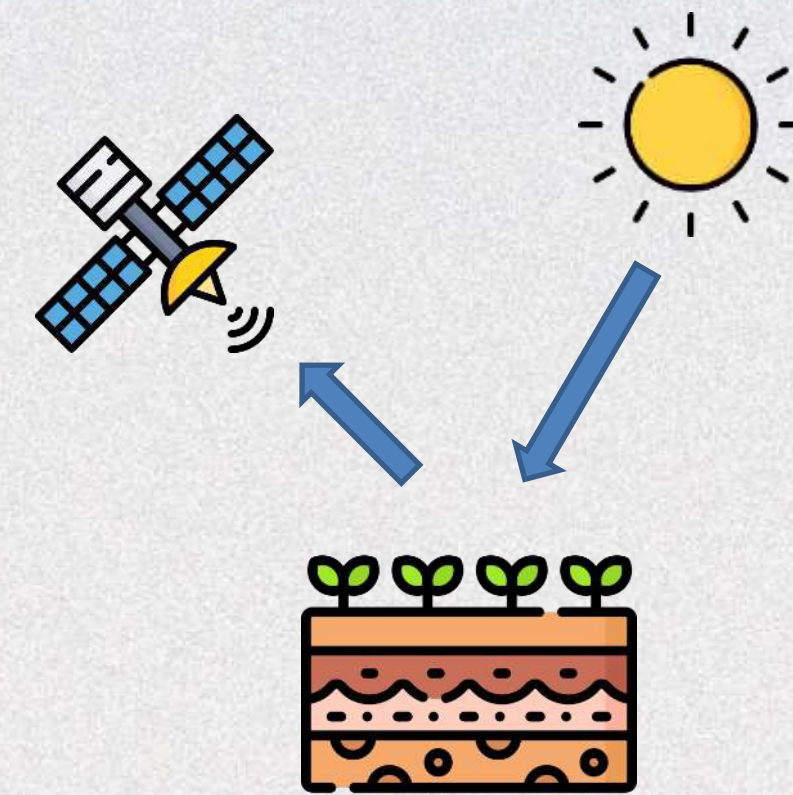


Teledetección activa

La mission Sentinel 1 está compuesta por 2 satelites gemelos (S1A y S2B), con una resolución temporal de 6 días y resolución espacial de 20m



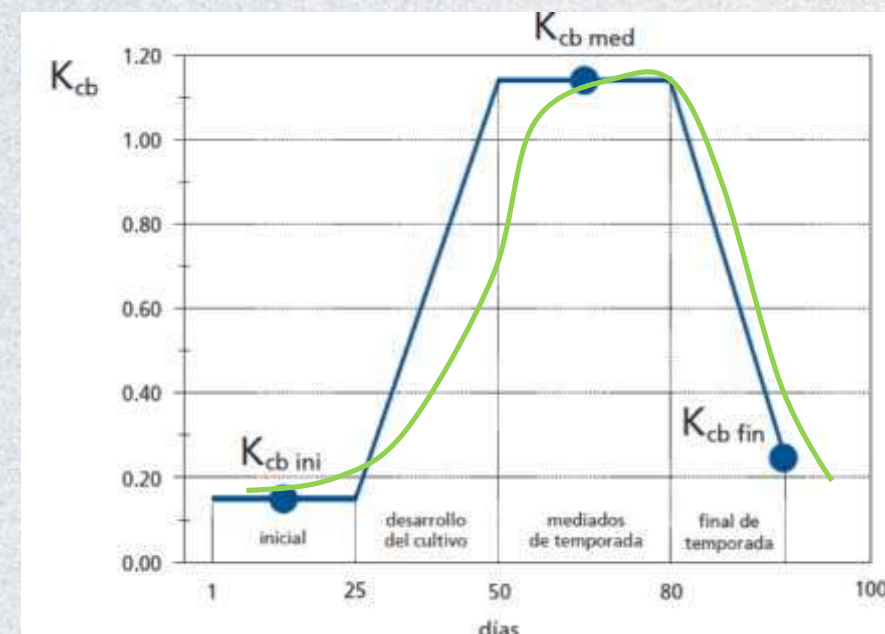
Estimación espacial del contenido de humedad



Teledetección pasiva

La misión Sentinel 2 está compuesta por 2 satélites gemelos (S2A y S2B), con una resolución temporal de 5 días y resolución espacial de 10m, 20m y 60 m

$$ET_c = K_c * ET_o$$



$$K_c = 1.25 \text{ NDVI} + 0.1 \quad (\text{Cuesta et al. 2005})$$

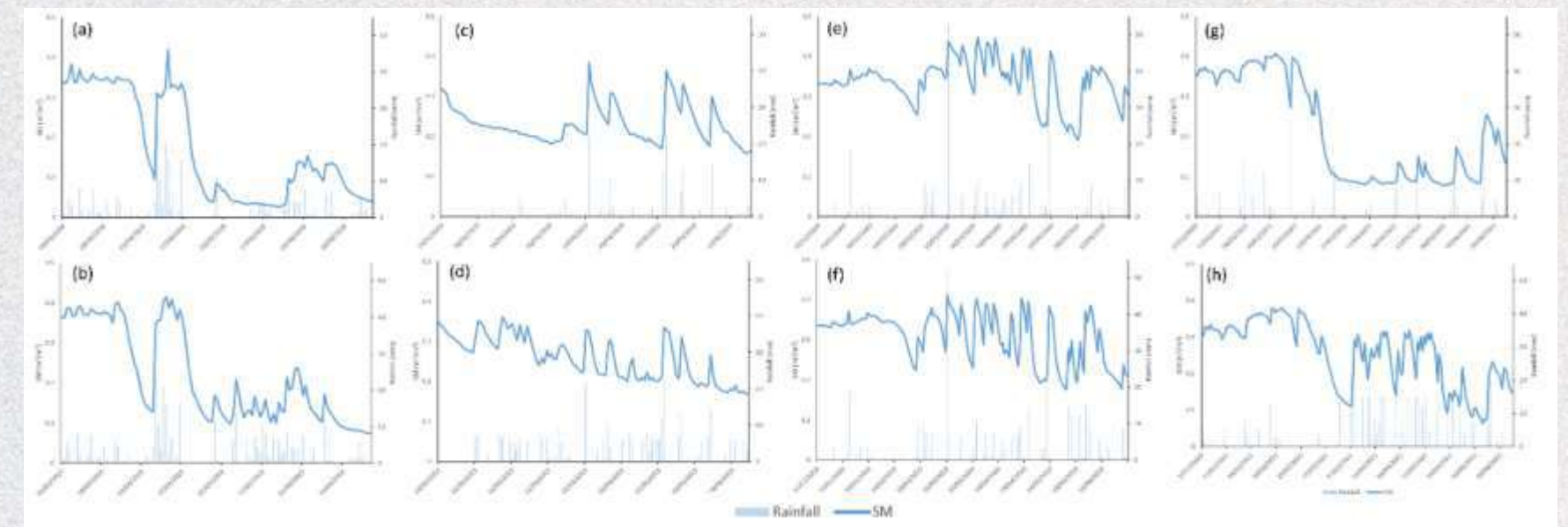
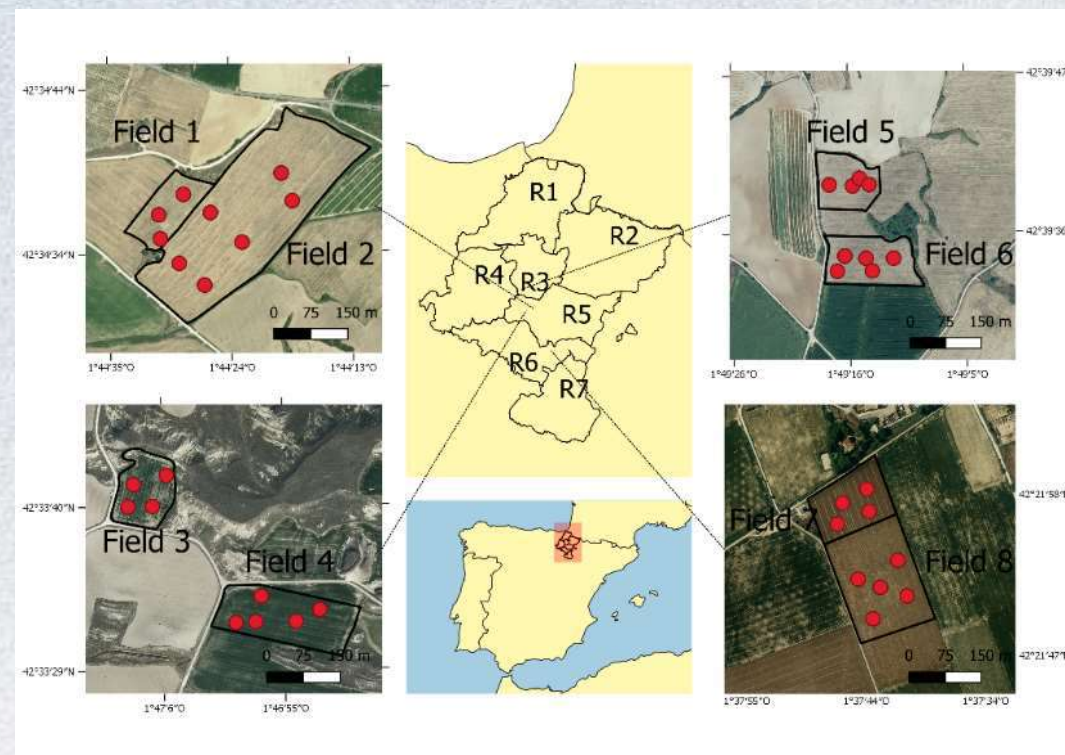
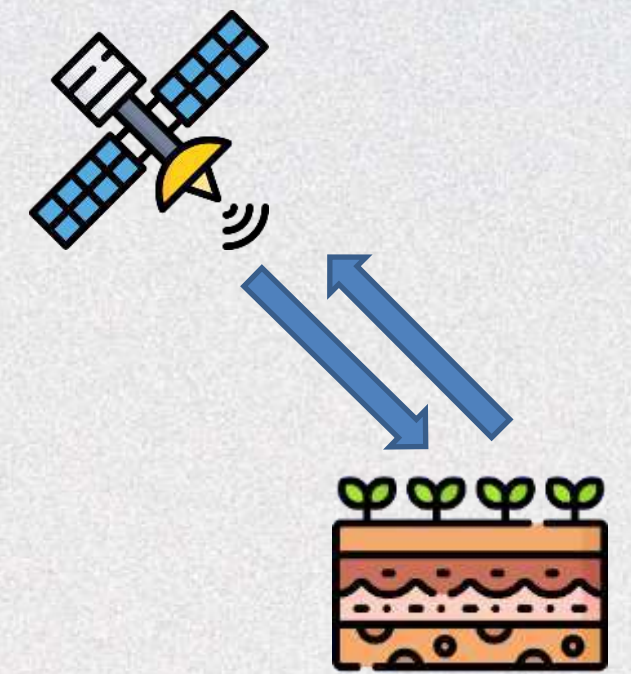
https://www.mapa.gob.es/images/va/riegoteledeteccionysiarencultivos_acaleraetal2016_30_nov_tcm39-131690.pdf

Estimación espacial del contenido de humedad



Teledetección activa

La misión Sentinel 1 está compuesta por 2 satélites gemelos (S1A y S2B), con una resolución temporal de 6 días y resolución espacial de 20m

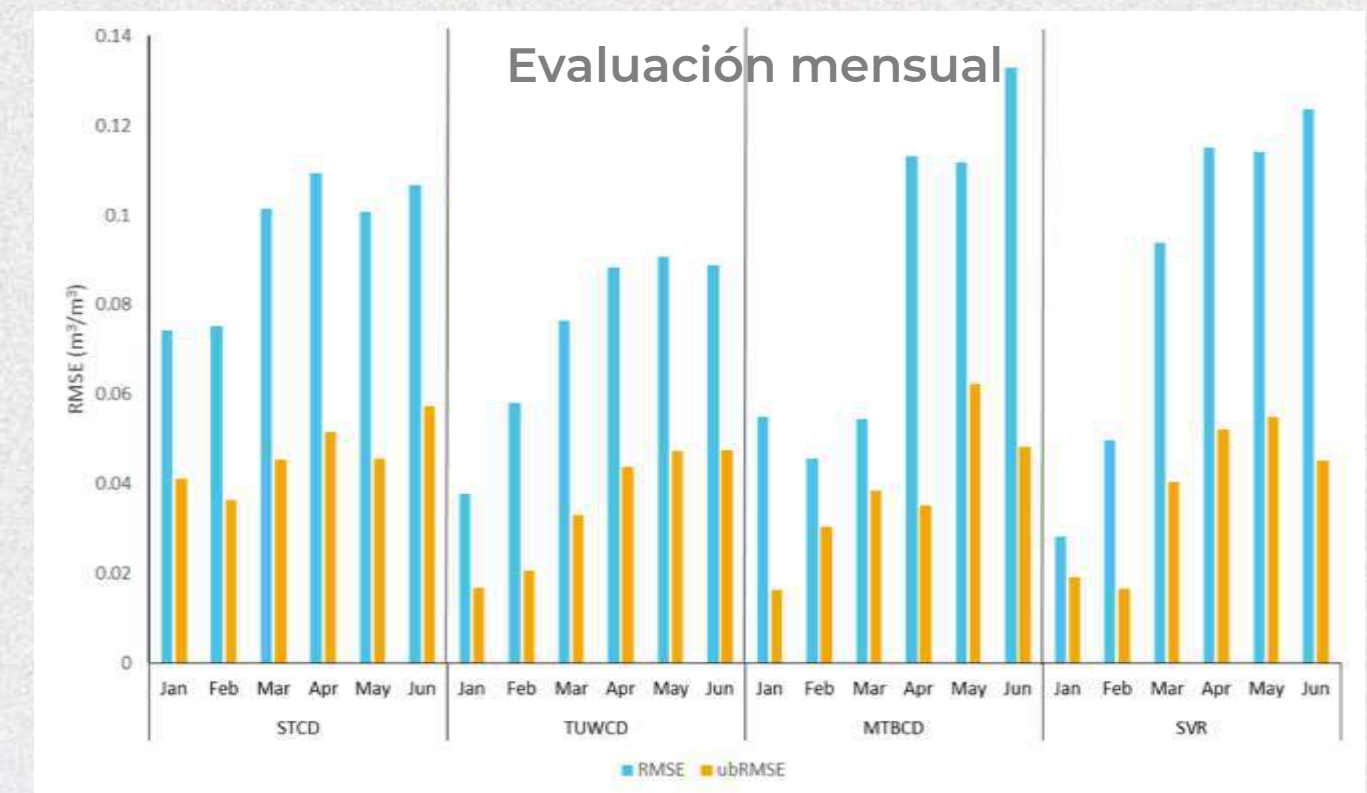
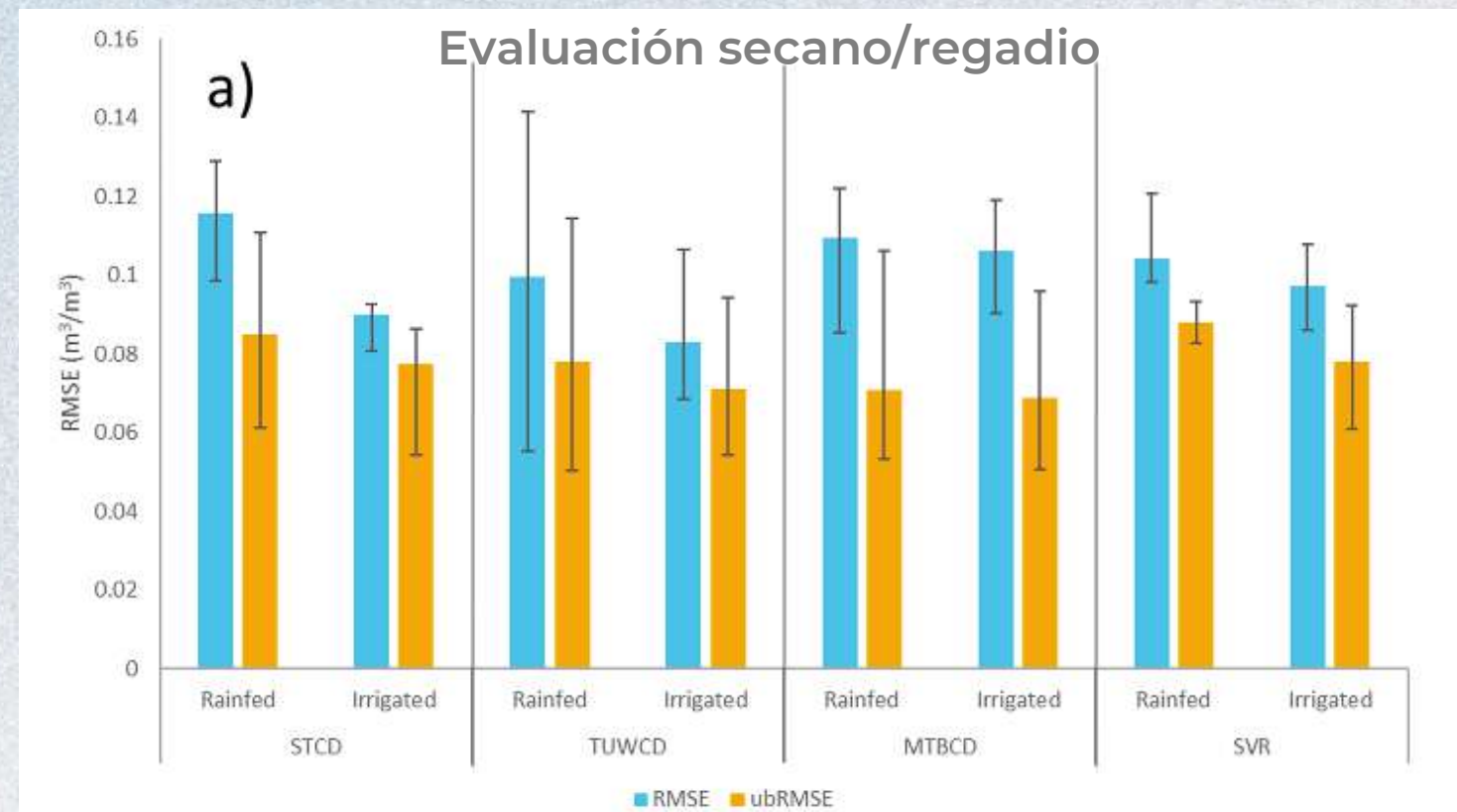
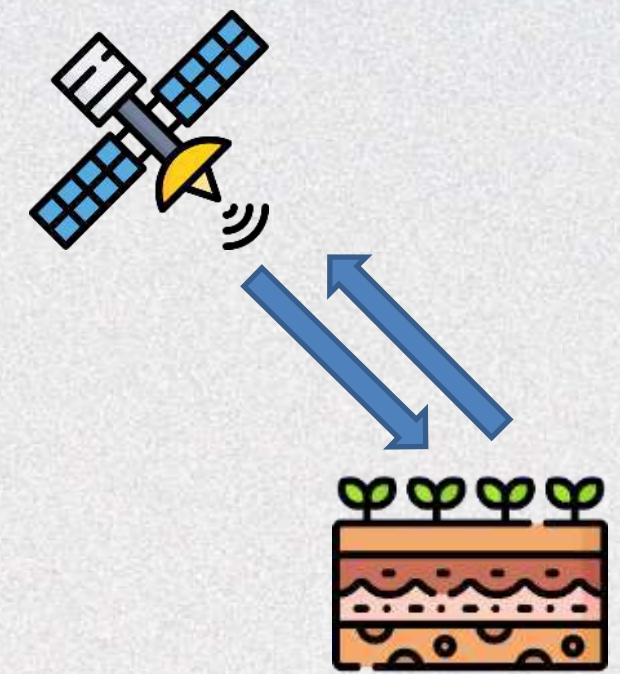


Humedad(%) media diaria a 10 cm de profundidad (líneas) y precipitaciones y riego diarios (barras) para los ocho campos de ensayo. Los campos de la fila superior fueron de secano y los de la fila inferior de regadío.

Estimación espacial del contenido de humedad

Se evaluaron 4 metodologías para estimar la humedad superficial (10cm)

- a) Short Term Change Detection (STCD)
- b) TU Wien Change Detection Model (TUWCD)
- c) Multitemporal Bayesian Change Detection approach (MTBCD)
- d) Support Vector Regression (SVR)



<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108422>

Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Optimización del riego

1. Transformación digital
2. Introducción el agua en el suelo
3. Sensórica: Sondas de humedad
4. Estimación espacial del contenido de humedad
5. Riego de precision, redefiniendo el sector de riego

Riego de precisión, redefiniendo el sector de riego

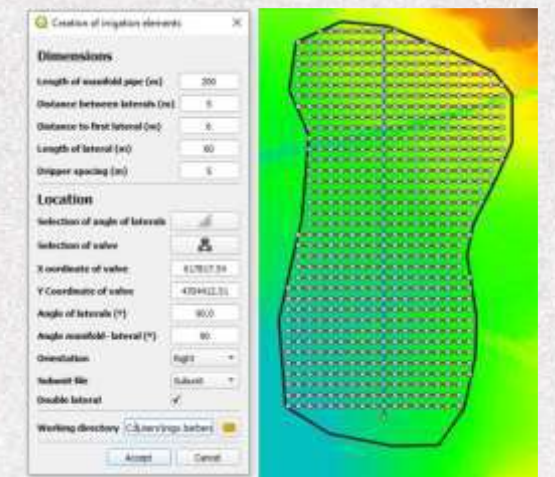
Riego de precisión

Zonificación de Sectores

Dentro de una misma parcela hay **suelos diferentes** y actualmente se sectoriza de forma **homogénea**.

Metodología de diseño de los sectores de riego multifactorial (topografía, características del suelo, condiciones meteorológicas locales y las prácticas de gestión).

Diseño hidráulico



El futuro: generación y captación de talento



<https://sustagri-em.eu/>



upna

utad

UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO



Nuevas tecnologías para una
agricultura sostenible

Associated Partners



DIH-LEAF



iRiego



revista
CAMPO
.es

revistacampo.es

IV CONGRESO NACIONAL DE

regadíos

de aguas subterráneas

GRACIAS



miguel.campo@unavarra.es



LUGAR:

ESPACIO LA GRANJA, **VALLADOLID**



DIPUTACIÓN DE VALLADOLID

revista**CAMPO**.es