

MÓDULO I: SEGUIMIENTO DE LA HUMEDAD, SALINIDAD Y NUTRIENTES EN EL SUELO

M^a Dolores Fernández Fernández

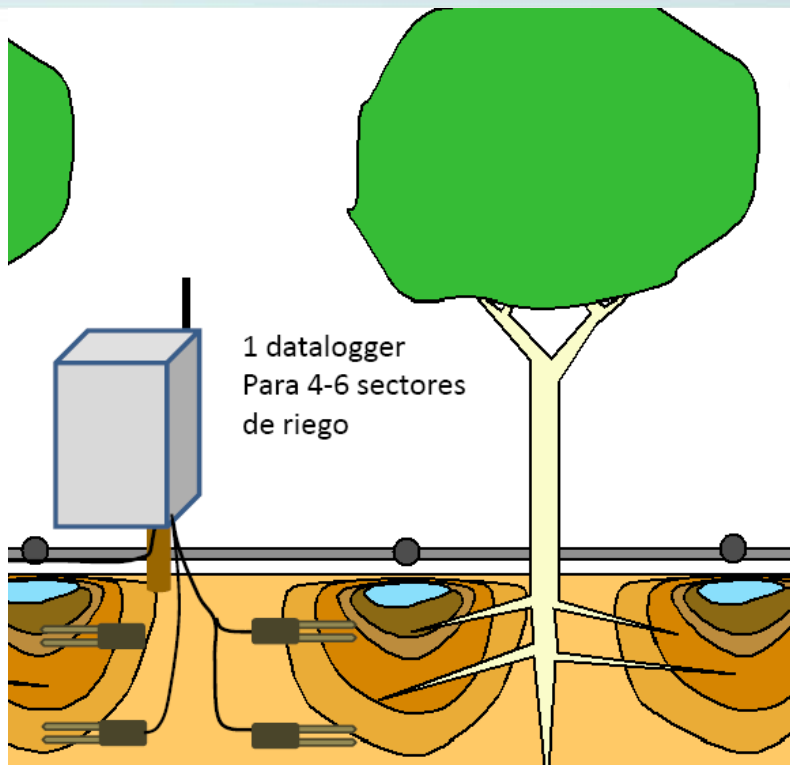


UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



Instituto Nacional de Investigación
y Tecnología Agraria y Alimentaria

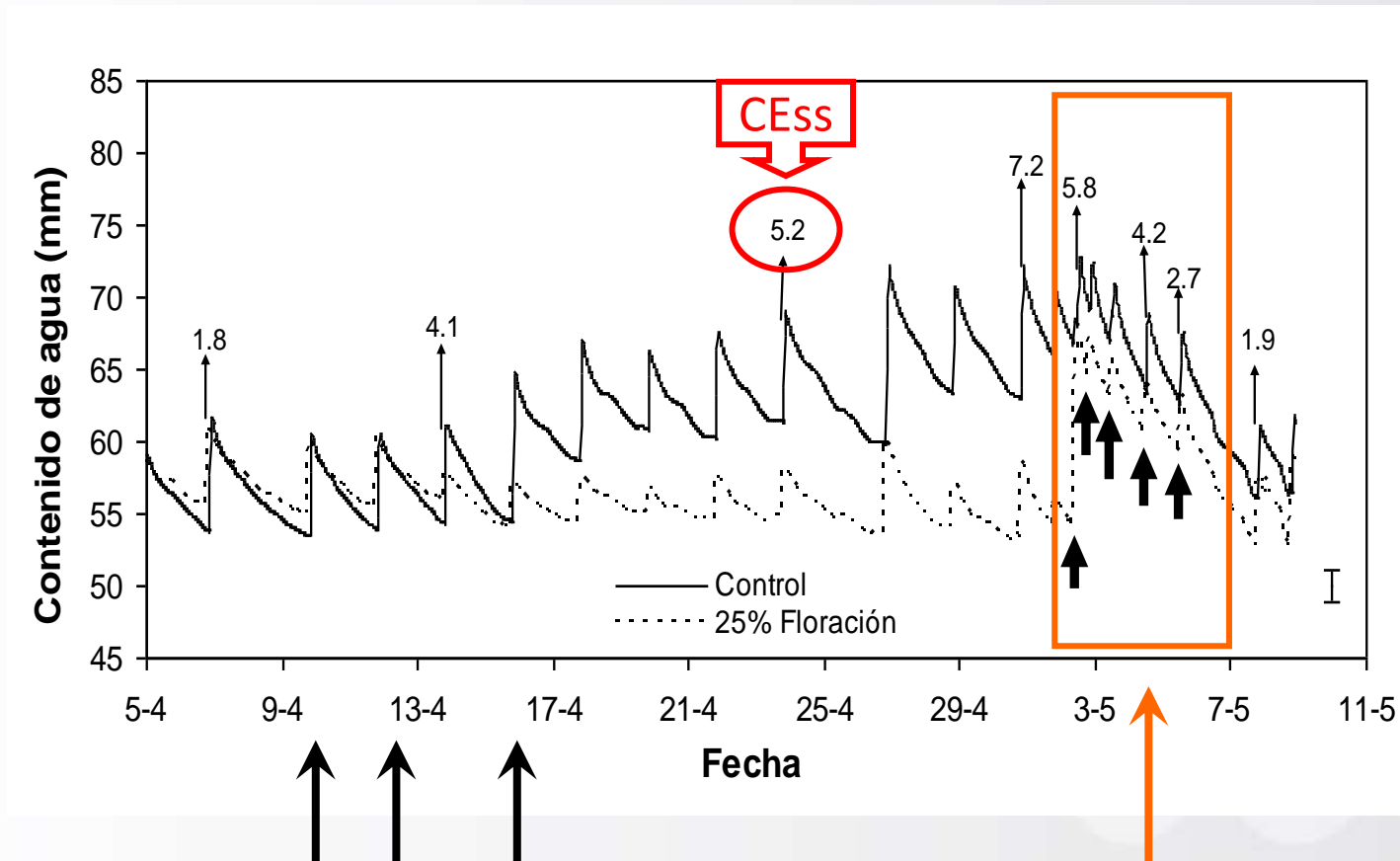
RTA2013-00045-C04-03



Manejo del riego por sensores:

- riesgo derivado de averías
- efecto de la variabilidad del suelo
- efecto de la salinidad sobre las medidas
- ubicación ideal, etc.
- falta de previsión de cuáles serán las necesidades de riego a medio plazo

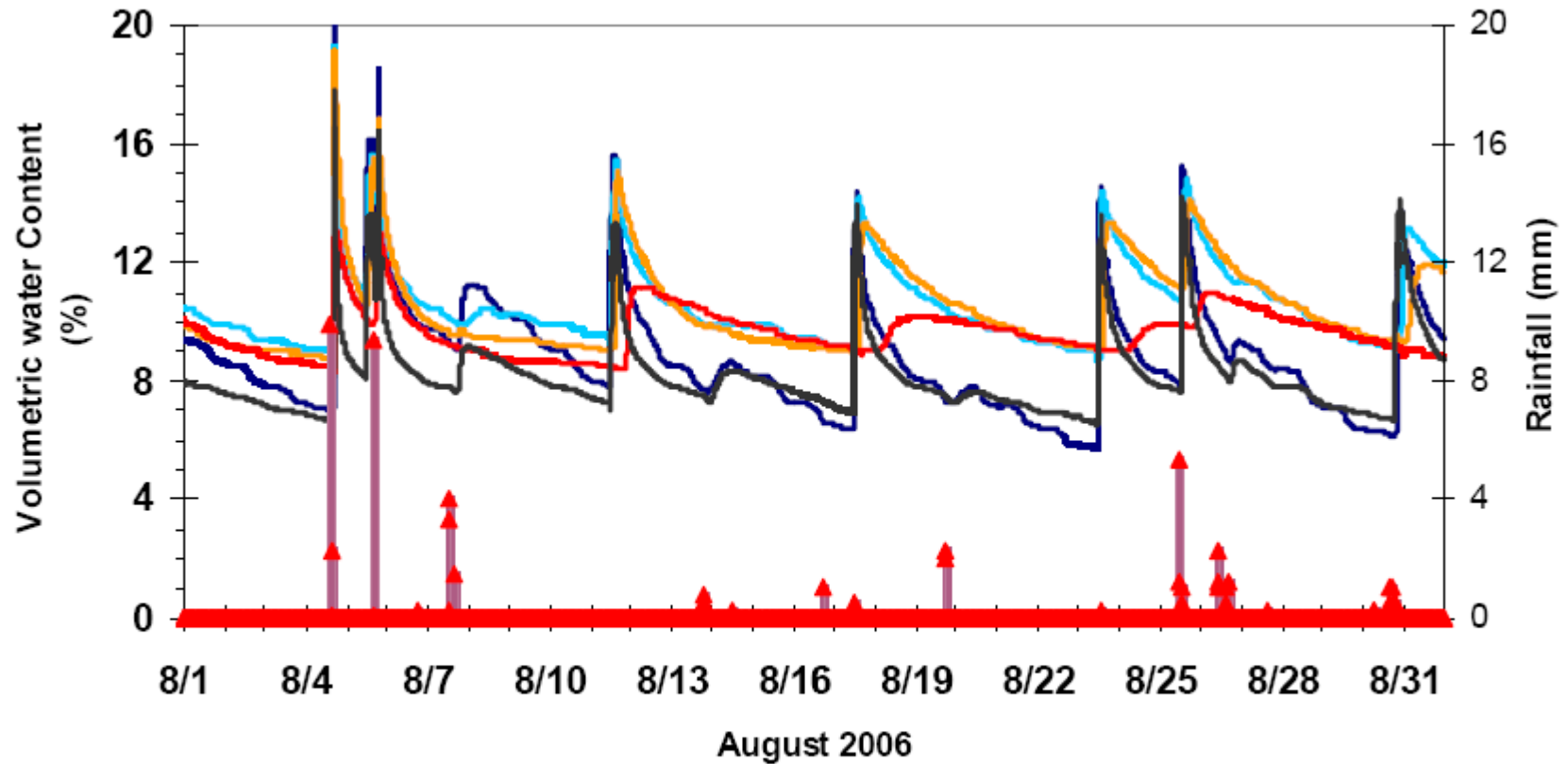
¿Estoy manejando bien el riego?



Riegos con CE alta

Riegos de lavado
CE=0,4 dS m⁻¹

INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS



- EC-5 15cm
- EC-5 30cm
- EC-5 45cm
- EC-5 90cm
- TE-5(WC) 15cm
- ▲ Rain (mm) 0

Fuente:

INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS



Fuente:

ELECCIÓN DE UN SENSOR:

- Principio de funcionamiento del sensor
- Curva de calibración del sensor (proporcionada por el fabricante)
- Variabilidad sensor-sensor (exactitud del sensor)
- Efecto de la temperatura y conductividad eléctrica



EL AGUA EN EL SUELO

Contenido de agua: cantidad de agua que en condiciones normales ocupa el espacio poroso del suelo

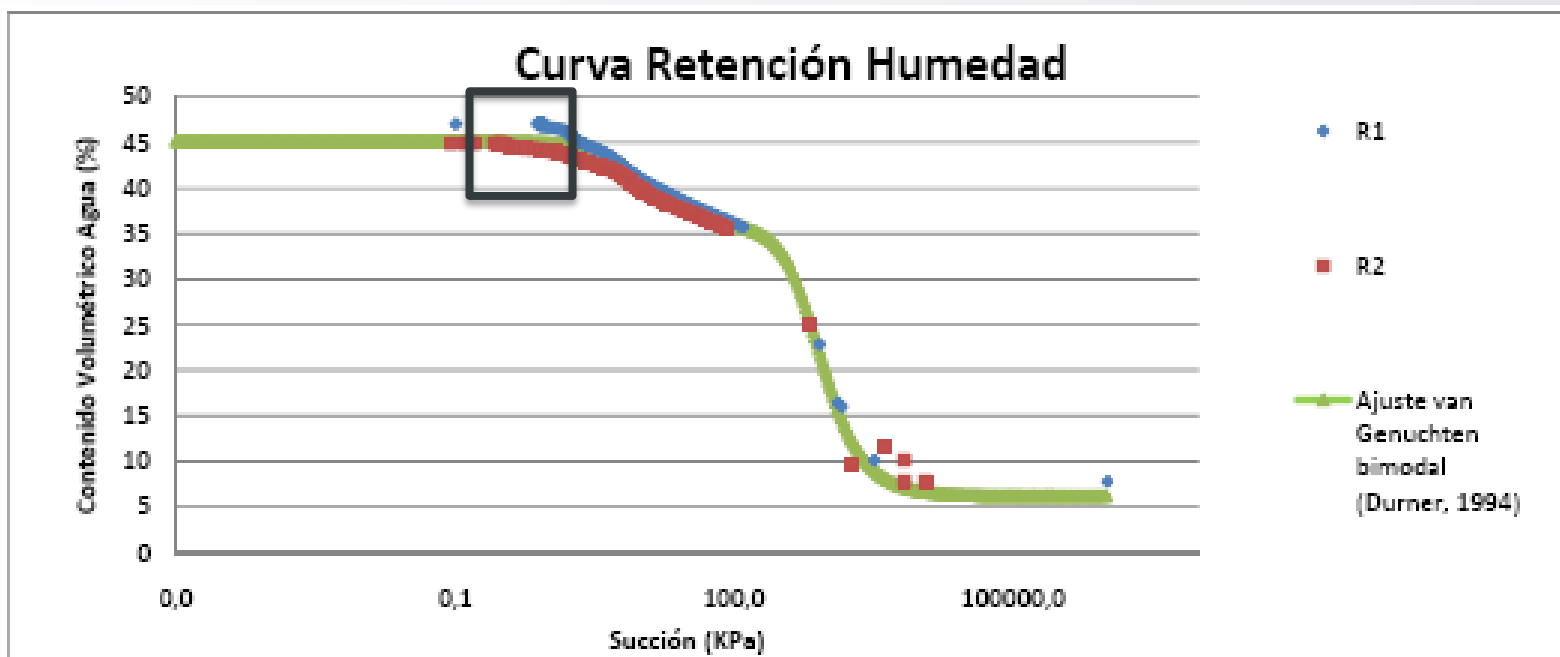
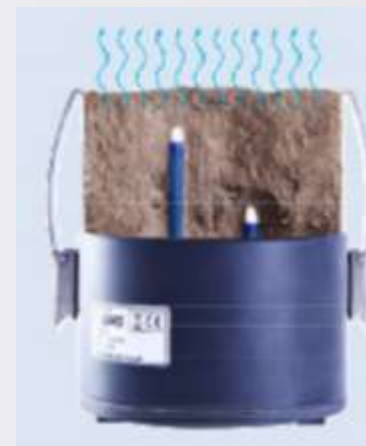
- humedad gravimétrica: masa de agua (suelo seco a 105°C)
- humedad volumétrica: volumen de suelo ocupado por un volumen de agua

Potencial: energía con la que el agua es retenida por el suelo

$$\psi_s = \psi_m + \psi_o$$

Potencial matricial: se debe a las fuerzas de atracción del agua por las superficies sólidas del suelo y a las fuerzas de atracción molecular entre las propias moléculas del agua

Potencial osmótico: se debe a las fuerzas de atracción que ejercen los solutos sobre las moléculas del disolvente



MEDIDA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

- Medida directa: Gravimetría



- Medida indirecta: se mide una propiedad relacionada con el contenido de agua (permitividad dieléctrica o constante dieléctrica)

- Técnica de reflectometría en el tiempo (TDR)
- Técnica de reflectometría de la frecuencia (FDR)



La permitividad (ϵ) está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico

ϵ

agua: 80

aire: 1

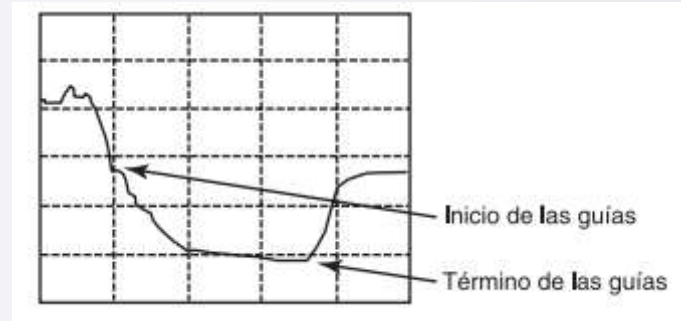
minerales: 3-7



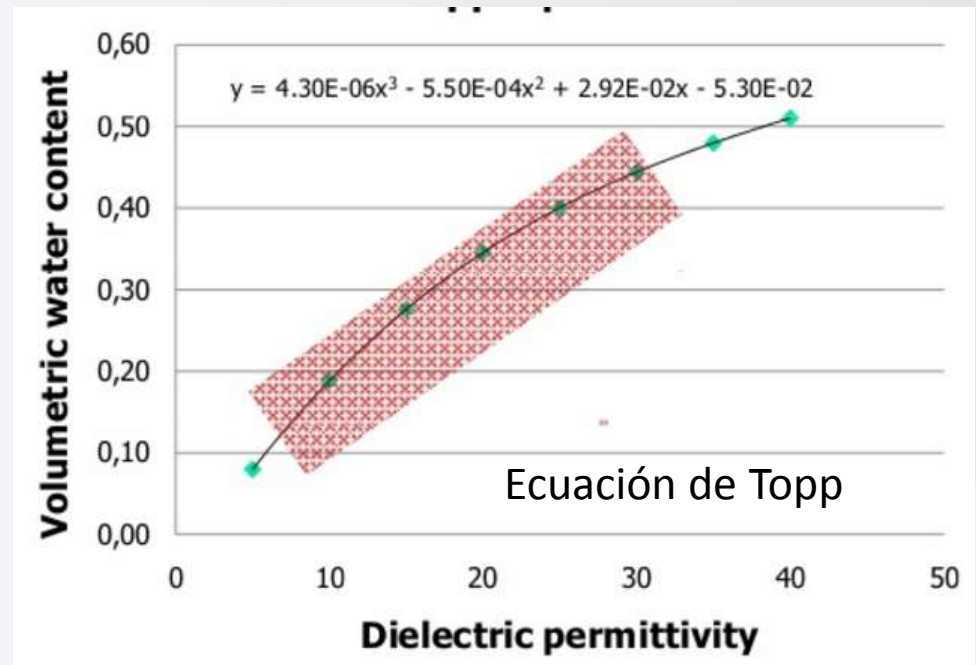
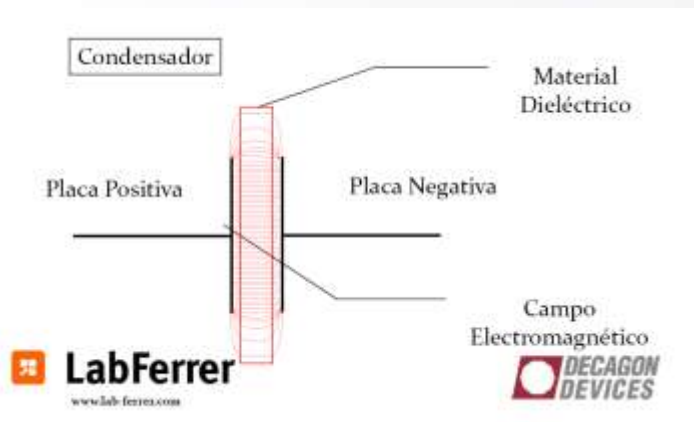
La variación del volumen de agua tiene gran repercusión en la permitividad



TDR: mide el tiempo que tarda un pulso electromagnético en recorrer un volumen de suelo dado.



FDR o Capacitivos: mide el tiempo de carga de un condensador, usando el suelo como dieléctrico.



Sensores TDR

Ventajas:

1. Poco sensible a la textura
2. Muy preciso
3. Poca sensibilidad a los cambios de CE y temperatura sí son leves o moderados

Inconvenientes:

1. alto coste
2. se utilizan poco en la programación de riegos
3. presenta problemas en suelos con alto contenido en materia orgánica y suelos de textura fina.
4. Sensible a la falta de contacto suelo-sensor



TDR (*Time Domain Reflectometry*)



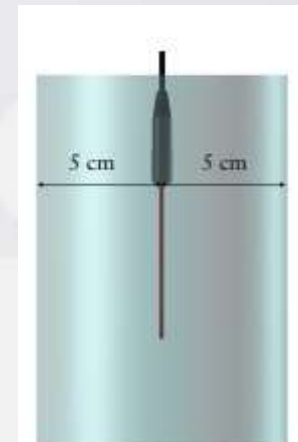
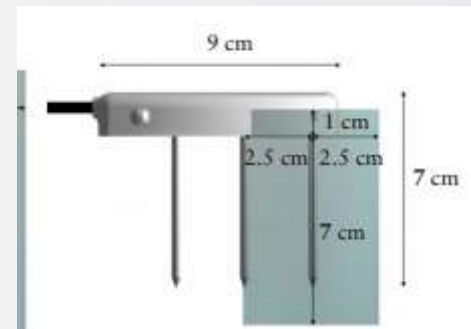
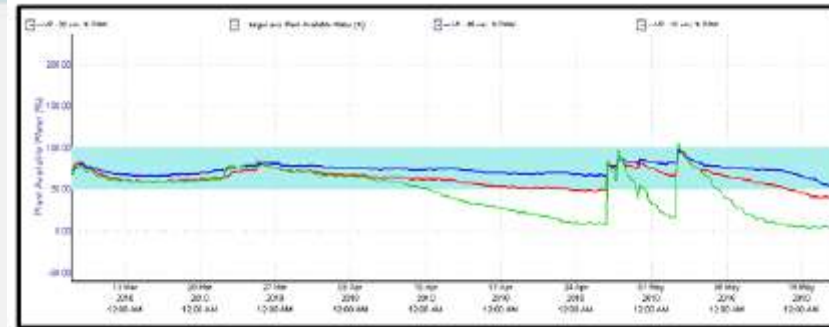
Sensores FDR ó Capacitivos

Ventajas:

1. Bajo coste
2. Mayor uso en programación de riegos
3. Necesitan un lector sencillo

Inconvenientes:

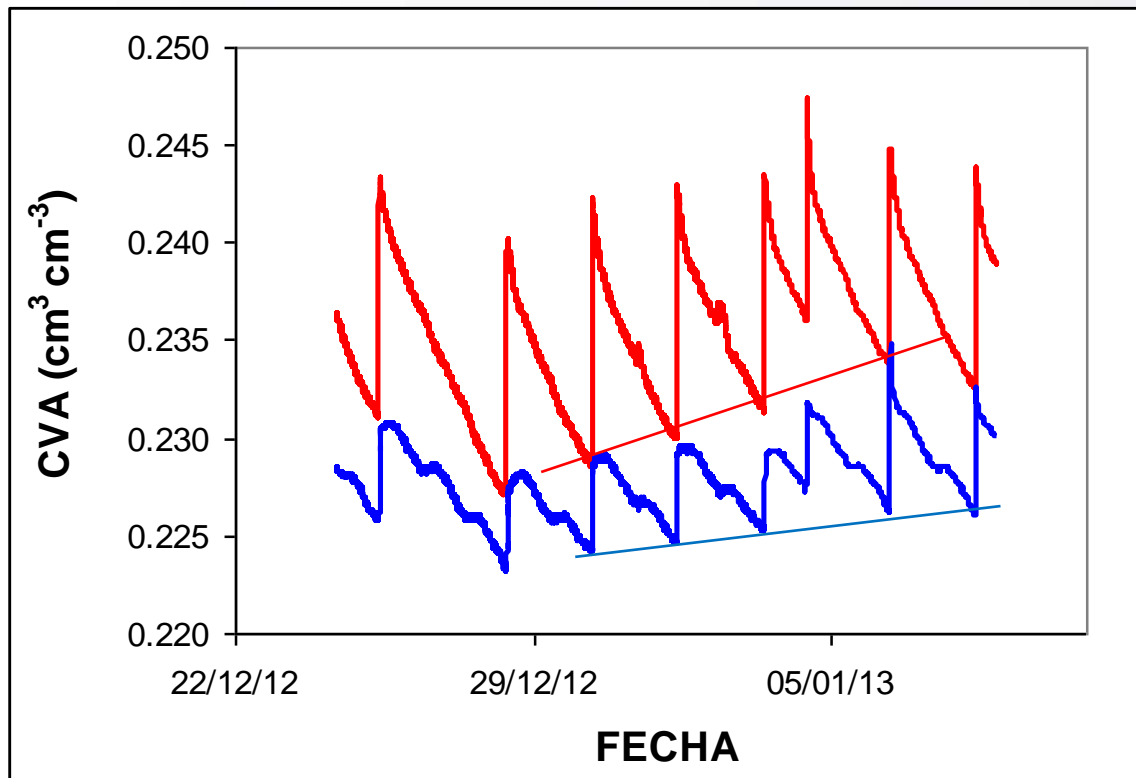
1. Más sensibles a los cambios de textura y fluctuaciones de temperatura
2. En algunos casos hay que cavar un hoyo
3. Afectados por salinidad y temperatura
4. Sensibles a la presencia de aire en la zona de contacto suelo-sensor



Sensores dieléctricos (TDR y CAPACITIVOS)

La variación del volumen de un componente (agua, aire, suelo/sustrato) cambia la permitividad

Los valores absolutos están muy afectados por variabilidad del medio



ϵ

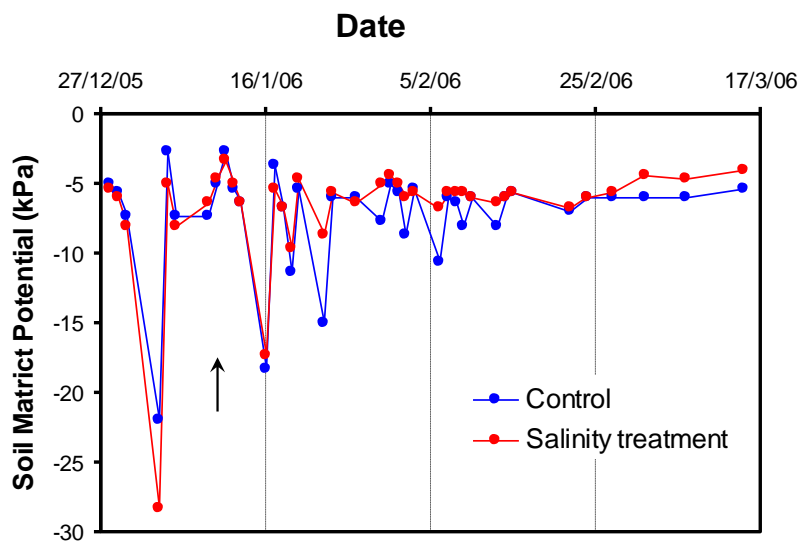
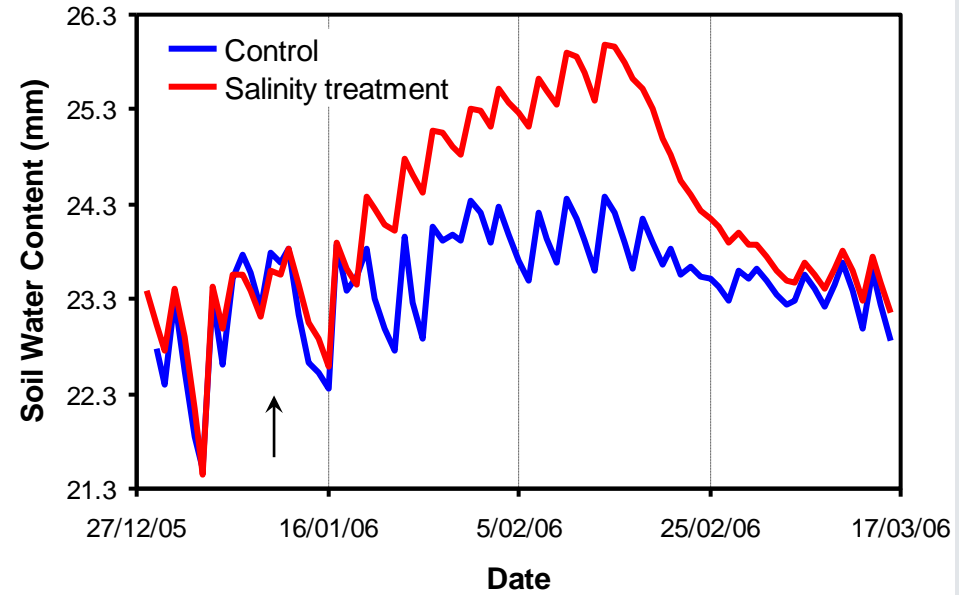
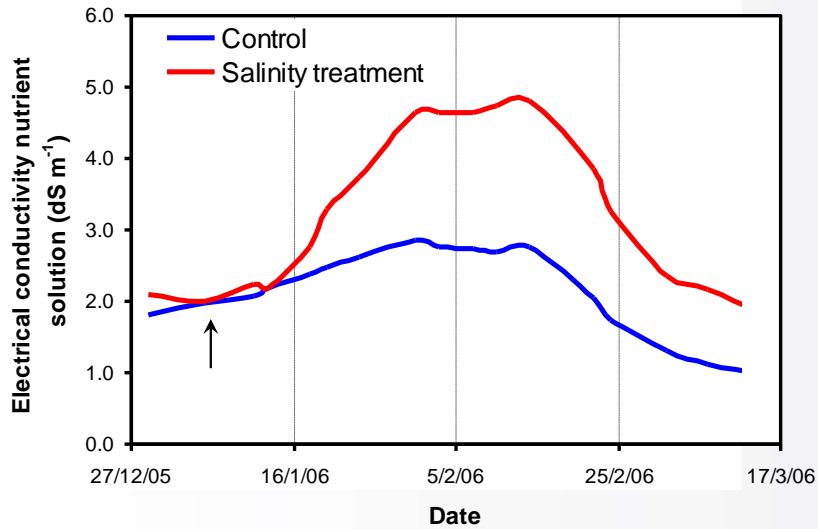
agua: 80

aire: 1

minerales: 3-7



Salinidad



RESUMEN SENSORES DIELECTRICOS (TDR Y CAPACITIVOS)

- Medida indirecta de la humedad
- Miden la permitividad dieléctrica (ϵ)

La permitividad dieléctrica del suelo (ϵ) varia con la **Temperatura**

Las **sales** (CE) afectan a la capacidad del sensor para separar la permitividad dieléctrica del suelo (ϵ) de su conductancia

Todos los sensores son sensibles a los cambios de temperatura y salinidad

Potencial del agua en el suelo

- Medida directa: Tensiómetros
- Medida indirecta:
 - Resistencia eléctrica
 - Constante dieléctrica del suelo



TENSIOMETRO

El suelo ejerce una tensión (tensión matricial) sobre el agua de la columna, que hace que la altura del agua en ella descienda, pasando al suelo y provocando por tanto una presión negativa.

- **Vacuometro**
- **Capsula cerámica**
- **Trasductor**



0-40 cb



0-100 cb



TENSIOMETROS

Ventajas:

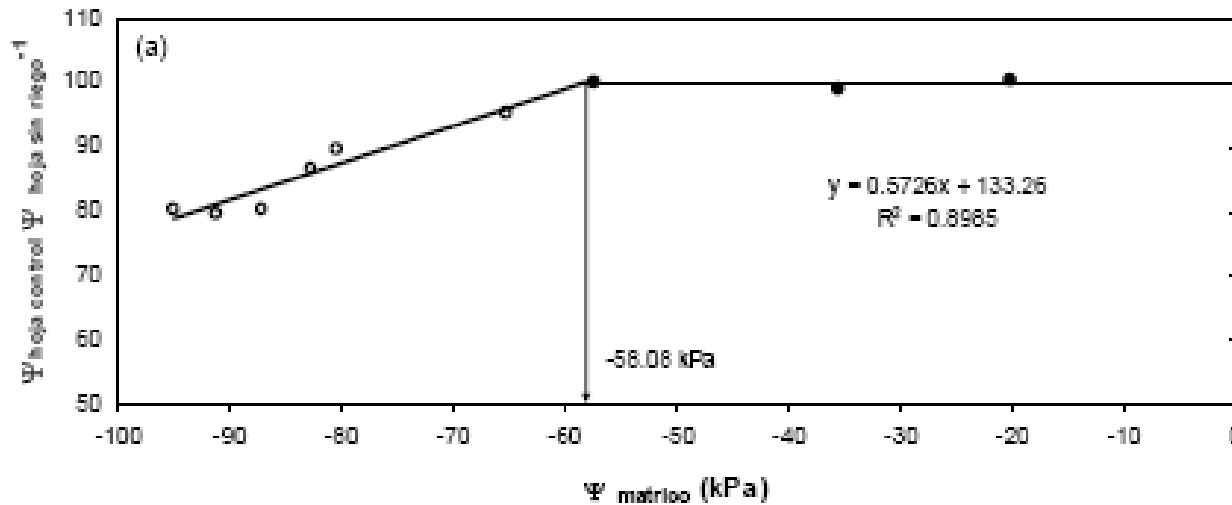
1. bajo coste.
2. son fáciles de instalar y de mantener.
3. no están influidos por la salinidad.
4. Valores umbrales para cultivos en invernadero (Valdez, 2005)

Inconvenientes:

1. el tiempo de reacción es bajo.
2. en su instalación se disturba el suelo y puede permitir la infiltración de agua.
3. requieren un mantenimiento periódico.



Valores umbrales para cultivos en invernadero (Estrés)



Cultivo (Ciclo de desecación)	Ψ_m (kPa)
Pimiento (1)	-41.5
Pimiento (2)	-58.0
Melón (2)	-35.4
Tomate otoño-invierno (1)	-38.2
Tomate otoño-invierno (2)	-49.7
Tomate primavera-verano (1)	-49.4
Tomate primavera-verano (2)	-43.3



Watermark

Consiste en hacer pasar una corriente eléctrica entre dos electrodos que están envueltos en una matriz de yeso. La matriz a vez está rodeada por una membrana sintética para evitar que se deteriore, y de esta forma queda protegida contra la salinidad.

Ventajas:

1. son baratos y fáciles de instalar.

Inconvenientes:

1. Amplio rango de medida (0-200 cb más indicado para árboles).
2. Se deterioran con el tiempo.
3. No está indicado su uso en suelos con alta porosidad.
4. La temperatura del suelo interfiere en la medida en un 2 % por cada grado.



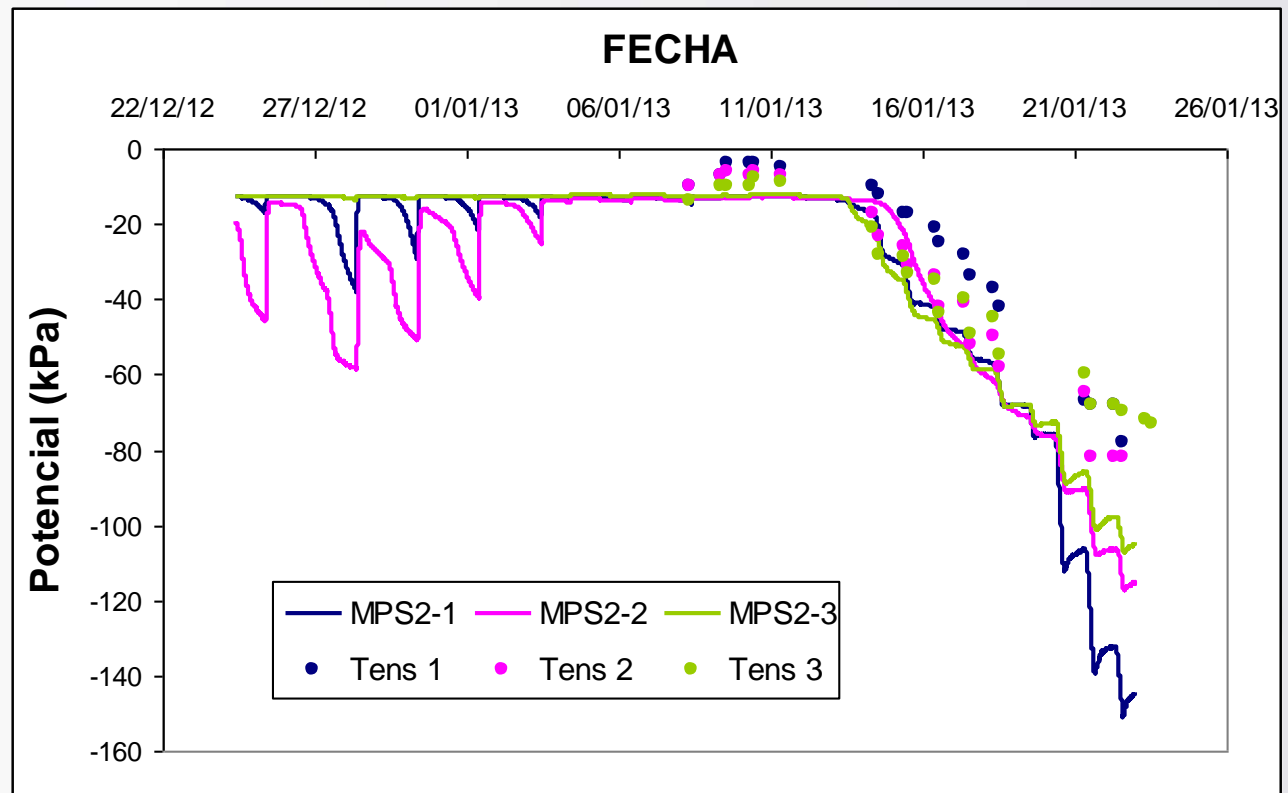
Watermark

SENSORES CAPACITIVOS

Miden la constante dieléctrica de la cerámica que se encuentra en equilibrio con el agua del suelo. A partir de la curva característica de la cerámica se calcula el potencial.



Amplio rango de medida:
MPS2: 10-500 cb

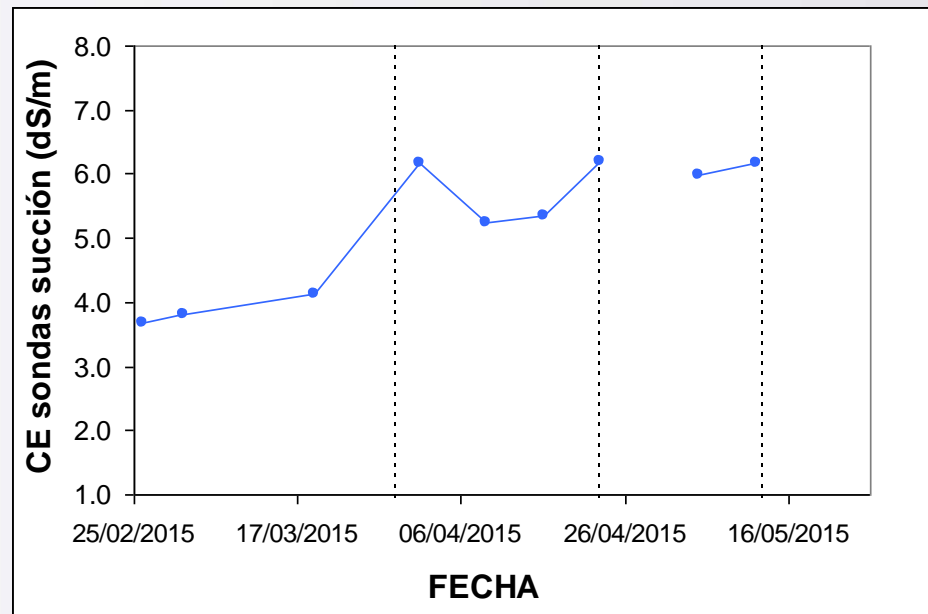
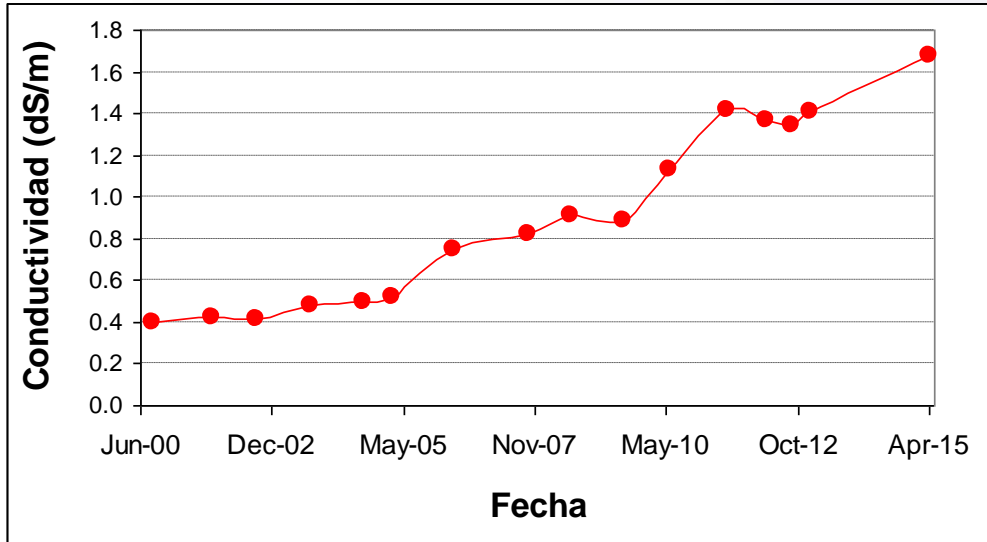




SEGUIMIENTO DE LA SALINIDAD Y NUTRIENTES EN EL SUELO

M^a Dolores Fernández Fernández





MEDIDA DE LA SALINIDAD (CE) DEL SUELO

Extracto saturado (CEes): se añade agua hasta saturación a un suelo seco al aire y tamizado

Extracto acuosos (1:1, 1:2, 1:5): se añade 1, 2, 5 volúmenes de agua por un volumen de suelo

CE aparente del suelo (CEa): se puede medir con sensores (FDR ó capacitivos)

CE solución de suelo (CEss): es la CE del agua en los poros del suelo. Medida con sondas de succión.

EXTRACTO SATURADO

Las cantidades absolutas y relativas de los iones dependen de la relación suelo:agua

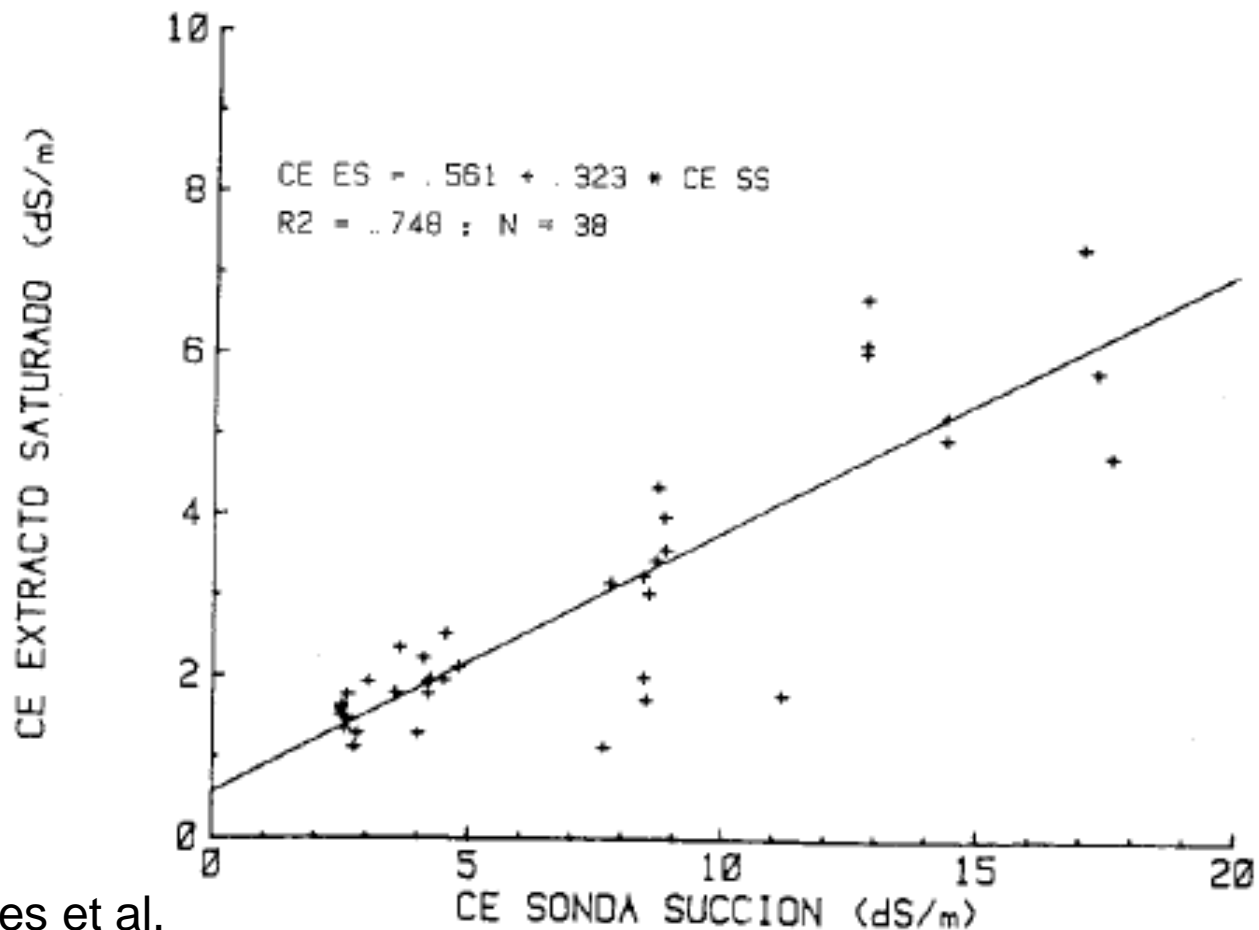


SOLUCIÓN DE SUELO



Se determina la salinidad a la humedad real del suelo

CE extracto saturado (CEes) vs. solución de suelo (CEss)

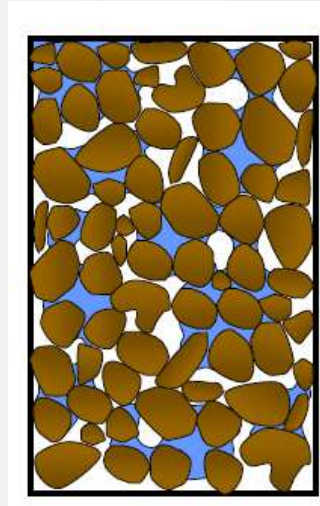


Fuente: Aragües et al.

CE aparente del suelo (CEa)

- Se puede medir “in situ” con sensores (FDR ó capacitivo)

CEa=suelo+aire+agua

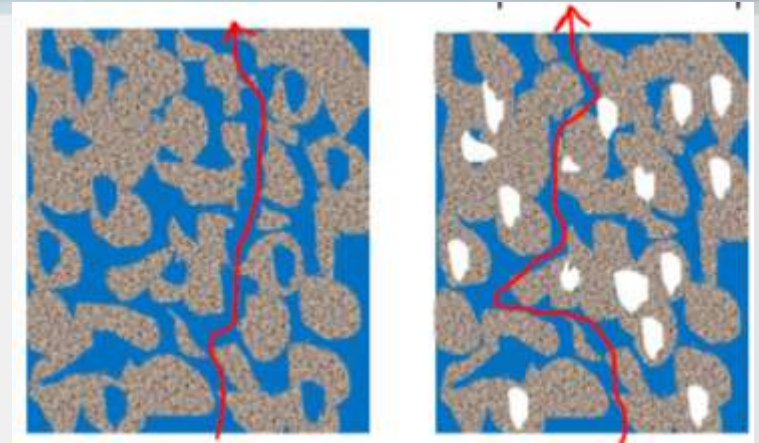


La conductividad se mide aplicando un corriente eléctrica entre dos electrodos



CE aparente del suelo (CEa)

Disminuye con el contenido de agua



Conversión CE aparente del suelo (CEa) a solución de suelo (CEss)

$$CE_{ss} = \frac{80 * CE_a}{\epsilon - C}$$

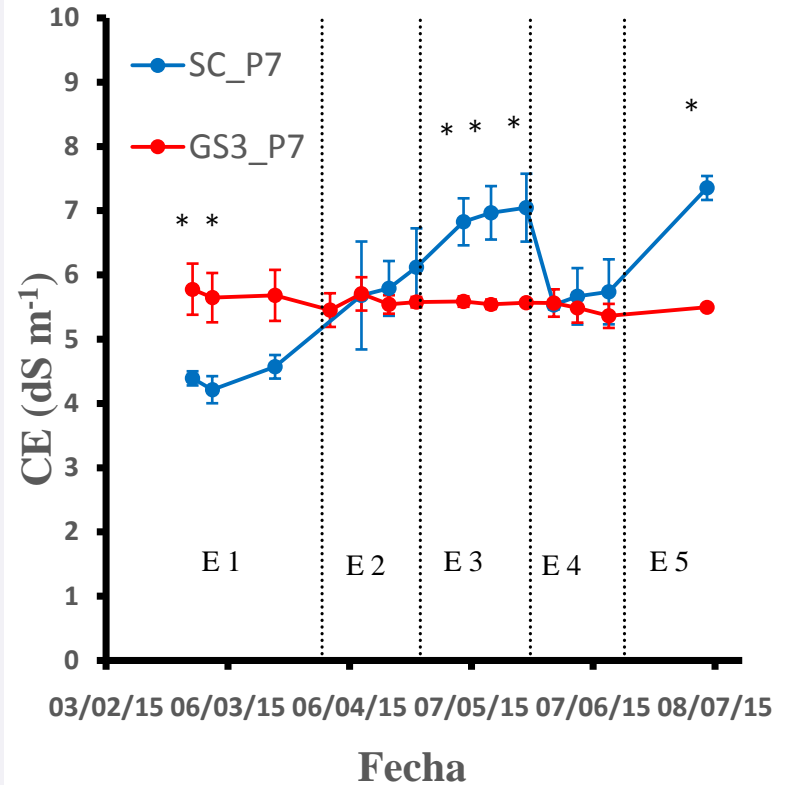
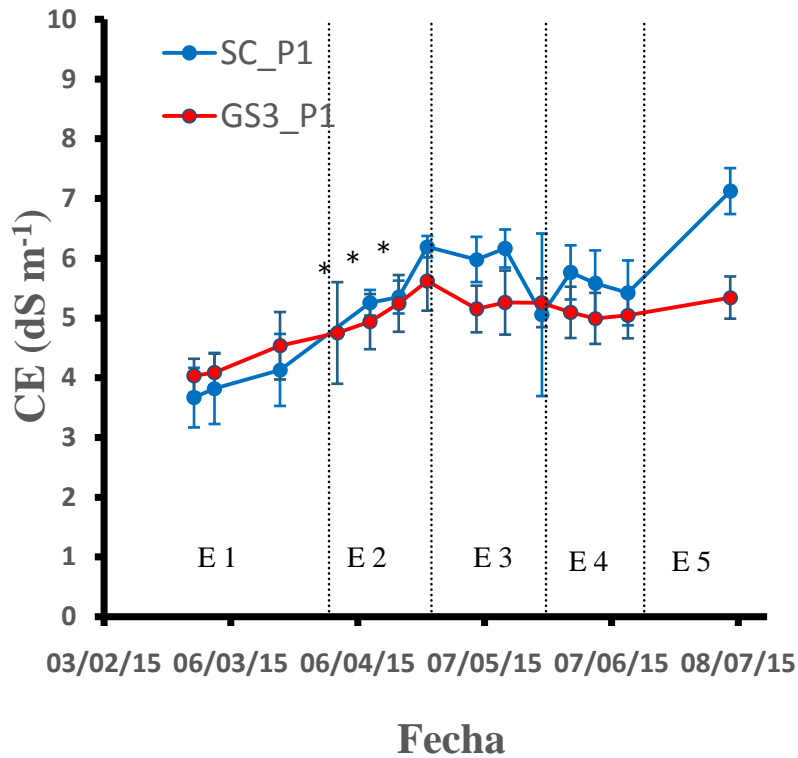
Para suelos con contenidos altos de humedad

CEa: CE aparente del suelo

C: valor constante (4-6)

ϵ : permitividad dieléctrica del suelo

80: permitividad dieléctrica del agua



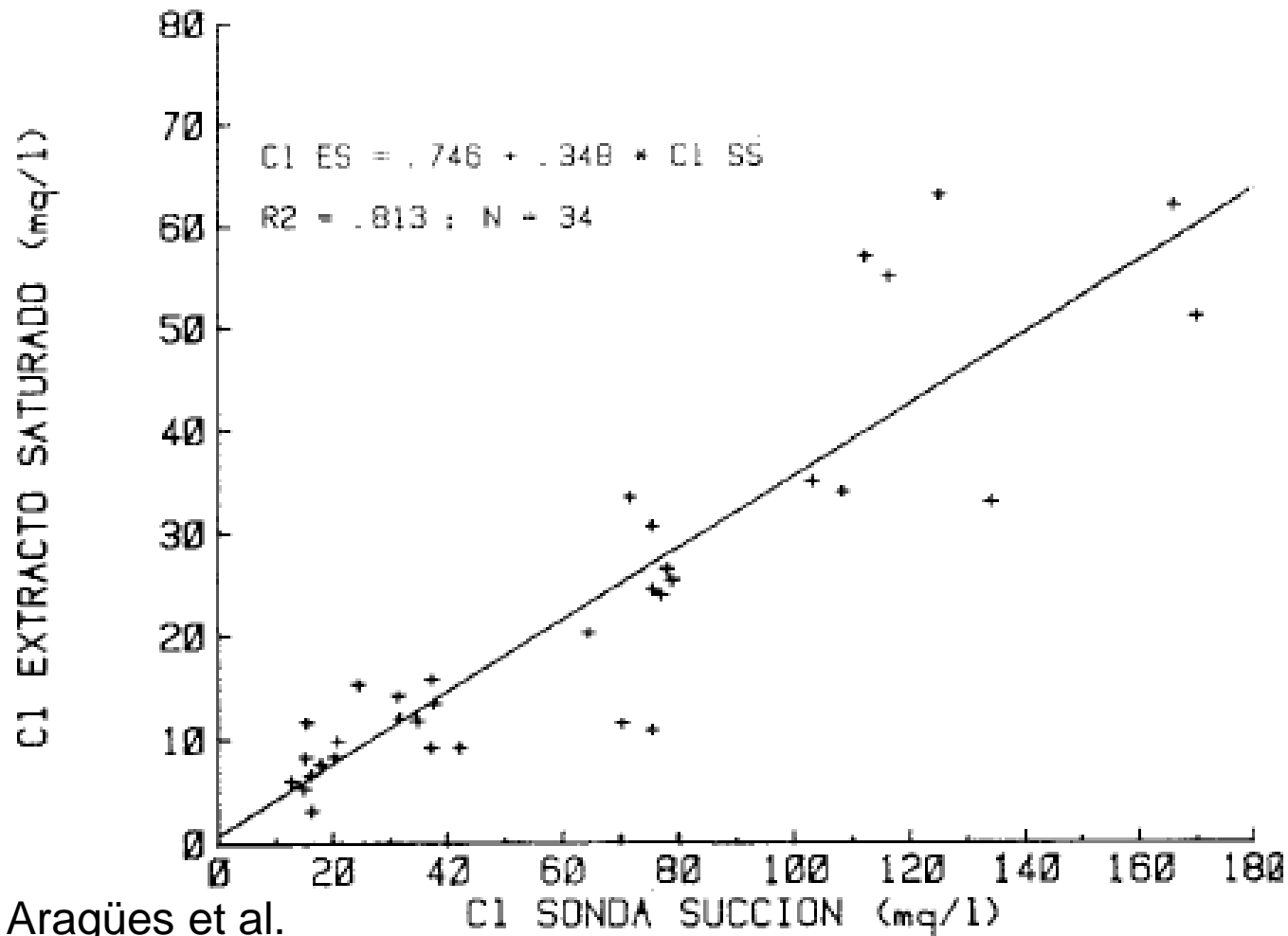
MEDIDA DE NUTRIENTES EN EL SUELO

Extracto saturado (CEes): se añade agua hasta saturación a un suelo seco al aire y tamizado

Extracto acuosos (1:1, 1:2, 1:5): se añade 1, 2, 5 volúmenes de agua por un volumen de suelo

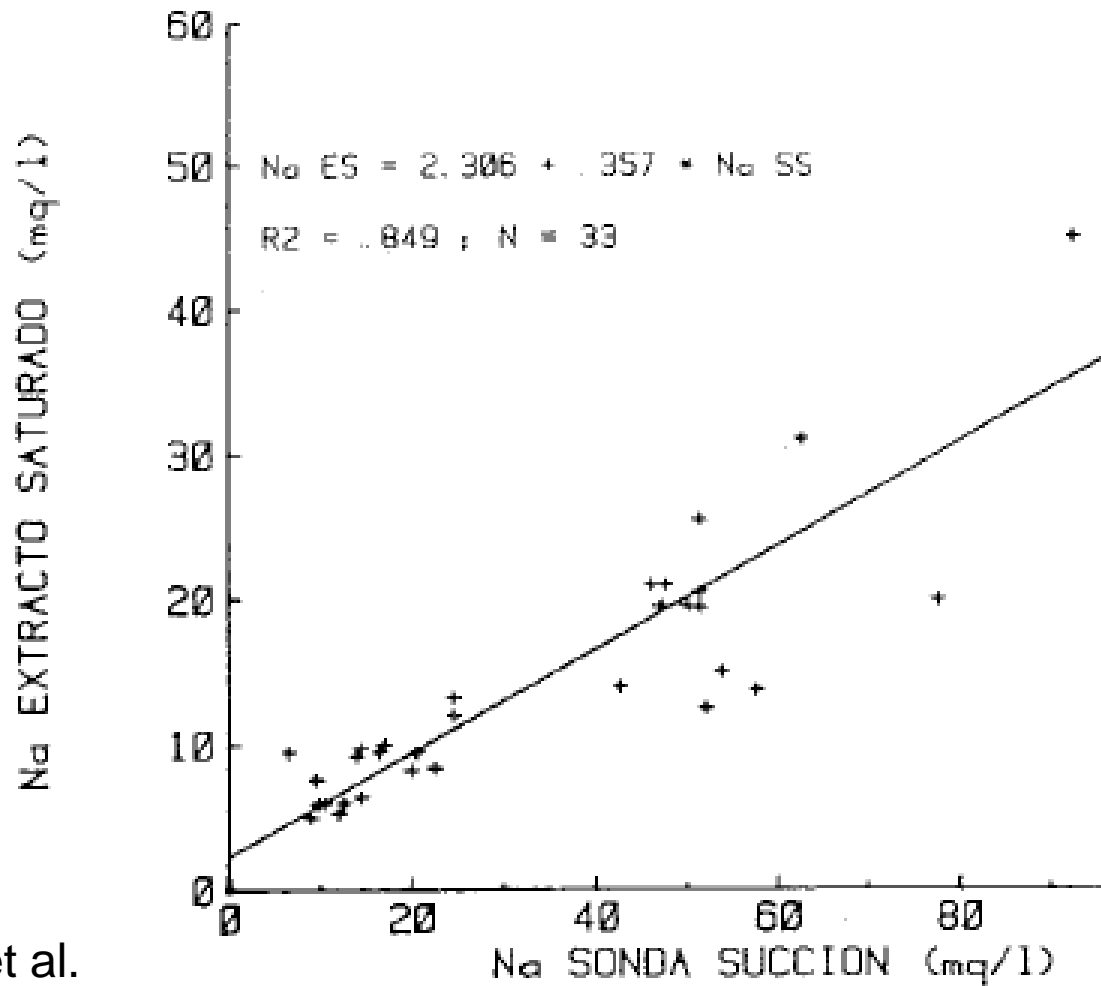
Solución de suelo: Medida con sondas de succión.

CLORUROS extracto saturado vs. solución de suelo



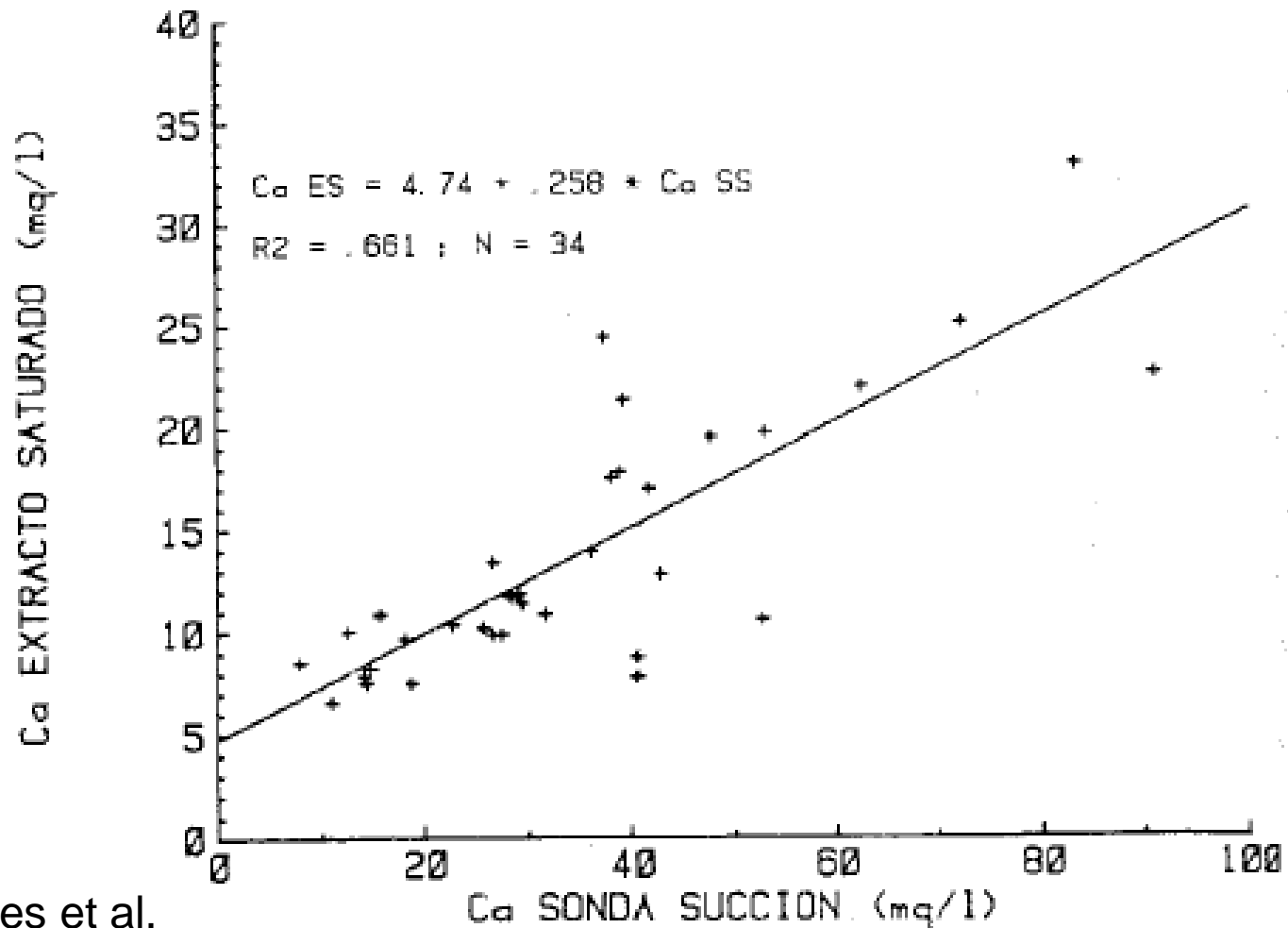
Fuente: Aragües et al.

SODIO extracto saturado vs. solución de suelo



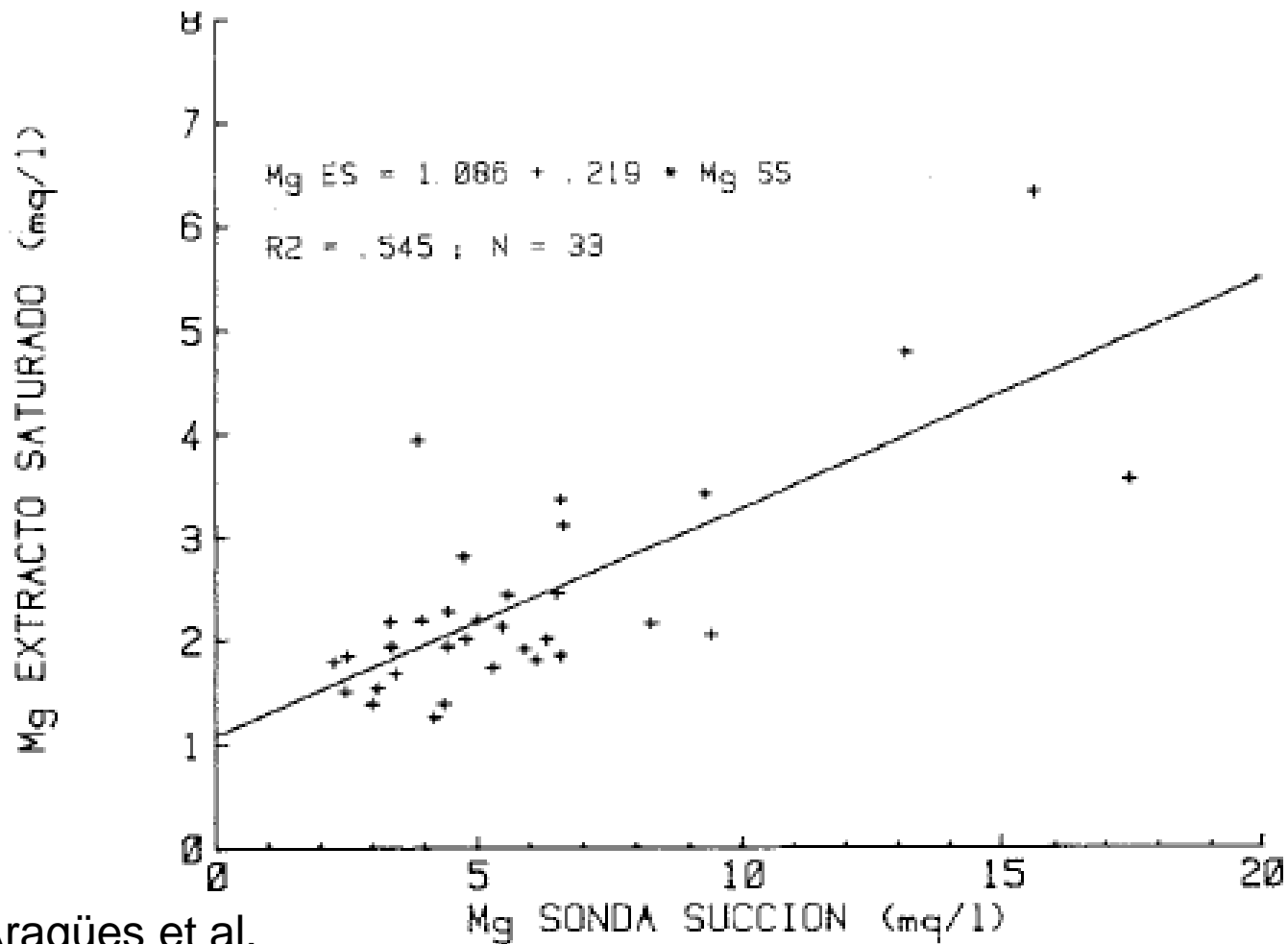
Fuente: Aragües et al.

CALCIO extracto saturado vs. solución de suelo



Fuente: Aragües et al.

MAGNESIO extracto saturado vs. solución de suelo



Fuente: Aragües et al.



Muchas Gracias

