


CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

Grupo de Investigación “Riego, Agronomía y Medio Ambiente”.
Trabajos destacados en salinidad

Ramón Aragüés (raraques@aragon.es)
Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC)
CITA-Gobierno de Aragón, Zaragoza (España)

 **GOBIERNO DE ARAGON** **Universidad de Campinas (Brasil)**
Departamento de Industria e Innovación **15 mayo 2012**

Indice

1- Descripción del grupo de investigación (objetivos, personal, indicadores, líneas prioritarias).

2- Trabajos destacados en salinidad:

- Aplicaciones del sensor electromagnético para la estima de la salinidad del suelo.
- Impacto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y calidad del agua.
- Riego deficitario controlado y salinización de suelos.

CAMPUS DE AULA DEI
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN




CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

 **GOBIERNO DE ARAGON**
Departamento de Industria e Innovación

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

Recursos Humanos

- 88 Investigadores
- 36 becarios
- 150 ayudantes de investigación y administrativos

Presupuesto

- 11,9 millones de euros
- Proyectos I+D: 3,05 millones

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

Estructura organizativa

Unidades de investigación:

1. Calidad y Seguridad Alimentaria
2. Economía y sociología Agraria
3. Fruticultura
4. Recursos Forestales
5. Sanidad Animal
6. Sanidad Vegetal
7. Suelos y Riegos
8. Tecnología en Producción animal
9. Tecnología en Producción vegetal
10. Coordinación científica y tecnológica

Sección Técnico-Económica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

¿En que trabajamos?

- Agronomía y Medio Ambiente
- Calidad y Seguridad Alimentaria
- Economía Agroalimentaria y de los Recursos Naturales
- Producción y Sanidad Animal
- Producción y Sanidad Vegetal

Grupo de Investigación “Riego, Agronomía y Medio Ambiente”



<http://www.eead.csic.es>



<http://www.cita-aragon.es>

Unidad de Suelos y Riegos
Centro de Investigación y Tecnología
Agroalimentaria, Diputación General de Aragón

Grupo de Riego, Agronomía y Medio Ambiente
Departamento de Suelo y Agua, Estación
Experimental de Aula Dei, CSIC

Zaragoza (España)

Objetivo general

- **Generar información científica y tecnológica en el continuo “-suelo-agua-cultivo-atmósfera” para establecer sistemas agrarios mas competitivos, eficientes y sostenibles, con énfasis en el riego, la agronomía y el medio ambiente, y con un enfoque de investigación aplicada.**

Personal – Total

Año 2012

Investigadores permanentes	12
Investigadores eventuales	4
Técnicos de apoyo	18
Estudiantes	12
TOTAL	46

Pero ocho doctores se han perdido en los últimos cinco años. La crisis Europea (y Española) ha afectado seriamente a la investigación (descenso del presupuesto del 40% en los últimos tres años...)

Indicadores 2006-2010

	Nº
Publicaciones SCI	105
Publicaciones no SCI	61
Libros/capítulos de libro	32
Congresos con actas	95
Financiación pública y privada	3.9 M €
Contratos de personal	8*
Becas doctorales	10,2*
Tesis Dr. y Ms, Postgrad.	47
Cursos Dr. y Postgrado	93
Actividades de difusión	77

*Media/año

Líneas prioritarias

- 1- Uso sostenible de los recursos agua y suelo
- 2- Impacto ambiental de las actividades agrarias
- 3- Agronomía de cultivos

Línea 1 de 3

Uso sostenible de los recursos agua y suelo

- Evapotranspiración y necesidades de agua de los cultivos
- Diagnóstico/mejora del riego en parcela y redes de distribución del riego
- Diagnóstico/apoyo a la gestión colectiva del riego

Impacto ambiental de las actividades agrarias

- Impacto ambiental del riego: suelos
- Impacto ambiental del riego: aguas
- Análisis de hábitats de interés en zonas agrícolas

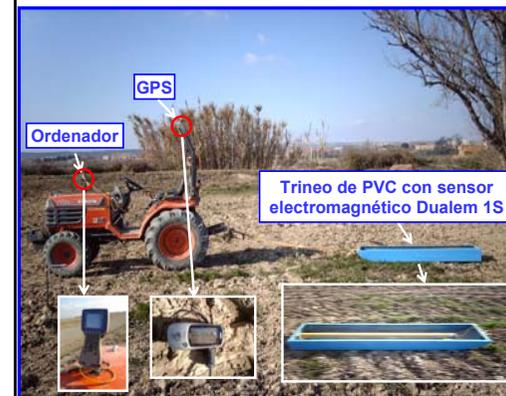
Agronomía de cultivos

- Respuesta de los cultivos a estreses abióticos
- Optimización de la fertilización nitrogenada
- Utilización del estiércol fluido porcino como fertilizante
- Aplicaciones agronómicas de la teledetección

Trabajos destacados en salinidad

- Aplicaciones del sensor electromagnético para la estima de la salinidad del suelo

Diseño, desarrollo y aplicaciones de un sensor electromagnético móvil georreferenciado para la medida de la salinidad edáfica y otras variables de suelo de interés en agricultura de precisión

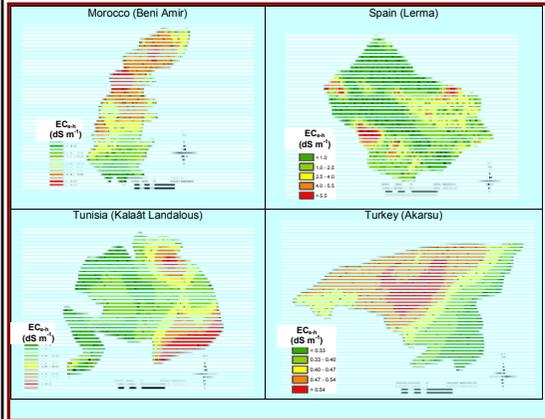


- Coste: 15000 € + tractor
- Versátil, robusto e ideal para el mapeo de variables del suelo (salinidad en particular)

Urdanoz, Aragüés et al. (2008). Spanish J. Agric. Res. 6:469-478

Desarrollo de mapas de salinidad del suelo (CEe) basado en lecturas del sensor (CEa) y calibraciones CEa-CEe

Proyecto INCO Qualiwater (2006-2010): mapas de CEe obtenidos en España, Marruecos, Tunes y Turquía



Puntos negros: lecturas de CEa

Aragüés et al. (2011). Agric. Water Manage. 98:959-966

Fiabilidad de los resultados: depende del nivel de significación de las ecuaciones de calibración y del nivel de independencia de la CEa con otras variables del suelo (humedad, textura, profundidad, etc.)

Calibración del sensor electromagnético en cada zona regable: nº de puntos de calibración (N) y ecuaciones de regresión de CEa vs. CEe media del perfil de suelo

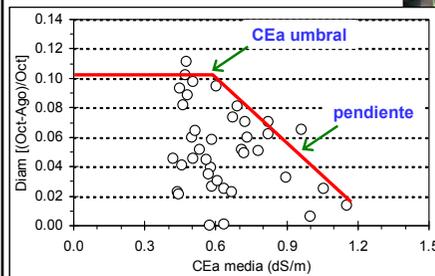
$$CE_e \text{ (dS m}^{-1}\text{)} = a CE_a \text{ (dS m}^{-1}\text{)} + b$$

MARRUECOS				ESPAÑA				TUNEZ				TURQUIA			
N	a	b	R ²	N	a	b	R ²	N	a	b	R ²	N	a	b	R ²
29	3.97	0.57	0.89	34	3.90	0.44	0.86	18	3.40	-2.1	0.89	20	0.30	0.17	0.86

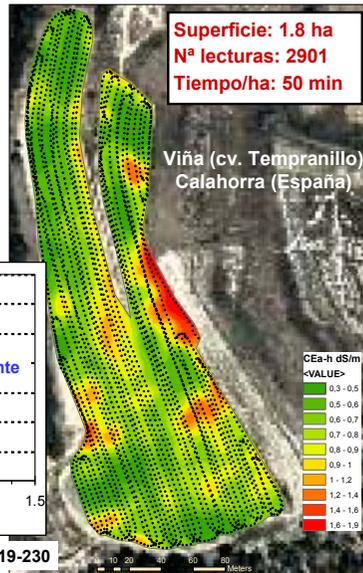
Los estudios deben hacerse bajo humedades del suelo relativamente elevadas y uniformes y en suelos de textura relativamente uniforme.

Respuesta de cultivos a salinidad en condiciones reales de campo

Tolerancia de la viña a la salinidad mediante el enfoque de la línea frontera superior

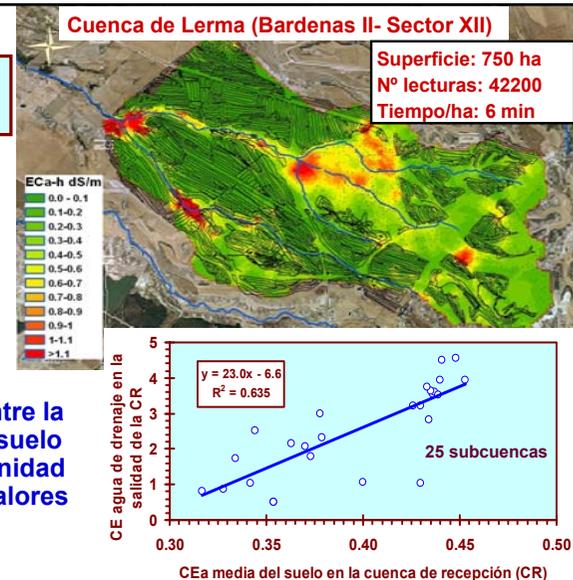


Urdanoz&Aragüés (2009). Plant and Soil 324:219-230



Relaciones suelo-agua

Urdanoz&Aragüés (2011). Soil Sci. Soc. Am. J. 75:207-215



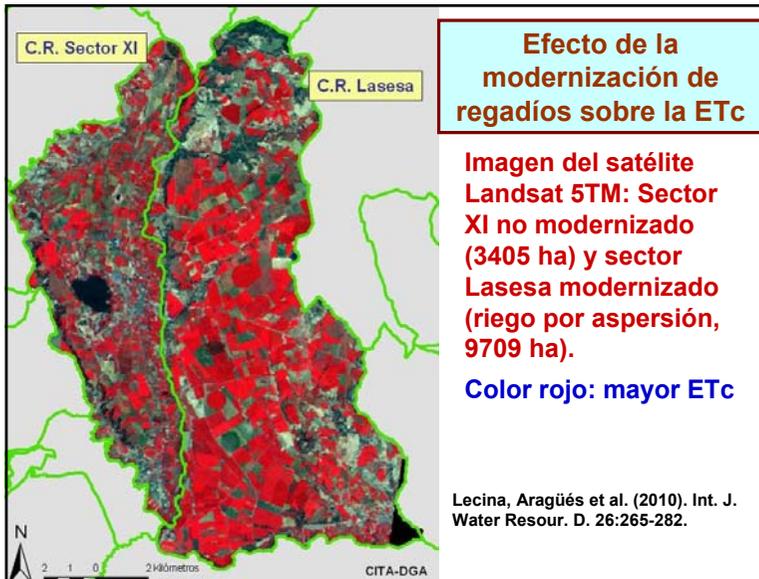
Relaciones entre la salinidad del suelo (CEa) y la salinidad del drenaje. Valores en dS/m.

Trabajos destacados en salinidad

- Impacto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y calidad del agua

Modernización de regadíos y cantidad de agua

- Superficie de regadío en España: 3.8 m-ha.
- El Ministerio de Agricultura Español señala que la modernización puede ahorrar hasta el 38% del agua disponible, equivalente a 9.000 hm³/año.
- Sin embargo debe diferenciarse entre:
 - Uso o demanda de agua, que descenderá con la modernización.
 - Consumo de los cultivos (evapotranspiración, ETC) que aumentará con la modernización.
- Por lo tanto, el agua disponible a nivel cuenca hidrológica disminuirá con la modernización...

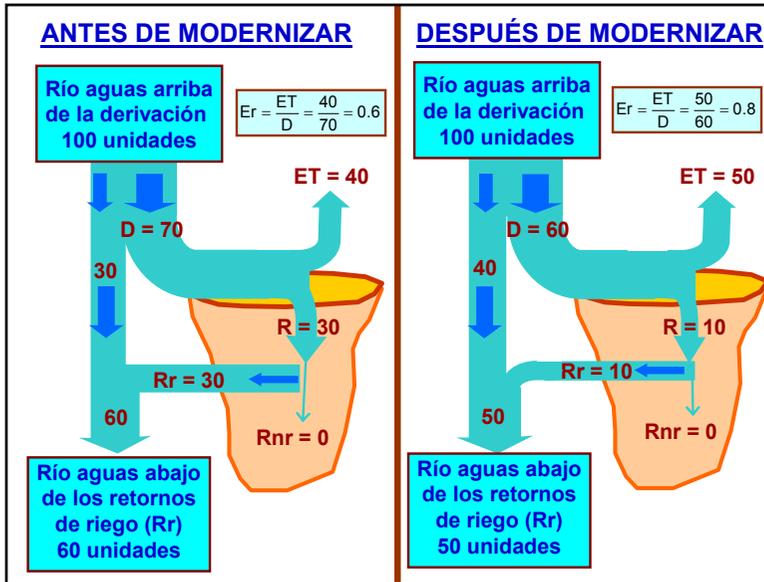


Modernización de regadíos ⇒ intensificación de cultivos de verano ⇒ incremento de la ETc

Patrón de cultivos en dos distritos de riego del sistema Riegos del Alto Aragón



Lecina, Aragón et al. (2010). Agric. Water Manage. 97:1663-1675.

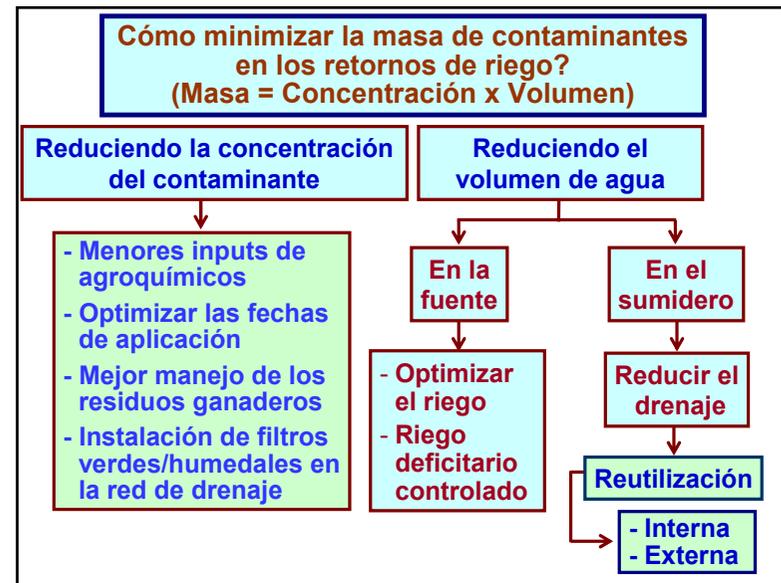
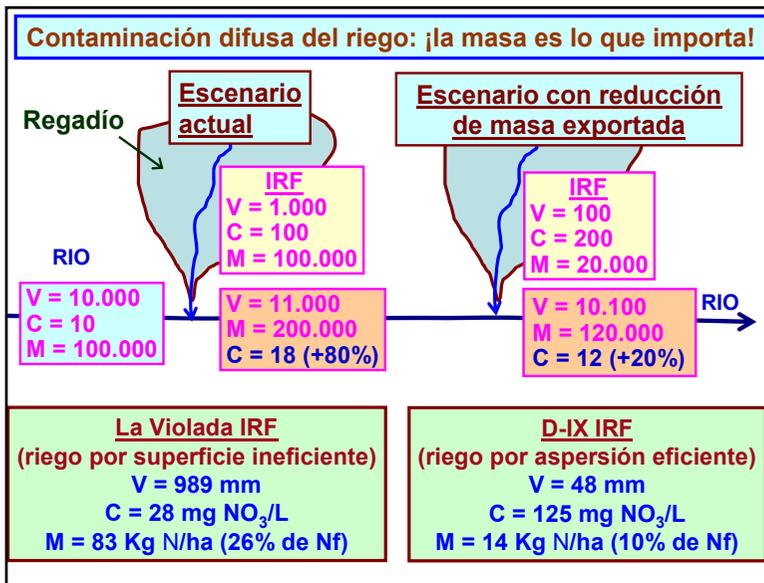


Modernización de regadíos: efectos sobre la calidad de los retornos de riego

Zone	Area ha	Soil salinity EC _e dS m ⁻¹	Annual irrigation return flows					NO ₃ losses %
			Volume mm	TDS mg l ⁻¹	NO ₃ mg l ⁻¹	Salt load t ha ⁻¹	Nitrate load kg NO ₃ ha ⁻¹	
SURFACE IRRIG.								
Bardenas A	95	< 2,0	755	541	58	4	98	44
Bardenas B	216	< 2,0	1,113	423	77	5	195	56
Bardenas C	409	2,0-6,0	635	2,170	-	14	-	-
Violada	3,866	2,2 (gypsum)	989	1,751	28	20	83	26
Average			958	1,702	31	19	89	28
SPRINKLER IRRIG.								
Monegros II A	494	2,0-6,0	48	-	125	-	14	10
Monegros II B	470	2,0-6,0	194	6,983	112	14	49	22
Average			119	6,983	119	14	31	16

La CE del agua de riego es baja (CE < 0.4 dS m⁻¹) en todas las áreas

La modernización de regadíos aumentará la concentración de los contaminantes, pero reducirá el volumen de agua y la masa exportada de los contaminantes. Por lo tanto, será beneficioso para la calidad de los sistemas receptores de los retornos (ya que la masa es la variable crítica)



Trabajos destacados en salinidad

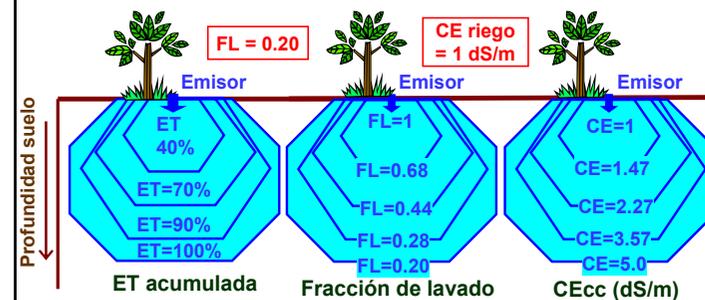
- Riego Deficitario Controlado y salinización de suelos



Riego Deficitario Controlado (RDC)

- El RDC reduce el volumen de riego (ahorra agua) y aumenta de forma muy relevante la productividad del agua (Kg cosecha/m³ riego).
- Pero durante los periodos sin riego, la fracción de lavado (FL) es muy baja o nula y el déficit hídrico (DH) es muy elevado. Por lo tanto, puede salinizarse la zona de raíces de los cultivos.
- Si no se aplican riegos adicionales para el lavado de sales y/o si la lluvia es insuficiente para dicho lavado, el RDC puede ser insostenible en regadíos con aguas de salinidad media y clima semiárido.
- Es importante por lo tanto monitorizar la salinidad del suelo y establecer en su caso estrategias para su control.

- ¿Cómo se distribuyen las sales en riego por goteo?: la ET acumulada aumenta con la distancia al emisor \Rightarrow la FL disminuye con la distancia al emisor \Rightarrow la CE del suelo aumenta con la distancia al emisor



Las sales se acumulan en la periferia del bulbo húmedo y en la superficie del suelo...

PROSPECCIÓN DE LA SALINIDAD DEL SUELO Y PRODUCCIÓN DEL MELOCOTONERO EN RIEGO POR GOTEO (FINCA AFRUCCAS, CASPE)



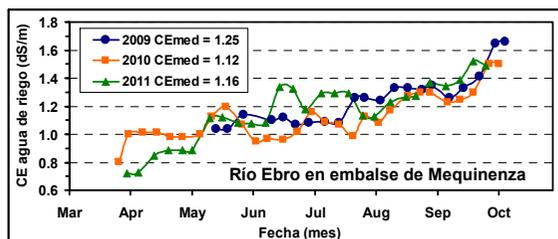
Objetivos:

- (1) analizar el efecto de tres tratamientos de riego por goteo con aguas de salinidad moderada sobre la salinidad del suelo.
- (2) determinar el efecto de la salinidad sobre el vigor y la producción del melocotonero.

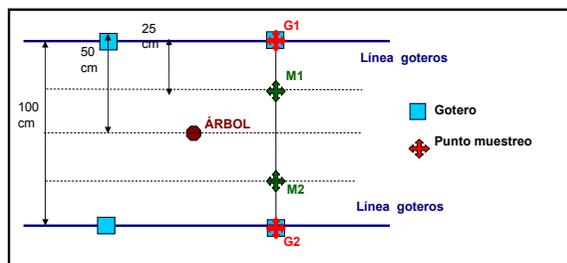
Tratamientos de riego:

- T1: riego al 100% de la ETc (riego típico en la zona de Caspe).
- T2: riego al 62.5% de la ETc (riego deficitario sostenido).
- T3: riego al 100% de la ETc excepto en Fase II (endurecimiento de hueso) regada al 50% (riego deficitario controlado).

Salinidad (CE) del agua de riego = 1.2 dS/m. Apta para el riego por goteo del melocotonero



Muestreo del suelo (0-60 cm) al principio y final de la estación de riego de los años 2008 a 2011



-Riego medio anual del período 2008-2011:

- ✓ T1: 675 mm (6.750 m³/ha).
- ✓ T2: 435 mm (ahorro de agua del 36% respecto a T1).
- ✓ T3: 643 mm (ahorro de agua del 5% respecto a T1).

- Producción del melocotonero similar en los tres tratamientos de riego (unos 25 Kg/árbol):

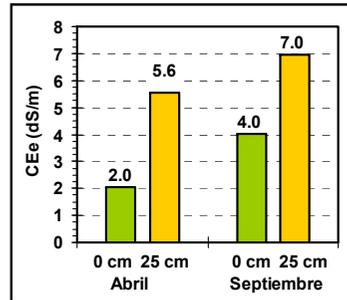
- ✓ T1: 25.4 Kg/árbol (desv. est. = 7.6)
- ✓ T2: 25.0 Kg/árbol (desv. est. = 6.1)
- ✓ T3: 24.9 Kg/árbol (desv. est. = 7.4)

- Conclusión: el ahorro de agua del 36% obtenido en T2 (Riego Deficitario Sostenido) es compatible con la máxima producción del melocotonero bajo estas condiciones experimentales.

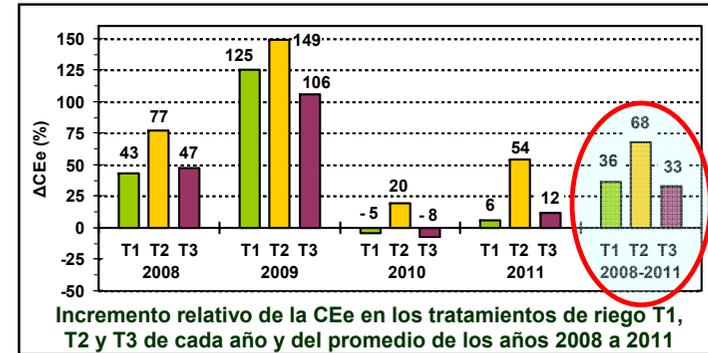
Salinidad del suelo (CEe) en la estación de riego

- 1- La salinidad media del suelo (CEe extracto saturado, 0-60 cm de profundidad) ha sido relativamente elevada (4.6 dS/m).
- 2- La salinidad media ha sido un 45% mayor al final (Septiembre: CEe = 5.5 dS/m) que al principio (Abril: CEe = 3.8 dS/m) de la estación de riego (efecto ETc).
- 3- La salinidad media ha sido un 110% mayor a 25 cm que a 0 cm de distancia del gotero (efecto FL).

Valores medios de CEe de los años 2008-2011 en Abril y Septiembre a 0 cm y 25 cm de distancia del gotero



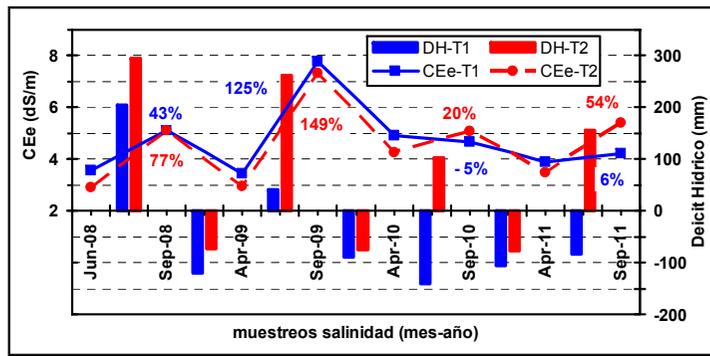
- 4- El incremento relativo (%) de la salinidad al final de la estación de riego respecto al valor inicial de la estación de riego (ΔCEe) ha sido mucho más elevado en el tratamiento de riego deficitario sostenido (T2) que en los tratamientos de riego convencional (T1) y riego deficitario controlado (T3)



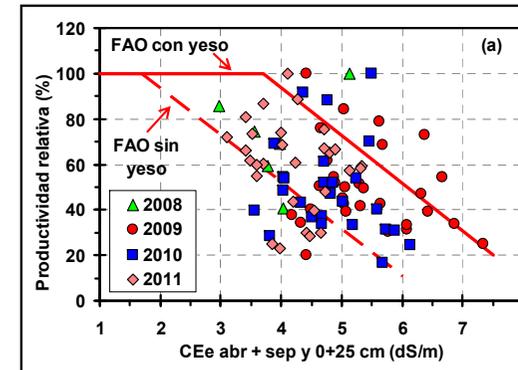
Incremento relativo de la CEe en los tratamientos de riego T1, T2 y T3 de cada año y del promedio de los años 2008 a 2011

- 5- La salinidad aumenta durante la estación de riego (debido a que el déficit hídrico $DH = ETc - R - P$ es muy elevado) y disminuye en la estación de no riego (debido a que el DH es muy bajo).

- 6- El incremento de salinidad durante la estación de riego ha sido mayor en el tratamiento T2 (riego deficitario sostenido) que en el T1 (riego típico de la zona) (y T3, RDC).



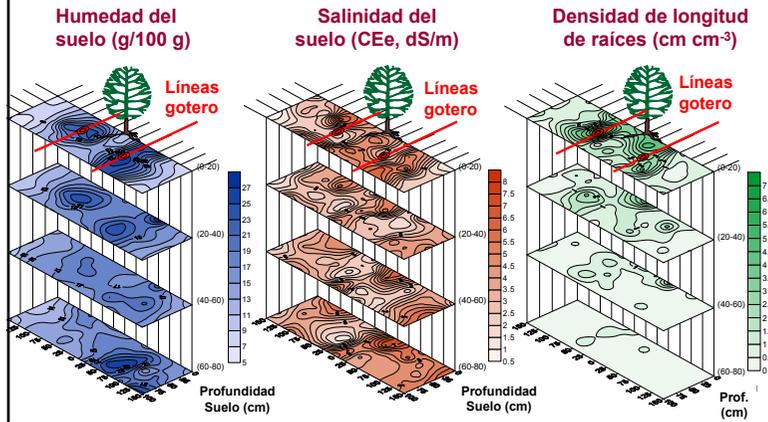
- 7- La productividad relativa del melocotonero ha sido muy variable en cada año estudiado y el efecto de la salinidad no es claro.



A pesar de ello, se observa que la productividad tiende a disminuir con el incremento de salinidad siguiendo una relación parecida a la establecida por FAO.

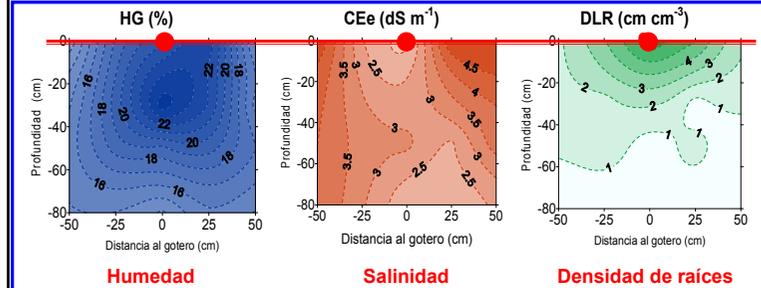
8- De donde extraen las raíces el agua del suelo?

Plantación de nectarina regada por goteo (T1) (CE = 1.2 dS/m).
Valores medidos en muestras de suelo tomadas en una cuadrícula de 25 x 25 cm.



De donde extraen las raíces el agua del suelo?

Valores de humedad, salinidad y densidad de raíces bajo una línea de goteos a ± 50 cm de distancia del mismo y hasta 80 cm de profundidad



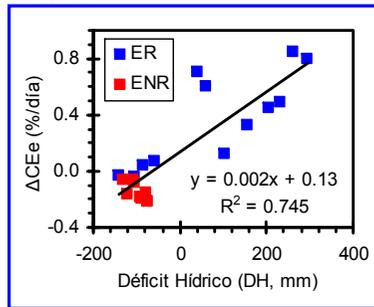
Conclusión: las raíces se localizan cerca de los goteos, por lo que son las zonas de mayor extracción de agua. Estas zonas coinciden además en términos generales con las zonas de mayor humedad y menor salinidad del suelo.

¿Cómo se puede controlar la salinización del suelo?

1- Reduciendo el déficit hídrico mediante el incremento del riego ($DH = ET_c - R - P$).

El RDC es compatible con este incremento de riego si el mismo se efectúa en la estación de no riego, período más eficiente para el lavado de sales.

Ensayo de melocotonero en Afruccas (2008-2011): relación entre la variación diaria de la salinidad del suelo (ΔCE_e) y el déficit hídrico ($DH = ET_c - R - P$)



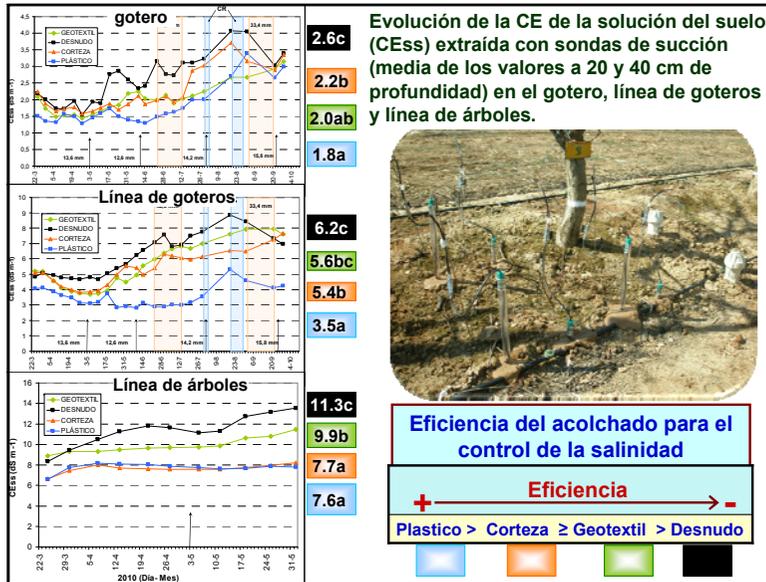
¿Cómo se puede controlar la salinización del suelo?

2- Reduciendo el déficit hídrico mediante el descenso de la evaporación del suelo: sistemas de acolchado.

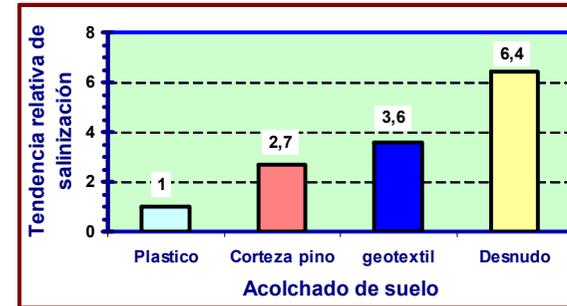
$$DH = ET_c - R - P$$

Sistemas de acolchado del suelo en una plantación de nectarina de la finca Afruccas (año 2010)





Efecto del acolchado en nectarina (año 2010)



Tendencias relativas de salinización en suelo desnudo y acolchados de corteza de pino y geotextil respecto a la del acolchado plástico.

El acolchado (plástico) del suelo es una práctica agronómica muy eficaz para el control de la salinidad edáfica en riego por goteo de alta frecuencia... pero es ambiente-dependiente.

Grupo de Investigación "Riego, Agronomía y Medio Ambiente"

