



  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN**

**Jornada técnica en frutales**  
**Nuevas tecnologías de riego localizado en frutales de hueso**

**La salinidad en las plantaciones frutales con riego localizado. Técnicas de control**

Ramón Aragüés ([raraques@aragon.es](mailto:raraques@aragon.es)), Eva Medina, Wided Zribi, José María Faci.  
 Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC) CITA-DGA.


Caspe, 17 y 18 de Abril de 2012

**Índice de la presentación**

- Algunas preguntas acerca de la agricultura de regadío y salinidad: ¿qué es la salinidad, porqué existe, porqué es un problema, porqué puede aumentar en el regadío, cómo se puede controlar, qué importancia tiene y cómo se distribuyen las sales en el riego por goteo?
- Riego por Goteo Deficitario y salinización de suelos: algunos conceptos.
- Ensayo de Riego Deficitario en una plantación de melocotonero en la finca experimental Afruccas: objetivos y resultados.
- Conclusiones.

**Agricultura de regadío y salinidad**  
**•¿Qué es la salinidad (o concentración (C) de sales)?**

Es la masa de sales (M) disueltas en un volumen dado de agua (V):  $C = M/V = \text{gramos/litro (g/l)}$

La conductividad eléctrica (CE, dS/m) es una forma sencilla de medir la salinidad (C).



**Conductímetro: CE a 25 °C**



**CE y pH portatil**

**Agricultura de regadío y salinidad**  
**¿Porqué existe la salinidad?**

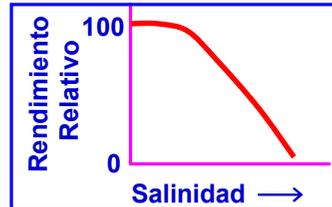
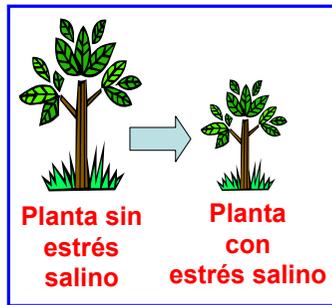
Porque el agua de riego y el agua del suelo disuelven minerales que llevan sales.




## Agricultura de regadío y salinidad

### • ¿Porqué es un problema la salinidad?

- Porque puede afectar negativamente a la producción de los cultivos.



## Agricultura de regadío y salinidad

### • ¿Porqué es un problema la salinidad?

- Porque si el componente principal de la salinidad es el sodio ("sodicidad"), puede afectar negativamente a la estabilidad estructural de los suelos.



Pakistan:  
suelo salino-  
sódico  
alcalino e  
impermeable

## Agricultura de regadío y salinidad

### • ¿Porqué puede aumentar la salinidad del suelo en la agricultura de regadío?

- Porque las raíces de los cultivos toman el agua del suelo, pero no sus sales disueltas. Por lo tanto, V disminuye y M permanece constante en el suelo, por lo que la concentración de sales ( $C = M/V$ ) aumenta.
- Porque el agua se evapora del suelo en forma de vapor de agua (sin sales). Por lo tanto, V disminuye y M permanece constante en el suelo, por lo que la concentración de sales ( $C = M/V$ ) aumenta.
- En síntesis, la evaporación del suelo (E) y la transpiración de los cultivos ( $T_c$ ), es decir, la evapotranspiración (ETc) es la causante principal de que la salinidad aumente en la agricultura de regadío.

## LA SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS DE REGADÍO

- Efecto evapo-concentración: salinización de la solución del suelo debida a la evapotranspiración (ETc) de los cultivos y evaporación del suelo

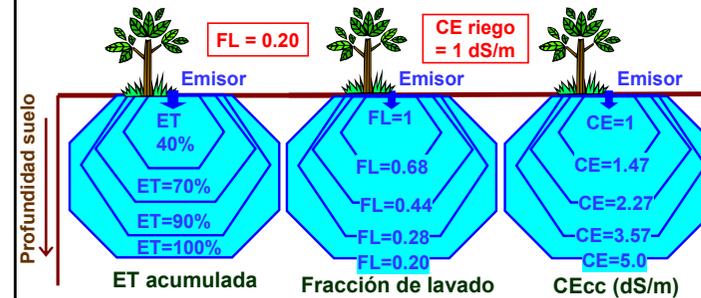


## Agricultura de regadío y salinidad

- ¿Cómo se puede controlar la salinidad?
  - **Reduciendo la ETc.** La Tc (transpiración) no debe reducirse porque disminuiría la producción. Por lo tanto, solo debe reducirse la E (evaporación).  
**¿Cómo?: mediante la reducción en la frecuencia del riego y/o mediante el acolchado del suelo.**
  - **Aumentando el riego** para desplazar (“lavar”) las sales acumuladas (esto es, aumentando la fracción de lavado FL). Para ello, **el drenaje es fundamental.**
- ¿Es importante la salinidad en riego por goteo?
  - Se acepta que el riego por goteo es el mejor sistema en caso de uso de aguas salinas... pero el riego por goteo deficitario **puede tener problemas.**

## Agricultura de regadío y salinidad

- ¿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

## 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/m<sup>3</sup> riego).
- Pero durante los períodos sin riego, la fracción de lavado (FL) es muy baja o nula y el déficit hídrico 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.

## 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).

### -Riego medio anual del período 2008-2011:

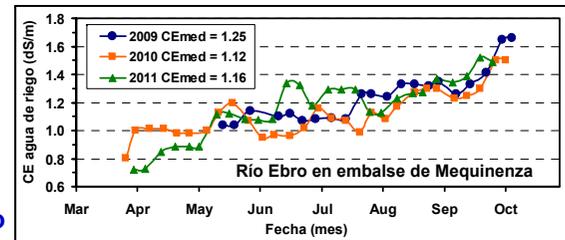
- ✓ T1: 675 mm (6.750 m<sup>3</sup>/ha).
- ✓ T2: 435 mm (ahorro de agua del 36% respecto a T1).
- ✓ T3: 643 mm (ahorro de agua del 5% respecto a T1).

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

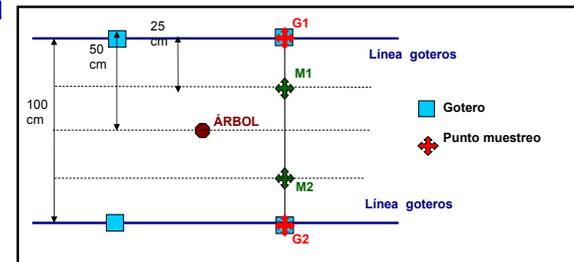
- ✓ T1: 25.4 Kg/árbol (desv. est. = 7.6)
- ✓ T2: 25.0 Kg/árbol (desv. est. = 6.1)
- ✓ T3: 24.9 Kg/árbol (desv. est. = 7.4)

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



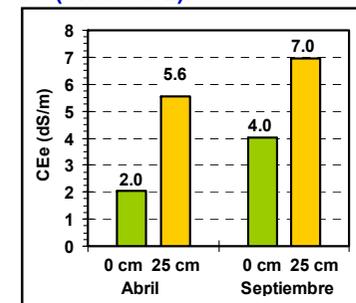
Muestreo del suelo (0-60 cm) al principio y final de la estación de riego de los años 2008 a 2011



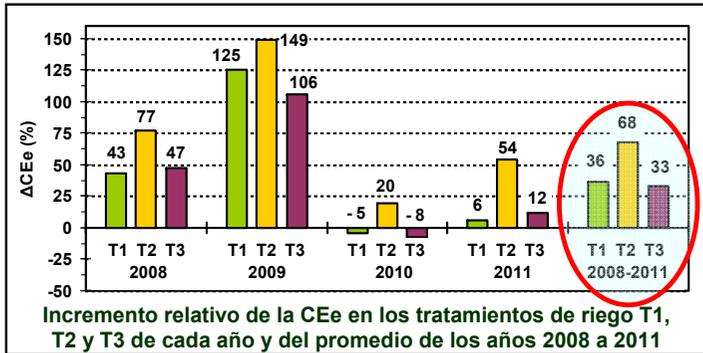
### Salinidad del suelo (CEe) en la estación de riego

- 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



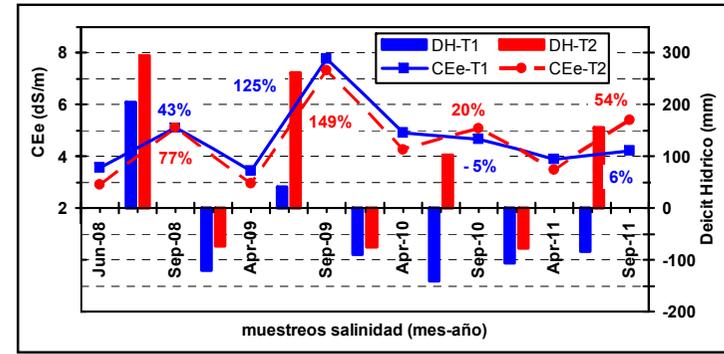
4- El incremento relativo (%) de la salinidad al final de la estación de riego respecto al valor inicial de la estación de riego ( $\Delta C_{Ee}$ ) ha sido mucho más elevado en el tratamiento de riego deficitario sostenido (T2) que en los tratamientos de riego convencional (T1) y riego deficitario controlado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



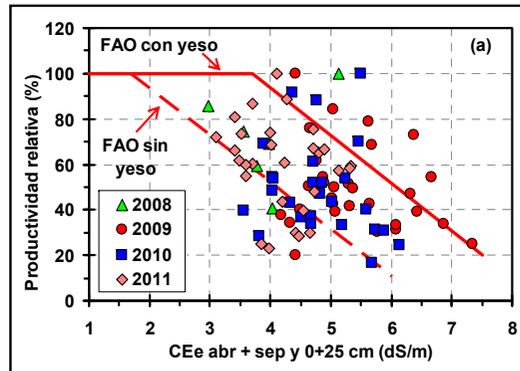
Incremento relativo de la  $C_{Ee}$  en los tratamientos de riego T1, T2 y T3 de cada año y del promedio de los años 2008 a 2011

5- La salinidad aumenta durante la estación de riego (debido a que el déficit hídrico  $DH = E_{Tc} - R - P$  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).



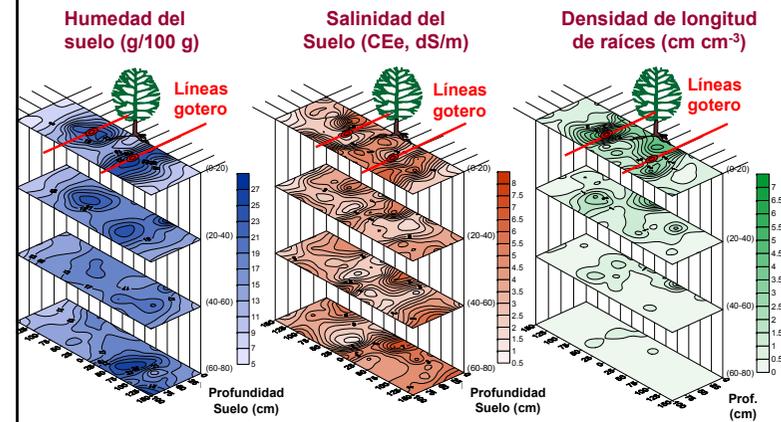
7- La productividad relativa del melocotonero ha sido muy variable en cada año estudiado y el efecto de la salinidad no es claro.



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.

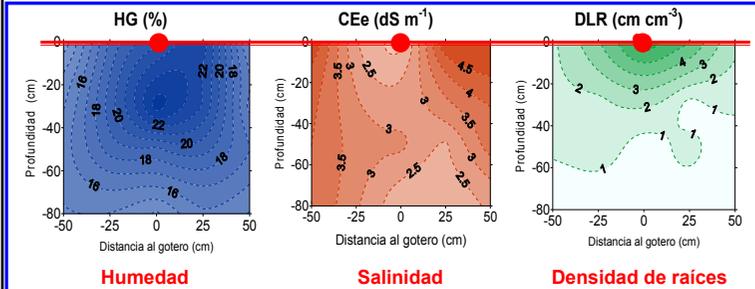
8- De donde extraen las raíces el agua del suelo?

Plantación de nectarina regada por goteo (T1) ( $CE = 1.2 \text{ dS/m}$ ). Valores medidos en muestras de suelo tomadas en una cuadrícula de  $25 \times 25 \text{ cm}$ .



### De donde extraen las raíces el agua del suelo?

Valores de humedad, salinidad y densidad de raíces bajo una línea de goteros a  $\pm 50$  cm de distancia del mismo y hasta 80 cm de profundidad



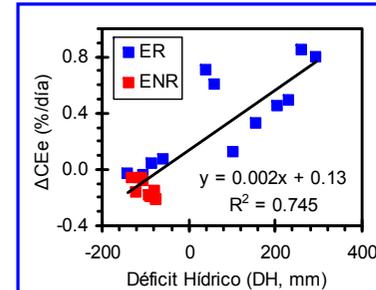
**Conclusión:** las raíces se localizan cerca de los goteros, por lo que son las zonas de mayor extracción de agua. Estas zonas coinciden además en términos generales con las zonas de mayor humedad y menor salinidad del suelo.

### ¿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 ( $\Delta CE_e$ ) y el déficit hídrico ( $DH = ET_c - R - P$ )

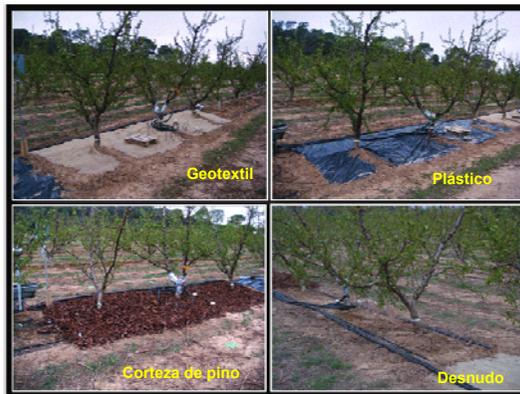


### ¿Cómo se puede controlar la salinización del suelo?

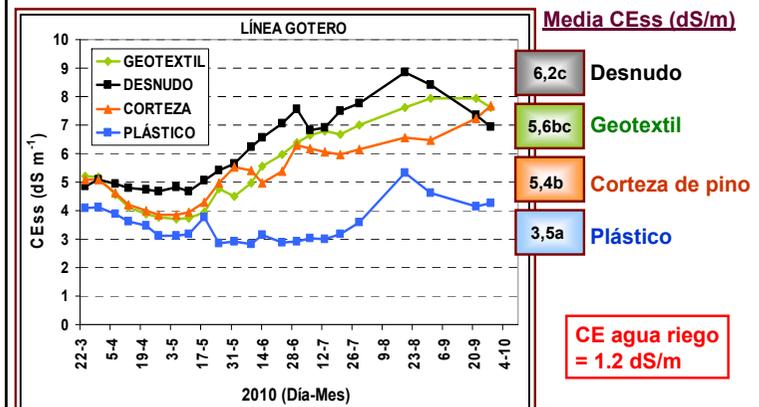
2- Reduciendo el déficit hídrico mediante el descenso de la evaporación del suelo: sistemas de acolchado.

$$DH = ET_c - R - P$$

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

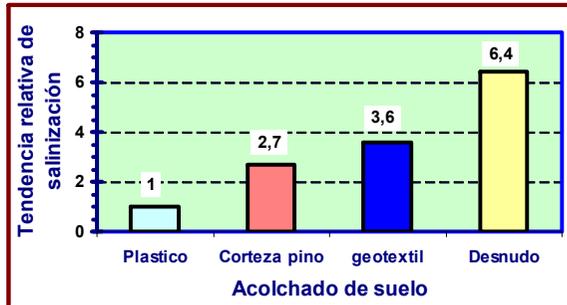


### Efecto del acolchado en nectarina (año 2010)



Evolución de la CE de la solución del suelo ( $CE_{ss}$ ) extraída con sondas de succión (media de los valores a 20 y 40 cm de profundidad) en la línea de goteros para los diferentes tratamientos de acolchado.

### 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.**

### Conclusiones

1. El RDS y el RDC ahorran agua y aumentan la productividad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ), pero el RD no es una técnica aplicable a todos los cultivos.
2. El RDS y el RDC pueden producir problemas de salinización (y sodificación) de la zona de raíces de los cultivos dependiendo del agua, clima, suelo y manejo agronómico.
3. La salinización puede afectar negativamente al rendimiento de los cultivos. La sodificación puede afectar negativamente a la estructura de los suelos.

### Conclusiones

4. La salinidad del suelo aumenta: (1) con la salinidad del agua de riego, (2) con la distancia al gotero, (3) a lo largo de la estación de riego, y (4) con el déficit hídrico (o menor fracción de lavado).
5. La productividad del melocotonero tiende a disminuir con el aumento de la salinidad del suelo, pero menos que lo indicado por la literatura. ¿De donde extraen las raíces el agua del suelo?
6. Las lluvias invernales son muy importantes para el control de la salinización del suelo. En zonas o años con lluvias muy bajas, el RD puede ser insostenible a medio-largo plazo.

### Conclusiones

7. La salinización del suelo en RDC puede controlarse (1) aumentando el riego fuera de la estación de riego y (2) reduciendo la evaporación del agua del suelo mediante su acolchado.
8. El acolchado plástico ha sido el más eficaz para el control de la salinización del suelo... pero puede limitar el lavado de sales por el agua de lluvia interceptada por el plástico (es "ambiente-dependiente").
9. Es importante medir periódicamente la salinidad del suelo para establecer en su caso estrategias de control.