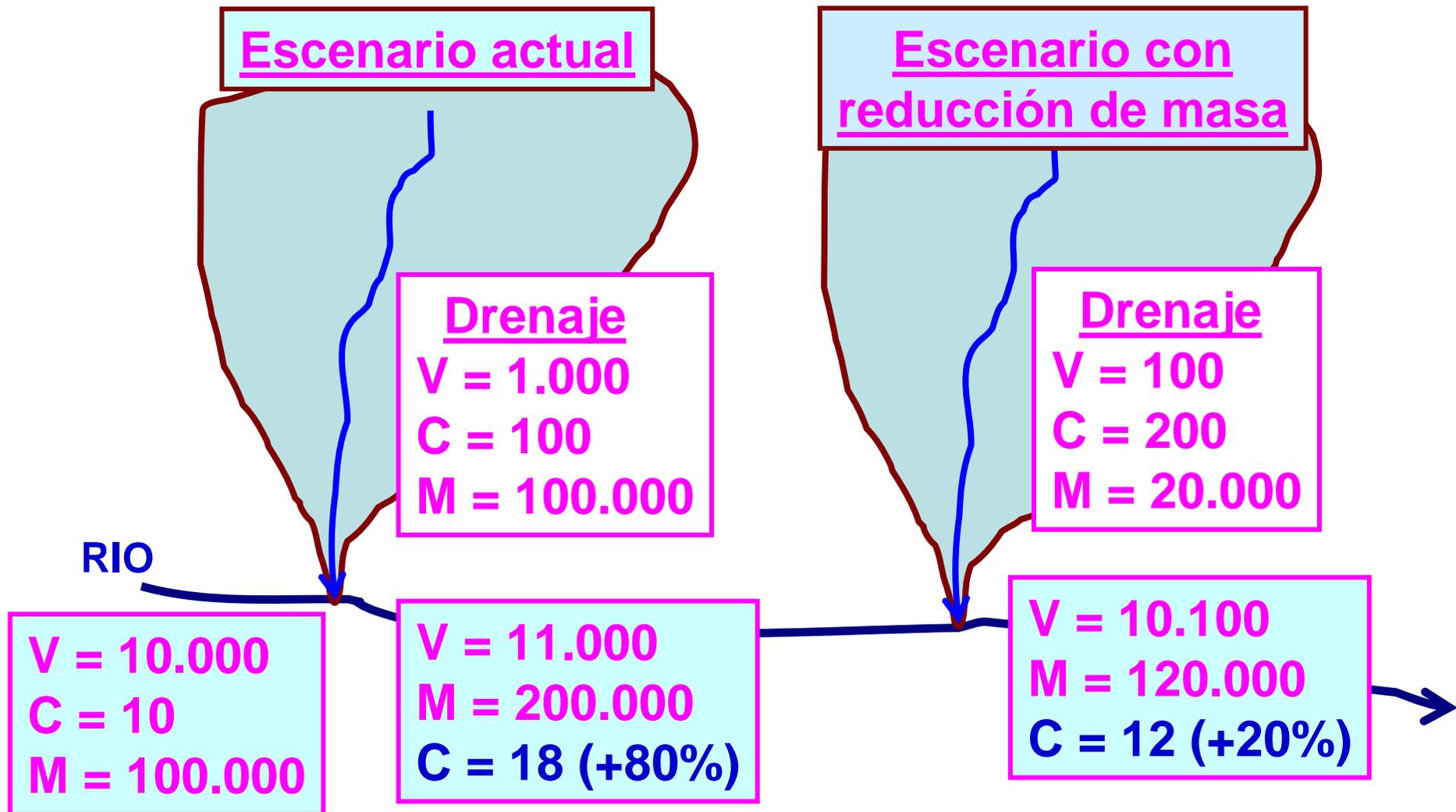


CICLO SEMINARIOS GE 2010

**Control de la contaminación difusa
inducida por el regadío: reutilización
de las aguas de drenaje**

Ramón Aragüés
Unidad de Suelos y Riegos
(Unidad Asociada EEAD-CSIC)
CITA-DGA

- La agricultura de regadío puede degradar la calidad de los cuerpos de agua que reciben sus retornos de riego (RR).
- La reducción en la masa exportada del contaminante en los RR es la clave para el control de esta degradación.



¿Cómo se puede reducir la masa exportada del contaminante?

Reduciendo el volumen de los retornos de riego

Control a nivel fuente

Reducción/optimización del riego

Control a nivel sumidero

Reducción del drenaje

REUTILIZACIÓN

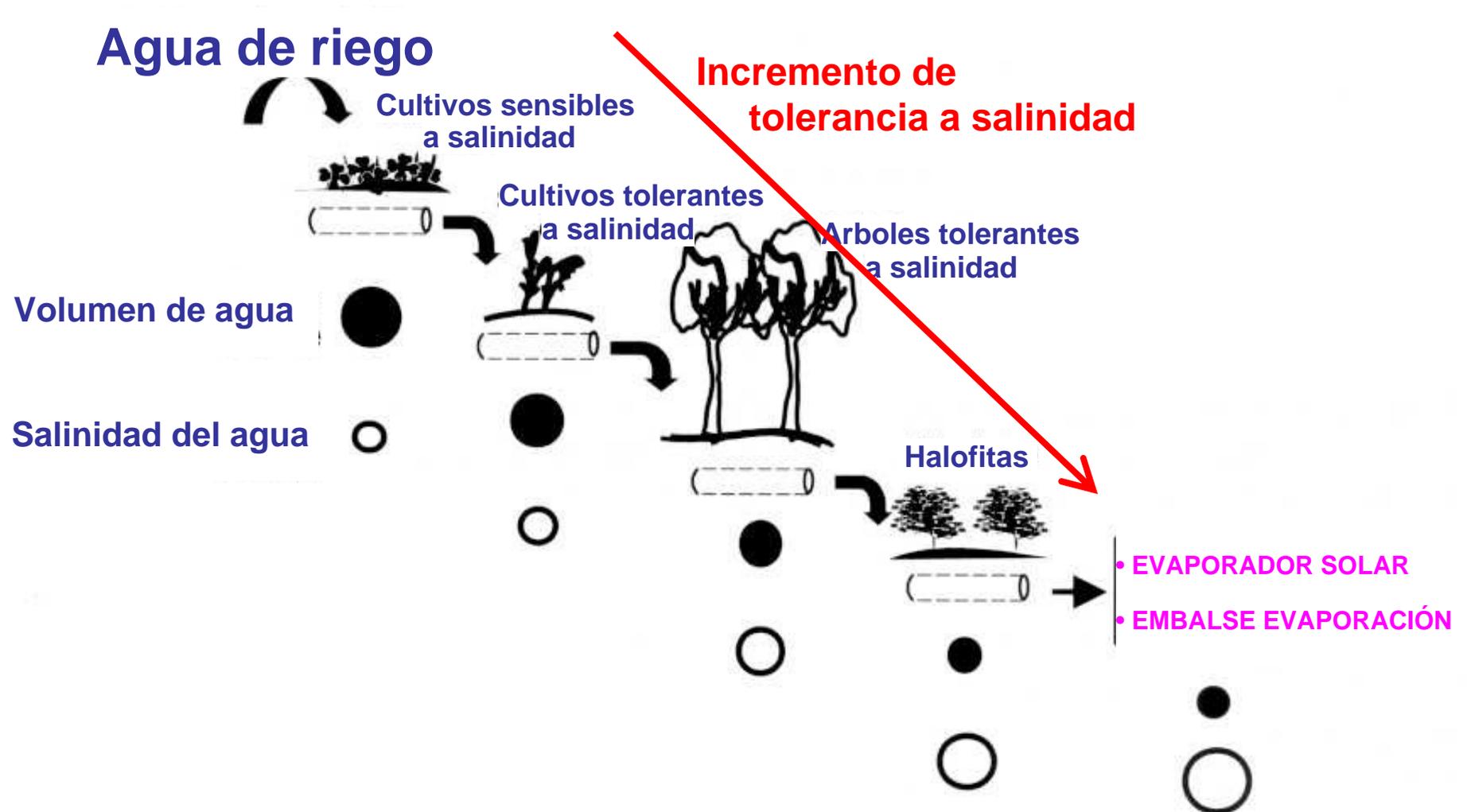
“Externa”

“Interna”

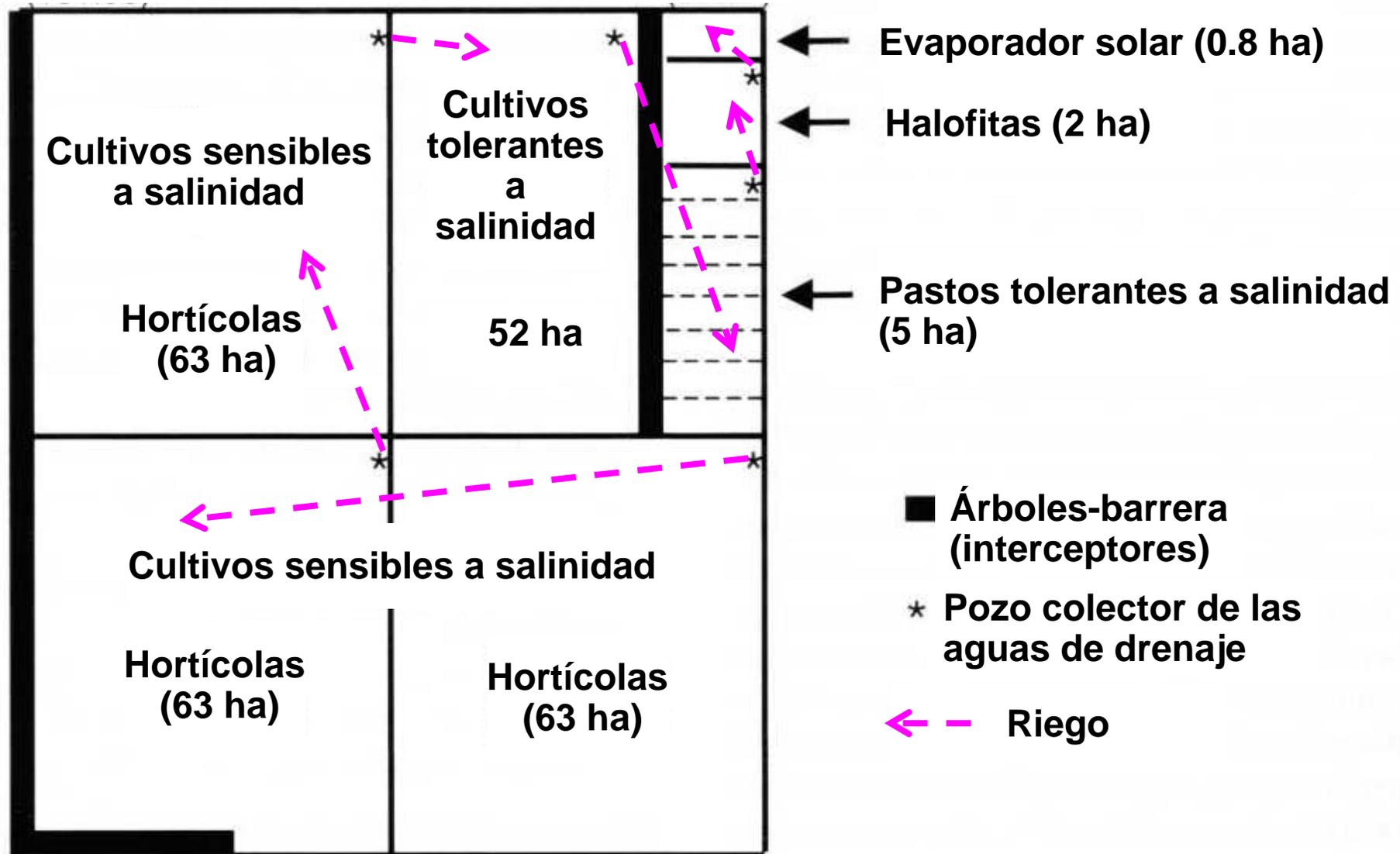
Reutilización externa

- **Reutilización de las aguas de drenaje fuera de la parcela de riego. Generalmente, en la propia Comunidad de Regantes: reutilización secuencial o “concentración biológica en serie”.**
- **En casos extremos, disposición de los excedentes de drenaje en evaporadores solares o en embalses de evaporación.**
- **¿Sostenible a largo plazo?**
- **El ejemplo del desastre del embalse Kesterson...**

Reducción de los flujos de retorno del riego: “reutilización secuencial” o “concentración biológica en serie”

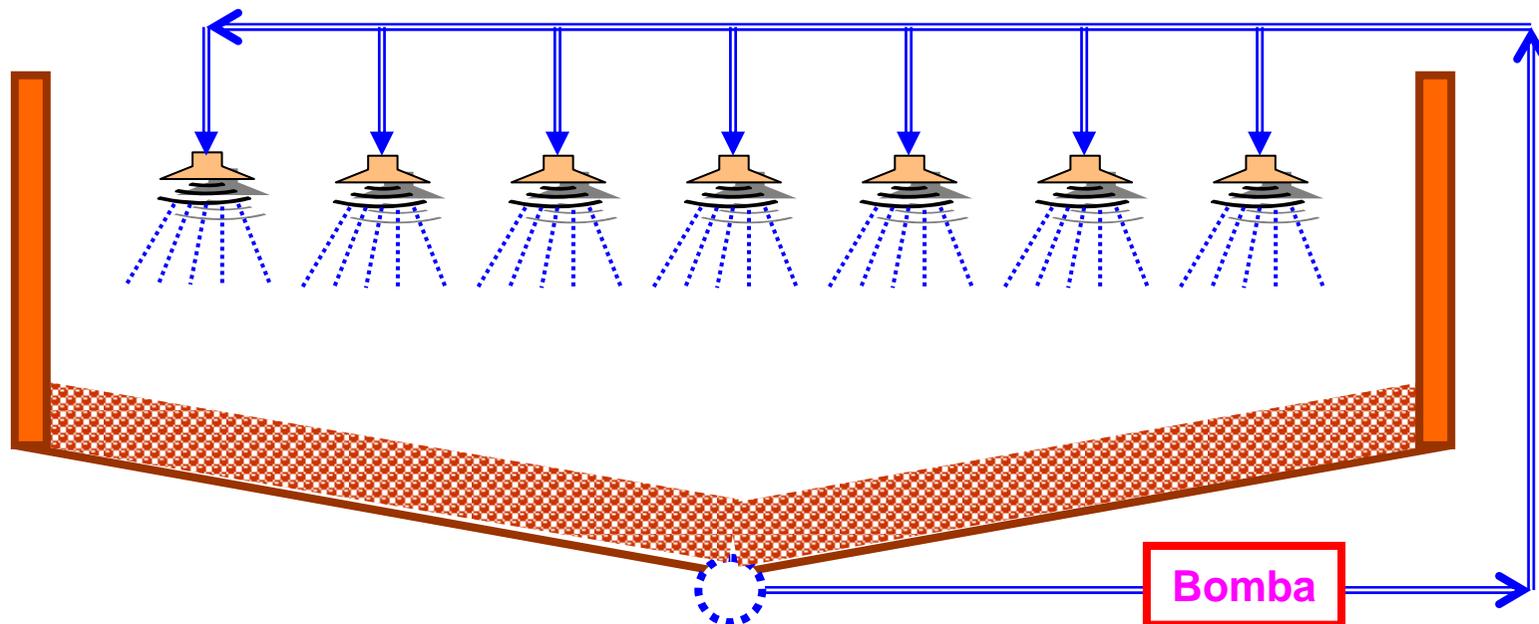


Ejemplo de reutilización secuencial de las aguas de drenaje

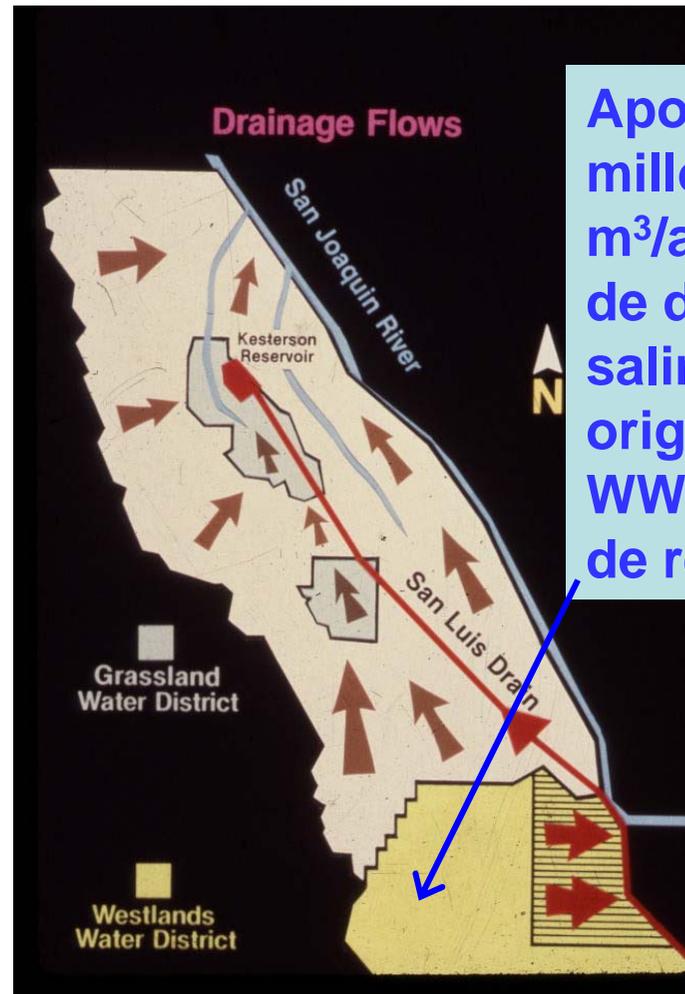
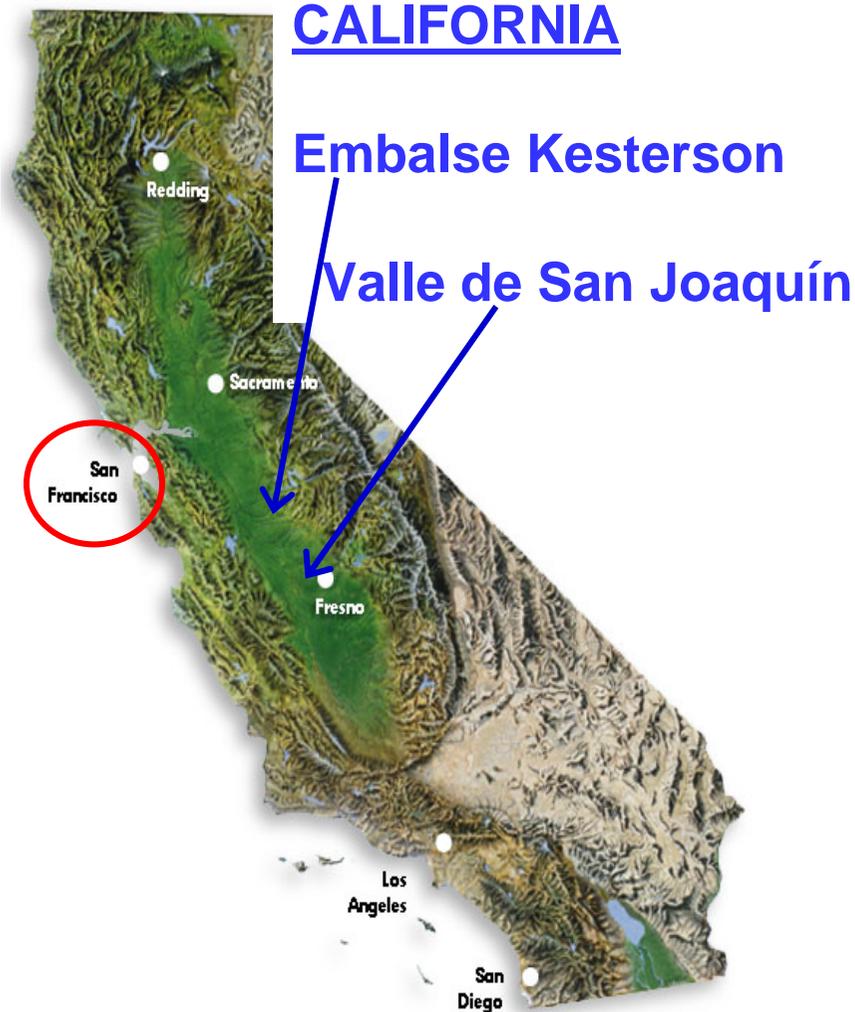


Ejemplo de evaporador solar

- El objetivo es evaporar las aguas salinas resultantes del manejo integrado del drenaje a nivel finca para alcanzar una descarga cero de agua y sales.
- El sistema consiste en la aplicación de las aguas salinas de drenaje a través de aspersores pulverizadores sobre una superficie de agregados de unos 5 cm de diámetro que tiene una pendiente del 2%. El agua no evaporada se recoge en un sistema de drenaje de tuberías perforadas y se inyecta de nuevo en los aspersores hasta su total evaporación.



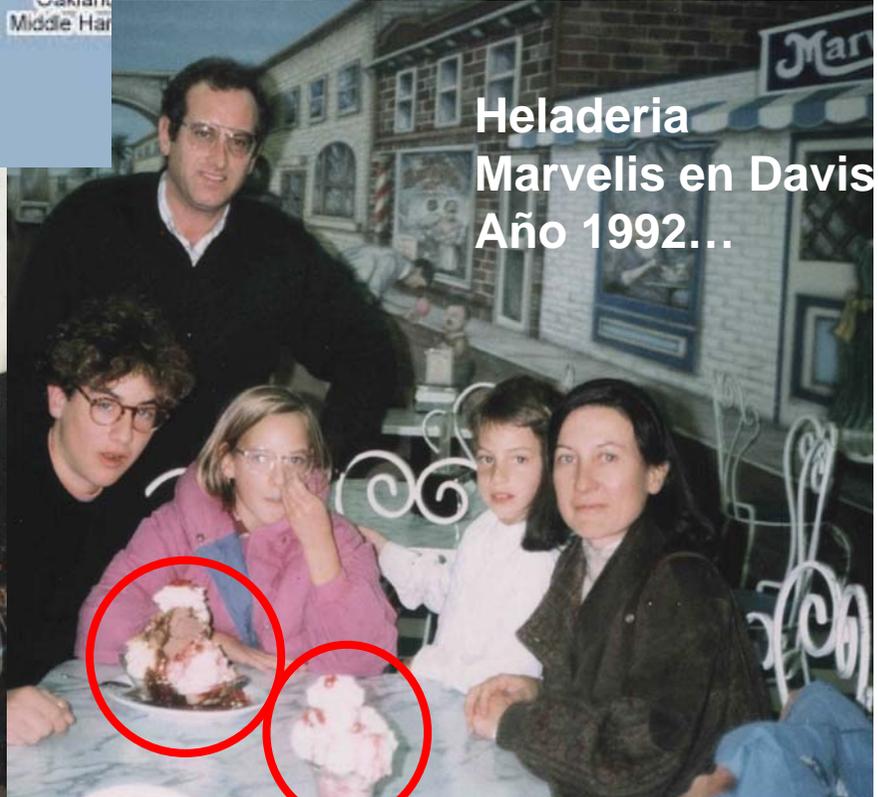
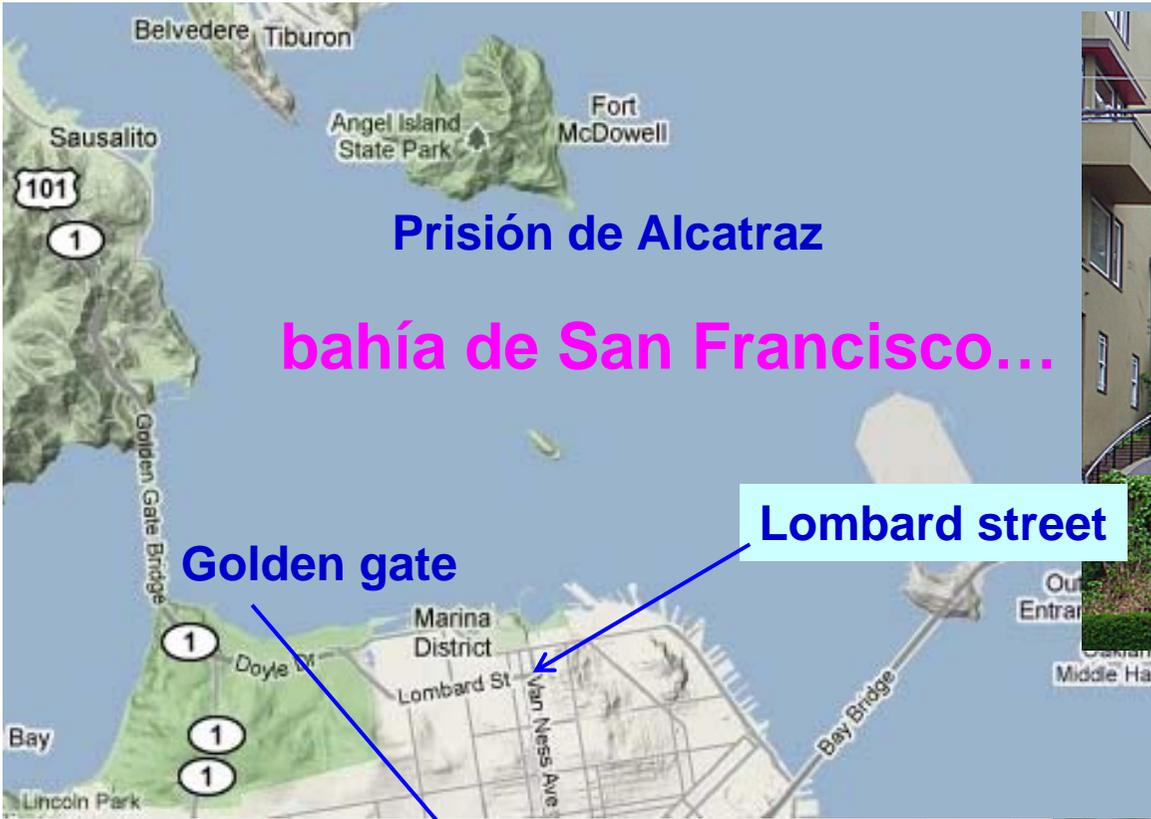
Ejemplo de embalse de evaporación: el “desastre Kesterson”, California (EE. UU.)



Aporte de 8.6 millones de m³/año de aguas de drenaje salinas originadas en WWD (17.000 ha de regadío).



Drenaje de San Luis



Embalse Kesterson: 520 ha con 12 estanques artificiales con una capacidad de 5.2 millones de m³.

Es un embalse de evaporación donde se concentran todos los elementos disueltos en las aguas de drenaje. Entre otros, el Selenio...



Embrión de ave normal



Embrión deformado debido al Selenio presente en las aguas de drenaje

Cronología de un desastre...

- **1951:** Comienzo del riego en el valle de San Joaquín.
- **1968-75:** Se proyecta el dren de San Luis, de 451 km, para llevar las aguas de drenaje a la bahía de San Francisco. En este período se construyen los primeros 137 km que finalizan en el embalse de Kesterson, originalmente concebido como un embalse de regulación interna.
- **1971:** Finaliza la construcción del embalse. A partir de 1982 recibe las aguas de drenaje salinas (unos 10.000 mg/l) del Westlands Water District (WWD). El embalse se convierte en refugio nacional de fauna.
- **1982:** Se miden concentraciones de selenio (Se) en el embalse 100 veces superiores a las de aguas dulces colindantes.
- **1983:** Se descubren deformidades y muerte de aves acuáticas debido a toxicidad por Se. Alarma social. Amenaza de eliminar el regadío de la parte oeste del valle de San Joaquín...
- **1985:** El embalse Kesterson se cierra y se ordena su limpieza. Programa de investigación todavía en marcha.
- **1986:** Se taponan todos los drenes de WWD. Los regantes se ven forzados a reutilizar sus aguas de drenaje y a construir en sus fincas embalses de evaporación. La amenaza persiste...

Cronología de un desastre...

Regadío de WWD (origen del problema de Se en Kesterson)

- 17.000 ha con drenaje enterrado
- Suelos salinos y con Se
- Cultivos: algodón, hortícolas, almendros, alfalfa
- Riego: 43% aspersión-surcos; 27% surcos; 14% aspersión; 13% goteo
- Mas del 30% de la superficie regable hoy en día abandonada



Instalación de drenes



Cierre de drenes

Una lección de la que debemos aprender...

Reutilización interna

- **Reutilización de las aguas de drenaje en la propia parcela de riego mediante el manejo integrado del riego y del drenaje a nivel finca:**
- **Utilización de los freáticos superficiales por los cultivos (riego subterráneo) mediante el control del nivel de agua a la salida de la red de drenaje**
- **Reducción en la exportación de nitratos mediante el aumento de la desnitrificación por elevación del freático**
- **¿Sostenible a largo plazo?**
- **Análisis de un caso de estudio**

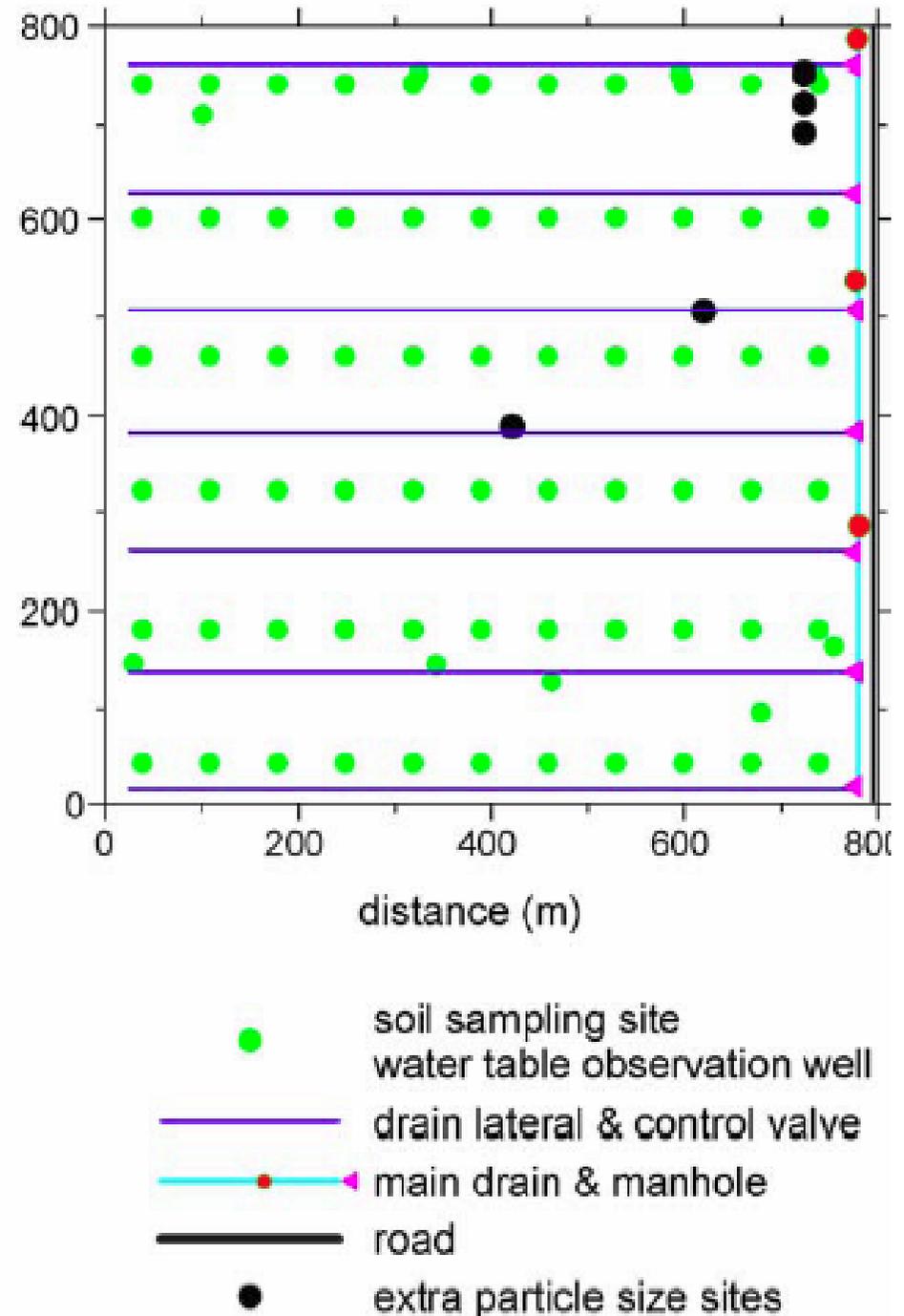
Shouse, Goldberg, Skaggs, Soppe, Ayars.

Vadose Zone J. 5 (2006); Agric. Water Manage. 97 (2010).

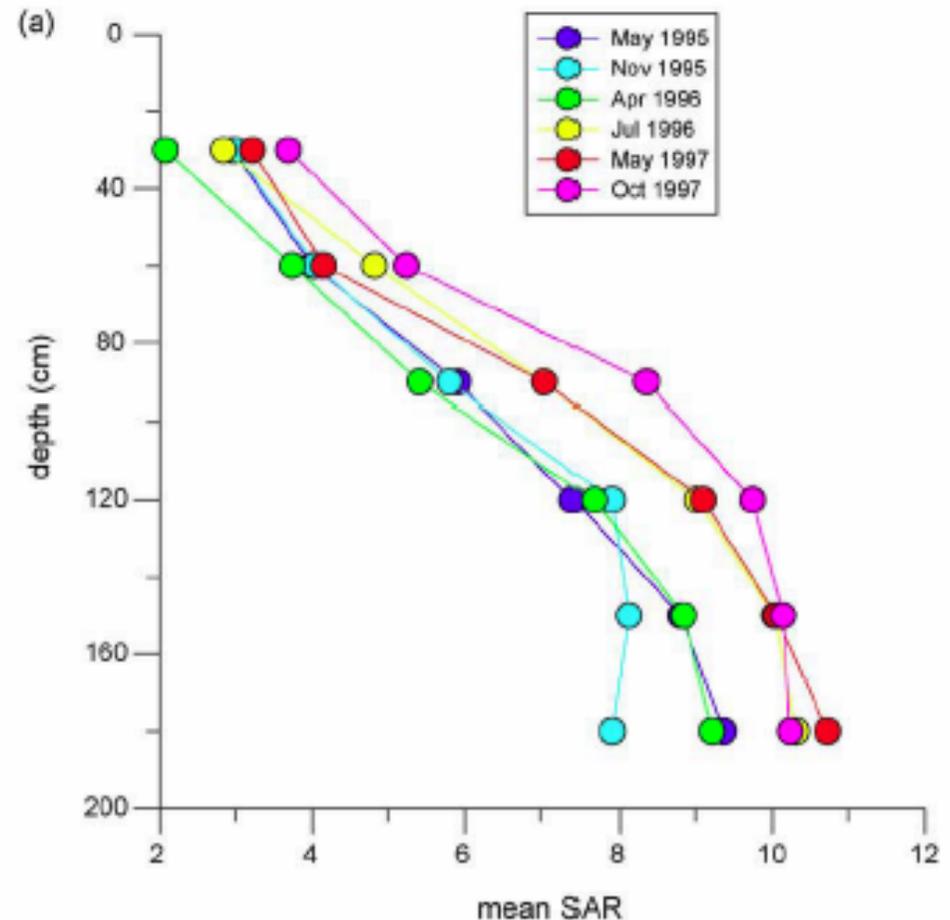
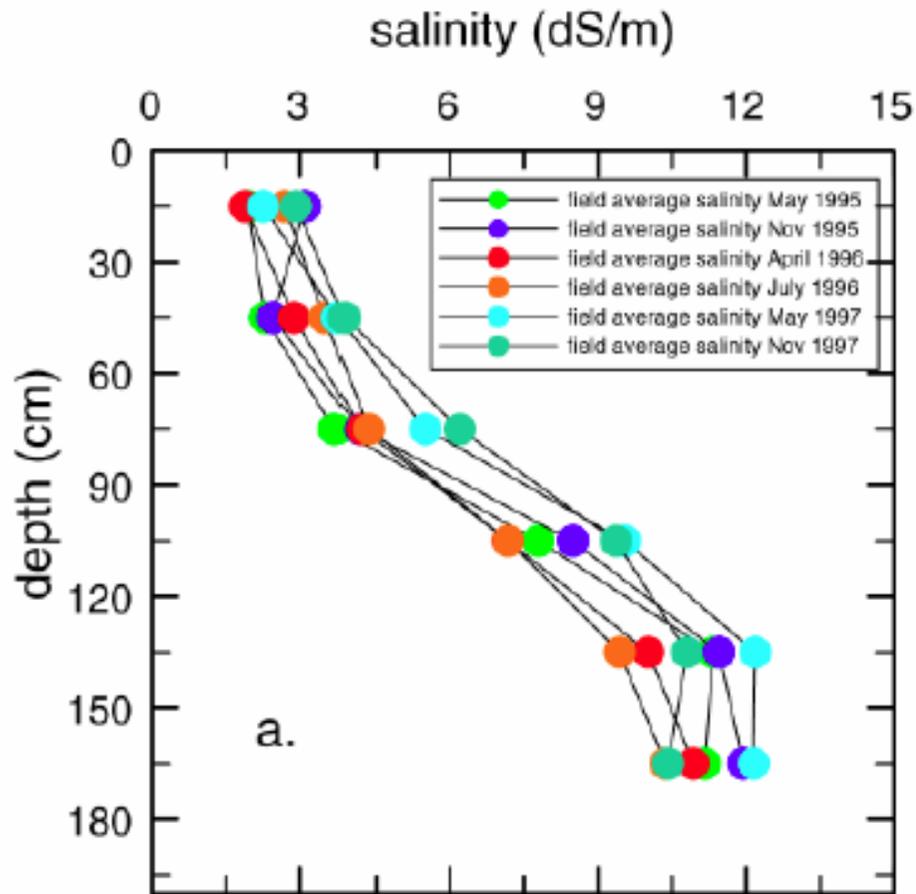
Efecto del manejo de freáticos superficiales sobre la variabilidad espacio-temporal de la salinidad y sodicidad en una parcela de riego.

- Riego \Rightarrow aporte de agua y sales \Rightarrow drenaje \Rightarrow contaminación difusa.
- Necesidad de un balance apropiado entre efectos internos (salinización del suelo) y efectos externos (contaminación difusa).
- Estrategia: restringir el drenaje y elevar los freáticos que son entonces utilizados por los cultivos para satisfacer su ET (“bio-drenaje”) \Rightarrow el drenaje disminuye \Rightarrow la masa de sales exportadas disminuye \Rightarrow la contaminación difusa disminuye.
- Problema potencial: salinización/sodificación del perfil del suelo.

- Valle de San Joaquin (CA)
- Parcela de 60 ha salino-sódica
- Presencia de yeso y calcita
- Algodón/tomate; 3 años
- Riego por surcos
- P = 250 mm (otoño/invierno)
- Agua riego: CE = 0.9 dS/m;
RAS = 3.8 (mmol/l)^{0.5}
- Drenaje: 7 laterales a 1.8 m de profundidad
- Valvulas para mantener la profundidad a 1.2 m
- Agua drenaje: CE = 5.3 dS/m;
RAS = 10.2 (mmol/l)^{0.5}
- 75 puntos de muestreo del suelo (en incrementos de 0.3 m, hasta 1.8 m de profundidad)



Perfiles de salinidad (CEe) y sodicidad (RAS solución suelo)



- Incremento de la salinidad con la profundidad
- Escaso incremento temporal
- Sin efecto sobre los cultivos

- Incremento de la sodicidad con la profundidad
- Incremento temporal importante
- Sin efecto sobre la estabilidad estructural del suelo

- **Los autores concluyen que la estrategia analizada es sostenible porque solo se saliniza/sodifica la parte inferior de la zona de raíces.**
- **Conclusión arriesgada. Los perfiles actuales de CE y RAS indican un flujo descendente de agua, pero un freático a 1.2 m en períodos sin riego puede revertir el flujo de agua hacia la superficie. Y el ensayo ha sido solo de 3 años...**
- **En ese caso, el ascenso de sales y de Na y su evapoconcentración en la superficie puede producir serios problemas de salinidad y, sobre todo, sodicidad.**
- **El aumento de sodicidad asociado a eventos de lluvia o al riego con aguas de baja CE puede provocar la pérdida irreversible de la estabilidad estructural del suelo.**
- **Lección: el control a nivel fuente es siempre mas efectivo que el control a nivel sumidero...**

Y para finalizar, otra lección: el jefe trabajando duramente en el campo...

(fotos de este miercoles)

