

SEMINARIO

Síntesis de resultados de los Convenios CHE-CITA: La Red de Control de Calidad Ambiental de Regadíos en la Cuenca del Ebro

**Agricultura de regadío y calidad del agua
a nivel fuente y sumidero**

R. Aragüés (raraques@aragon.es)

Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC)

CITA-DGA

Zaragoza

Zaragoza, 16 de junio de 2011

Calidad de aguas a nivel fuente: riego



Variables que definen la calidad del agua para riego

- Variables directas (analíticas):

- 1 – Salinidad: Conductividad Eléctrica (CE, dS/m)
- 2 – Sodicidad: Relación de Adsorción de Sodio (RAS)
- 3 – Alcalinidad: pH
- 4 – Toxicidad iónica específica: Na, Cl, B

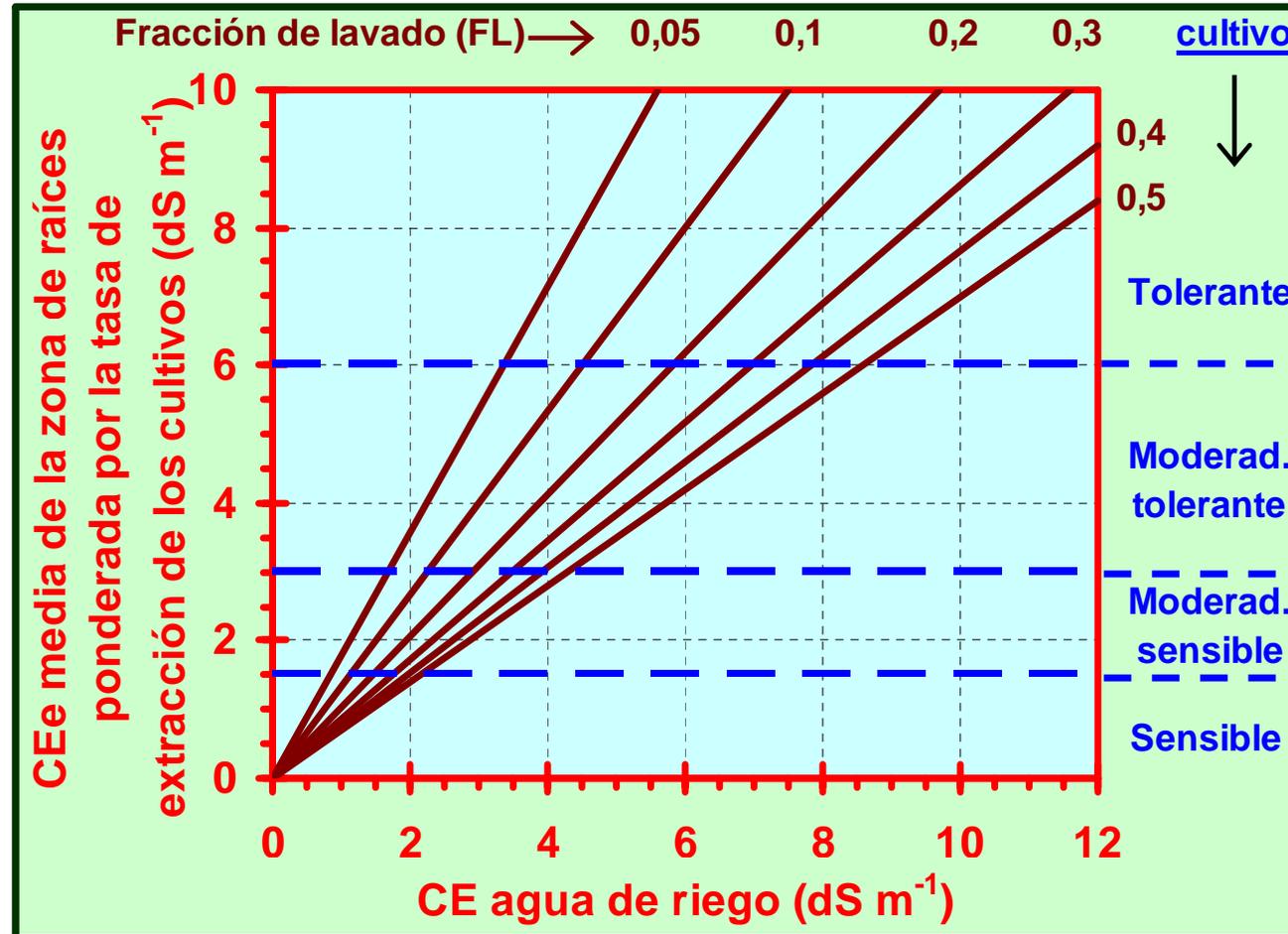
- Variables indirectas:

- 5 – Tolerancia de los cultivos a la salinidad: CE_u , CE_{50}
- 6 – Tolerancia de los suelos a la salinidad (CE) – sodicidad (RAS) – alcalinidad (pH)
- 7 – Manejo del riego: Sistema de riego, Fracción de Lavado
- 8 – Clima: Déficit Hídrico (Precipitación, ETC)

Respuesta de los cultivos a la salinidad del agua de riego

- **Variables a considerar:**
 - **CE agua riego**
 - **Fracción de Lavado (FL)**
 - **Tolerancia del cultivo a la salinidad**

Respuesta de los cultivos a la salinidad del agua de riego: nomograma

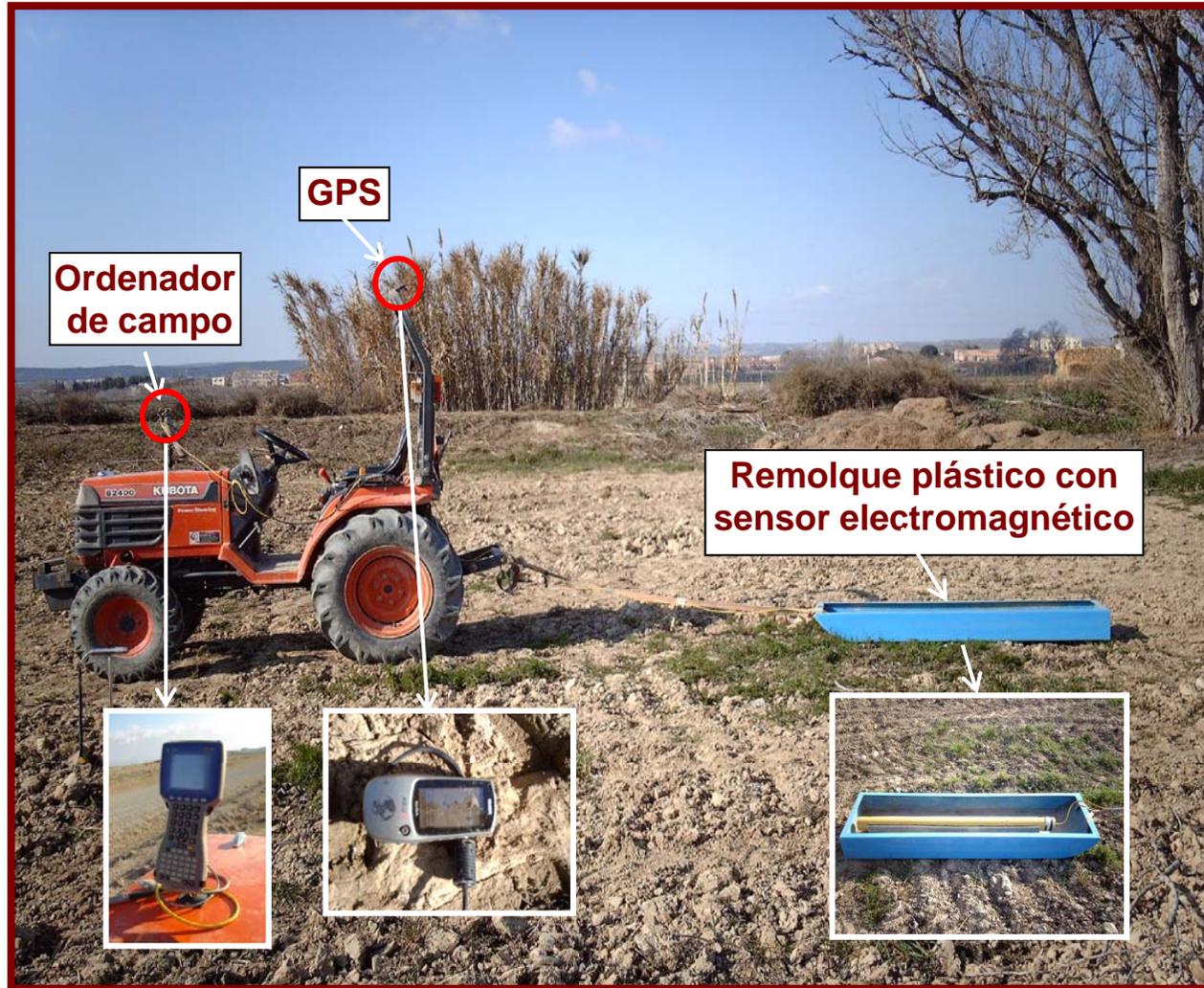


1. CE agua riego y FL \Rightarrow estima de la CEe m.p. zona raíces
2. CEe umbral cultivo $>$ CEe m.p. \Rightarrow agua apta para riego
3. CEe umbral cultivo $<$ CEe m.p. \Rightarrow agua no apta para riego

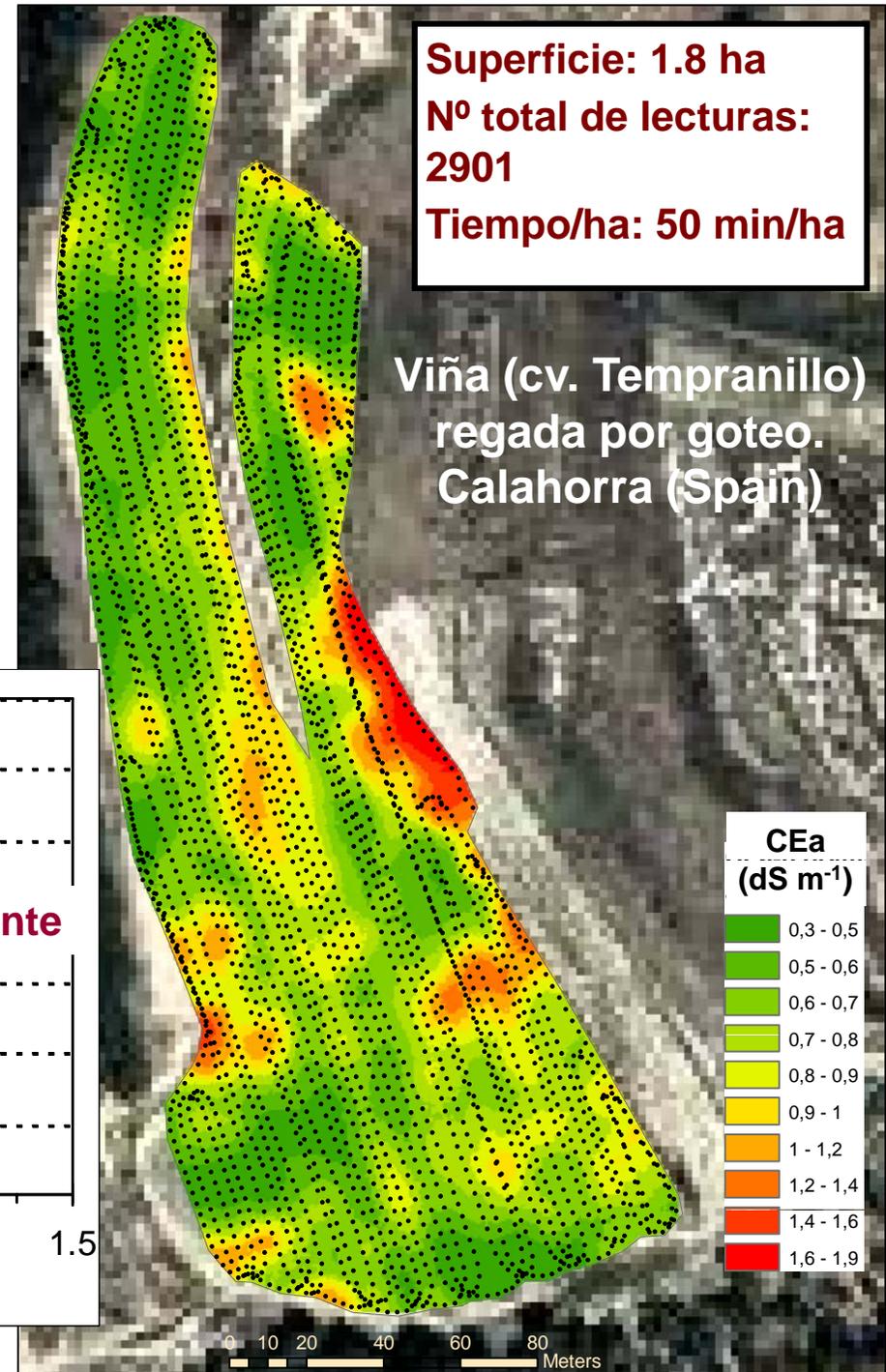
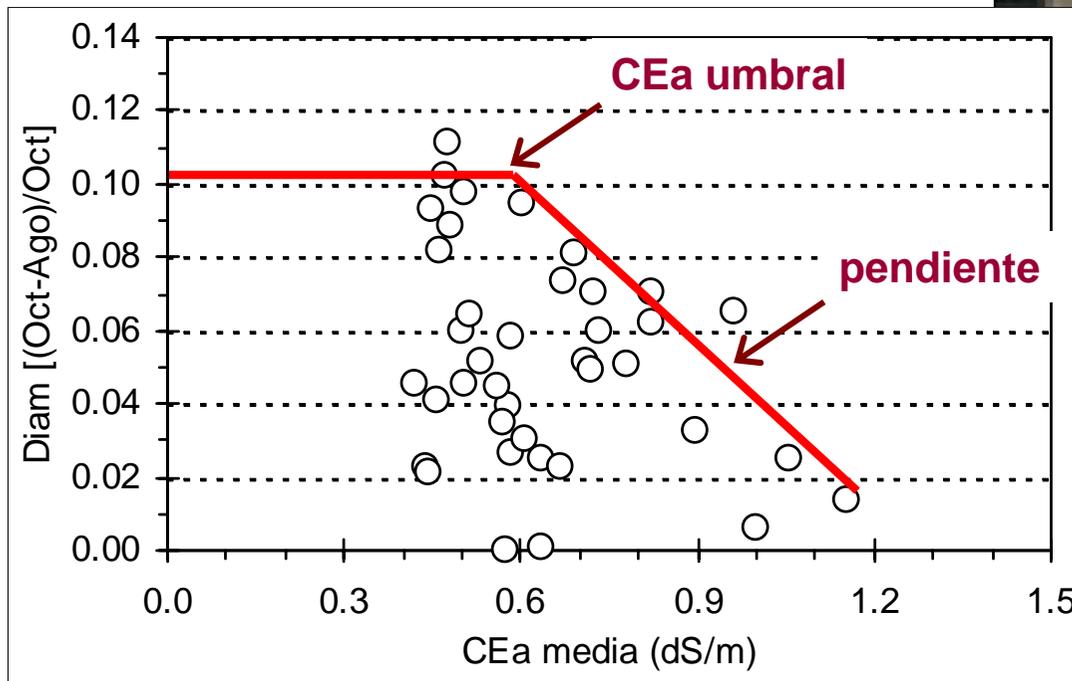
Respuesta de los cultivos a la salinidad del agua de riego. ¿Cómo cuantificarla?

- **La respuesta es ambiente-dependiente. La cuantificación debe hacerse en condiciones de campo naturales o, preferentemente, controladas.**
- **En cualquier caso, es fundamental medir la salinidad del suelo en la zona de raíces del cultivo.**
- **El uso de sensores de inducción electromagnética calibrados para estimar la salinidad edáfica es una práctica recomendada.**

Sensor electromagnético móvil georreferenciado Prototipo diseñado en el CITA-DGA



Tolerancia a la salinidad en condiciones de campo utilizando el enfoque de la “línea frontera superior”



Respuesta de los suelos a la calidad del agua de riego

- **Variables a considerar:**

- **CE agua de riego**

- **Sodicidad agua de riego (RAS o RAS ajustado)**

- **pH agua de riego**

- **Tolerancia del suelo a CE-RAS-pH.**

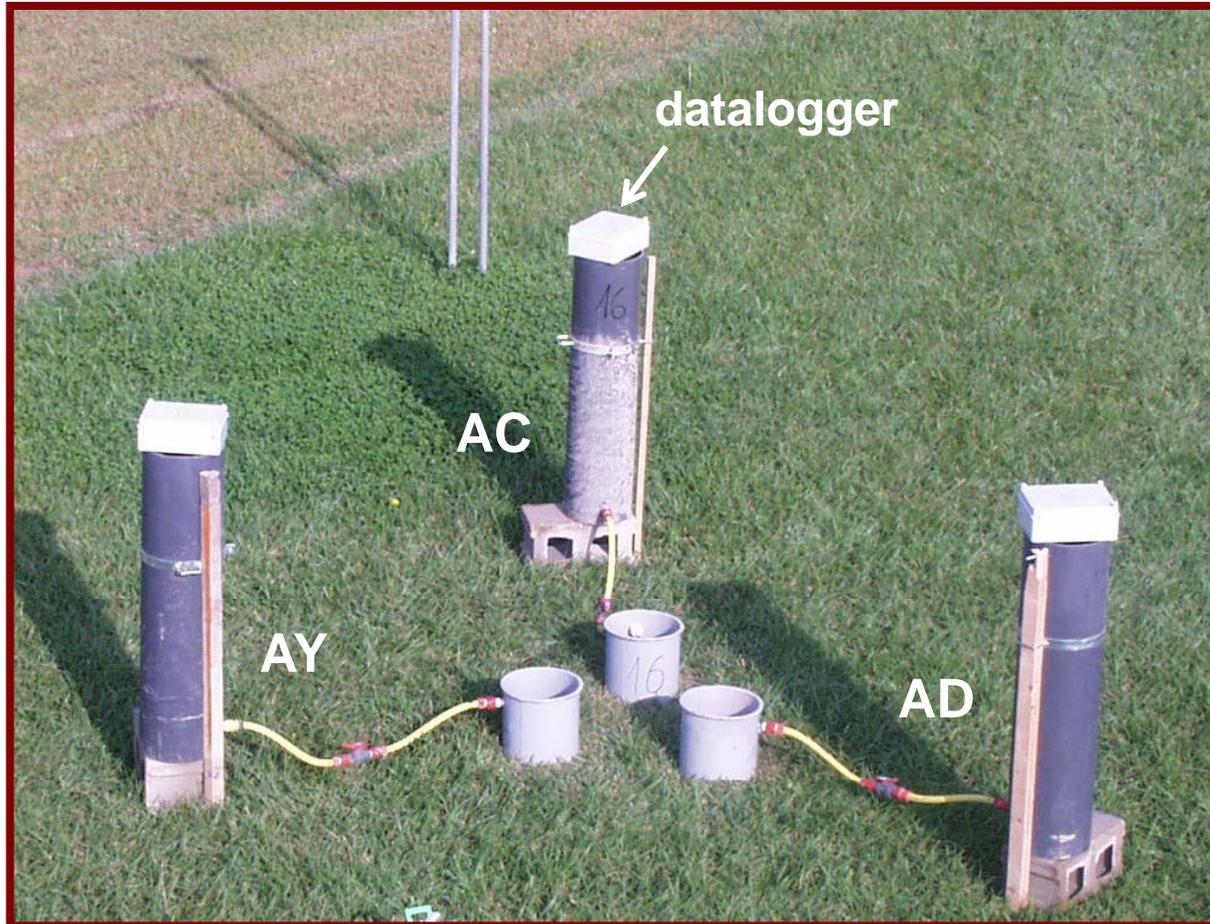
- **Respuesta específica para cada tipo de suelo.**

- **Debe tenerse en cuenta el efecto desestabilizante del agua de lluvia.**

- **Los ensayos de campo son necesarios (y difíciles de realizar).**

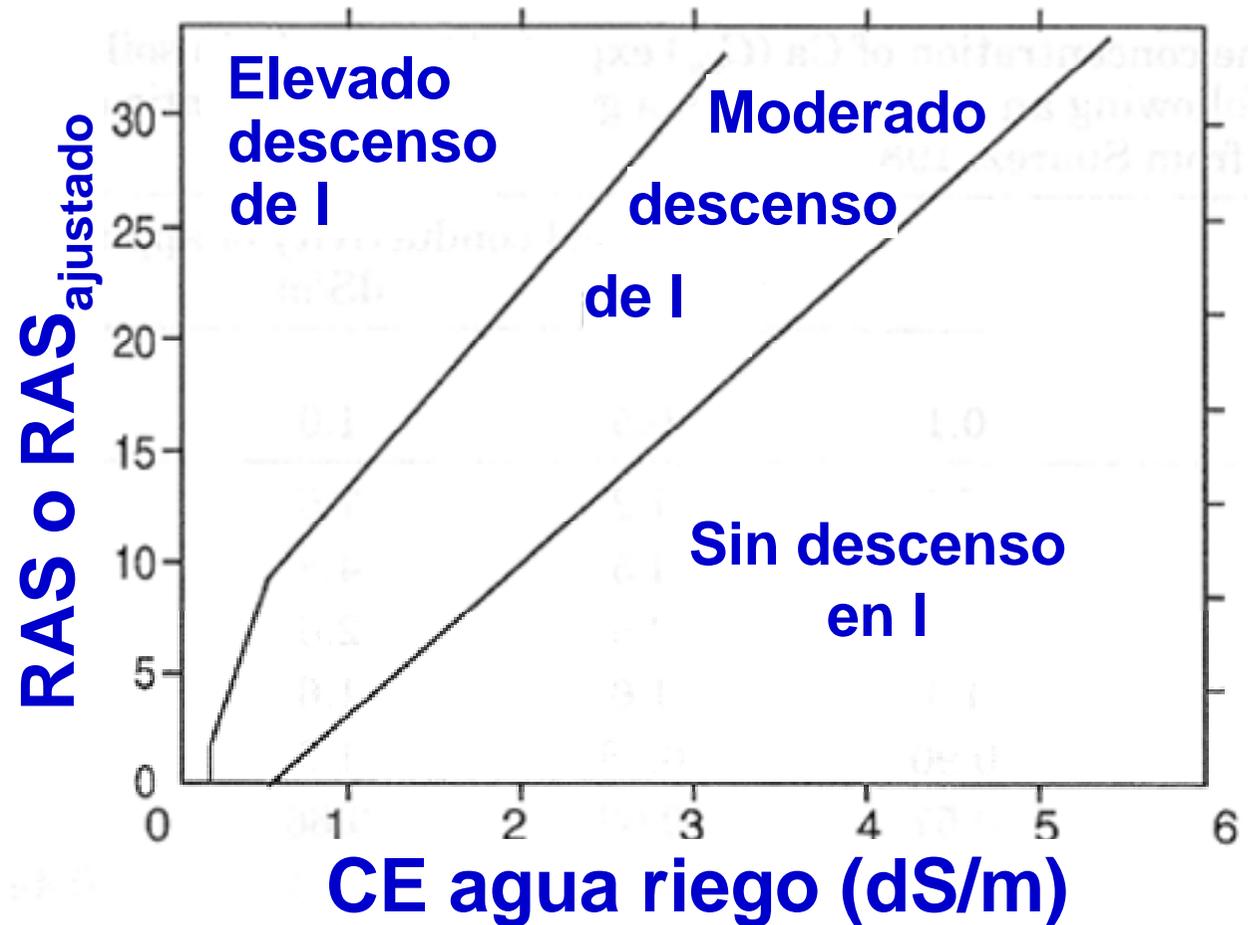
Ensayos de campo

Respuesta de la infiltración del suelo sujeto a agua saturada en yeso (AY), agua canal de riego (AC) y agua destilada (AD) mediante un infiltrómetro automático desarrollado en el CITA



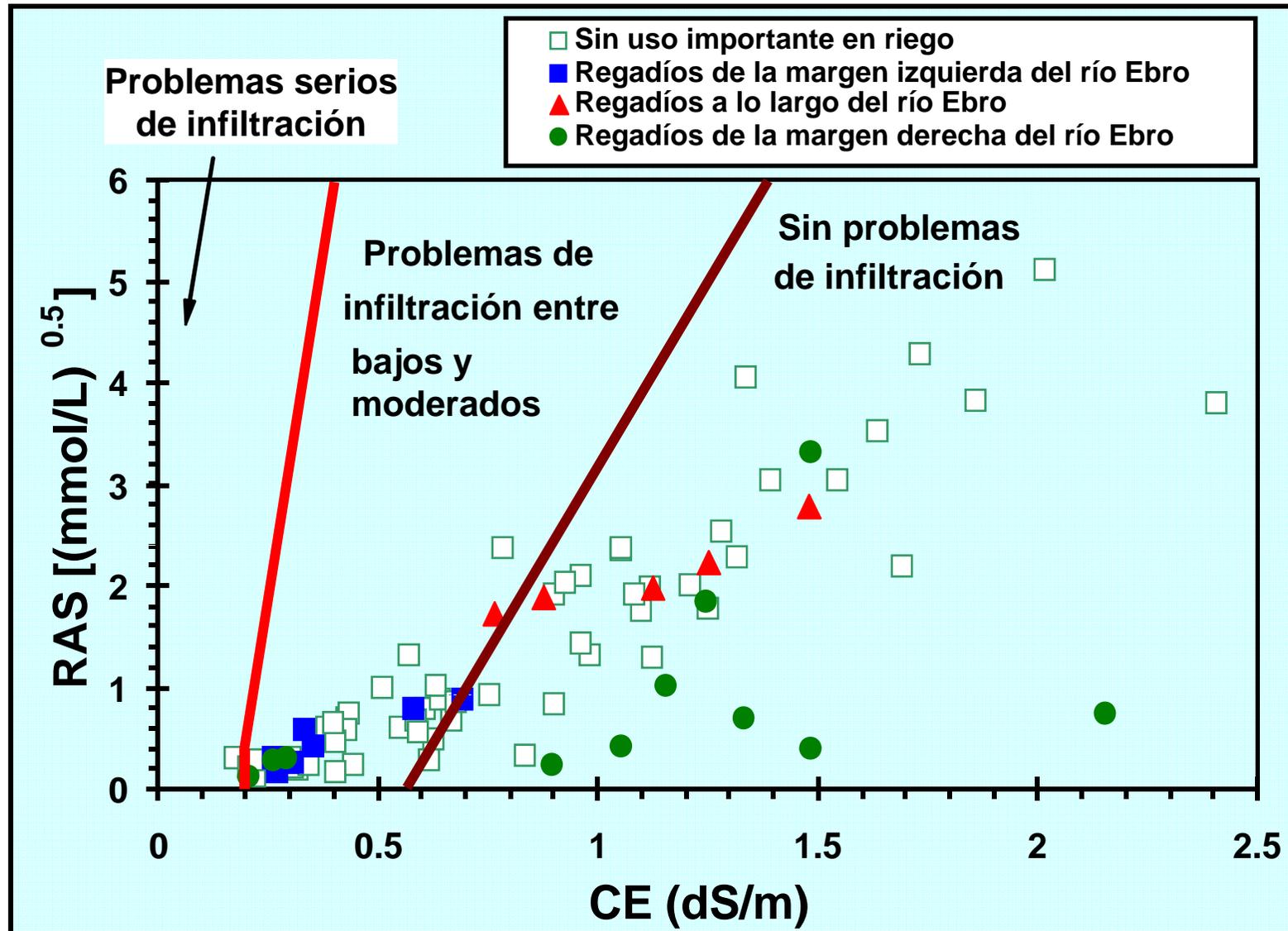
Respuesta de los suelos a la calidad del agua de riego: curvas de estabilidad estructural

I (y CH)
disminuyen
con:
↓ CE
↑ RAS



INFILTRACIÓN

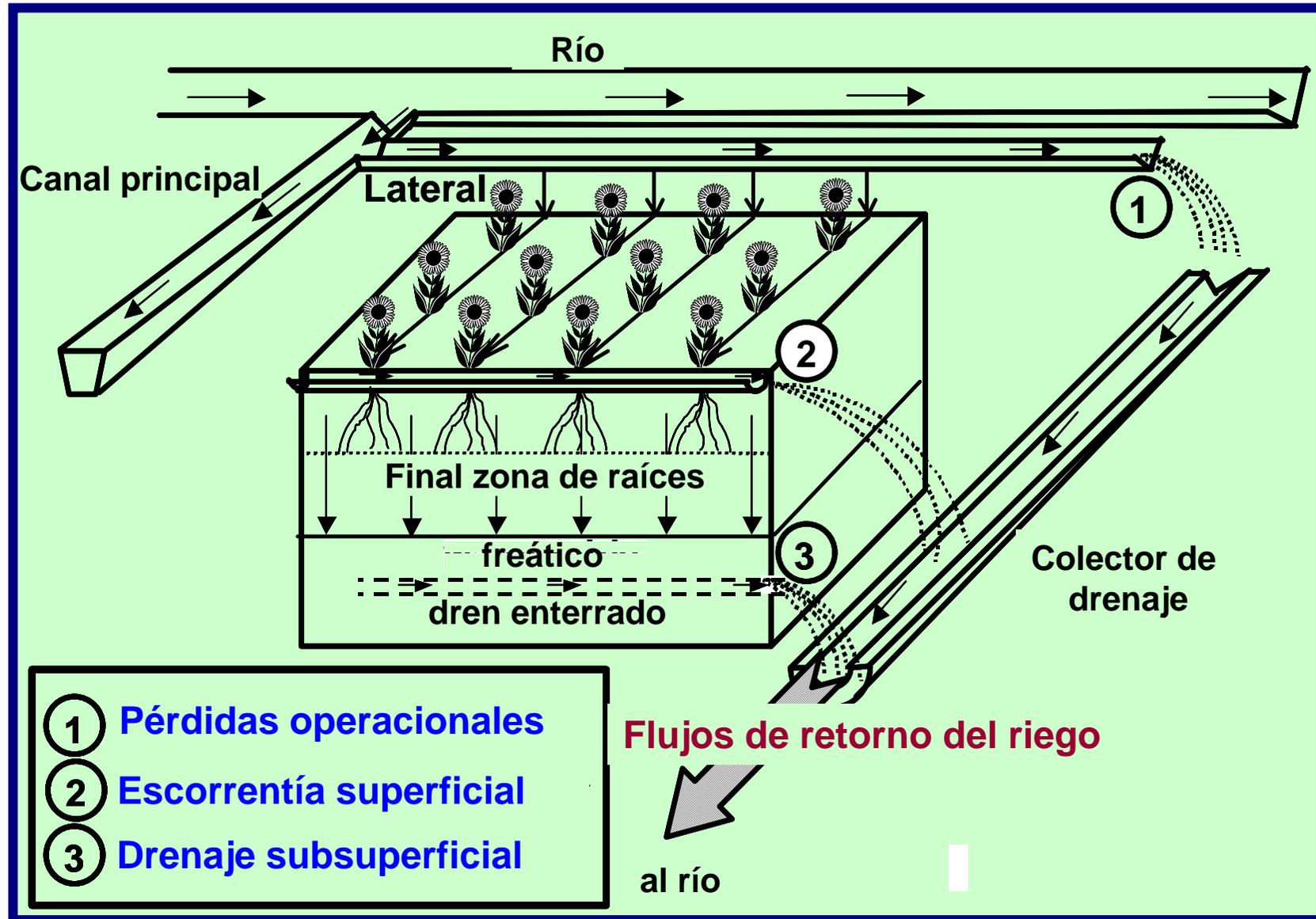
Respuesta de los suelos a la calidad del agua: el caso de la cuenca del Ebro



Calidad de aguas a nivel sumidero: retornos de riego



Componentes de los flujos de retorno del riego



Parámetros de calidad de los tres componentes de los flujos de retorno del riego y cambios de calidad esperables en relación con la calidad del agua de riego

Parámetros de calidad	Componentes de los flujos de retorno del riego		
	Pérdidas operac.	Escorr. superf.	Drenaje subsup.
Degradación general de calidad	0	+	++
Salinidad	0	0, +	++
Nitrogeno	0	0, +, ++	++, +
Fósforo	0, +	++	0, -, +
Demanda biológica de oxígeno	0	+, 0	0, -, --
Sedimentos	0, +, -	++	--
Residuos de pesticidas	0	++	0, -, +
Elementos traza	0	0, +	0, -, +
Organismos patógenos	0	0, +	-, --

0: Degradación de calidad despreciable

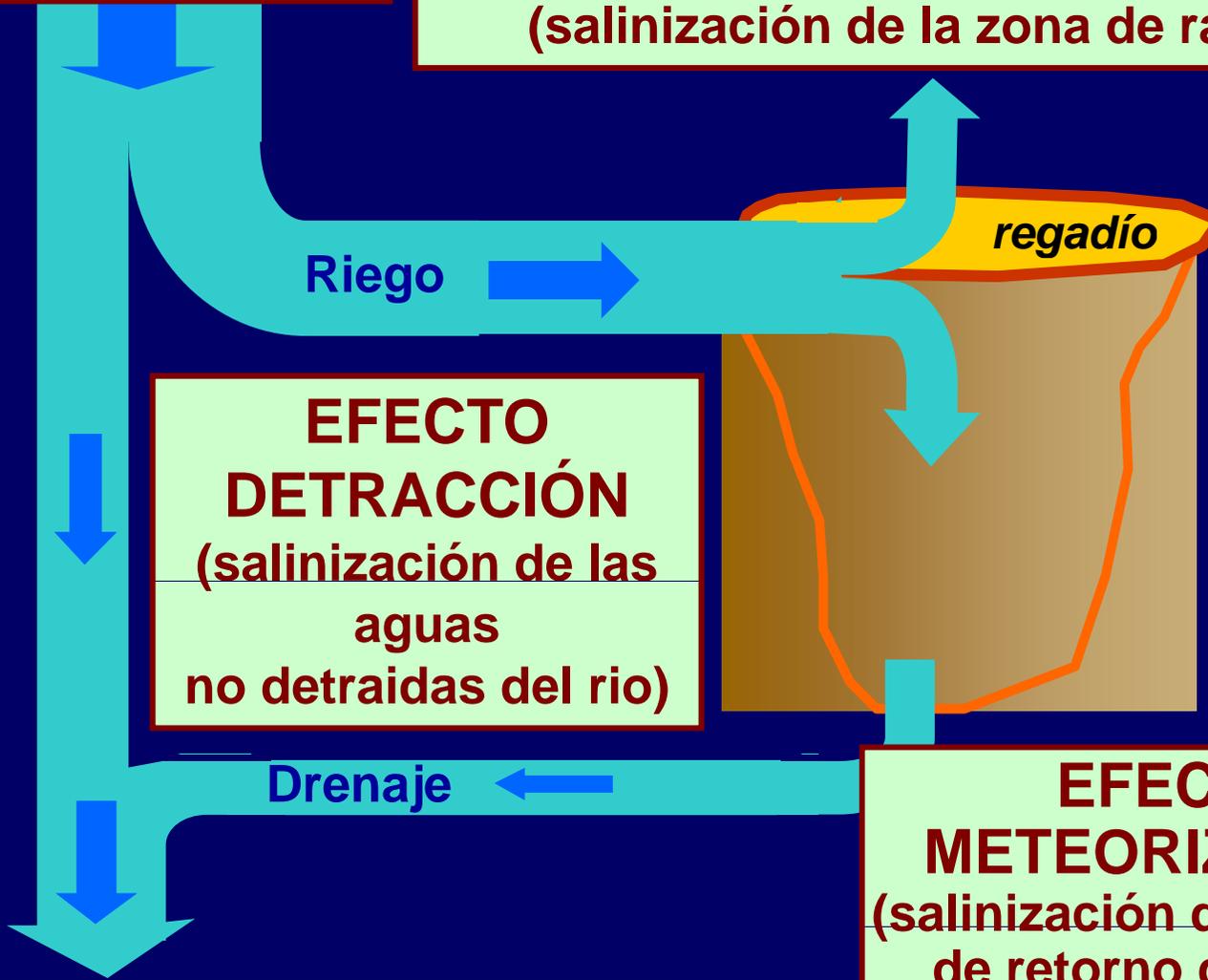
+, ++: Degradación moderada, elevada de calidad (evapoconcentración, aplicación de agroquímicos, erosión del suelo, disolución de minerales, etc.)

-, --: Mejora moderada, elevada de calidad (filtración, fijación, degradación microbiana, precipitación de minerales, etc.)

Agricultura de regadío y salinización de aguas

Río aguas arriba de la detracción

EFFECTO EVAPOCONCENTRACIÓN
(salinización de la zona de raíces)

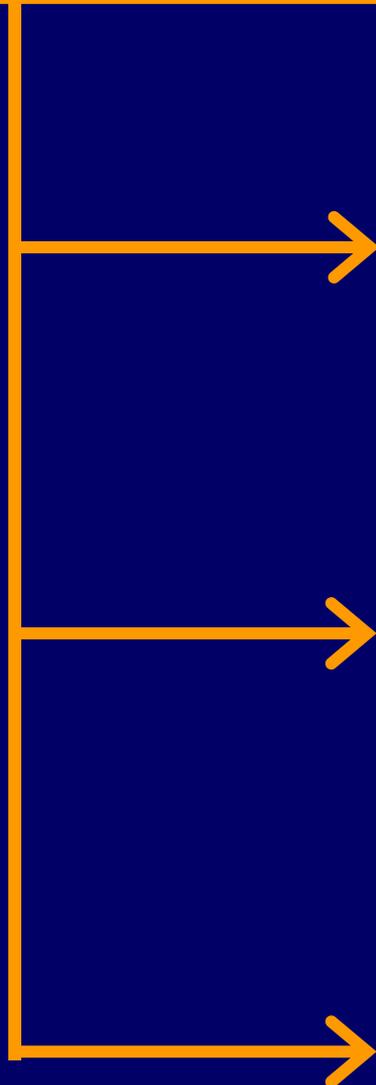


EFFECTO DETRACCIÓN
(salinización de las aguas no detraidas del rio)

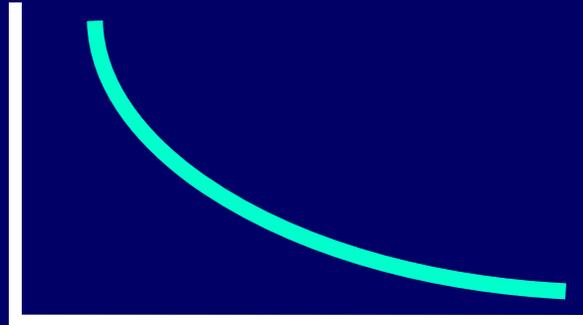
EFFECTO METEORIZACIÓN
(salinización de los flujos de retorno del riego)

Río aguas abajo de la detracción

“Detracción+ Evapoconcentración+Meteorización”



SALINIDAD



El uso consuntivo de agua en la cuenca de un río incrementa la salinidad de las aguas del río...

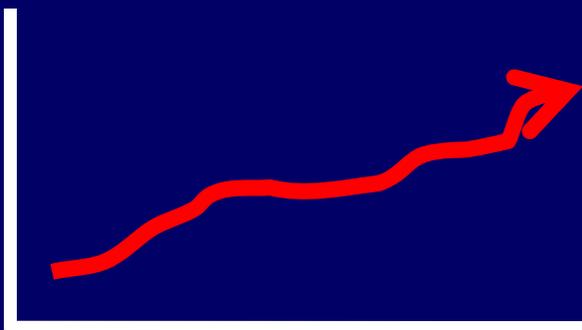
CAUDAL



Las aguas de los ríos de zonas áridas o semi-áridas tienden a incrementar su salinidad con el tiempo...

TIEMPO (AÑOS)

SALINIDAD



Las aguas de los ríos tienden a incrementar su salinidad desde su nacimiento hasta su desembocadura...

RÍO (KM)

Directiva Marco Europea del Agua (DMA) y Plan Hidrológico Nacional (PHN)

- **Objeto DMA: marco para la protección de la calidad de las aguas en Europa. Basada en concentraciones...**
- **Las masas de agua deben alcanzar un “buen estado ecológico” en 2015.**
- **“Quien contamina, paga” ... Complicado cuando la contaminación es difusa (regadío).**
- **Presión creciente hacia sistemas agrarios que garanticen la calidad de las aguas: necesidad de cuantificar la contaminación inducida por el regadío.**

Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)

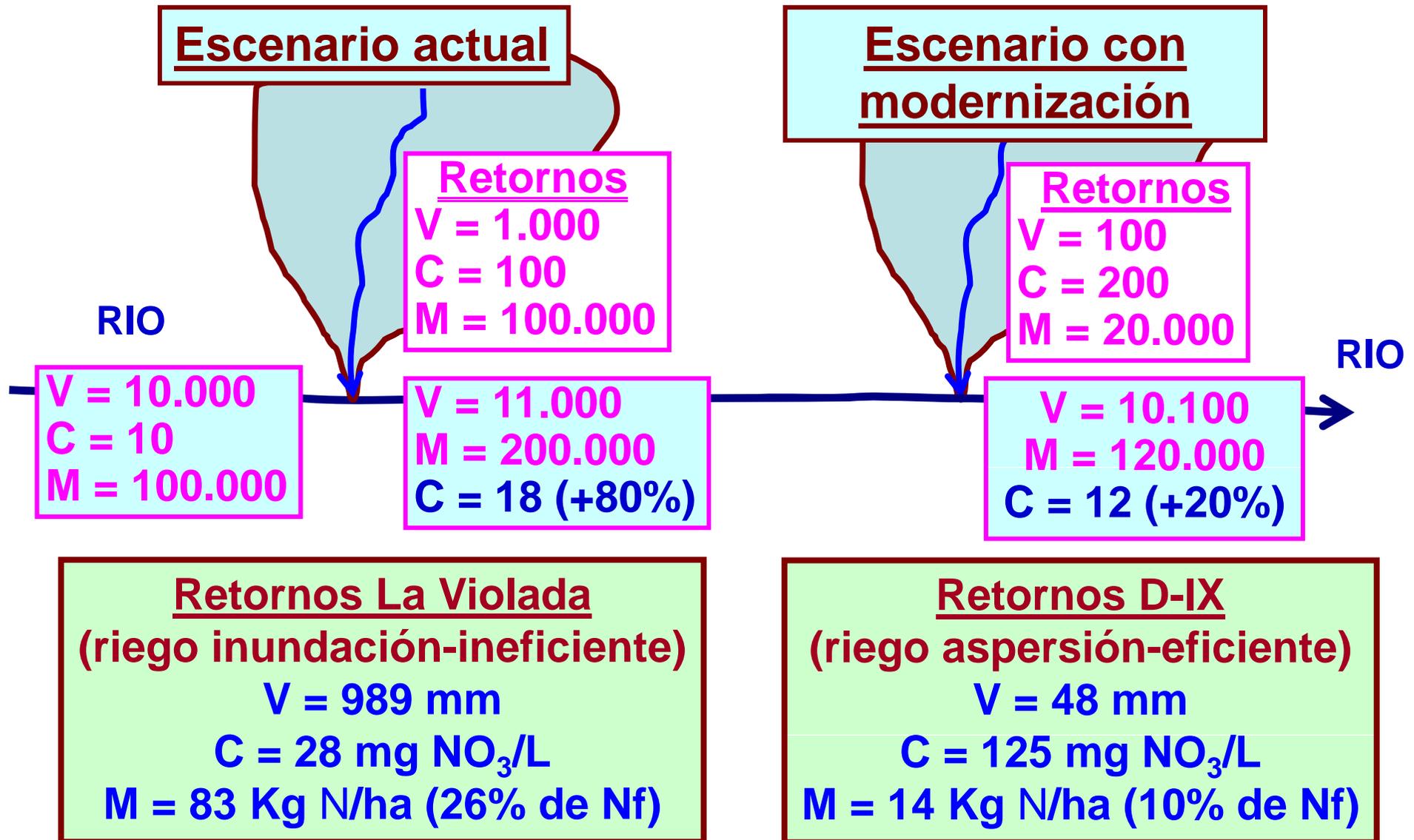
- Seguimiento de los impactos ambientales.
- Investigación de las relaciones causa-efecto.
- Elaboración de códigos de buenas prácticas agrarias.
- Establecimiento de un sistema de indicadores agroambientales.
- Red de Vigilancia Ambiental de Regadíos en cada Demarcación Hidrológica de España: **el ejemplo de la CHE.**

**Plan de Choque de Modernización
de Regadíos (MARM, 2006):
¿cómo afecta a la calidad de las aguas?**

La calidad de las aguas mejora en la Cuenca:

- 1- Porque aumenta en los ríos el volumen de agua de buena calidad no detraída para el riego.**
- 2- Porque disminuye el volumen de los retornos de riego.**
- 3- Porque disminuye la masa de contaminantes exportados por los retornos de riego (aunque aumenta su concentración).**

Contaminación difusa del regadío: ¡la masa es lo que importa!



Enfoque USA (EPA): TMDL (Total Maximum Daily Load: carga total máxima diaria)

- 1- Asignación a un tramo de río de una concentración máxima admisible de un cierto contaminante que depende de sus usos previstos.**
- 2- Identificación de todas las fuentes puntuales y difusas de ese contaminante en la cuenca de recepción del tramo de río.**
- 3- Asignación a cada fuente de la carga total máxima diaria que puede emitir al tramo de río sin que se exceda la concentración máxima admisible.**
- 4- Enfoque conceptual impecable... pero difícil de llevar a la práctica. Requiere de modelos de simulación.**

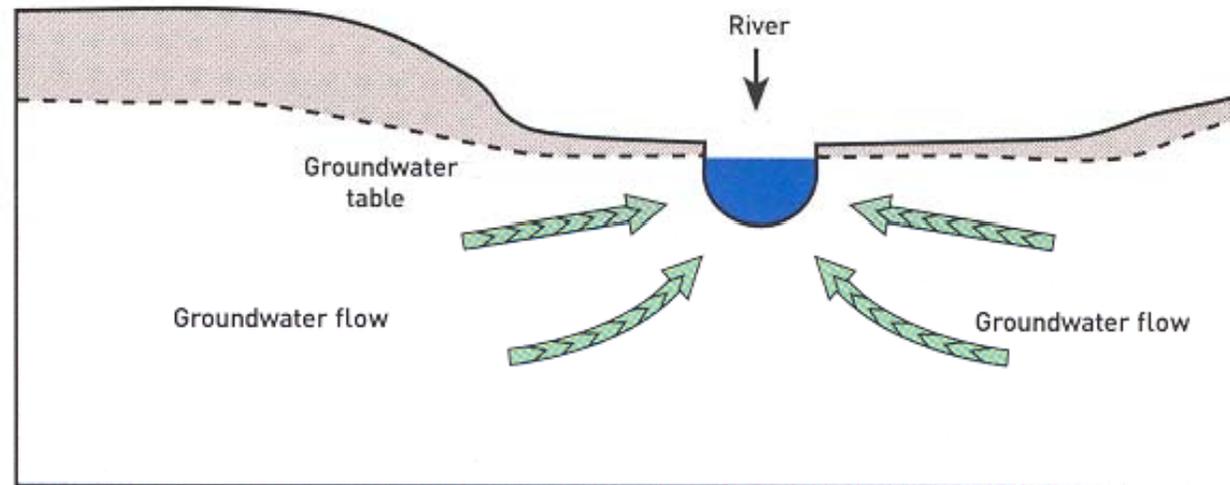
Enfoque AUSTRALIANO: Zonificación de la salinidad; créditos y débitos de salinidad (cuenca Murray-Darling)

- 1- La tramitación de licencias para la asignación de derechos de agua o expansión del regadío no puede aprobarse cuando afecte negativamente a la salinidad del río Murray.**
- 2- ... salvo que el incremento previsto de salinidad se vea compensado por otras medidas que eviten dichos aumentos (por ejemplo, con sistemas de intercepción de sales).**
- 3- La zonificación de la salinidad utiliza un sistema de créditos y débitos de salinidad para compensar los impactos de salinización debidos al regadío.**

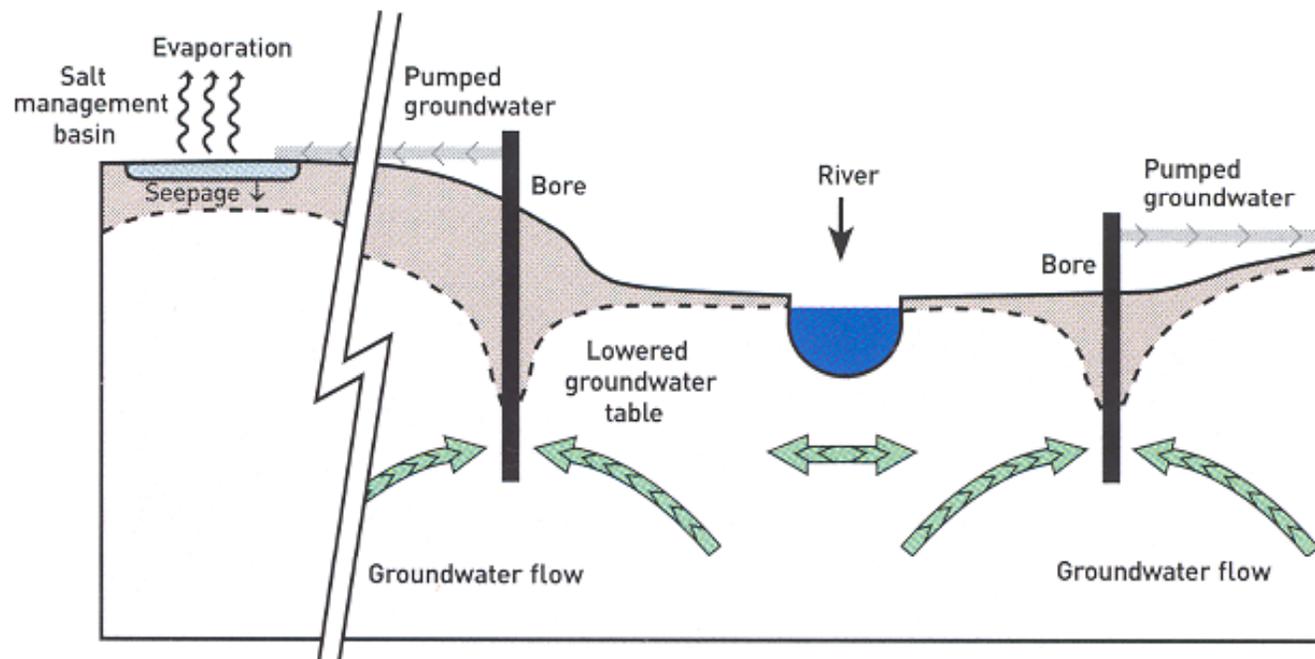
- 4- Bajo un “acuerdo de cuenca”, se mantiene un “Registro de Salinidad” en el que se anotan todas las acciones que reducen o aumentan las masas de sales que llegan al río.
- 5- Las acciones que resultan en un aumento de masas aportadas (como un regadío nuevo) resultan en un débito. Las que reducen las masas (como los sistemas de intercepción de sales) resultan en un crédito.
- 6- El registro debe ser positivo (créditos > débitos) en todo momento en los tres estados implicados (South Australia, Victoria y New South Wales).
- 7- Los créditos y débitos se registran en dólares para reflejar los costes de la salinidad.

- **Métodos para reducir la salinidad del río:**
 - **Reducción del drenaje mediante mejoras en la eficiencia del riego y en los sistemas de distribución.**
 - **Reutilización de las aguas de drenaje para el riego.**
 - **Manejo del caudal del río para que actúe de diluyente.**
 - **Reducción de la recarga de los acuíferos plantando cultivos/árboles perennes de raíz profunda.**
 - **Selección de nuevos regadíos en áreas de bajo impacto por salinidad (“zonificación de la salinidad”).**
 - **Desvío de las aguas salinas subterráneas antes de que entren al río mediante sistemas de intercepción de sales (SIS) (“Salt Interception Schemes”).**

Sistemas de intercepción de sales (SIS)



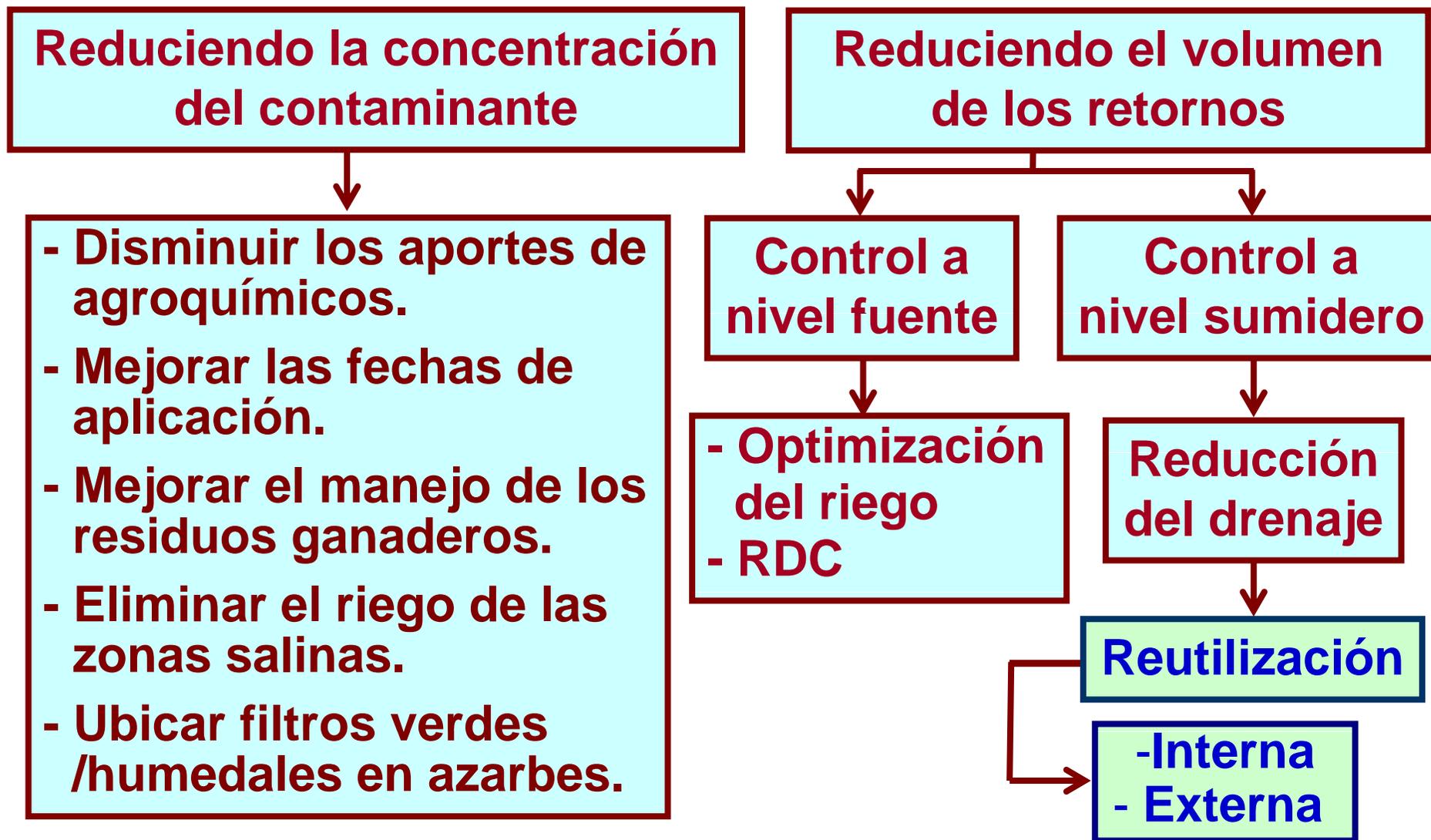
PRE-IMPLEMENTATION



POST-IMPLEMENTATION

¿Cómo minimizar la masa exportada del contaminante?

(Masa = Concentración x Volumen)



Conclusiones relacionadas con RecorEbro

- 1- La DMA, el PHN y el PVA exigen el control de la calidad de las aguas. Es necesario establecer Redes de Control de la Calidad Ambiental de los Regadíos. La CHE, pionera en España.
- 2- La masa de contaminantes en los retornos de riego es la variable fundamental para el análisis de la contaminación difusa inducida por el regadío.
- 3- La masa de contaminantes en los retornos de riego puede minimizarse reduciendo la concentración del contaminante y/o el volumen de los retornos de riego a nivel fuente y sumidero.
- 4- La modernización de regadíos mejora la calidad de las aguas en la cuenca (pero reduce el recurso agua y puede aumentar la concentración contaminante en los retornos).