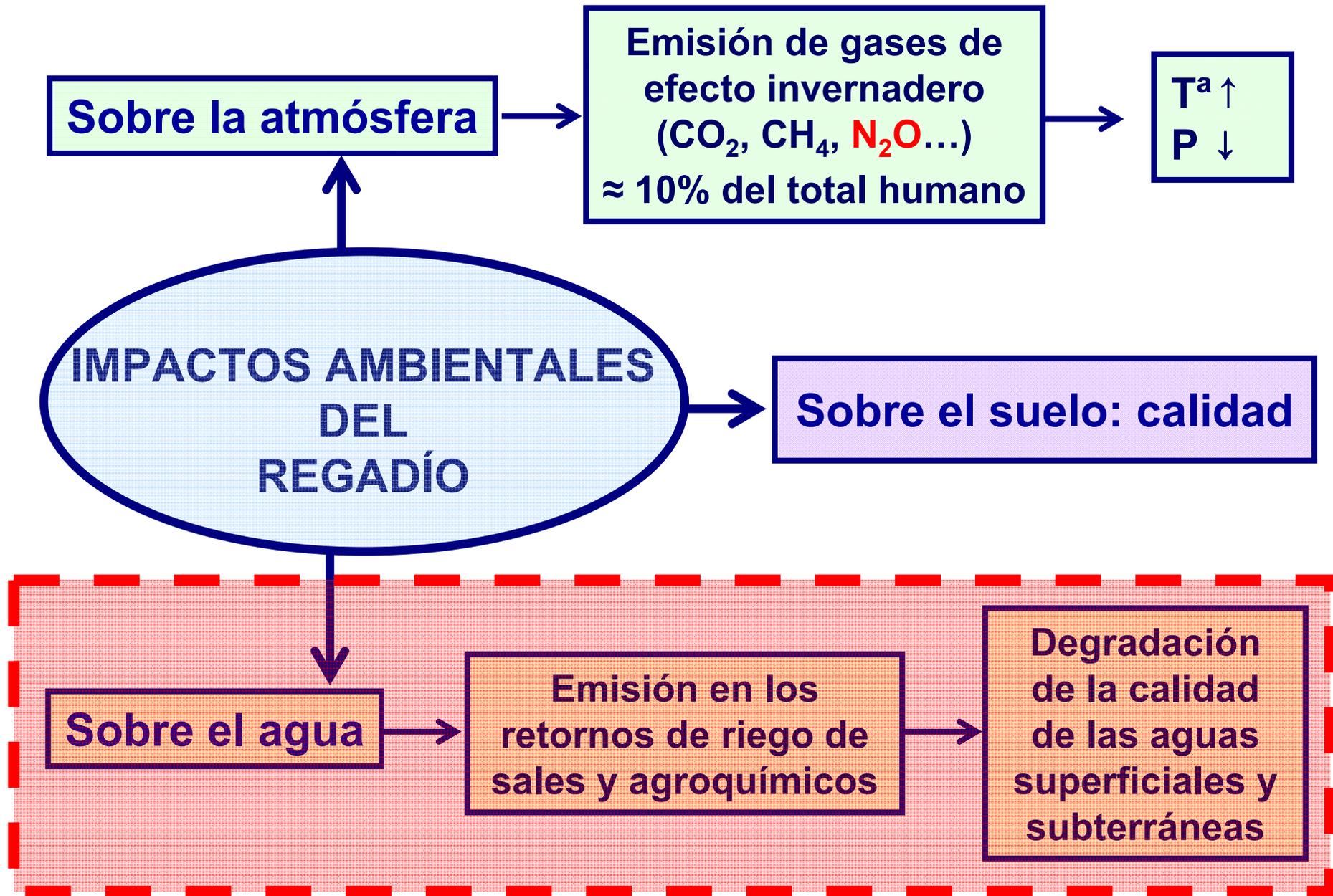


USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO

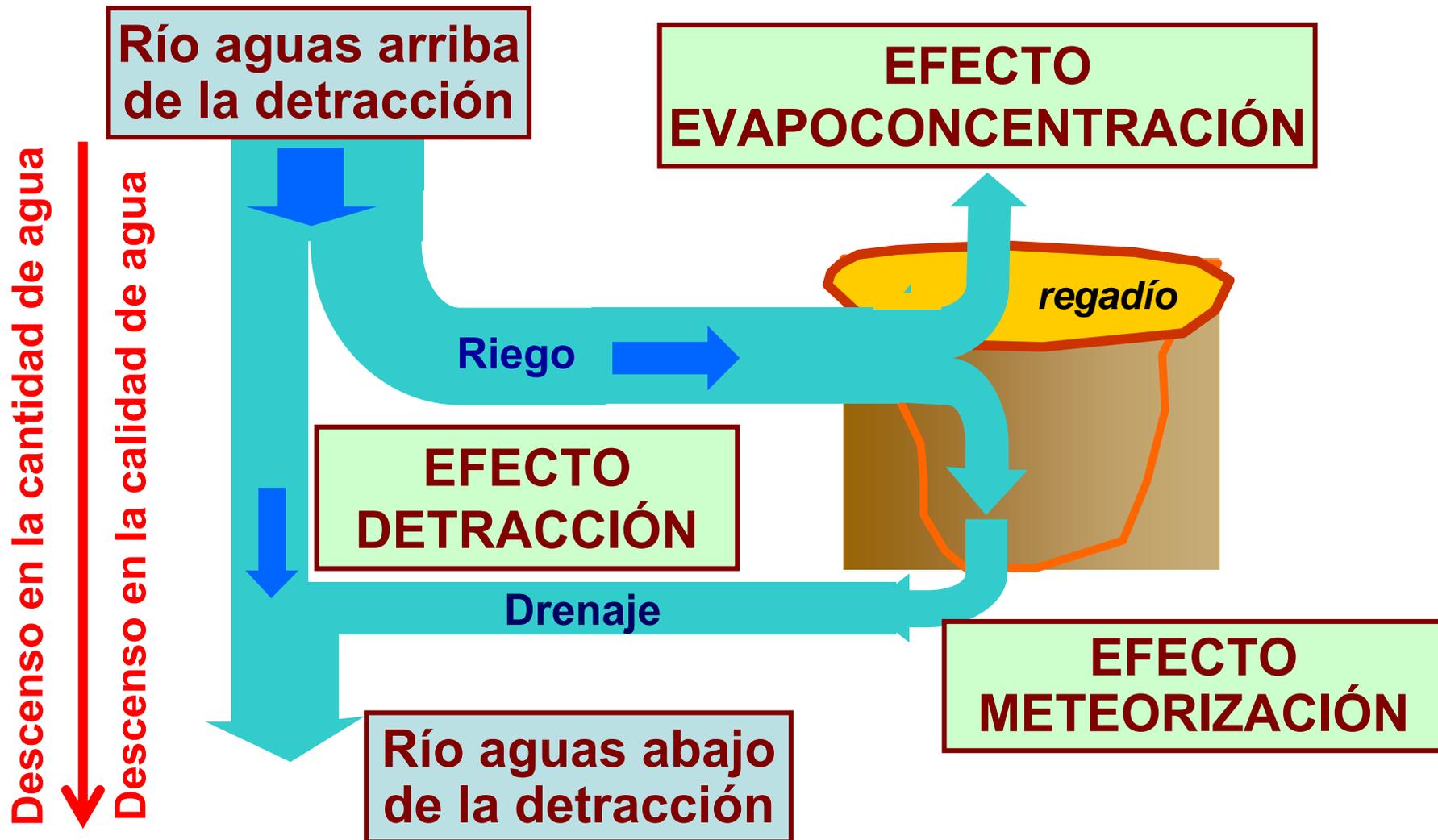
Vitoria-Gasteiz (12-23 junio, 2014)

Impacto ambiental del regadío

Ramón Aragüés (CITA)
Gobierno de Aragón



La detracción de agua de un río a un regadío provoca una pérdida de cantidad y calidad aguas abajo de la detracción



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}

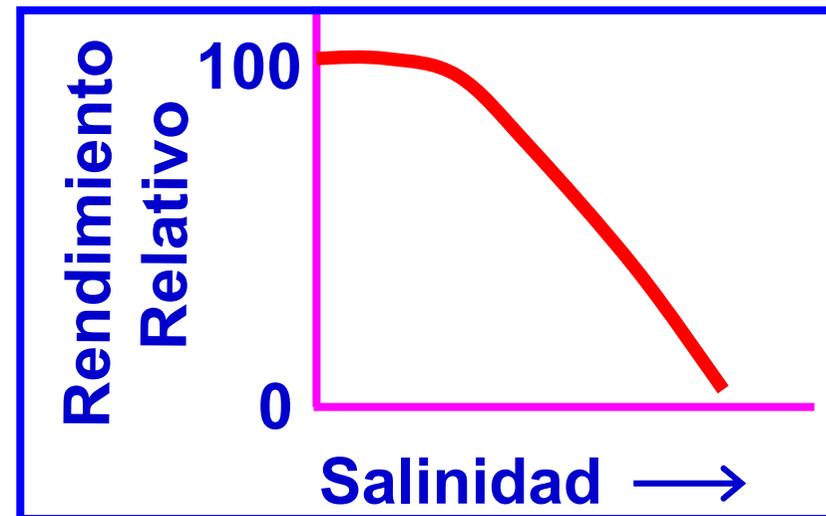
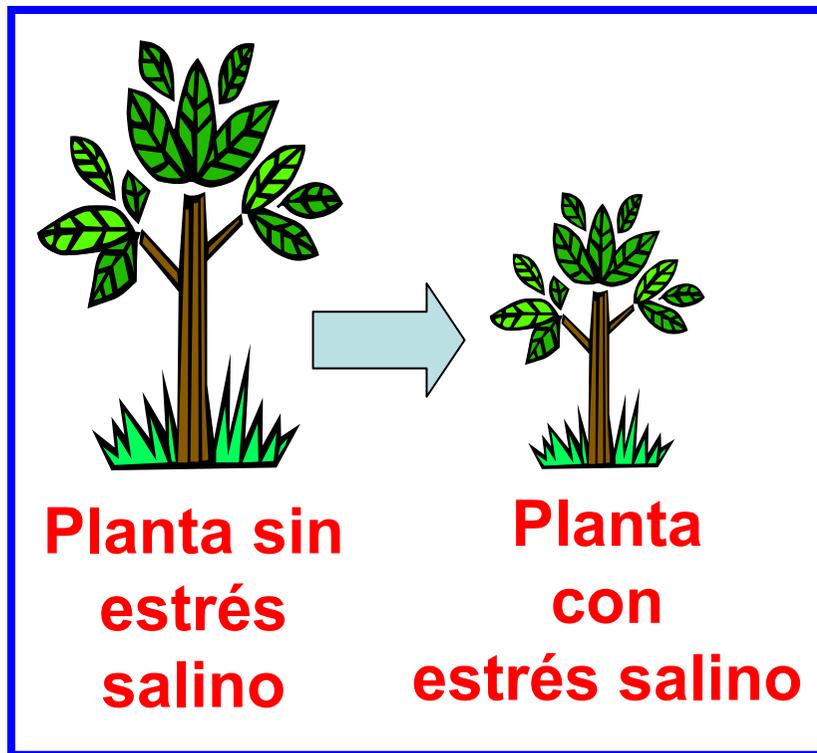
6 – Tolerancia de los suelos a la salinidad (CE) – sodicidad (RAS) – alcalinidad (pH)

7 – Manejo del riego: Sistema de riego, Fracción de Lavado

8 – Clima: Déficit Hídrico (Precipitación, ETc)

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

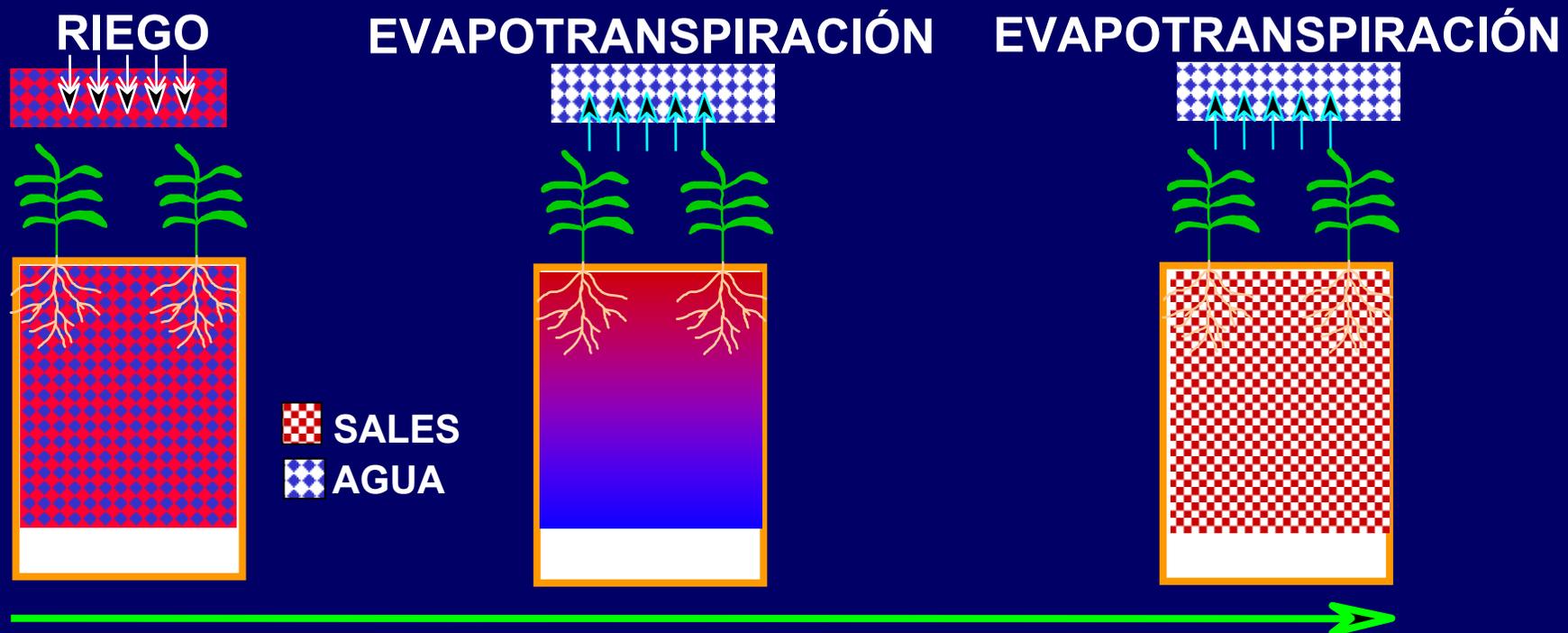
- ¿Porqué es un problema la salinidad?
 - Porque si el componente principal de la salinidad es el sodio (“sodicidad”), puede afectar negativamente a la estabilidad estructural de los suelos.



**Pakistan:
suelo salino-
sódico
alcalino e
impermeable**

LA SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS DE REGADÍO

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



SALINIZACIÓN DEL SUELO EN LA ZONA DE RAÍCES

Sistema de riego y salinidad: síntesis de problemas potenciales y medidas correctoras

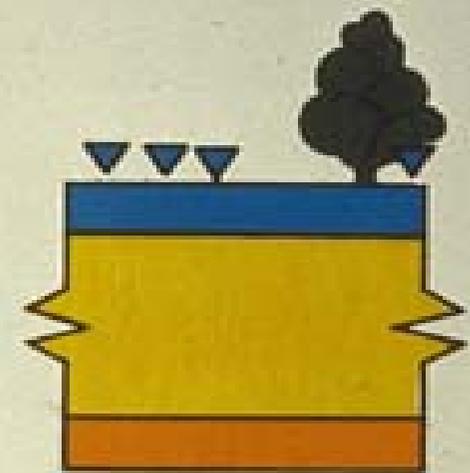
| Sistema | Problema potencial | Medidas correctoras |
|------------|---|--|
| Inundación | Baja uniformidad en la distribución del agua ⇒ lavado diferencial de sales | <u>Nivelación por láser</u> ; evitar encharcamientos prolongados; incrementar la frecuencia del riego (con dosis menores en cada riego) |
| Surcos | Evaporación del agua y acumulación de sales en la parte superior de los caballones | <u>Acolchado del caballón</u> ; reformado del caballón; sembrar a los lados del caballón; riego en surcos alternantes |
| Aspersión | Mojado de las hojas y absorción iónica foliar ⇒ toxicidad iónica específica | <u>Evitar el mojado de las hojas</u> ; regar por la noche; reducir la frecuencia y aumentar los tiempos de riego; aplicar post-riegos con agua dulce |
| Goteo | Acumulación de sales en los bordes del bulbo húmedo; obturación de goteros Goteo subterráneo: acumulación de sales entre la superficie del suelo y las líneas de goteo | <u>Aumentar la densidad de goteros</u> ; conectar el riego si llueve (evitar la entrada de sales en la zona de raíces); acidificar el agua Goteo subterráneo: lavar las sales acumuladas en superficie regando por inundación o aspersión |

Patrón de distribución de sales en:

- ✓ surcos
- ✓ aspersión
- ✓ goteo sup.
- ✓ goteo sub.



Riego por surcos



Riego por aspersión



Riego por goteo superficial

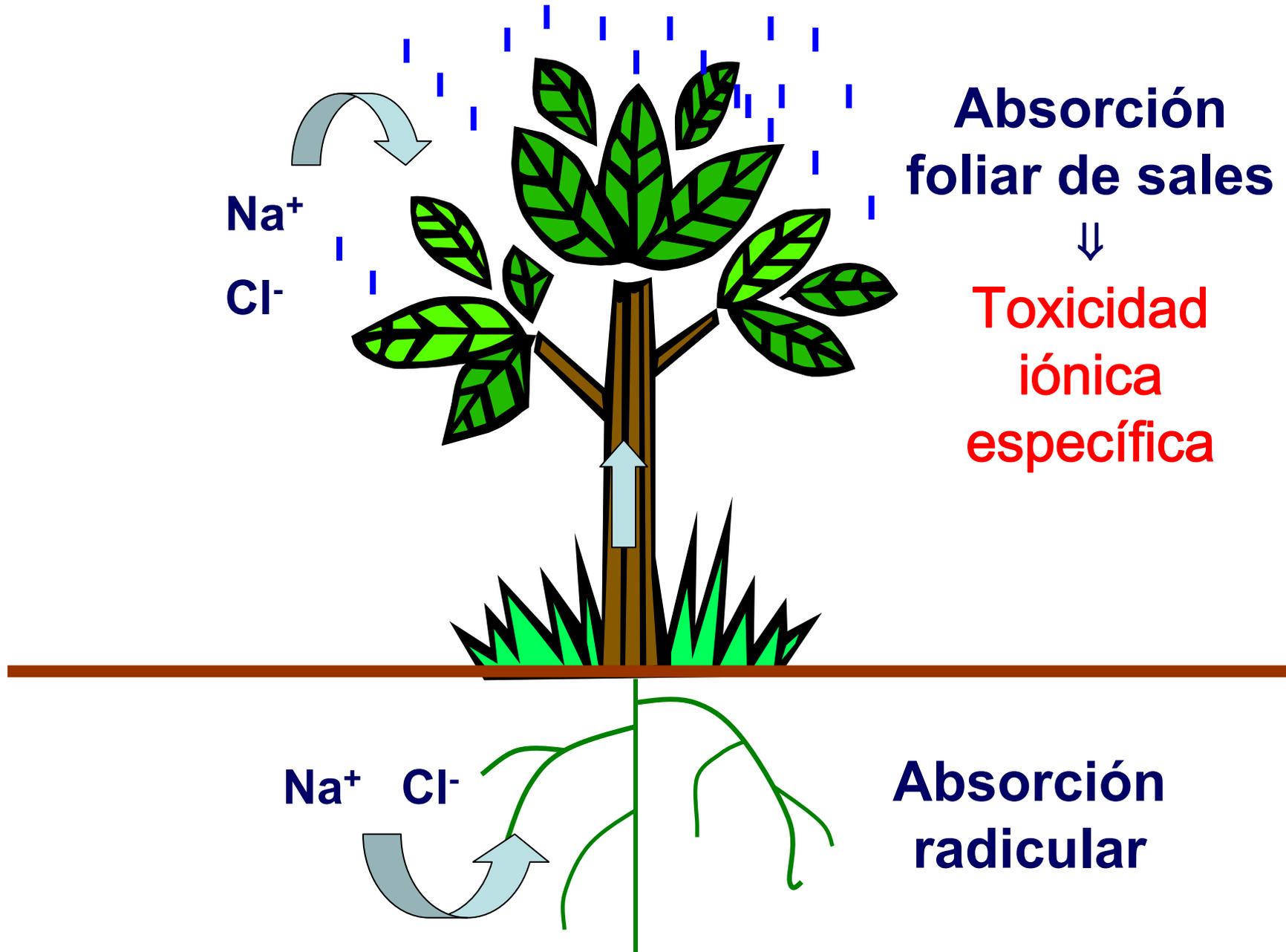


Riego por goteo subterráneo

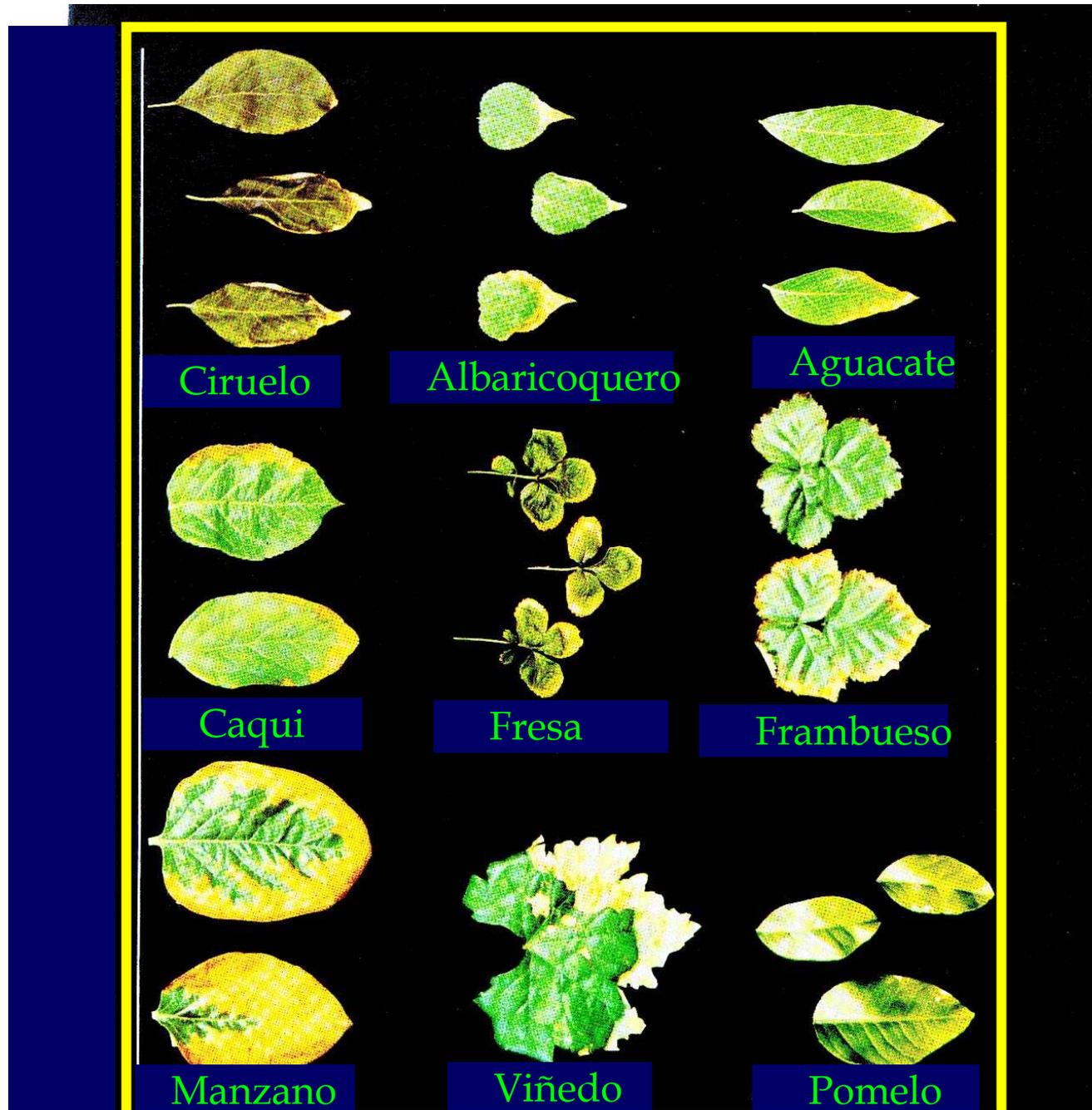


Salinidad del suelo, C_{Ee} (dS/m)

Riego por aspersión



Toxicidad iónica específica: sensibilidad de los frutales al Cl



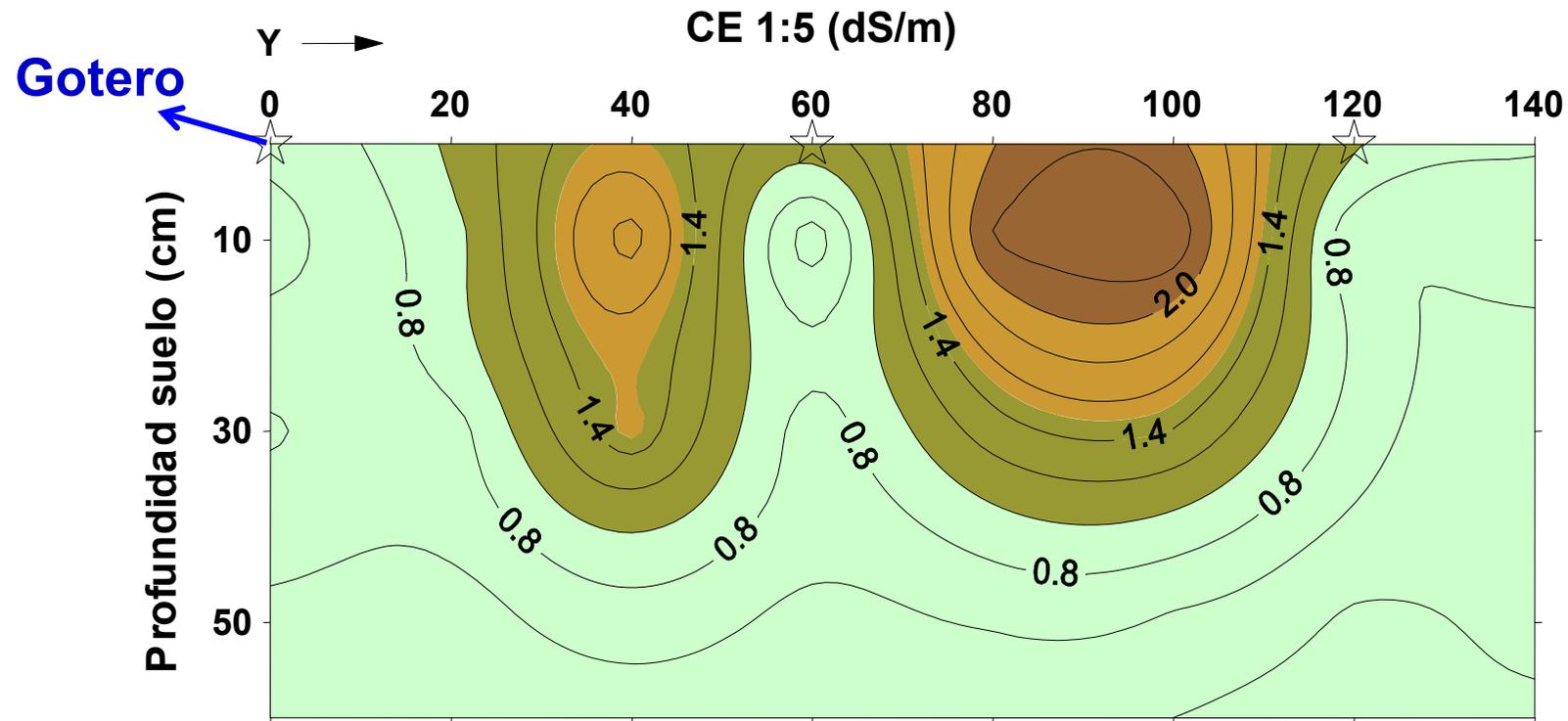
¿Cómo se puede reducir el daño foliar derivado del riego por aspersión con aguas salinas?

- ✓ Evitar el mojado de las hojas.
- ✓ Regar por la noche.
- ✓ Regar menos frecuentemente con mayores tiempos de riego.
- ✓ Desplazar los aspersores en la dirección del viento (máquinas laterales, pivotes).
- ✓ Aplicar pre- y post-riegos con agua dulce.



Riego por goteo

- Recomendado cuando el agua es salina
- Pero a pesar de la alta frecuencia del riego, se observa una elevada acumulación de sales entre goteros y en la superficie del suelo.
- Cuidado con la lluvia. Conectar el sistema de riego...



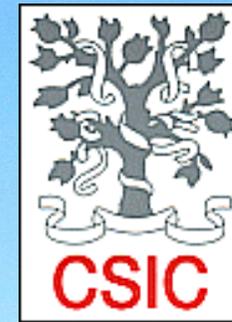
Riego deficitario controlado (RDC)

- Imposición de estrés hídrico en períodos que no afectan a la cosecha.
- Estrategia no aplicable a todos los cultivos.

Cambio de políticas basadas en maximizar la **productividad del cultivo (“máximo riego-máxima producción”) a políticas basadas en maximizar la **productividad del agua** (“menos riego-máxima productividad del agua”).**

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).**
- **Durante los períodos sin riego, la fracción de lavado (FL) es muy baja o nula y, 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.**



Salinización del suelo en RDC. Respuesta de la uva de mesa (2006-2010)



CE agua riego = 1.7 dS/m

Finca Santa Bárbara, grupo ALM
(Caspe, Zaragoza)



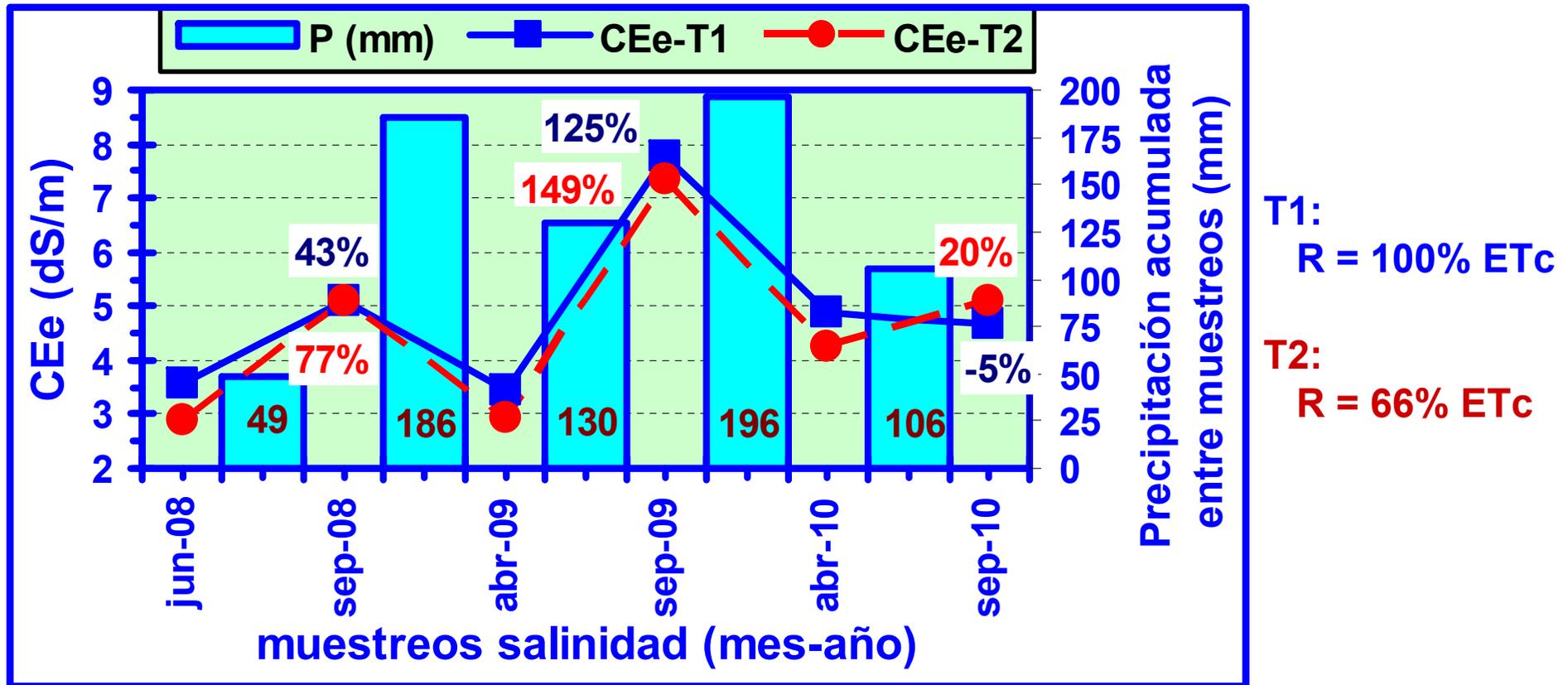
Salinización del suelo en RDC. Respuesta del melocotonero tardío (2008-2012)

CE agua riego = 1.2 dS/m

Finca Affrucas
(Caspe, Zaragoza)



Melocotonero: evolución estacional de la salinidad del suelo



- 1- Incremento relevante de la salinidad en la estación de riego (abr-sep): efecto evapoconcentración.
- 2- Descenso de la salinidad en la estación de no riego (oct-mar): efecto lluvia con baja evapoconcentración.
- 3- El incremento de salinidad en la estación de riego depende del déficit hídrico o fracción de lavado (incremento T2 > T1).



Control de la salinización del suelo mediante su acolchado en nectarina (2010-2012)

CE agua riego = 1.2 dS/m



Geotextil



Plastico



Corteza pino

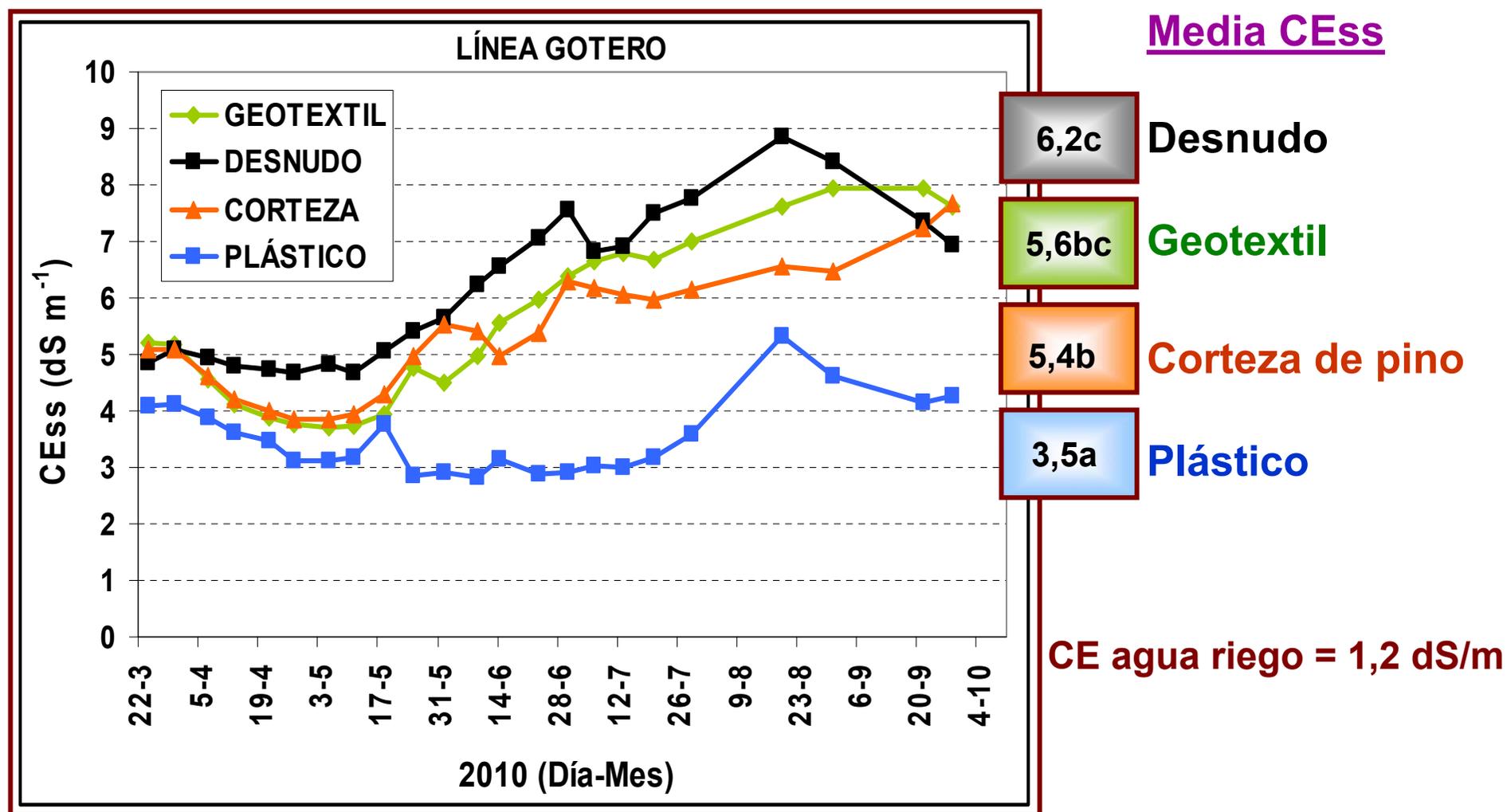


Suelo desnudo



Finca Affrucas
(Caspe, Zaragoza)

Efecto del acolchado en nectarina (año 2010)



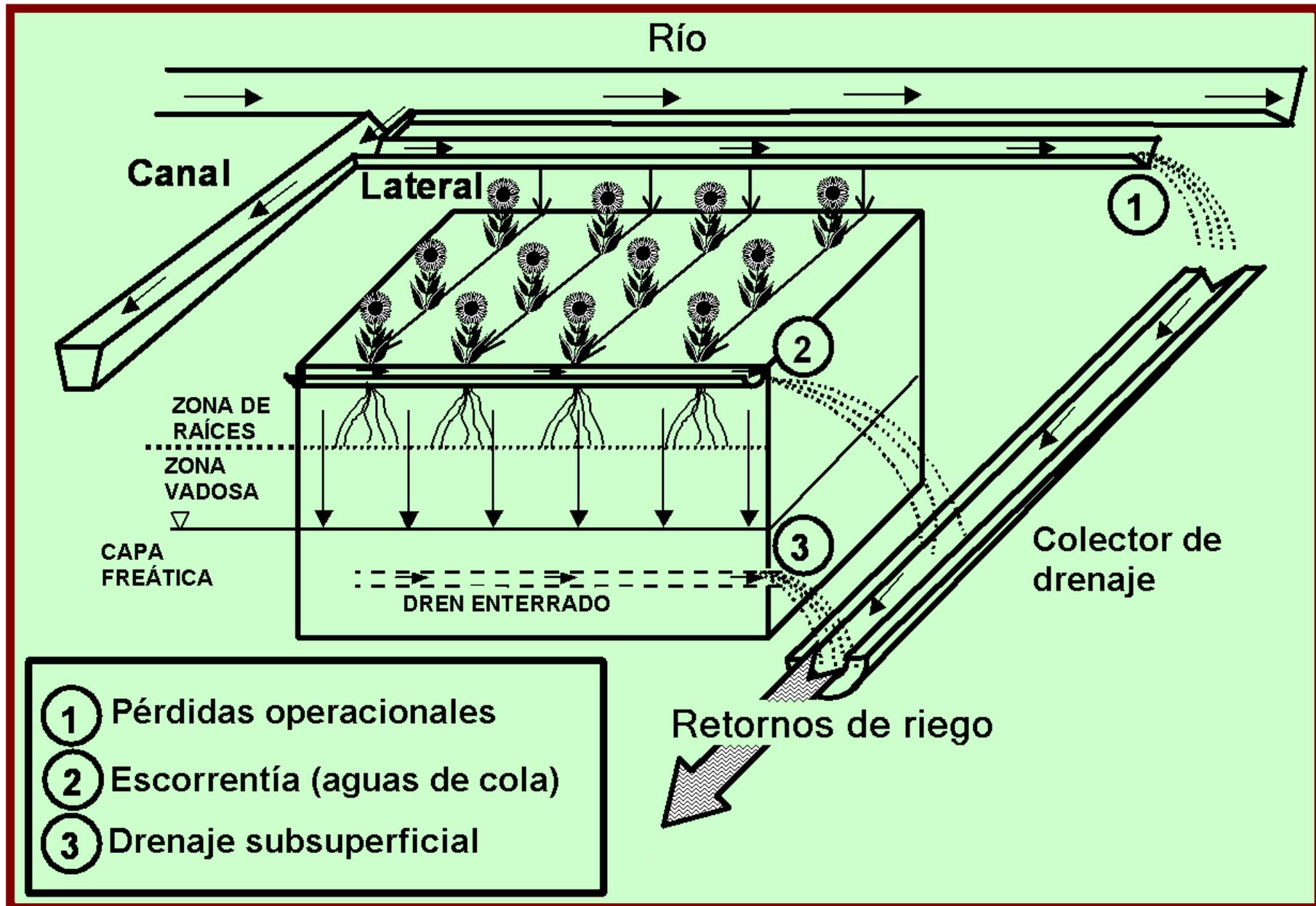
Evolución de la CE de la solución del suelo (CEss) extraída con sondas de succión (media de los valores a 20 y 40 cm de profundidad) en la línea de góteros para los diferentes tratamientos de acolchado.

**Regadío y contaminación
difusa: conceptos, datos
experimentales y estrategias
de control...**

Calidad de aguas a nivel sumidero: retornos de riego



¿Qué son los flujos de retorno de riego?



□ Problemas derivados de los agrocontaminantes

➤ **Salinidad**

- ⊗ Limitación importante para el uso del agua para riego, para la industria e incluso para consumo

➤ **Nutrientes (N y P)**

- ⊗ Causan la eutrofización de lagos y embalses
- ⊗ Limitan la aptitud del agua para consumo

➤ **Plaguicidas y sus residuos**

- ⊗ Peligro para la salud
- ⊗ Bioacumulación en organismos superiores

➤ **Sedimentos**

- ⊗ Aterramiento de embalses y limitaciones de uso

➤ **Problemas de salubridad**

- ⊗ En áreas encharcadas aparecen mosquitos que son vectores de enfermedades graves (paludismo)

Red de Control de la Calidad Ambiental de los Regadíos de la cuenca del Ebro (ReCoREbro) (Convenios CHE-CITA)

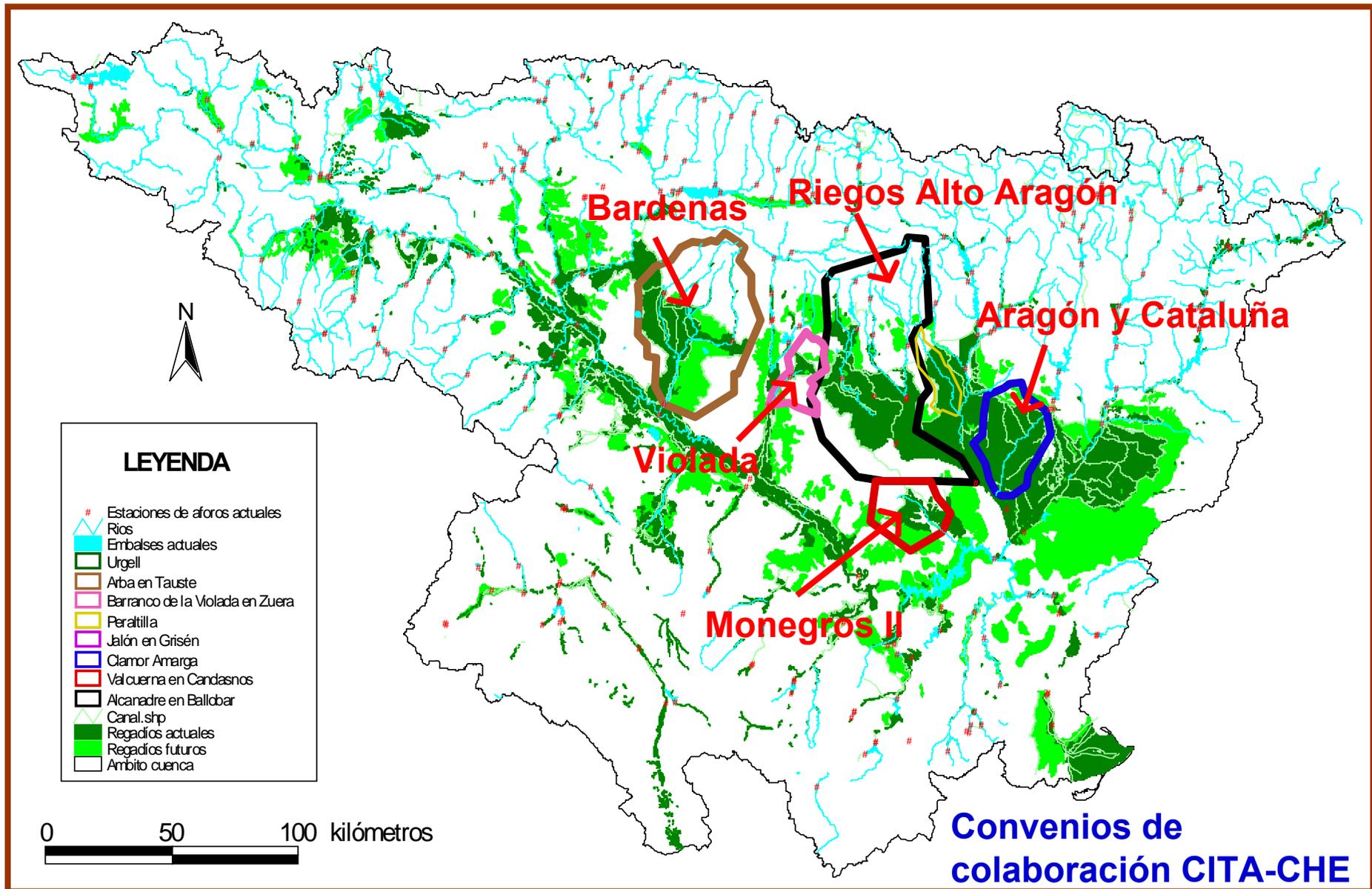
- **Manejo de los factores de producción (agua y agroquímicos).**
- **Balances de masas (agua y contaminantes).**
- **Cuantificación del volumen de agua y la concentración y masa de contaminantes en los retornos de riego.**

Seguimiento de los retornos de riego (cantidad y calidad)

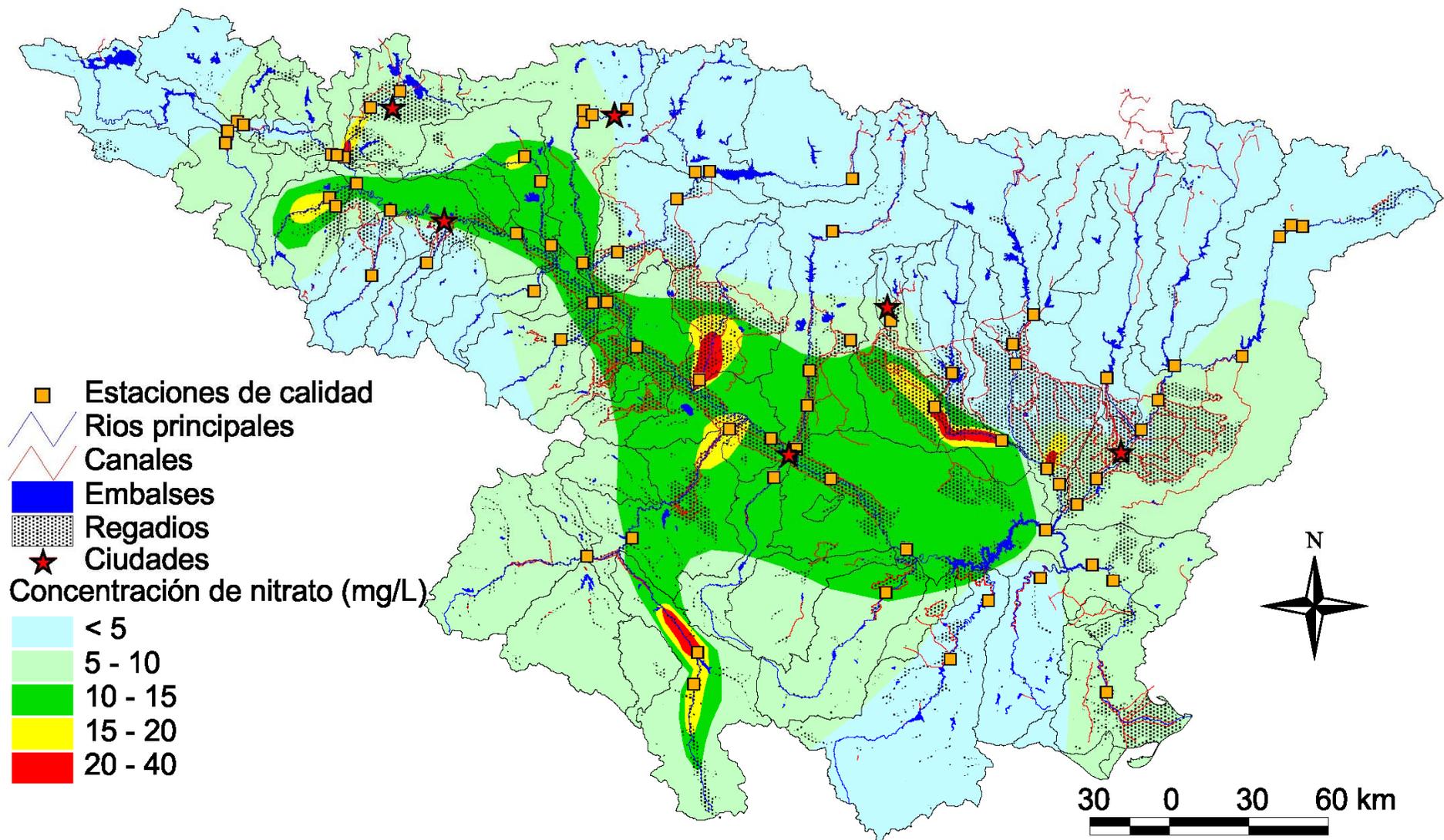


Estación de aforo y calidad

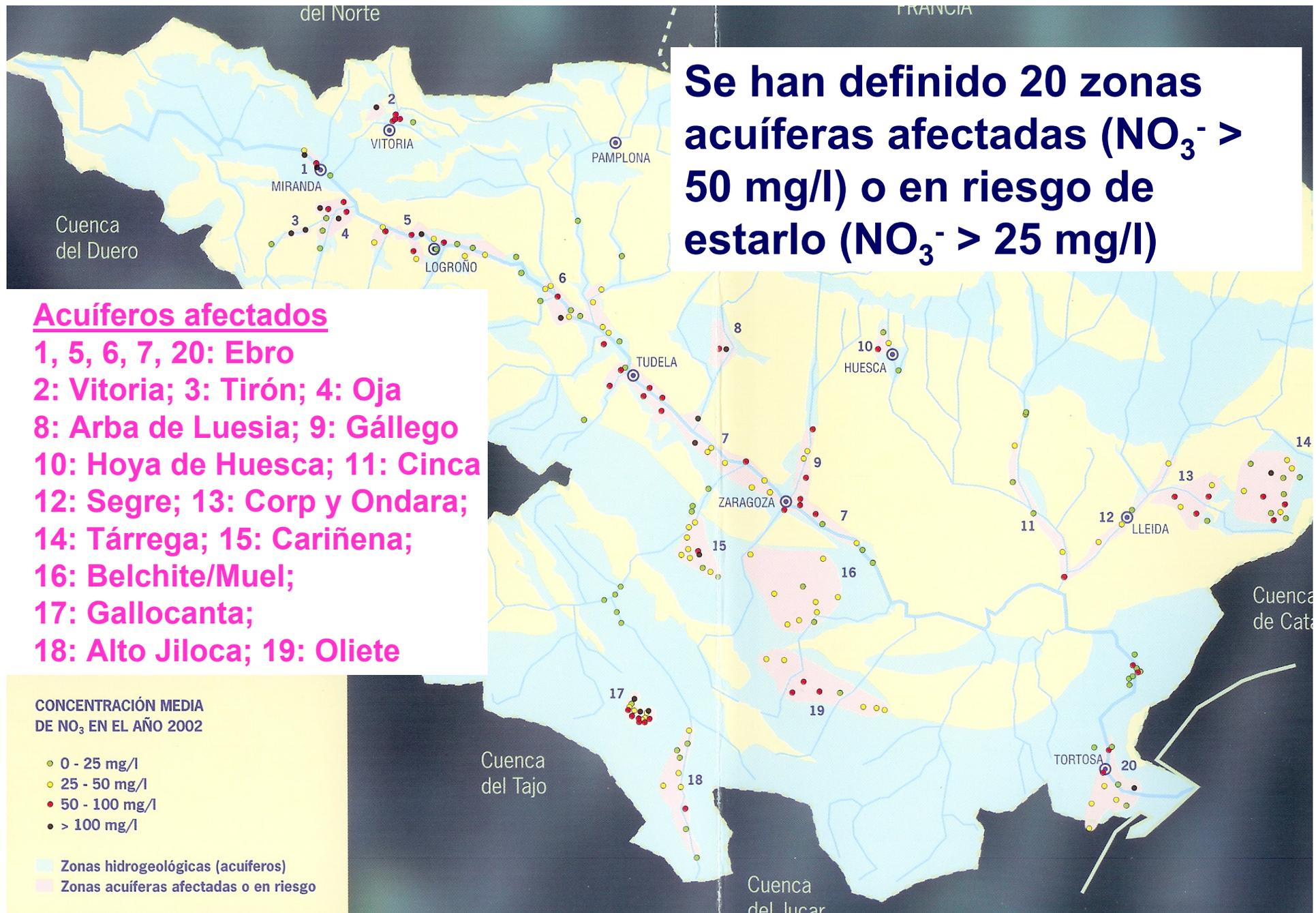
Red de control de los regadíos de la cuenca del Ebro (ReCoR-Ebro)



Nitratos en las aguas superficiales y zonas regadas en la Cuenca del Ebro



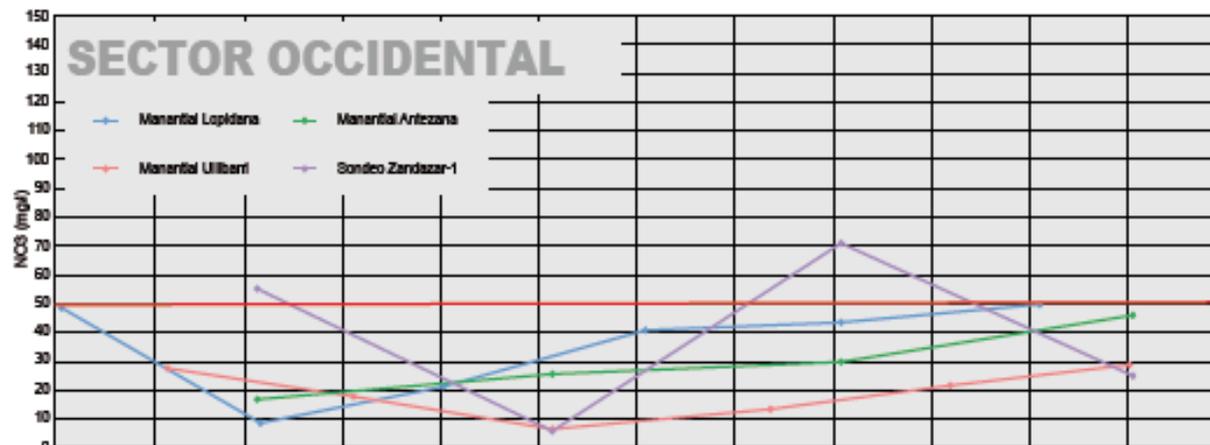
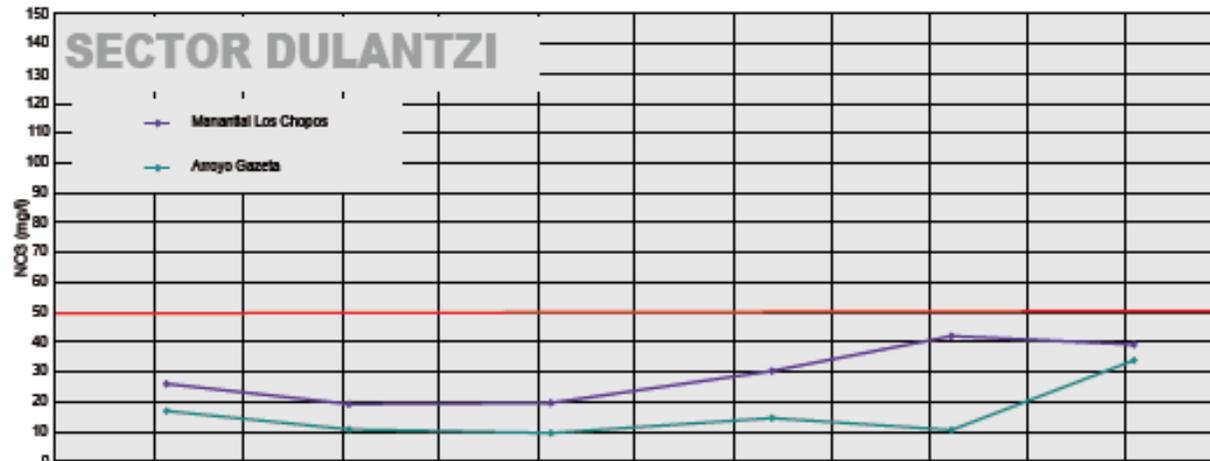
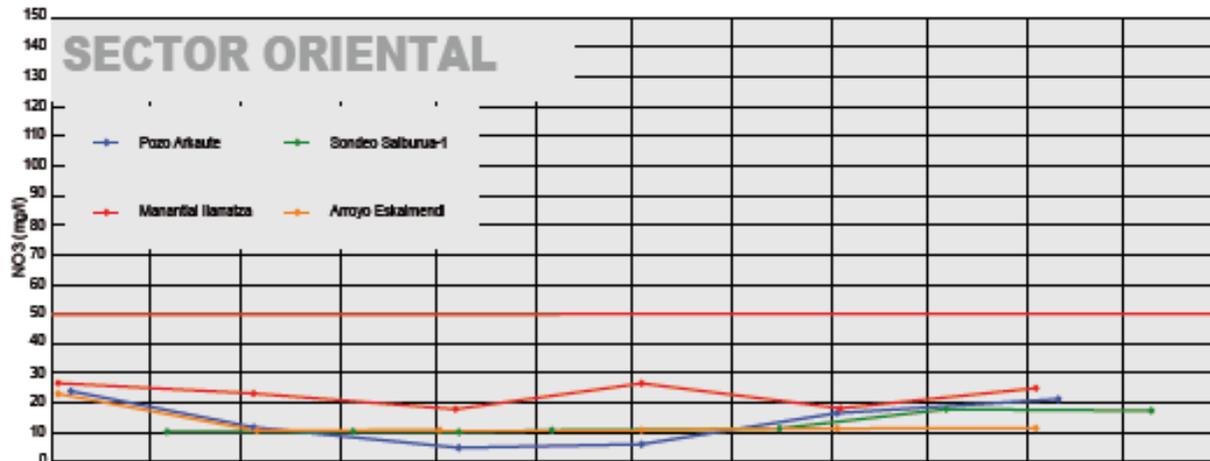
Nitratos en las aguas subterráneas



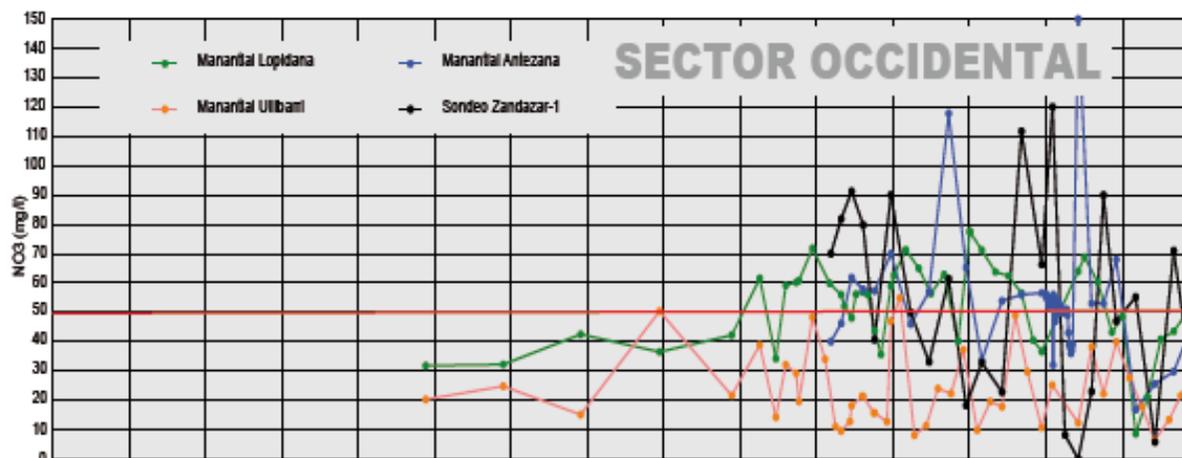
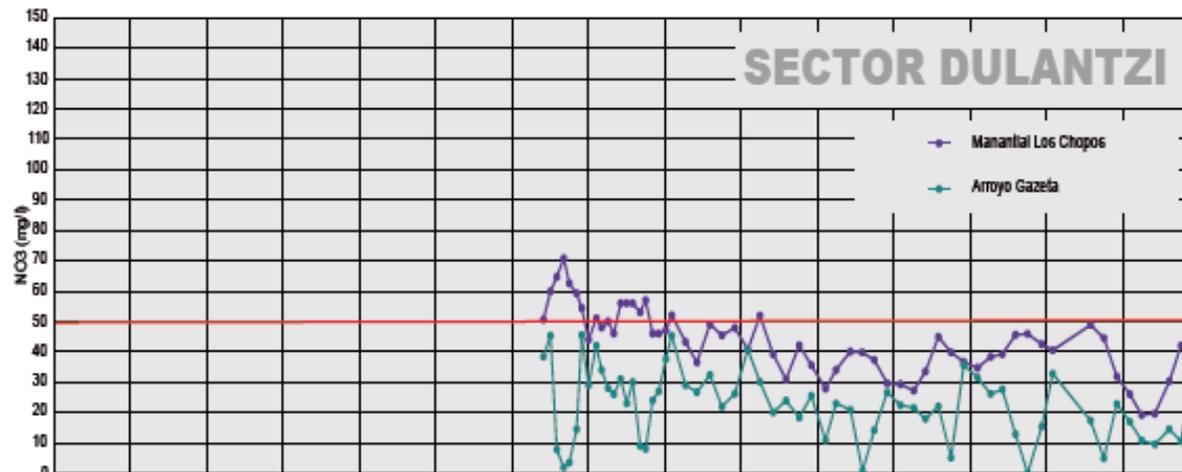
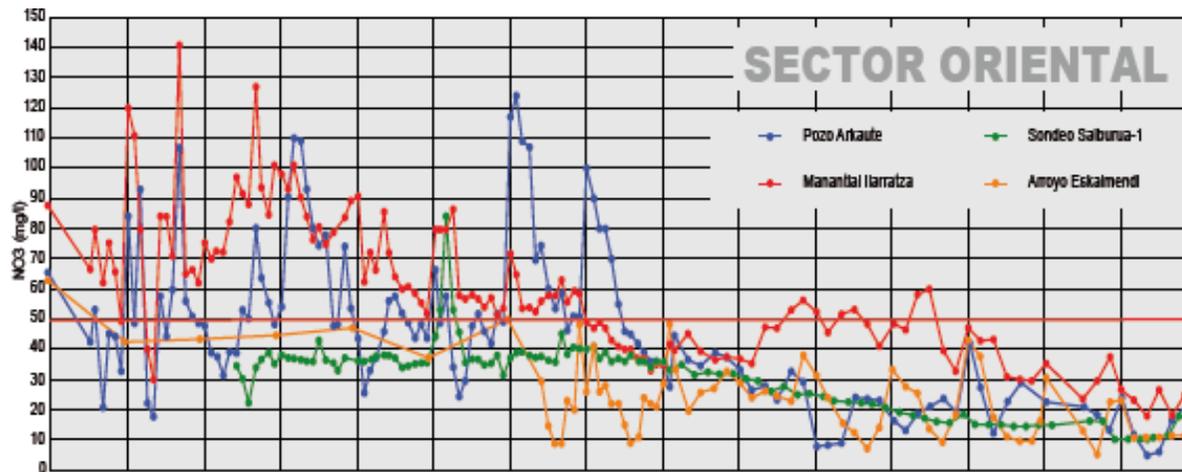
**ZONA VULNERABLE A LA
CONTAMINACIÓN POR NITRATOS**

**MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE
VITORIA: SECTORES ORIENTAL, DULANTZI
Y OCCIDENTAL**

**INFORME ANUAL 2013- AGENCIA VASCA
DEL AGUA**



Evolución de la concentración de nitratos en 2013 en los puntos de control bi/trimestral



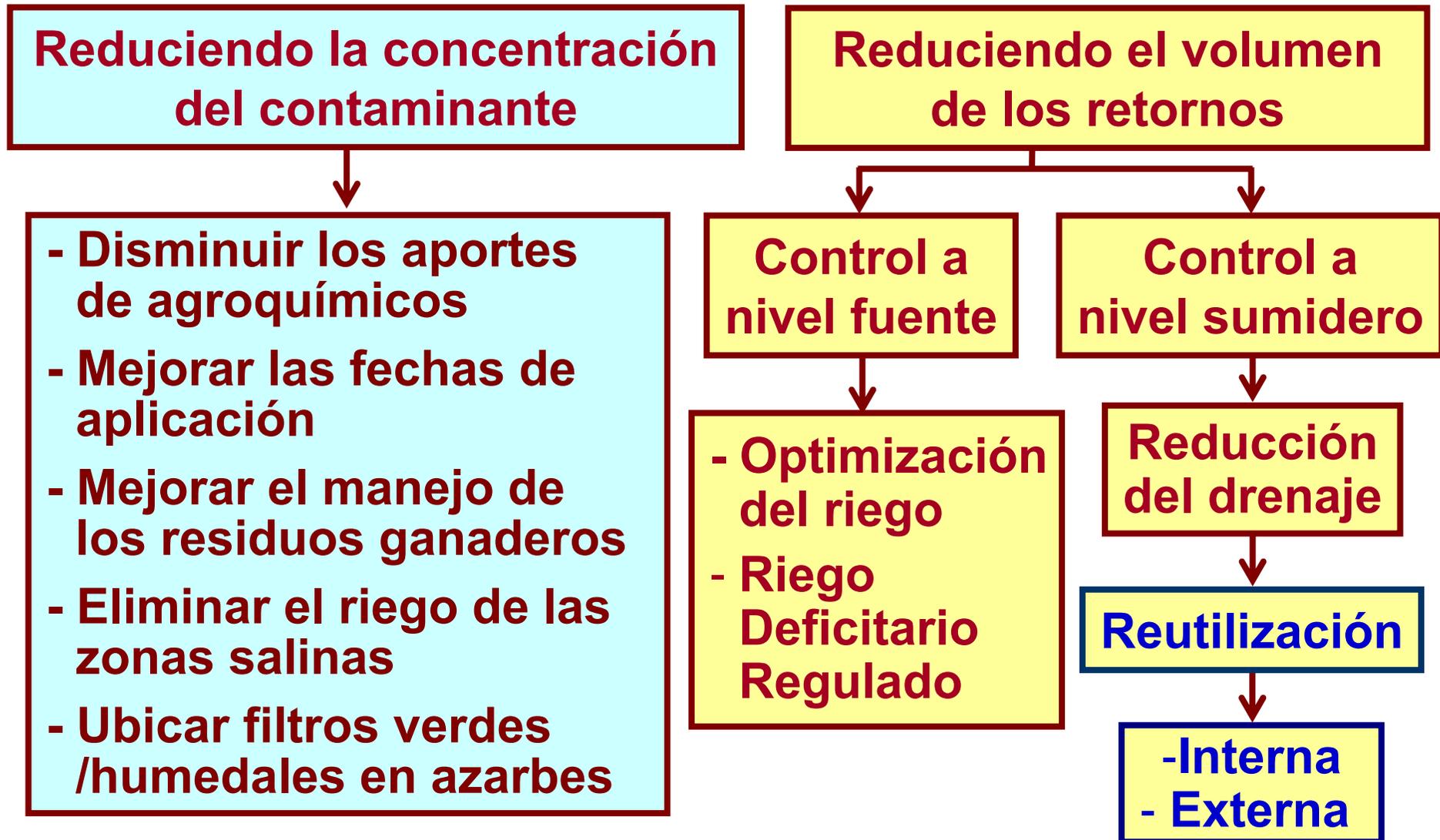
Evolución de la concentración de nitratos desde 1999 hasta 2013 en los puntos de control bi/trimestral

- **CONCLUSIONES**

- **Los resultados del año 2013 en los tres sectores de la Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos de la Masa de Agua de Vitoria, muestran un descenso generalizado de las concentraciones de nitratos.**
- **Solamente un punto de agua, de los diez controlados de manera bi/trimestral durante 2013, presenta valores superiores a 50 mg/l en la mitad de las muestras analizadas.**
- **En el año 2013 se constata la continuidad de la tendencia decreciente de nitratos en la mayor parte de los puntos.**
- **Este fenómeno se relaciona con la mejora general de las prácticas agrarias en las zonas vulnerables, aunque la elevada precipitación del año 2013 (1.117 mm en Foronda) ha podido afectar la evolución.**

¿Cómo minimizar la masa exportada del contaminante en los retornos de riego?

(Masa = Concentración x Volumen)



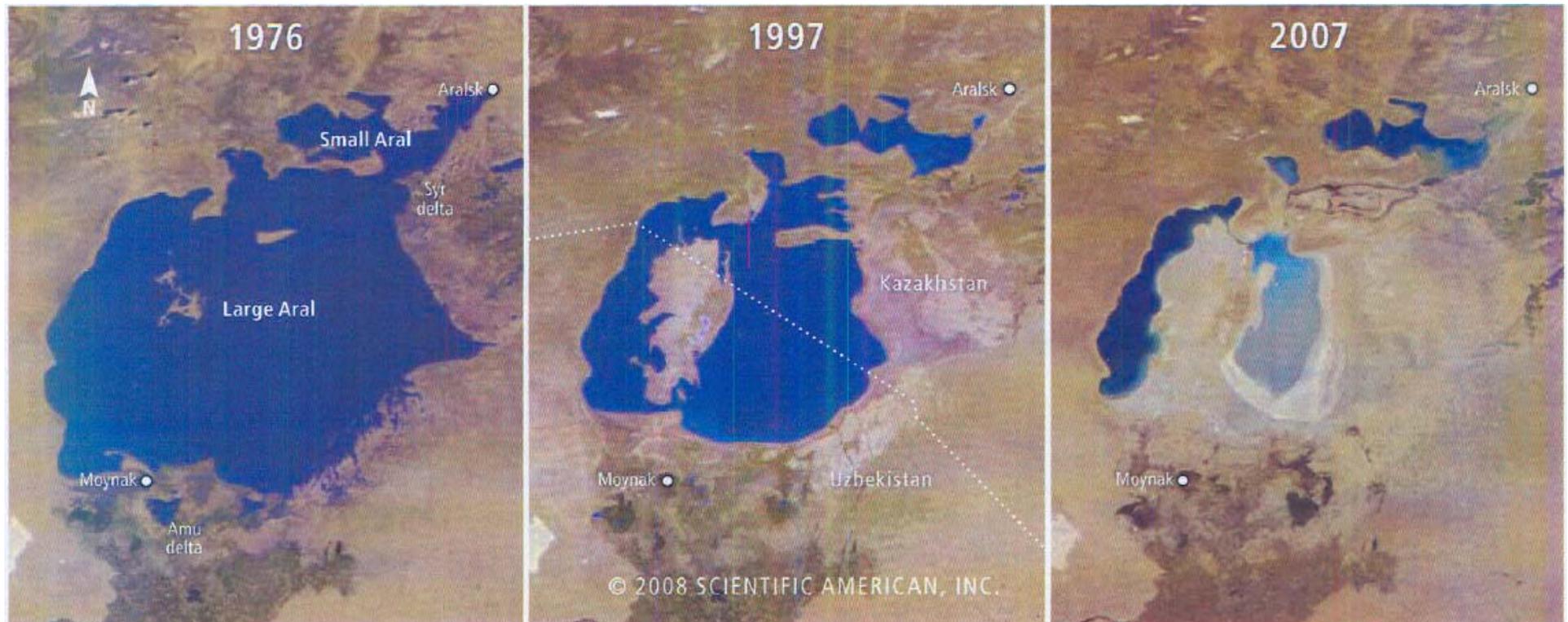
**EJEMPLOS DE DOS DESASTRES
PROVOCADOS POR EL REGADÍO:**

1- Mar de Aral (Uzbekistan)

2- Embalse Kesterson (EE.UU.)

IMPACTO AMBIENTAL DEL REGADÍO: EL DESASTRE DEL MAR DE ARAL

- **Detracción de agua de los dos ríos que lo alimentan para el riego de algodón (años 60)**
- **Antes de la detracción, llegaban 56 km³, ahora 4.2 km³**



Problemas ambientales asociados a la desaparición del agua:

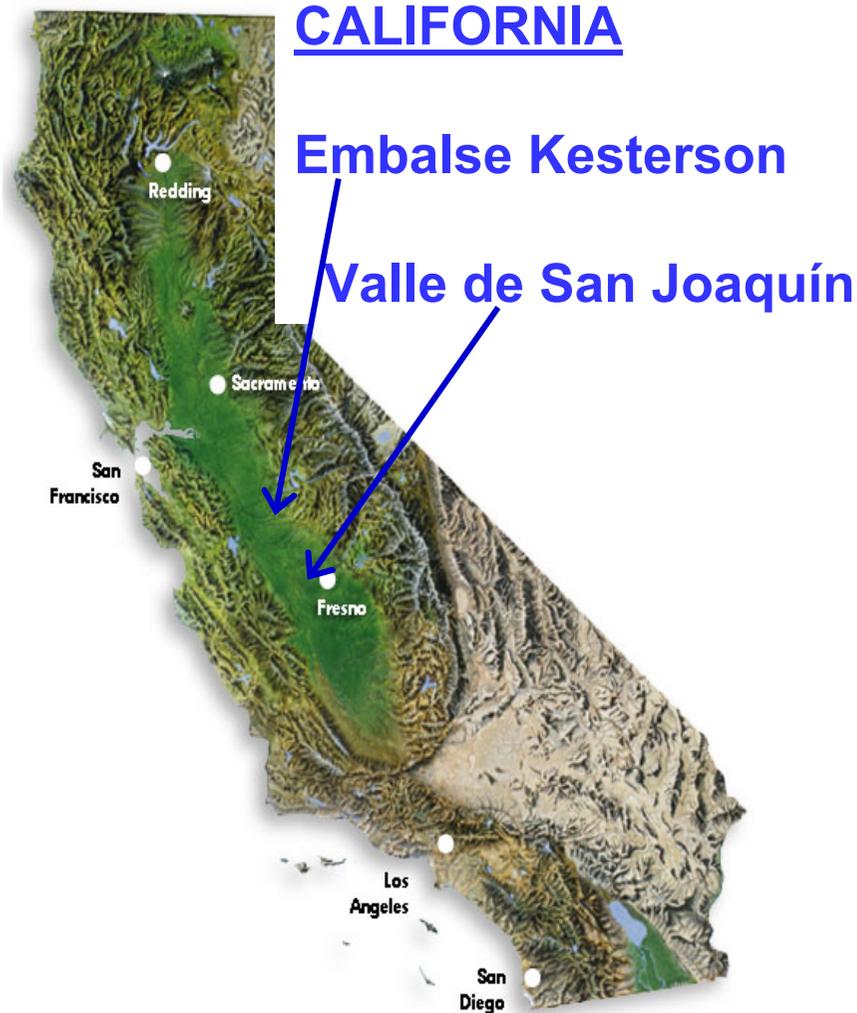
| Número de especies | | |
|------------------------|---------------|-----------|
| | 1960 | 1990 |
| Pájaros | 319 | 160 |
| Mamíferos | 70 | 32 |
| Peces | 32 | 6 |
| Pesca (t/año) | 40.000 | 0 |
| Salinidad (g/L) | 3 | 50 |



Problemas de salud asociados al exceso de plaguicidas:

- **Acumulación de desechos y plaguicidas en zonas secas del antiguo mar.**
- **Movilización por el viento de las sustancias tóxicas y sales del fondo seco del lago.**
- **Aumento de enfermedades: Cáncer de esófago, enfermedades respiratorias, fiebre tifoidea, úlceras gástricas, nacimientos prematuros... Incremento de la mortalidad.**
- **Pérdida de riqueza de la dieta (eliminación del pescado).**

IMPACTO AMBIENTAL DEL REGADÍO: EL DESASTRE DEL EMBALSE KESTERSON



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

Equivalente a 51 mm de drenaje



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 (Selenio, etc...)



Embrión de ave normal



Embrión deformado debido al Selenio presente en las aguas de drenaje

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...