

UNIDAD DE SUELOS Y RIEGOS
SERVICIO DE INVESTIGACIÓN AGROALIMENTARIA
DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN

LABORATORIO ASOCIADO DE AGRONOMÍA
DPTO. DE GENÉTICA Y PRODUCCIÓN VEGETAL
Y MEDIO AMBIENTE (DGA-CSIC)
L. E. AULA DEL

CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

8 investigadores; 3 titulados superiores contratados; 1 especialista Centro Técnicas Agrarias; 6 auxiliares; 19 estudiantes

LÍNEAS DE TRABAJO

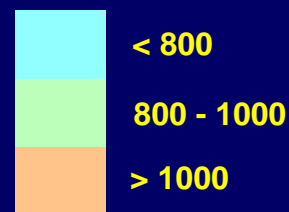
- 1. Optimización de los recursos agua y suelo**
- 2. Impacto ambiental de las actividades agrarias**
- 3. Agronomía de los cultivos**

1. Optimización de los recursos agua y suelo

- a) Determinación de las necesidades de agua de los cultivos. Red de estaciones agrometeorológicas automatizadas. Hoja Informativa de Riegos.

● Evapotranspiración de referencia (ET₀) en Aragón.

Las necesidades de agua de los cultivos son bajas en el norte y sur de Aragón y elevadas en la parte central próxima al río Ebro.



ISOLÍNEAS DE ET₀ ANUAL l / m² y año



● **Hoja informativa de riegos.**

El SIA ha desarrollado una hoja informativa de riegos que se publica semanalmente y que proporciona a los agricultores las necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas agrarias Aragonesas. Se asume una eficiencia del riego del 75 %

Semana del (dia) al (dia) de (mes) de (año)

Comarca	Lluvia útil l / m ²	Necesidades de riego, l / m ²				
		Alfalfa	Maíz	Trigo	Tomate	Melocotonero
Almunia-Calatayud	0.0	44.0	33.0	29.8	34.7	41.7
Bajo Aragón-Caspe	5.6	46.6	39.3	31.8	35.8	44.1
Cuenca Jiloca	0.0	45.6	35.9	49.7	37.1	
Cinco Villas	0.0	45.4	33.9	22.2	35.7	
Hoya Huesca	0.0	40.1	30.4	27.6	31.5	
Litera-Bajo Cinca	0.0	46.6	34.2	20.9	35.8	44.0
Monegros-Bujaraloz	0.9	45.2	33.2	21.9	34.7	
Monegros-Sariñena	0.8	45.8	33.7	22.2	35.2	
Somontano	0.0	45.5	34.1	35.7	35.3	
Zaragoza	0.2	48.5	36.5	23.5	37.0	46.1

1. Optimización de los recursos agua y suelo

- a) Determinación de las necesidades de agua de los cultivos. Red de estaciones agrometeorológicas automatizadas. Hoja Informativa de Riegos.
- b) Evaluación y mejora del manejo del riego por superficie, aspersión y localizado.

● Modernización de regadíos.

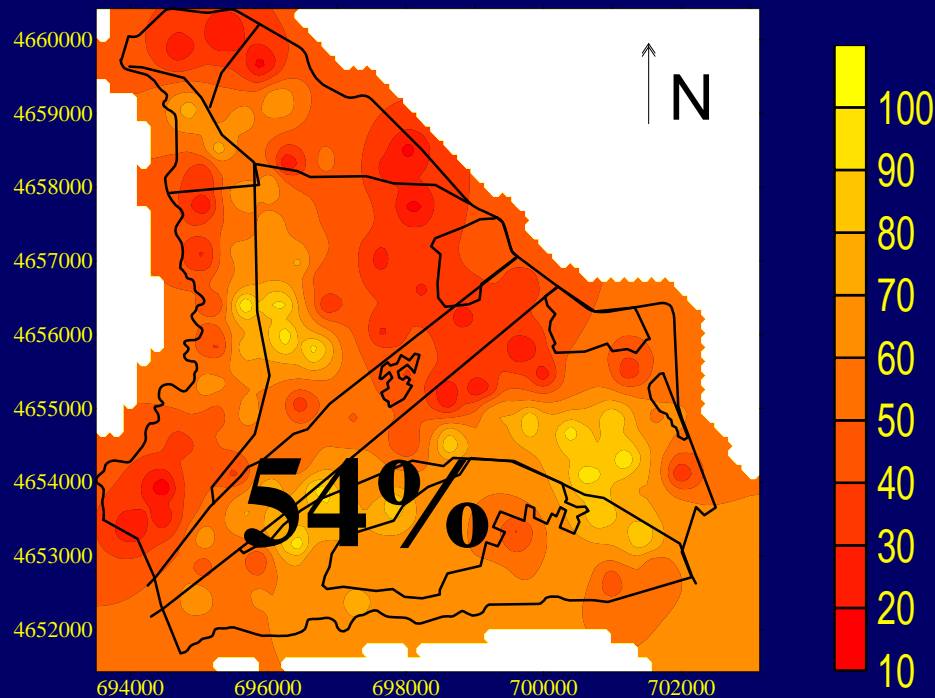
MONEGROS I- VIOLADA

El estudio de alternativas de modernización permite mejorar la eficiencia de aplicación del agua (estudio realizado en la comunidad de regantes de Almudévar-Monegros I).

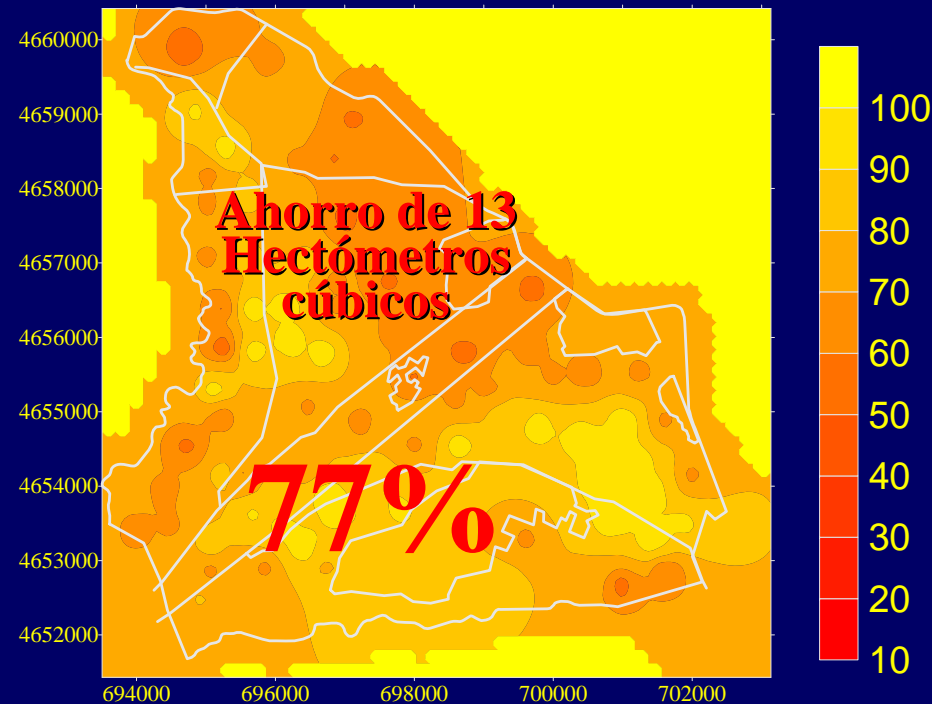
Estudio de alternativas

- Embalses de regulación interna
- Aumento de caudal en el riego a pie
- Riego por aspersión

SITUACIÓN ACTUAL



SITUACIÓN CON MODERNIZACIÓN



▣ Índice de calidad del riego (ICR) MONEGROS II; D-XI

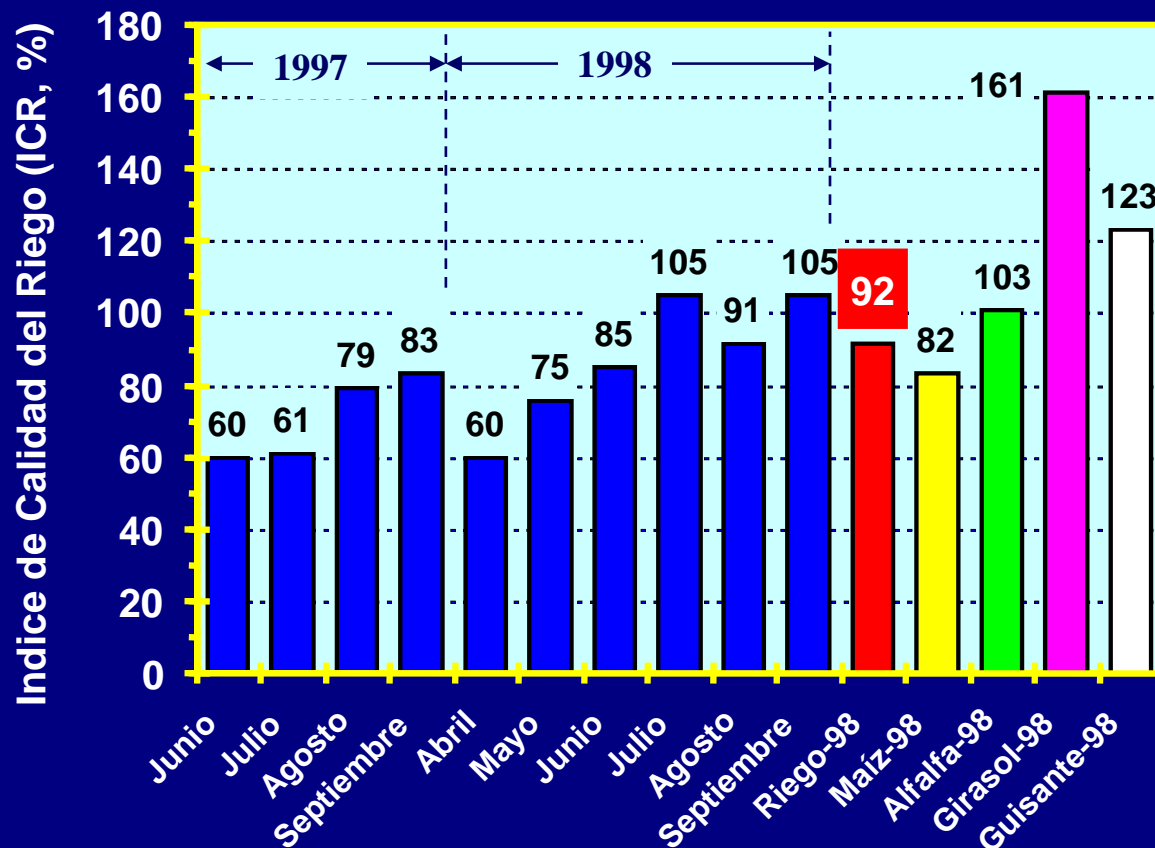
- $ICR = (\text{necesidades de riego} / \text{volumen de riego}) \times 100$

ICR = 100% \Rightarrow riego eficiente

<100% \Rightarrow riego excesivo

> 100% \Rightarrow riego deficitario

- ICR medio = 92 % \Rightarrow EXCELENTE; pero el ICR aumenta a lo largo de la estación de riego-98 \Rightarrow baja eficiencia del riego al inicio de la estación

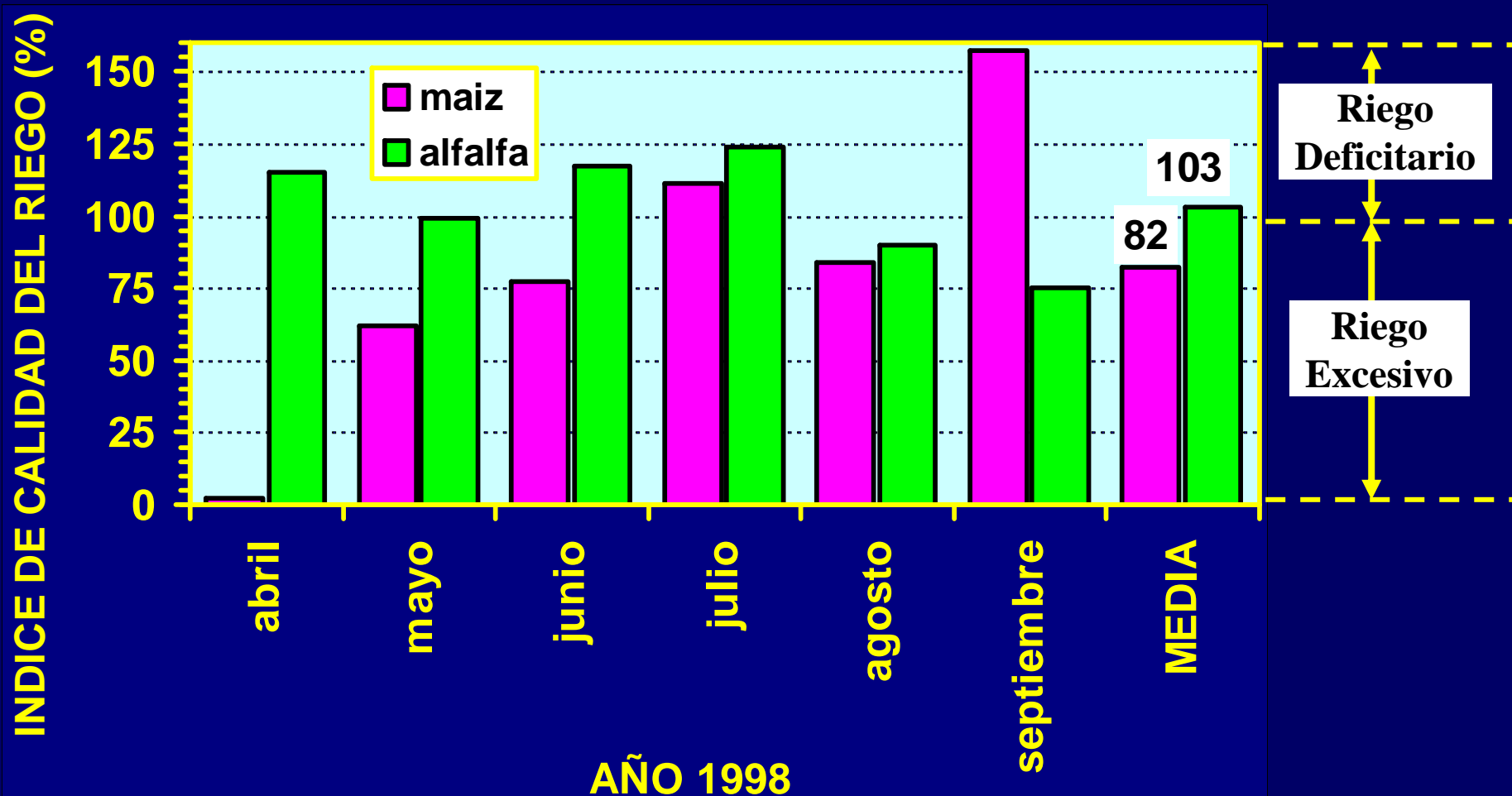


- ICR en Jun-Sep 97 menor que en Jun-Sep 98 debido a mayores lluvias en 1997 \Rightarrow La lluvia debe tenerse mas en cuenta en la programación del riego

- Maíz: riego excesivo
- Alfalfa: riego eficiente
- Girasol: riego deficitario

▣ Índice de calidad del riego (ICR) MONEGROS II; D-XI

- Maíz: ICR en abril próximo a cero, debido a riegos frecuentes para reducir el encarado y favorecer la emergencia. Correcto, pero reducir las dosis de estos riegos. Mayo, junio y agosto: riegos excesivos.
- Alfalfa: en general, bien regada, aunque hay un déficit de riego en julio y un riego excesivo en septiembre.



INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO: CONSERVA AGUA, PERO NO AHORRA...

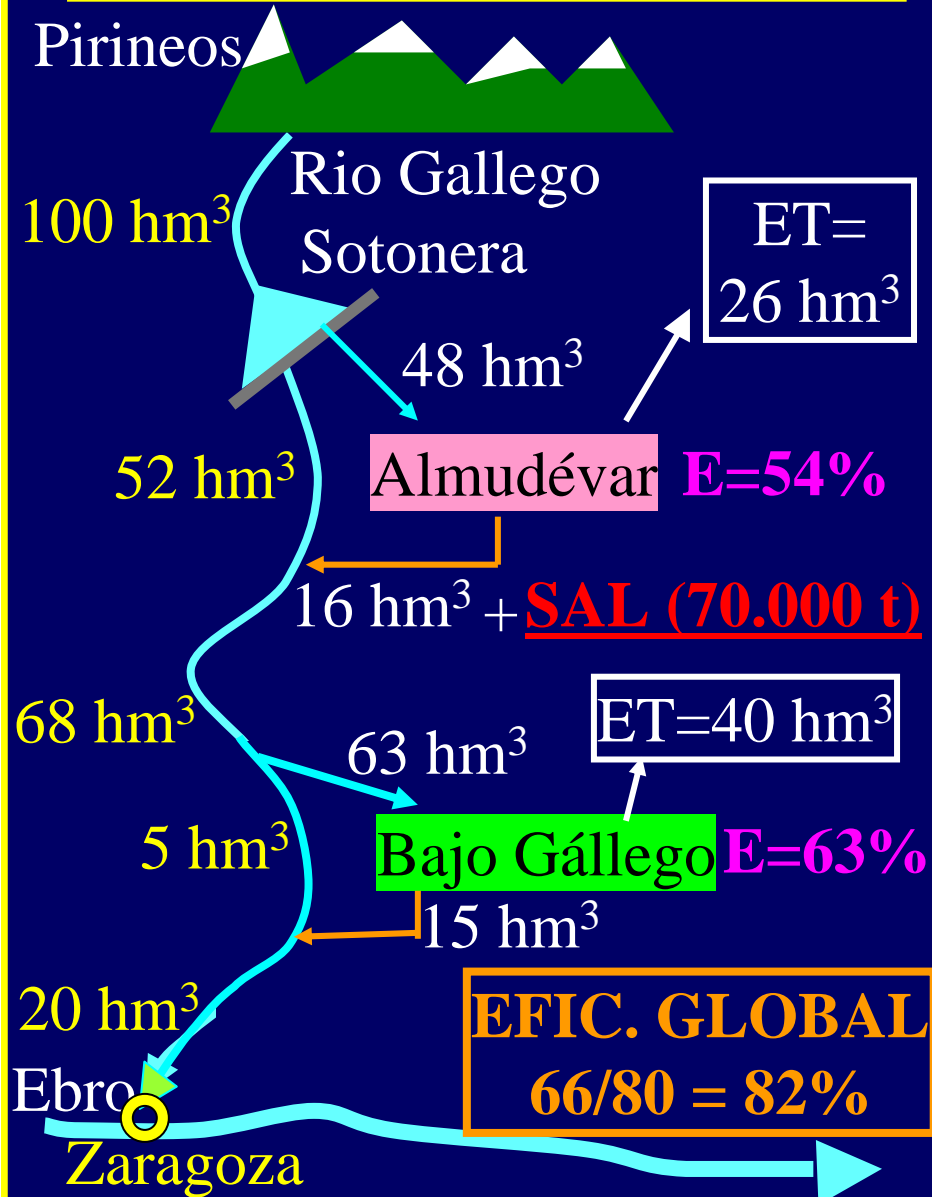
$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Evapotranspiración}}{\text{Agua aplicada}} 100$$

- La eficiencia a nivel parcela puede ser inferior al 40%, pero a nivel sector de riego o cuenca hidrológica puede alcanzar el 90%:
“la ineficiencia en la parte alta de la cuenca abastece de agua a la parte baja de la cuenca...”

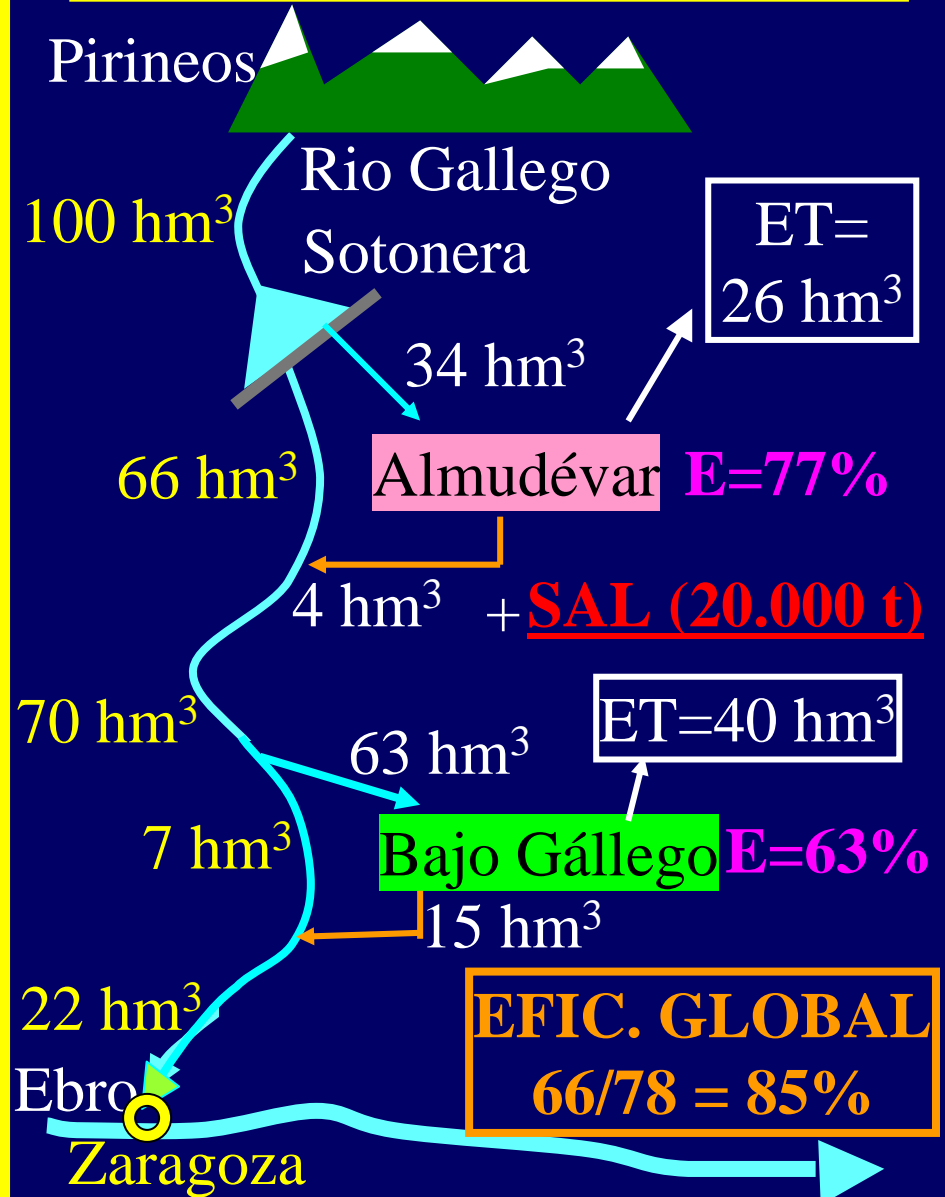
Pero la calidad del agua siempre empeora

- El mayor uso consuntivo del agua es la ET, que no se reduce aumentando la eficiencia del riego
- Las únicas vías para reducir la ET son:
 1. Reducir la superficie de regadío
 2. Implantar más cultivos de invierno o cultivos más tolerantes al estrés hídrico
 3. Reducir la evaporación (acolchado, riego localizado...)

Situación actual
Eficiencia Almudevar = 54%



Aumento de la Eficiencia
Eficiencia Almudevar = 77%



INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO: NO AHORRA AGUA... PERO MEJORA SU CALIDAD

La aplicación de un modelo que predice la salinidad de los flujos de retorno del riego predice que la mejora de la eficiencia del riego en el polígono de Almudevar reduciría la salinidad de las aguas del río Gallego en casi un 40% (desde valores actuales de en torno a 700 mg L⁻¹ a valores estimados de en torno a 450 mg L⁻¹)

**MAXIMIZAR LA EFICIENCIA
DEL RIEGO**



**UNA NECESIDAD INCUESTIONABLE
PARA PRESERVAR LA CALIDAD
DE LAS AGUAS**

1. Optimización de los recursos agua y suelo

- a) Determinación de las necesidades de agua de los cultivos. Red de estaciones agrometeorológicas automatizadas. Hoja Informativa de Riegos.
- b) Evaluación y mejora del manejo del riego por superficie, aspersión y localizado.
- c) Programas y modelos de optimización de la gestión del agua en Comunidades de Regantes.

- **Modernización de regadíos.**

El programa **ADOR** permite gestionar, planificar y diseñar de forma eficiente los principales aspectos relacionados con la modernización de los regadíos.

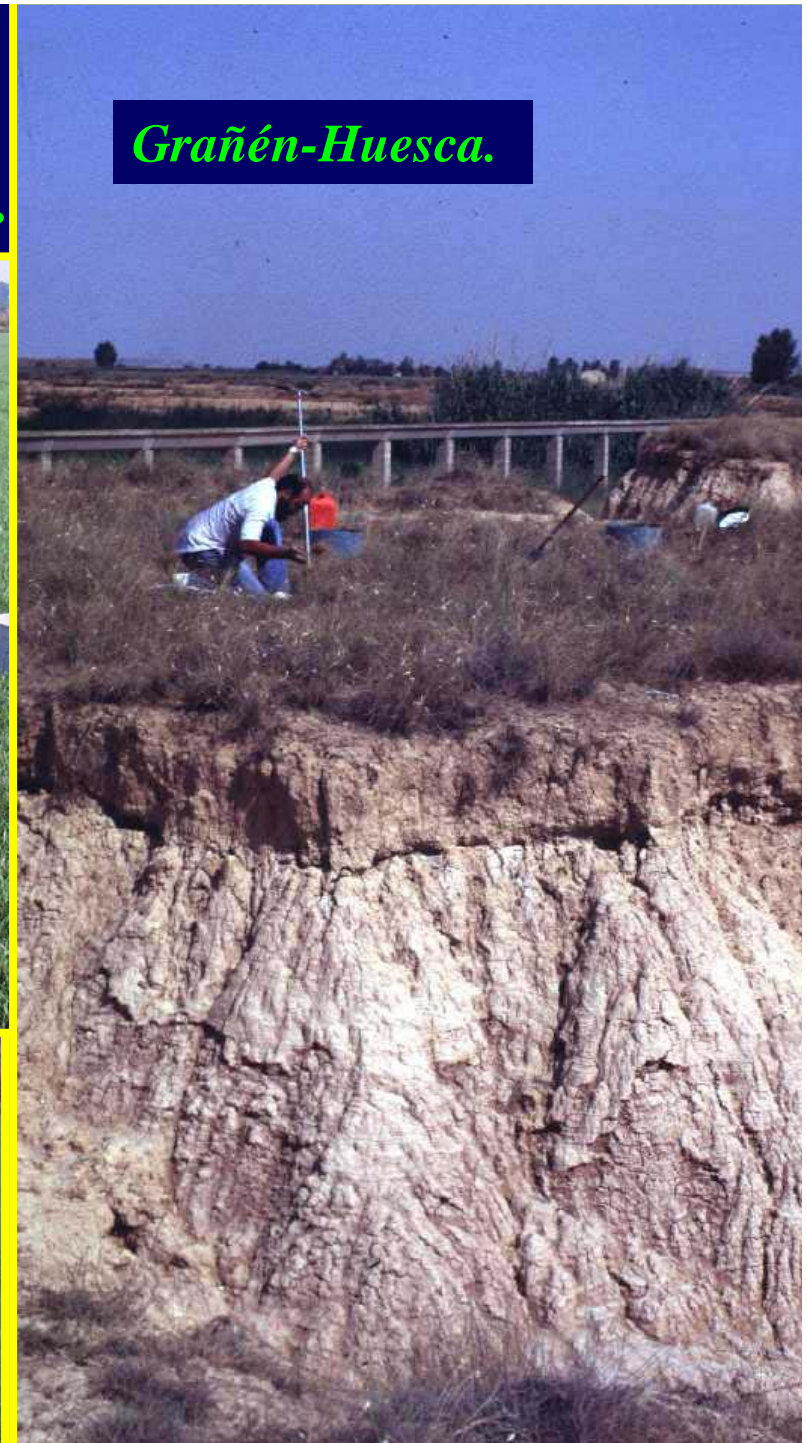
Programas *Ador*

- ***Ador - Gestión***
 - En comunidades de regantes
 - Eficiencia de riego a tiempo real
 - Mantenimiento de estructuras
 - Facturación por volumen automática
- ***Ador - Planificación***
 - En Comunidad General de regantes
 - Centraliza información
- ***Ador - Diseño***
 - En empresas de ingeniería
 - Evalúa escenarios de modernización
 - Relaciona coste inversión con ahorro de agua

1. Optimización de los recursos agua y suelo

- a) Determinación de las necesidades de agua de los cultivos. Red de estaciones agrometeorológicas automatizadas. Hoja Informativa de Riegos.
- b) Evaluación y mejora del manejo del riego por superficie, aspersión y localizado.
- c) Programas y modelos de optimización de la gestión del agua en Comunidades de Regantes.
- d) Cartografía de suelos.
- e) Evaluación de suelos e identificación de alternativas de uso.
- f) Conservación de suelos. Estabilidad estructural de suelos.

● **Estudio de suelos.**
**El conocimiento del suelo permite pre-
decir su comportamiento frente al riego.**

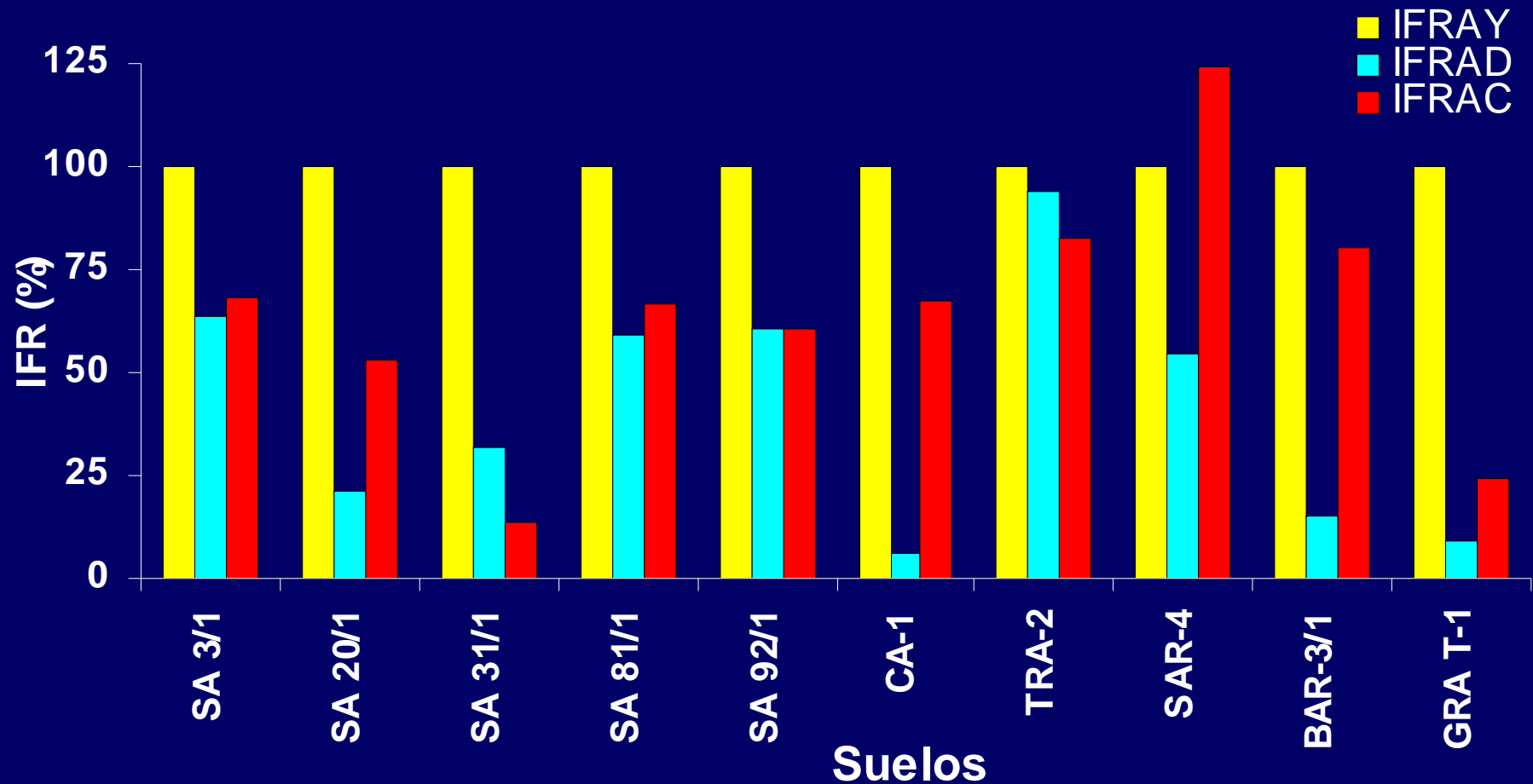


Grañén-Huesca.

Susceptibilidad de los suelos a dispersión química: Efecto de la calidad del agua en la infiltración

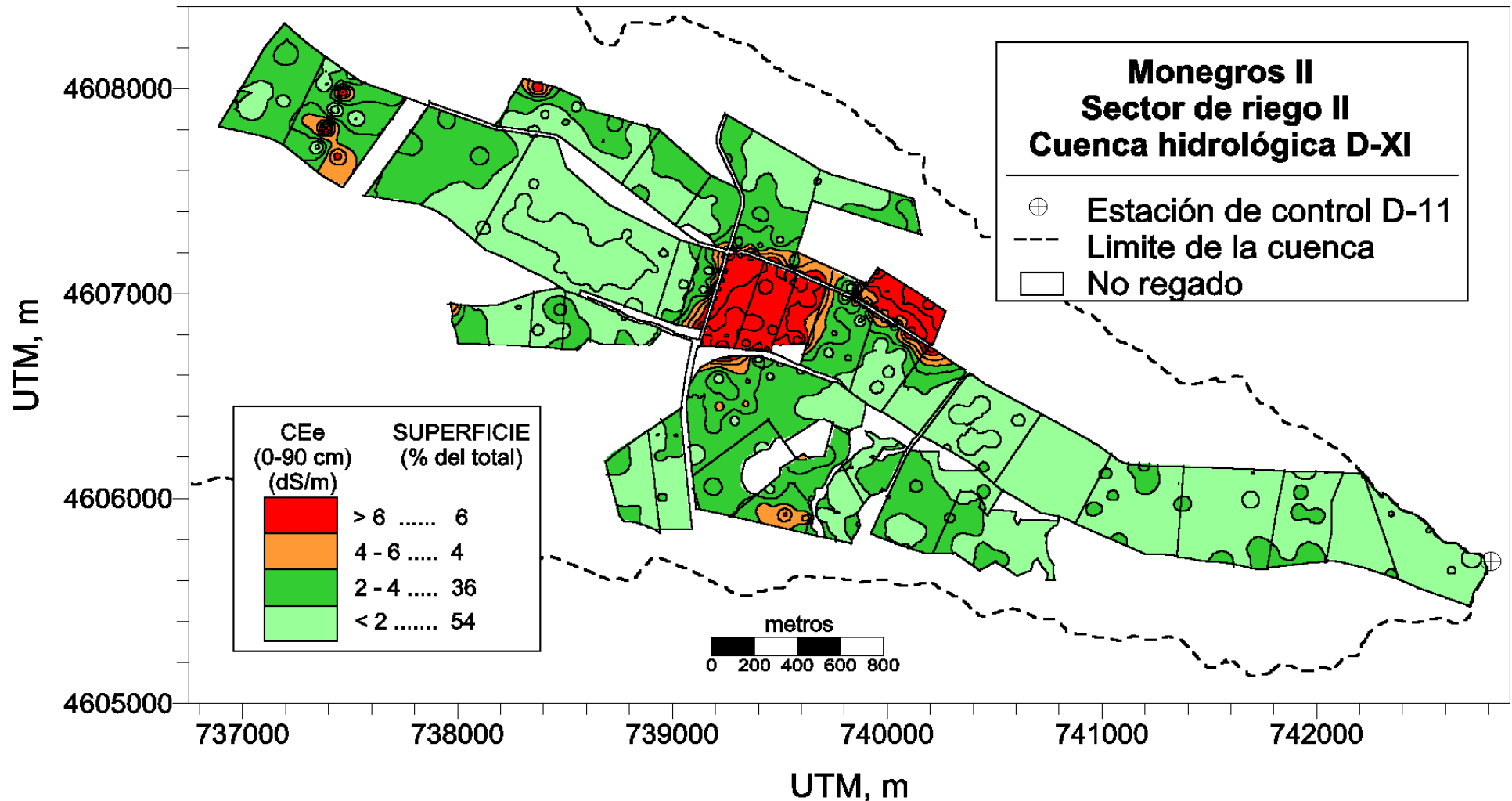
AY = agua saturada en yeso; AD = agua destilada; AC =
agua del canal de riego

IFR = infiltración relativa a la obtenida con AY (100%)



• Mapa de salinidad del suelo obtenido con el sensor electromagnético

Este método mide la salinidad del suelo de forma muy rápida y precisa



SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD EN ZONAS REGABLES DE LA CUENCA DEL EBRO DECLARADOS DE INTERES GENERAL (IRYDA)

Zona regable	Sup. (ha)	Año estudio	CE _e > 4 dS/m o RAS>15	
			hectáreas	% del total
Bardenas	98.300	1974-1976	26.784	27 %
Cinca	95.435	1975-1976	19.027	20 %
Aragón y Catal.	135.900	1981	34.700	25 %
Flumen	27.488	1976	12.883	47 %
Monegros I	44.670	1975	10.823	24 %
Monegros II	133.896	1979-1984	46.479	35 %

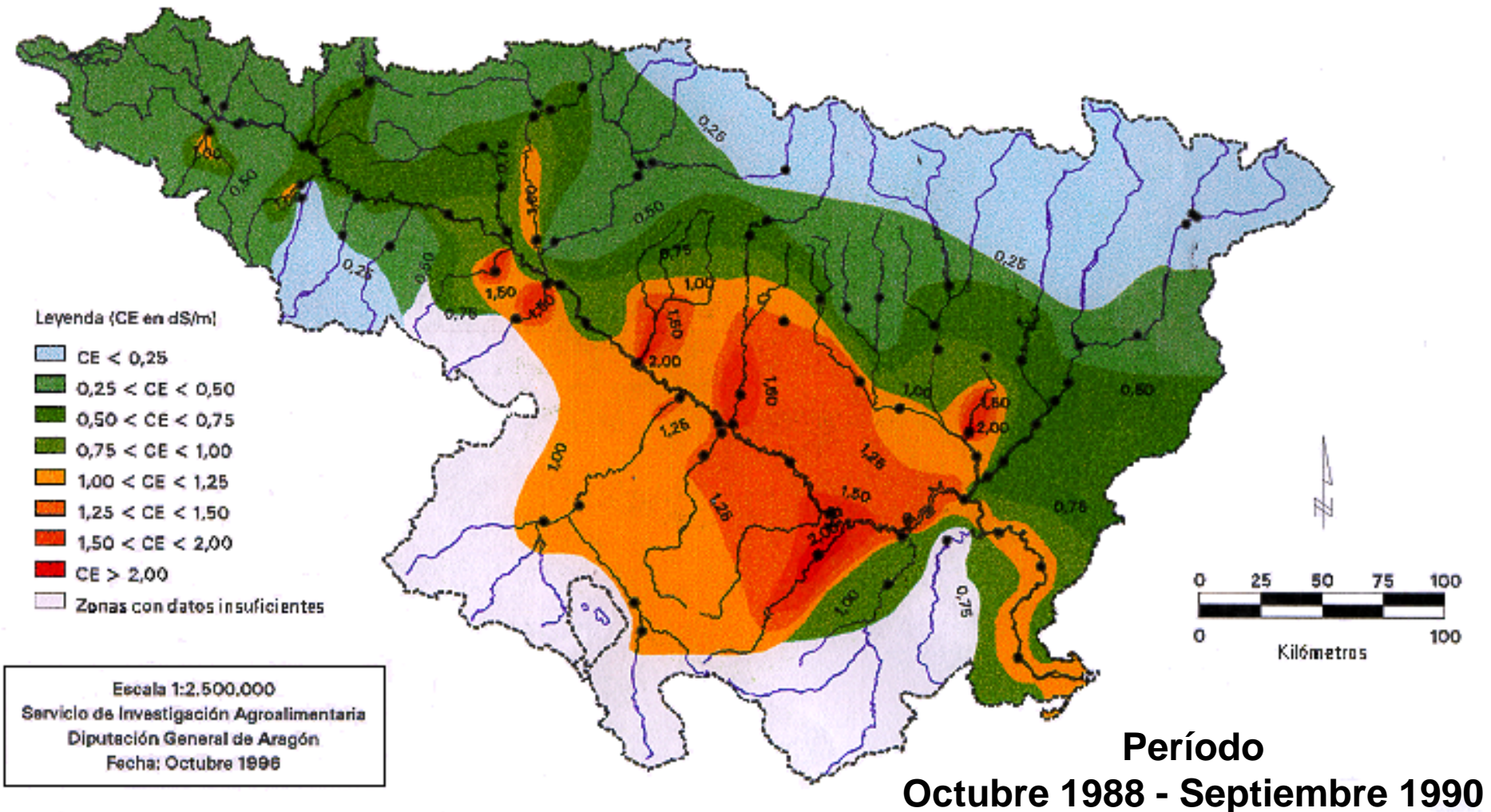
2. Impacto ambiental de las actividades agrarias

- a) Calidad de las aguas superficiales. Tendencias de salinización.
Impacto del regadío

- b) Balances y modelos hidrosalinos a nivel cuenca hidrológica
y sector de riego

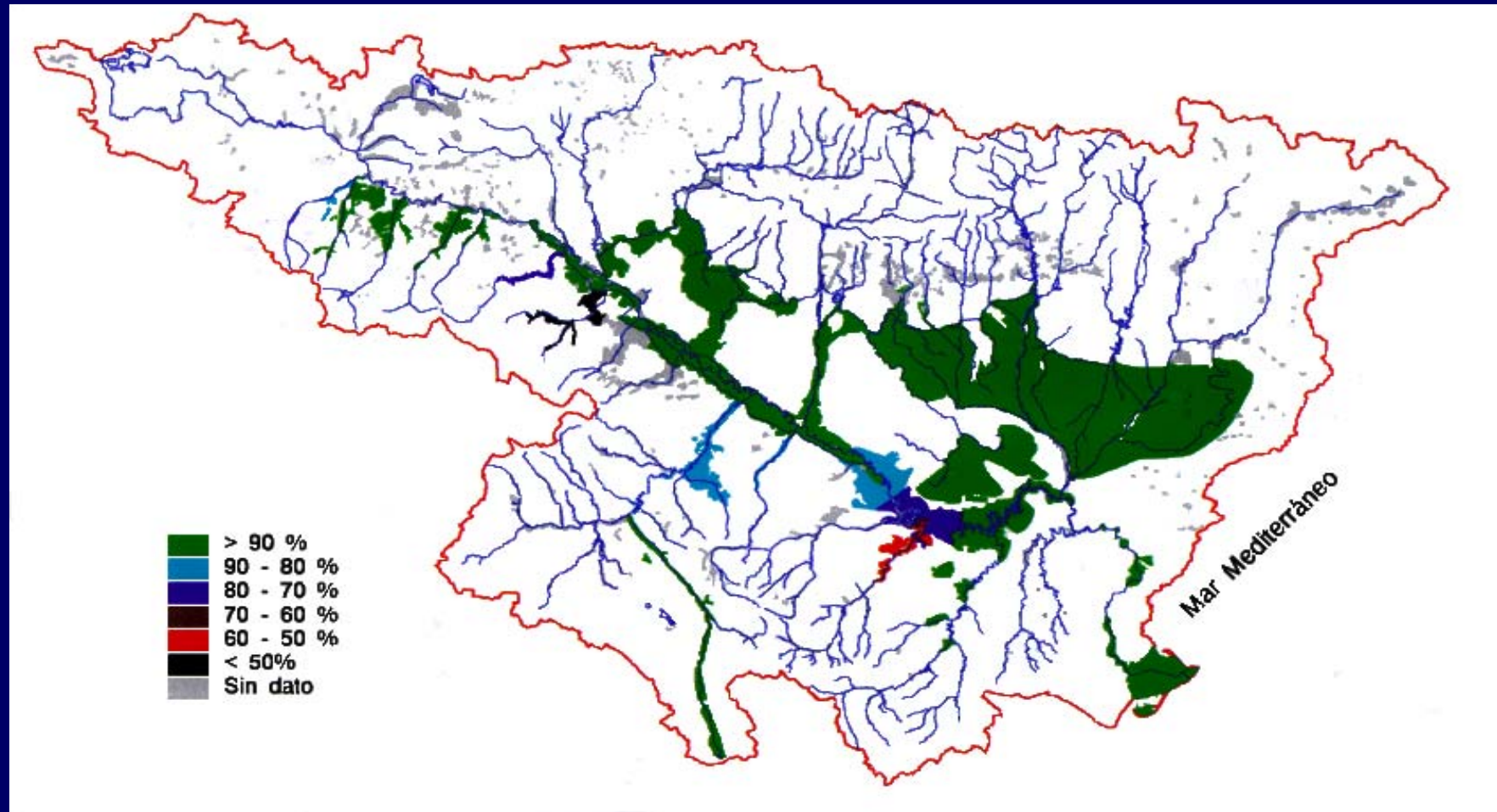
● Salinidad de las aguas superficiales en la cuenca del Ebro.

La salinidad de las aguas se mide a través de la conductividad eléctrica (CE). Los valores de CE en la cuenca del Ebro son en general bajos y de buena calidad para el riego.



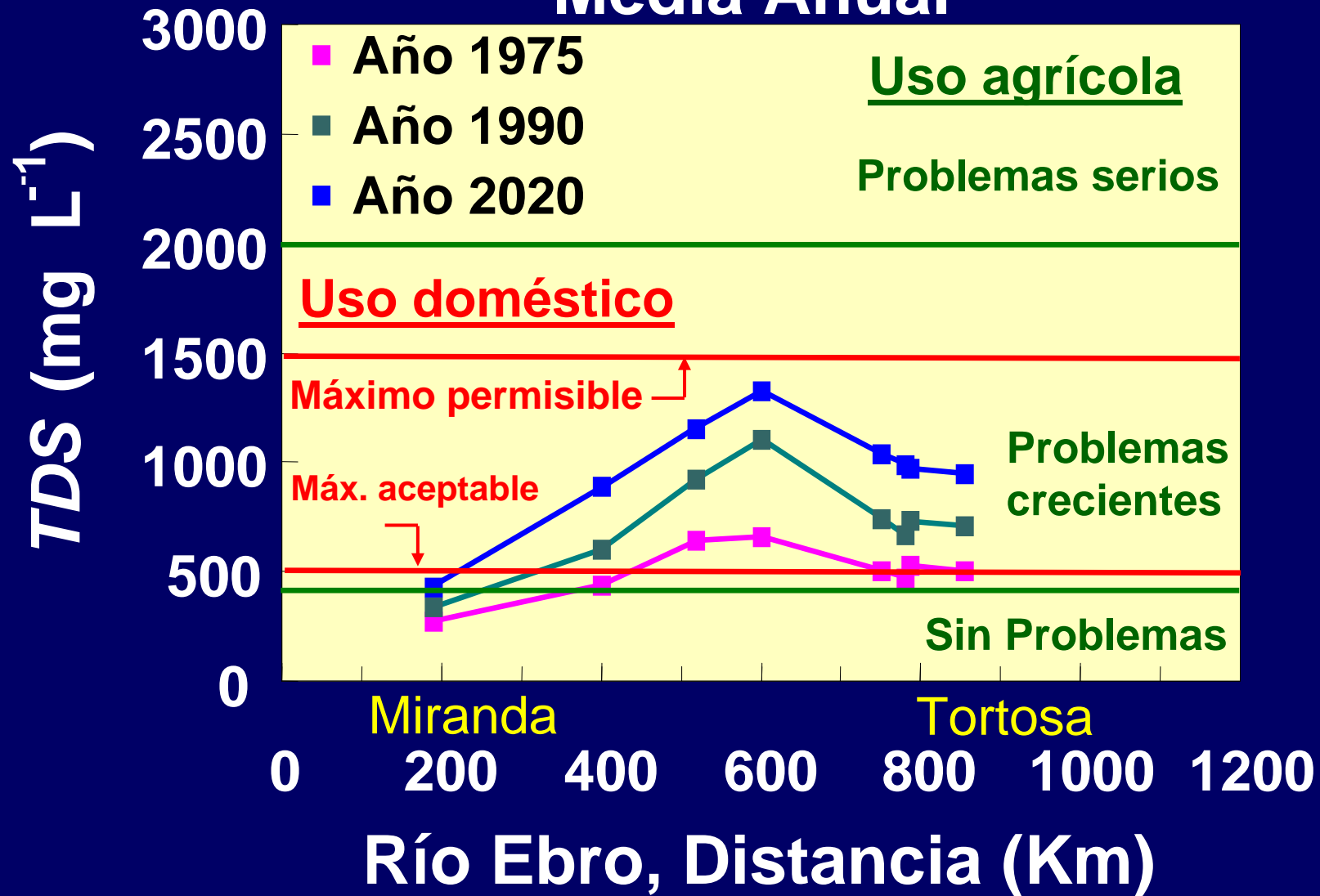
MÁXIMAS EFICIENCIAS DE RIEGO COMPATIBLES CON UN RENDIMIENTO DEL 100% EN MAÍZ, FRUTALES Y HORTALIZAS

(esto es, la salinización del suelo debida a la ET no reduce el rendimiento de estos cultivos sensibles)



EVOLUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA SALINIDAD (TDS)

Media Anual



2. Impacto ambiental de las actividades agrarias

a) Calidad de las aguas superficiales. Tendencias de salinización.
Impacto del regadío

b) Balances y modelos hidrosalinos a nivel cuenca hidrológica
y sector de riego

c) Fertilización nitrogenada y lavado de nitratos

Fertilización Nitrogenada y Calidad del Agua

- Efecto de la fertilización nitrogenada, el riego y la lluvia en el lavado de nitratos en un cultivo de maíz.

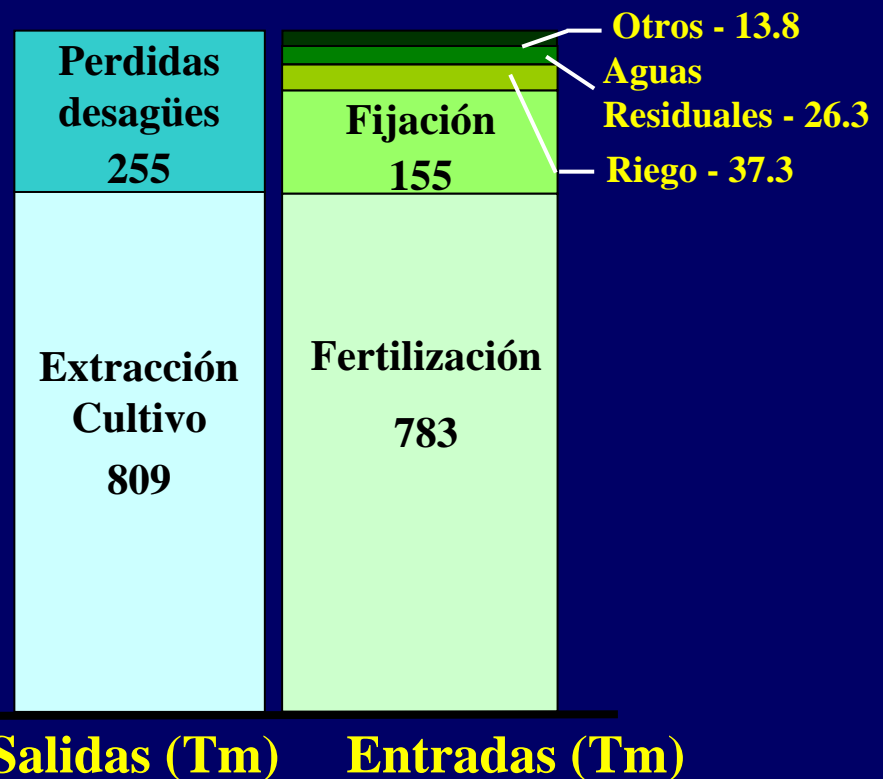
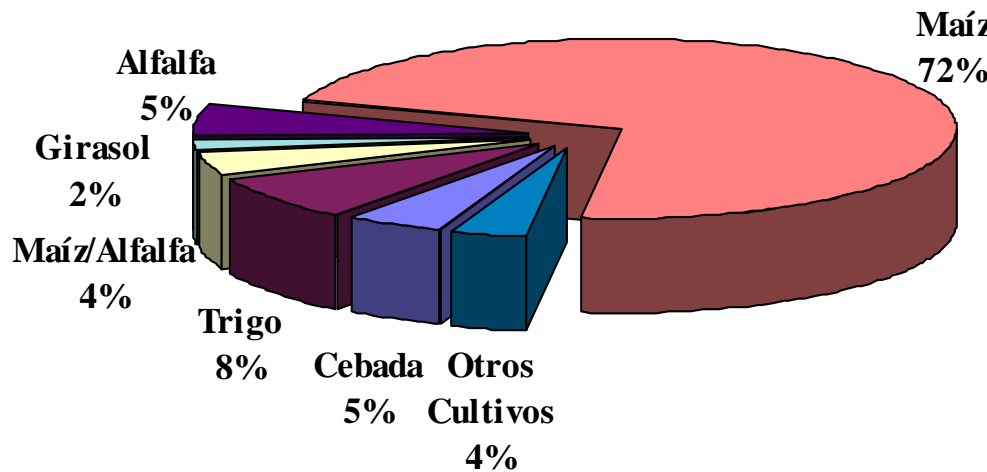
Vista parcial de 24 lisímetros de drenaje instalados en el SIA en los que se mide el volumen de agua que percola por debajo de la zona de raíces y su concentración de nitratos.



Fertilización Nitrogenada y Calidad del agua

● Balance de nitrógeno en el Polígono de Riego de La Violada (1^{er} Tramo del Canal de Monegros)

El 75% del nitrógeno total consumido en el polígono de riego se aplica al maíz. Las pérdidas de nitrógeno en las aguas de drenaje suponen el 33% del nitrógeno total aplicado como fertilizante



2. Impacto ambiental de las actividades agrarias

- a) Calidad de las aguas superficiales. Tendencias de salinización.
Impacto del regadío
- b) Balances y modelos hidrosalinos a nivel cuenca hidrológica
y sector de riego
- c) Fertilización nitrogenada y lavado de nitratos
- d) Fertilización con purín porcino e impacto ambiental

Fertilización Nitrogenada y Calidad del agua

- **Utilización del purín porcino como fertilizante agrícola. Efecto sobre la producción, el suelo y el lavado de nitrato.**

Maquina incorporadora que entierra el purín tras su aplicación disminuyendo las pérdidas de nitrógeno por volatilización a la atmósfera y la emisión de malos olores.



3. Agronomía de los cultivos

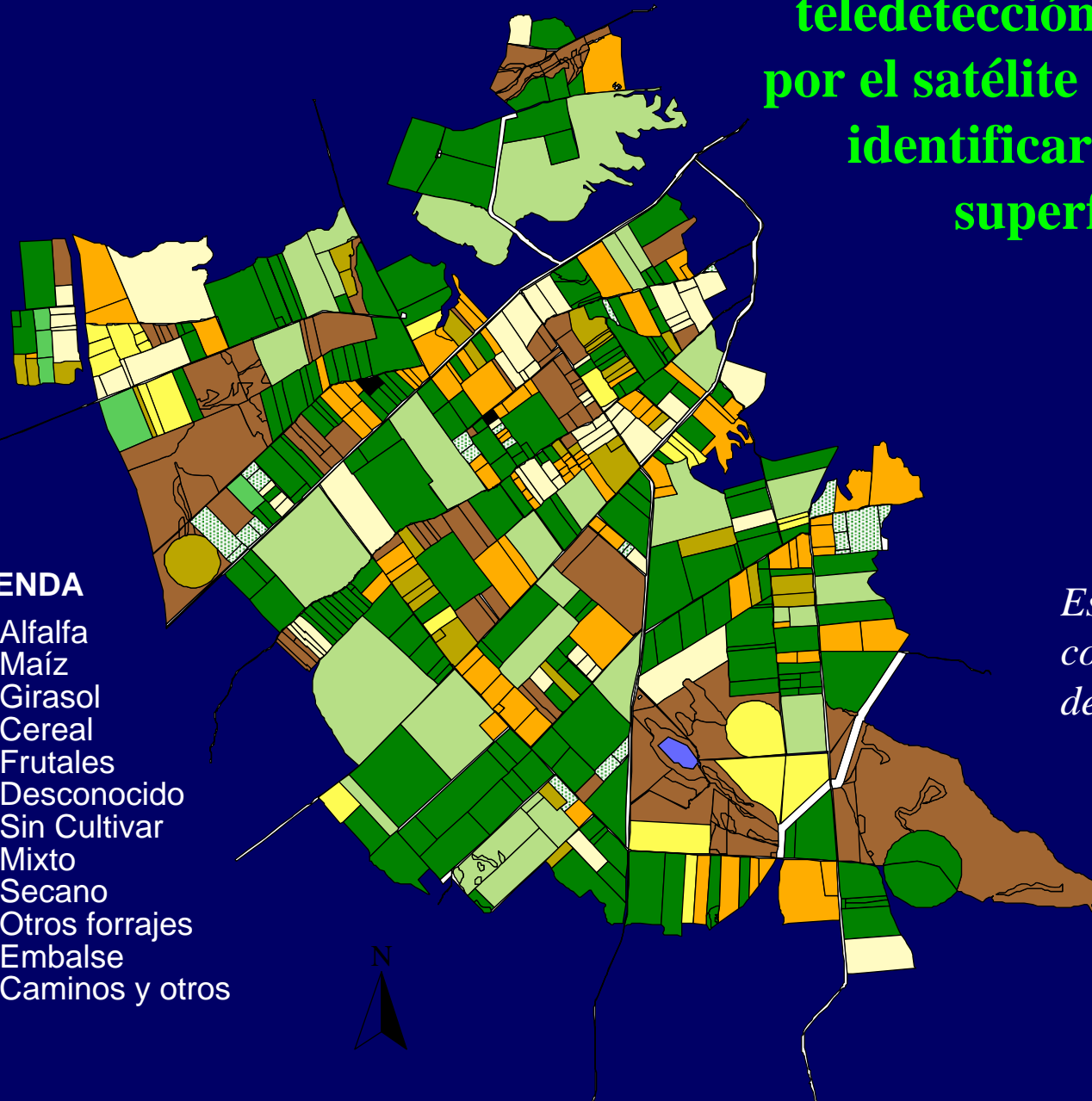
a) Aplicaciones agrarias y ambientales de la teledetección

● **Teledetección de cultivos.**

El análisis de las imágenes de teledetección proporcionadas por el satélite Landsat permite identificar y cuantificar las superficies de cultivos.

LEYENDA

- Alfalfa
- Maíz
- Girasol
- Cereal
- Frutales
- Desconocido
- Sin Cultivar
- Mixto
- Secano
- Otros forrajes
- Embalse
- Caminos y otros



Estudio realizado en la comunidad de regantes de Quinto-Zaragoza

● Teledetección y Sistemas de Información Geográfica.

La combinación de mapas de cultivos, obtenidos a partir de imágenes de satélite, con mapas de suelos y sistemas de información geográfica permite conocer la distribución de cultivos en las unidades de suelo.



Superficie (ha) de los principales cultivos y ocupaciones del regadío de Flumen (Huesca) en 1994 en cada unidad morfoedáfica.

	Plataformas	Vertientes	Terrazas y fondos	Total
Arroz	107	1604	1243	2954
Alfalfa-forrajeras	2027	3521	1677	6955
Cereal de invierno	1716	3148	1121	5985
Girasol	584	473	254	1311
Maíz	465	896	484	1845
Sin cultivo	1916	5942	1783	9641
Pinos	248	436	58	742
Otras	322	1424	786	2532
Total	7385	17174	7406	31965

● **Cuantificación de las necesidades de riego.**

La combinación de datos agrometeorológicos y de suelos a sistemas de información geográfica permite obtener la distribución territorial del agua de riego, información de interés agronómico y ambiental



Mapa de cultivos

ET

NH

V_n

Eficiencia

V_r



Mapa de suelos

Volúmenes (hm³) netos de agua (V_n) y de riego (V_r) en cada unidad morfoedáfica, para los principales cultivos del regadío de Flumen (Huesca) en 1994.

	Plataformas		Vertientes		Terrazas y fondos	
	V _n	V _r	V _n	V _r	V _n	V _r
Arroz	1.59	1.59	23.87	23.87	18.50	18.50
Alfalfa-forrajeras	15.99	39.99	25.65	42.75	13.23	16.54
Cereal de invierno	5.90	14.75	10.82	18.05	3.86	4.82
Girasol	3.12	7.81	2.53	4.21	1.36	1.70
Maíz	2.70	6.76	5.20	8.67	2.81	3.52
Total	29.31	70.89	68.08	97.56	36.76	45.07
V_n total	137					
V_r total		213.5				

3. Agronomía de los cultivos

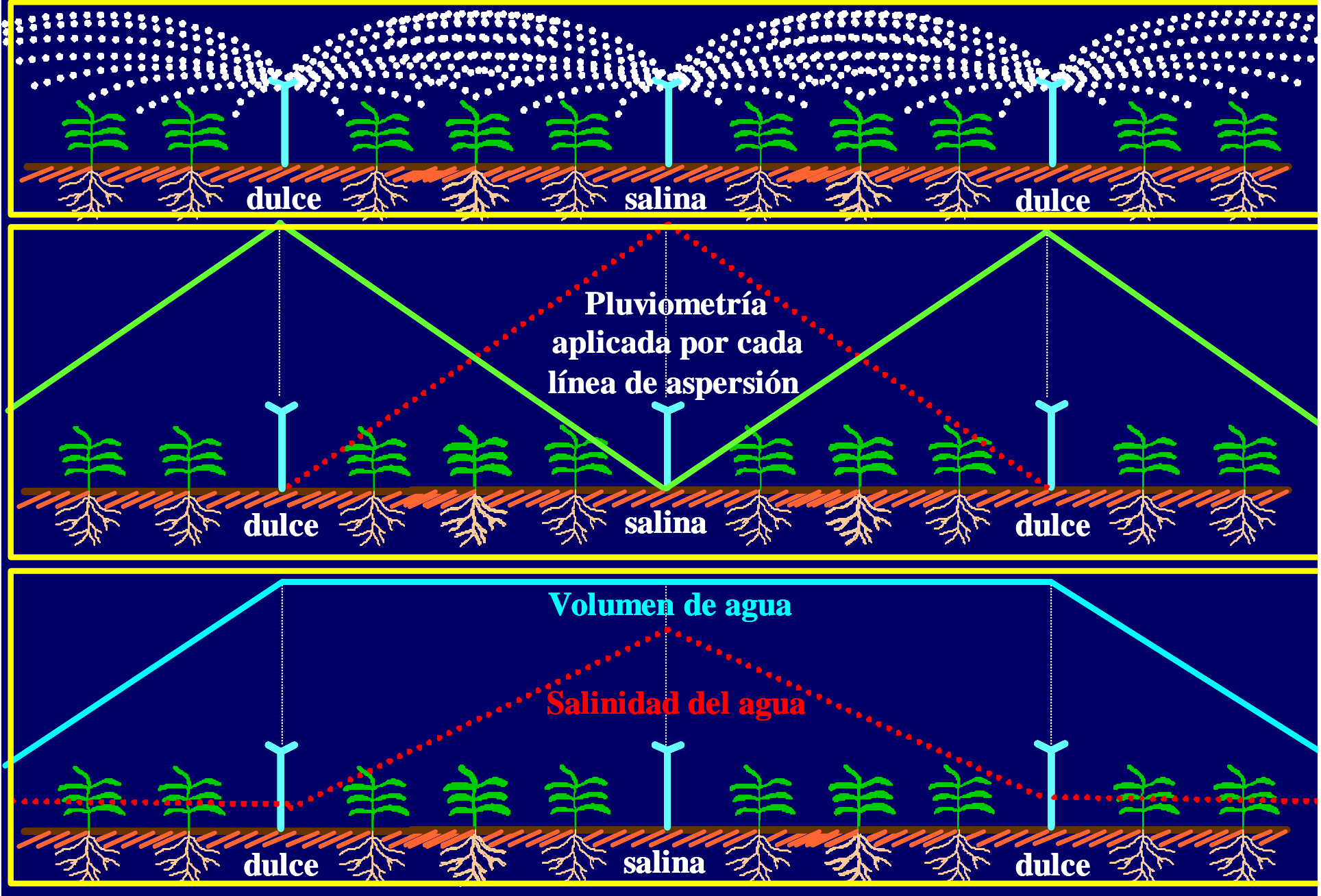
a) Aplicaciones agrarias y ambientales de la teledetección

b) Alternativas de cultivo. Cultivos industriales. Evaluación agronómica. Arroz. Olivo.

c) Respuesta de los cultivos al estrés hídrico y salino

d) Técnicas de cultivo. Laboreo de conservación. Rotación de cultivos

Riego por aspersión: Triple Línea de Aspersión (TLA) (1990-1994)

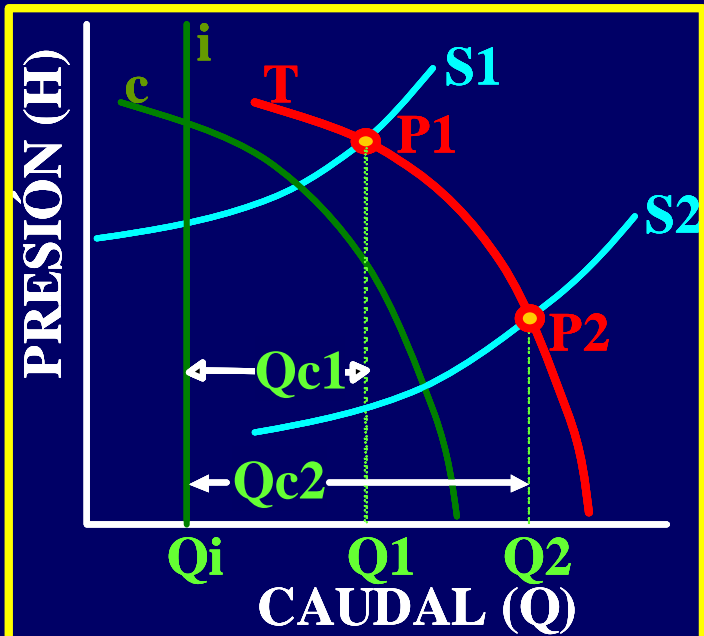


- Respuesta de los cultivos a la salinidad

La Triple Línea de Aspersión desarrollada en el SIA permite estudiar la tolerancia de los cultivos al riego por aspersión con aguas salinas.

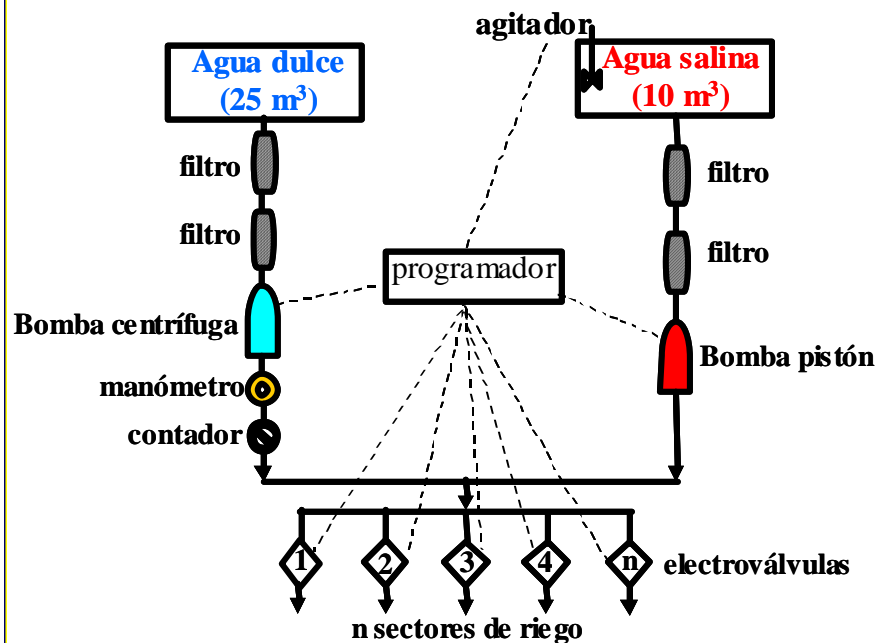


Riego por goteo: Doble Fuente de Goteo (1995)



♣ Curvas Características, presiones y caudales

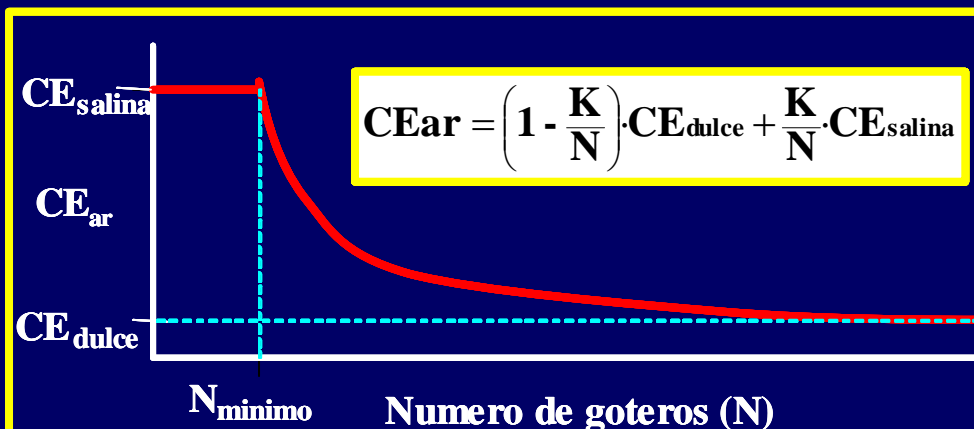
- S1, S2: riego por goteo con bajo (1) y alto (2) n° de goteros
- c: bomba centrífuga; i: bomba de pistón (inyección)
- T: bombas centrífuga y de pistón trabajando en paralelo
- P1, P2: puntos de funcionamiento red de riego/bomba para S1 y S2, respectivamente
- Qi: caudal fijo de la bomba de pistón
- Qc1, Qc2: caudal variable de la bomba centrífuga para P1 y P2, respectivamente
- Q1, Q2: caudal total operacional para P1 y P2, respectivamente; $Q1 = Qi + Qc1$; $Q2 = Qi + Qc2$



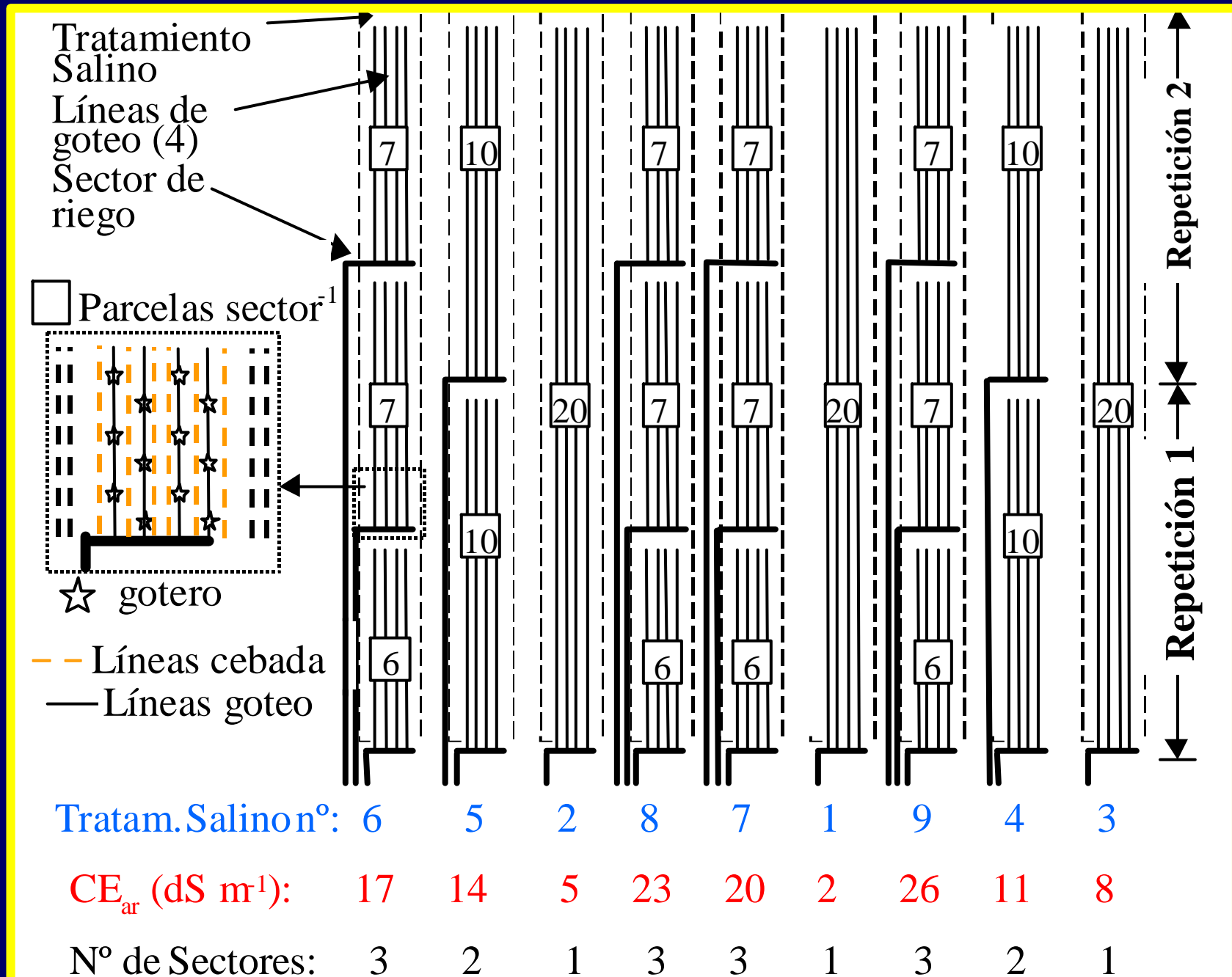
$$CE_{ar} = (1 - x) CE_{dulce} + x CE_{salina}$$

$x = \text{relación de mezcla} = Q_{salina} / Q_{total} = K/N$

$N = \text{n° de goteros instalados en un sector}$



Riego por goteo: Doble Fuente de Goteo (continuación)



- **Respuesta de los cultivos a la salinidad.**

El sistema de la doble fuente de goteo desarrollado en el SIA permite estudiar la tolerancia de los cultivos a la salinidad del suelo.



1. Optimización de los recursos agua y suelo

- a) **Determinación de las necesidades de agua de los cultivos. Red de estaciones agrometeorológicas automatizadas. Hoja Informativa de Riegos**
- b) **Evaluación y mejora del manejo del riego por superficie, aspersión y localizado**
- c) **Programas y modelos de optimización de la gestión del agua en Comunidades de Regantes**
- d) **Cartografía de suelos**
- e) **Evaluación de suelos e identificación de alternativas de uso**
- f) **Conservación de suelos. Estabilidad estructural de suelos de regadío**

2. Impacto ambiental de las actividades agrarias

- a) **Calidad de las aguas superficiales. Tendencias de salinización. Impacto del regadío**
- b) **Balances y modelos hidrosalinos a nivel cuenca hidrológica y sector de riego**
- c) **Fertilización nitrogenada y lavado de nitratos**
- d) **Fertilización con purín porcino e impacto ambiental**

3. Agronomía de los cultivos

- a) **Aplicaciones agrarias y ambientales de la teledetección**
- b) **Alternativas de cultivo. Cultivos industriales. Evaluación agronómica. Arroz, Olivo**
- c) **Respuesta de los cultivos al estrés hídrico y salino**
- d) **Técnicas de cultivo. Laboreo de conservación. Rotación de cultivos**