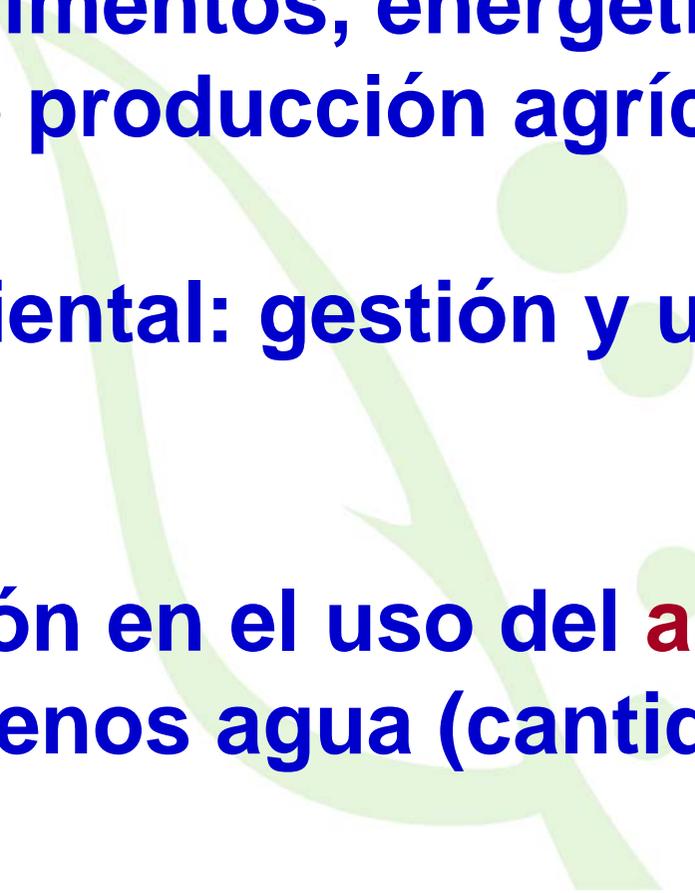


CICLO SEMINARIOS 2009

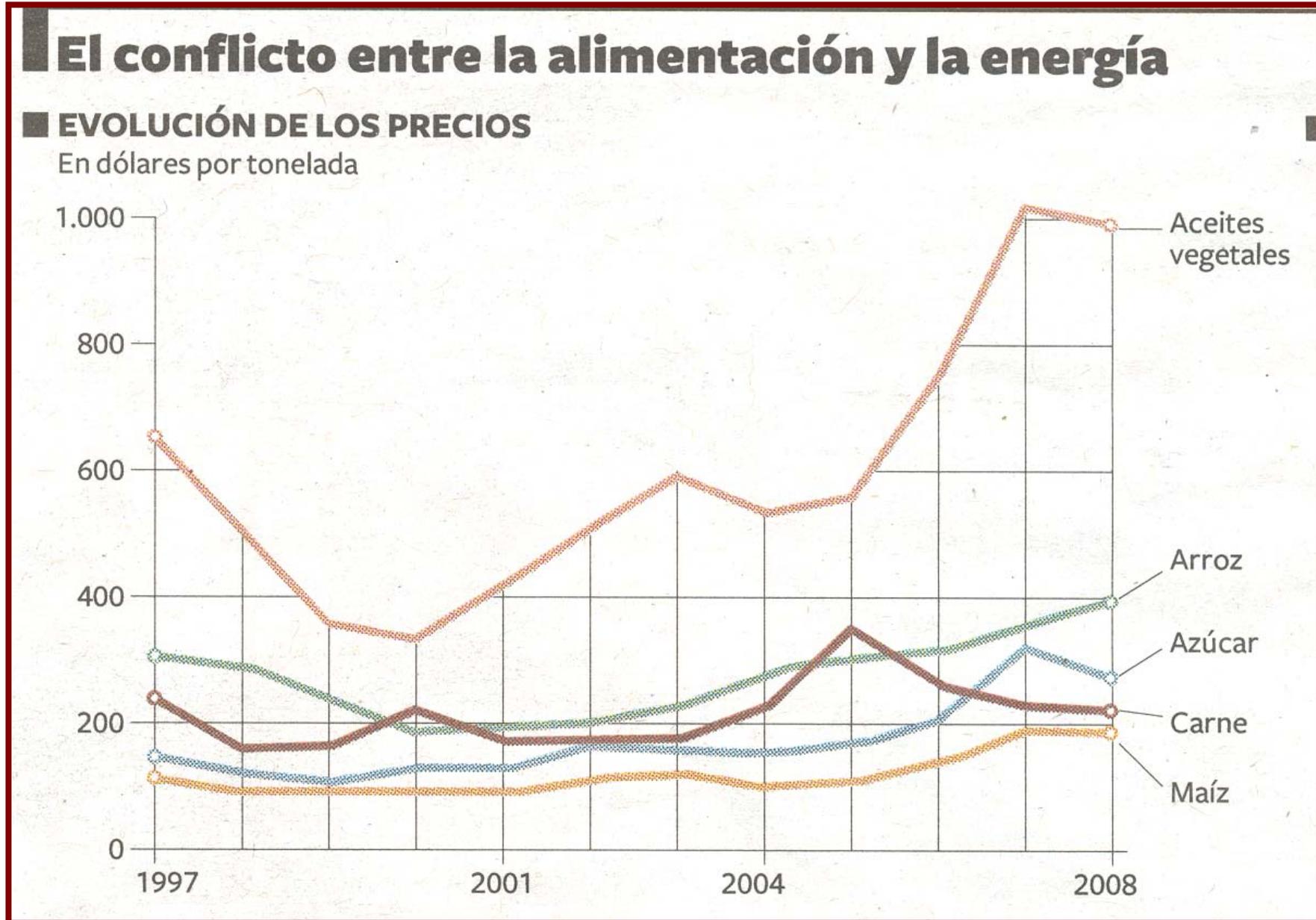
El agua en la agricultura: gestión y uso sostenibles

(Síntesis de la conferencia impartida en el VII encuentro del foro de los INIA de Iberoamérica el 30 de junio de 2008 en Huesca)

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

- **Crisis de alimentos, energética y de los factores de producción agrícola.**
 - **Crisis ambiental: gestión y uso sostenible del agua.**
 - **Optimización en el uso del agua: “producir más con menos agua (cantidad/calidad)”.**
- 

El precio de los alimentos...



- **Los precios de los alimentos han aumentando un 84% desde 2005. El incremento se atribuye a:**
 - **Demandas de países emergentes (30 %).**
 - **Cultivos energéticos alimentarios (10 %).**
 - **Especulación financiera, control de oligopolios (30 %).**
 - **Otros (sequías, inundaciones...) (30 %).**

- **Impacto muy negativo en países desfavorecidos, donde el gasto medio de alimentación supone el 60-80 % del total (20 % en España).**
- **Hambre y desnutrición: 3.5 m de niños menores de cinco años mueren anualmente.**

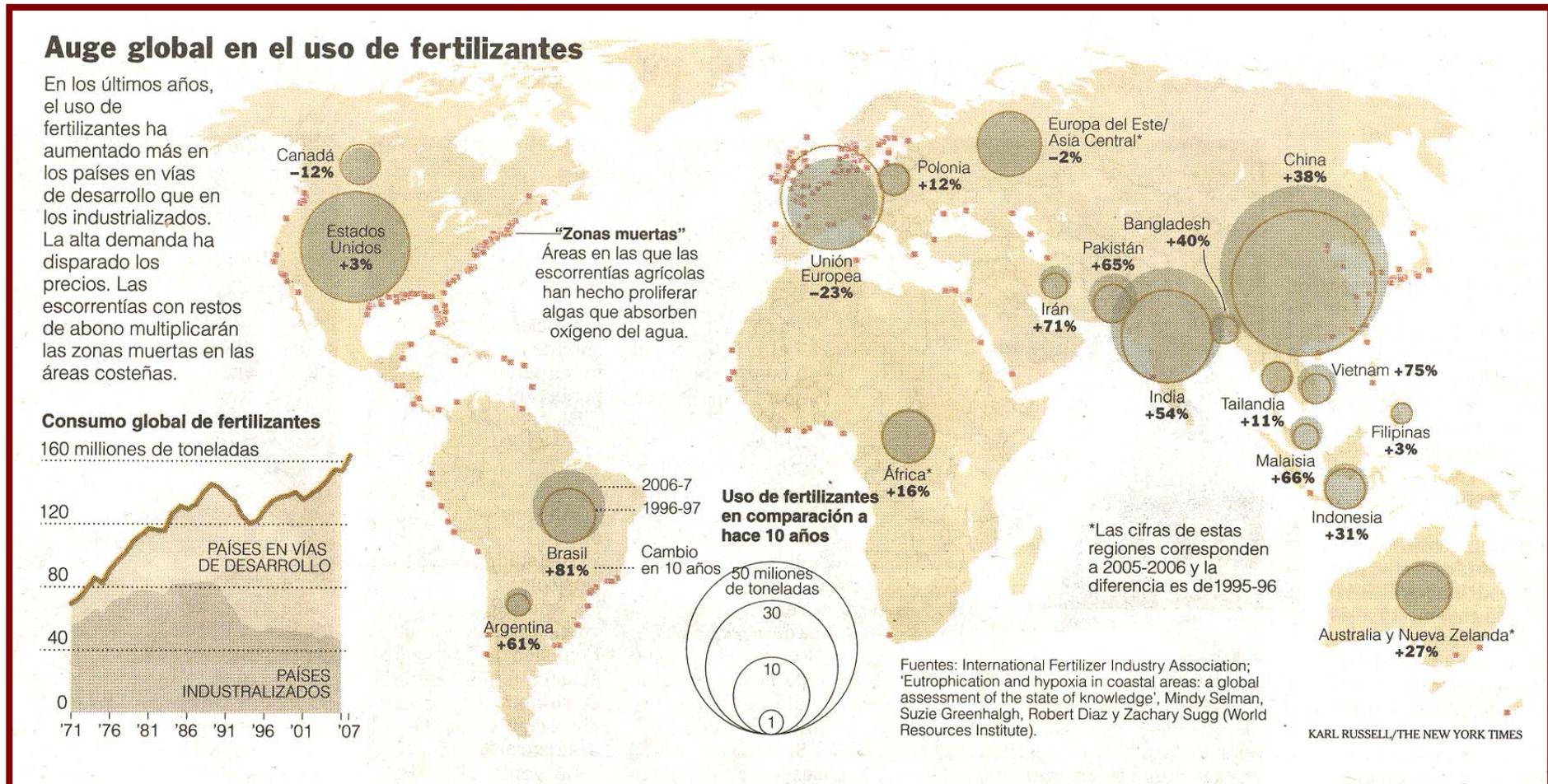
El precio de la energía...



El precio de la energía...

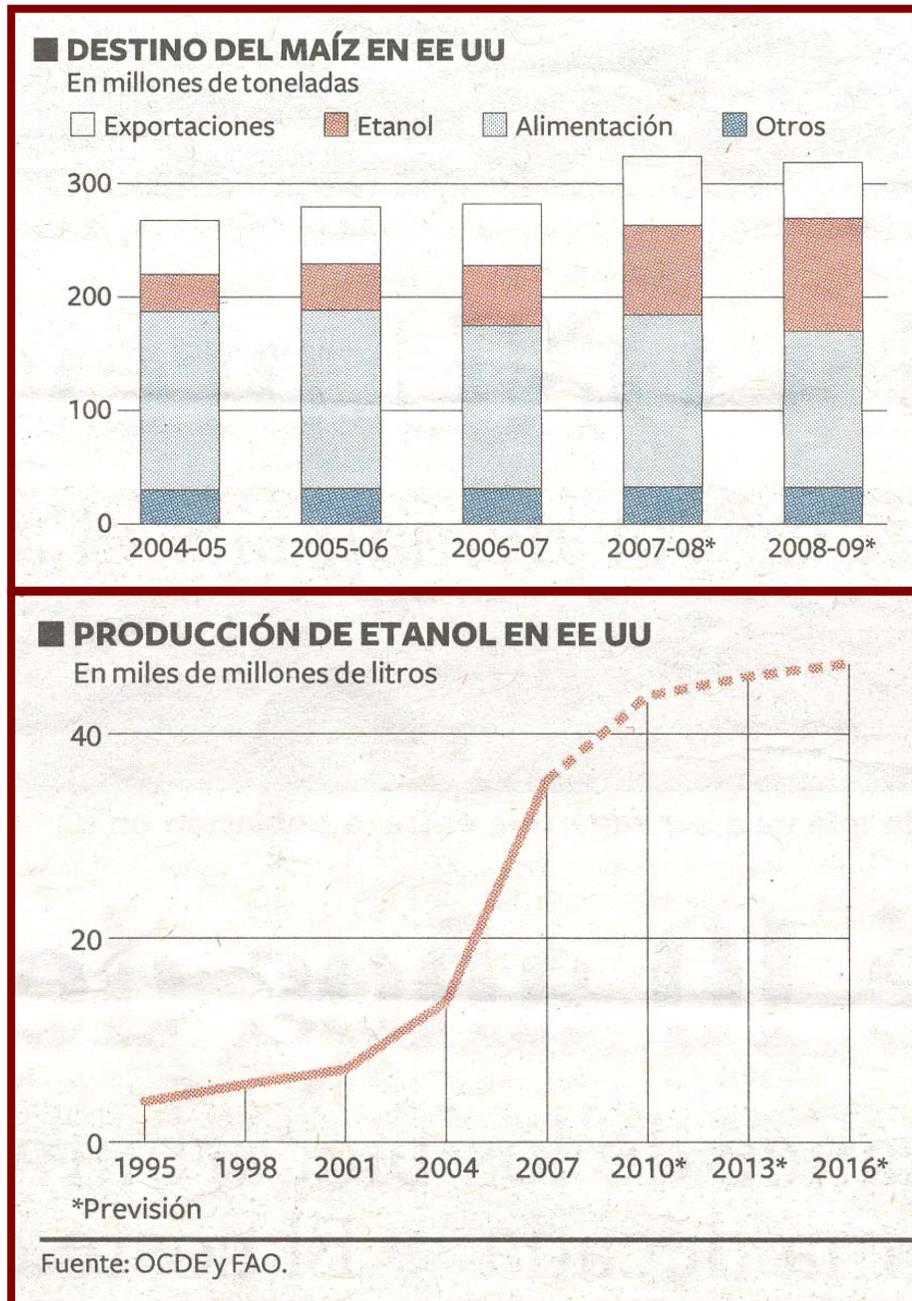
- **Los regantes son el segundo mayor cliente de las empresas eléctricas en España.**
- **Modernización de regadíos = mayor gasto energético.**
- **Desde el 1 de julio de 2008 el precio de la electricidad ha aumentado un 40% al eliminarse la “tarifa de riego”.**
- **Parques eólicos: reducir la factura entre un 20 y 30 %.**

El auge del uso y precio de los fertilizantes...



- Aumento de uso de un 31 % entre 1996 y 2008 (el 56 % en países en desarrollo).
- Precio de algunos abonos triplicado en 2007...

El auge de los biocombustibles...



Es necesaria una nueva generación de biocombustibles basada en materiales procedentes de la celulosa...

- **La toma de decisiones en la agricultura está basada en:**

- **Alza de precios de los productos agrarios y de los factores de producción.**
- **Necesidad de más alimentos para una población creciente.**
- **Nuevos escenarios (biocombustibles, cambio climático...).**
- **Creciente competencia por el agua.**

El agua en la agricultura: un período de cambio y de incertidumbres...

- **Liberalización de los mercados**
- **Disminución de ayudas**
- **Restricciones medioambientales**
- **Creciente escasez del agua en cantidad y calidad**
- **... y el Cambio Climático Global ?**

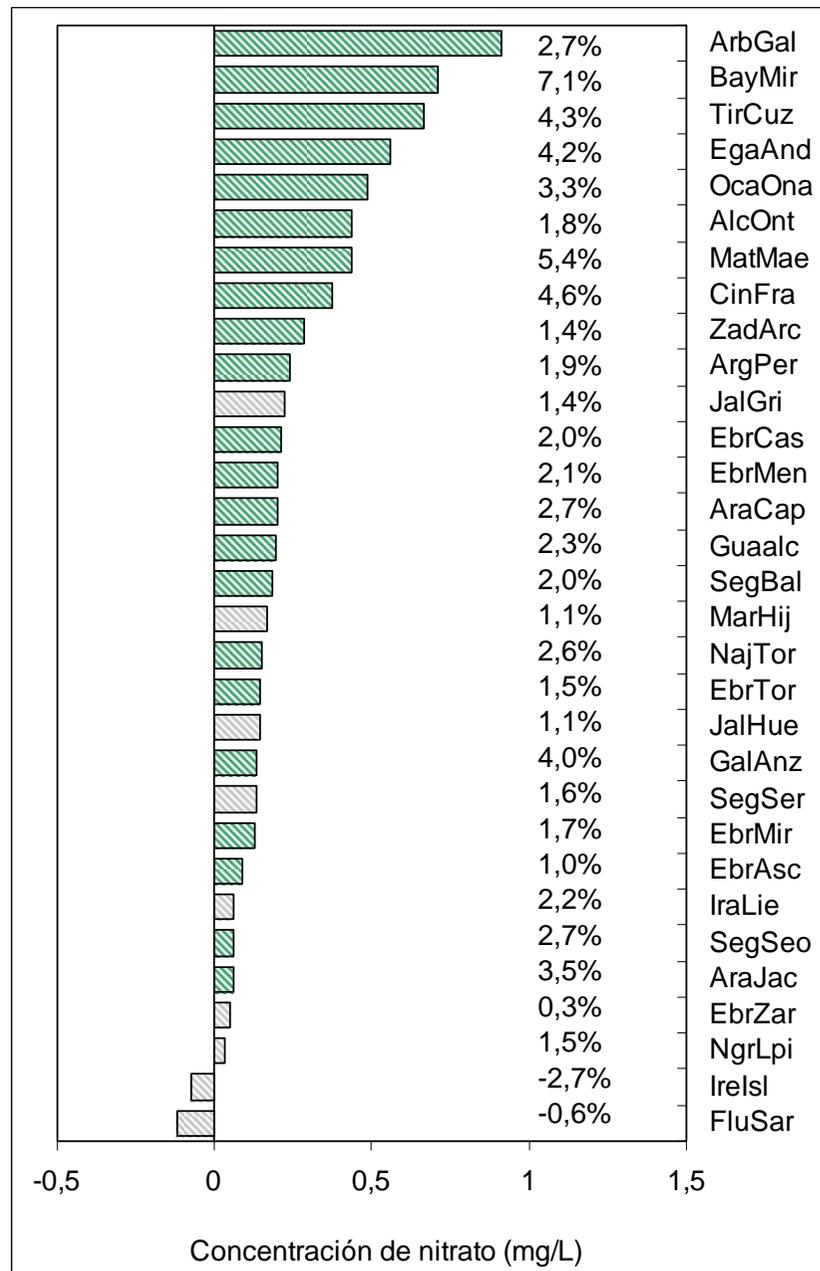
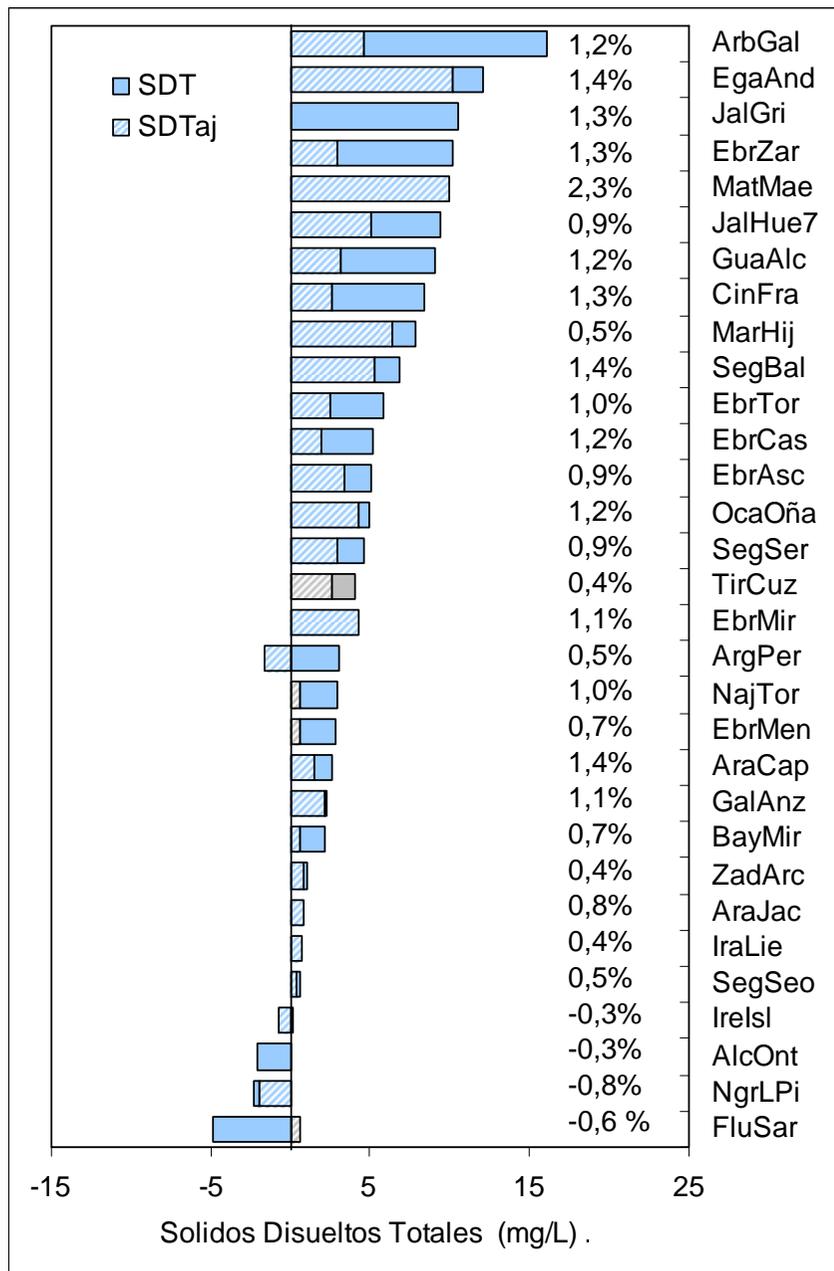
Cambio climático: la cuenca del Ebro

- En el horizonte del año 2100 la caída de caudales en la cuenca del Ebro estará entre el 20 y 30 %.
- Los caudales de los ríos de la margen derecha pueden caer hasta en un 50 %.
- El incremento de temperaturas (entre 2 y 5 °C) aumentará la demanda de agua de los cultivos.
- El agua será un recurso **crecientemente escaso en cantidad.**

Cambio climático: la cuenca del Ebro

- **Tendencias en los últimos 30 años: progresiva degradación de la calidad del agua.**
- **Tendencias futuras: aumento muy importante de la degradación (efectos “caudal” y “evapoconcentración”).**
- **El agua será un recurso **crecientemente escaso en calidad.****

Cuenca del Ebro: tendencias de salinidad y nitrato (variaciones anuales)



Conclusiones

- 1- Es necesario conservar la calidad de las aguas.
- 2- Es necesario producir más alimentos con menos agua.

¿COMO?



1- Conservar la calidad de las aguas

1- Conservar la calidad de las aguas...

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.

1- *Conservar la calidad de las aguas...*

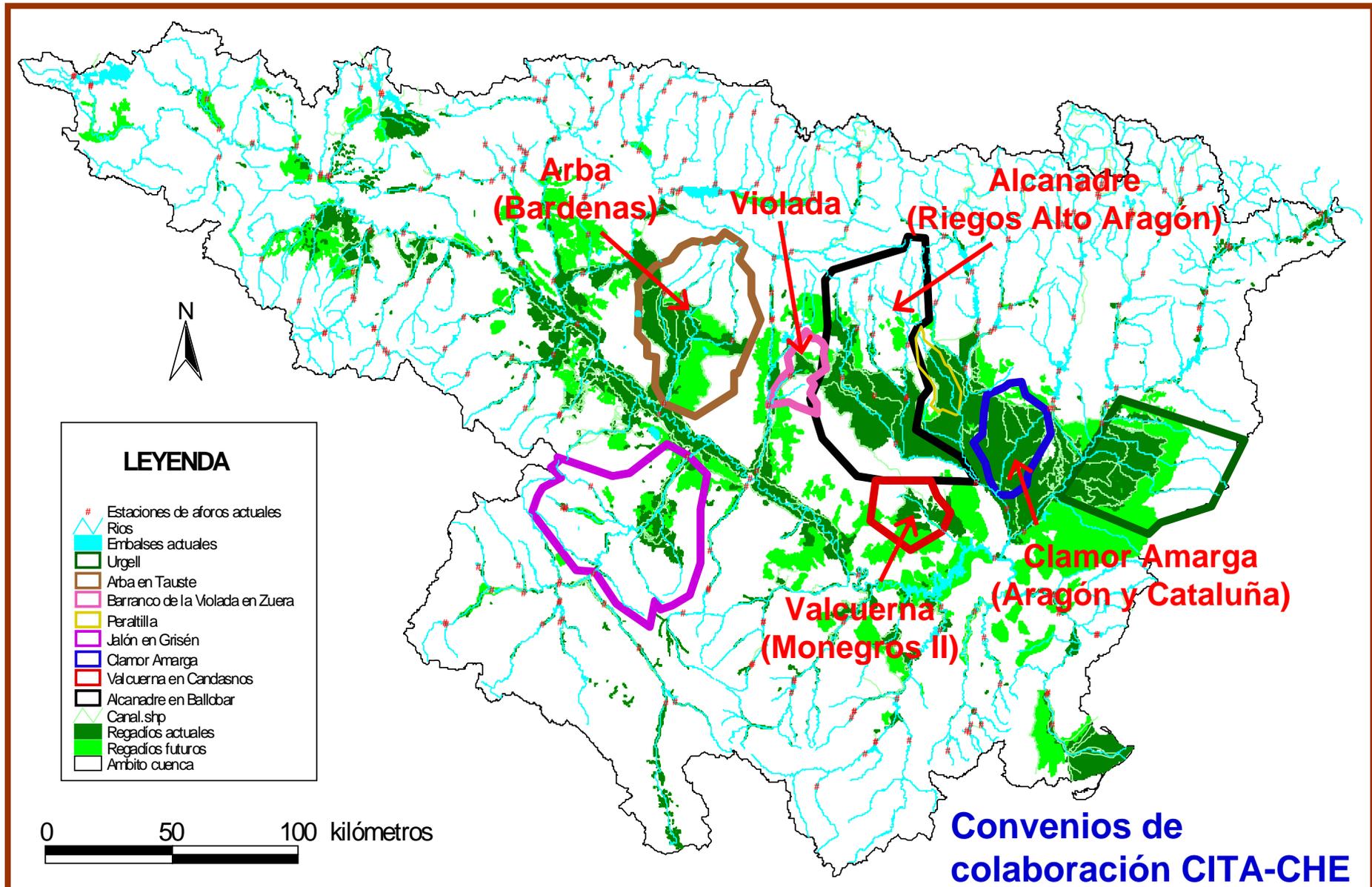
Seguimiento de los retornos de riego (cantidad y calidad)



Estación de aforo y calidad

1- Conservar la calidad de las aguas...

Propuesta de Red de control de los regadíos (ReCoR-Ebro)





***2- Producir más alimentos
con menos agua***

2- Producir más con menos agua...

Objetivo:

Incrementar la eficiencia en el uso del agua (productividad del agua por los cultivos)

**Kg/m³ agua consumida
(evapotranspirada)**

¿COMO?

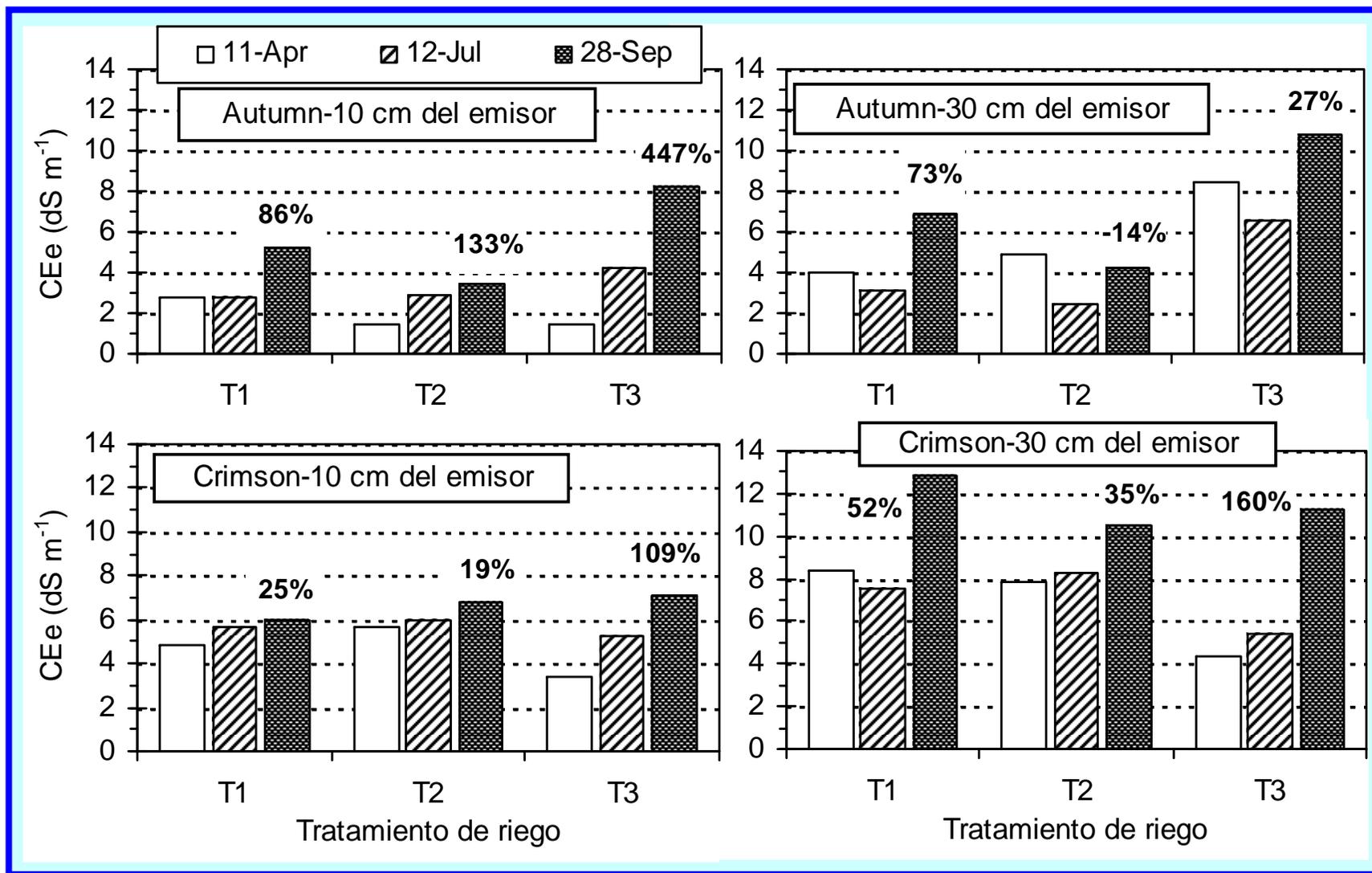
2- Producir más con menos agua... ¿Cómo?

- 1- Incrementando el índice de cosecha (kg cosecha / biomasa total); *mejora genética***
- 2- Incrementando la tolerancia a estreses bióticos y abióticos (estrés hídrico y salino); *mej. genet.***
- 3- Disminuyendo la evaporación (ajuste fechas de plantación, laboreo, acolchado); *agronomía***
- 4- Reutilizando el agua de drenaje para riego (problemas de calidad); *agronomía***
- 5- Agricultura de precisión (análisis espacial para obtener la máxima producción con los mínimos inputs); *agronomía***

6- Riego deficitario controlado; *agronomía*

- Imposición de estrés hídrico en períodos que no afectan a la cosecha.
- Estrategia no aplicable a todos los cultivos.
- El riego deficitario puede aumentar la productividad del agua en más del 200 %... Pero puede aumentar la salinidad del suelo.

Cambio de una política basada en maximizar la productividad del cultivo (“máximo riego-máxima producción”) a una política basada en maximizar la productividad del agua (“menos riego-máxima productividad del agua”).



Año 2007: Evolución de la CEE media del perfil del suelo (0-60 cm) en Autumn y Crimson, y porcentaje de incremento de la CEE en septiembre respecto a la CEE en abril.

- **La CEE aumentó en el tiempo: CEE septiembre > CEE abril.**
- **En general CEE T3 > CEE T1 (coherente: FL T3 < FL T1).**

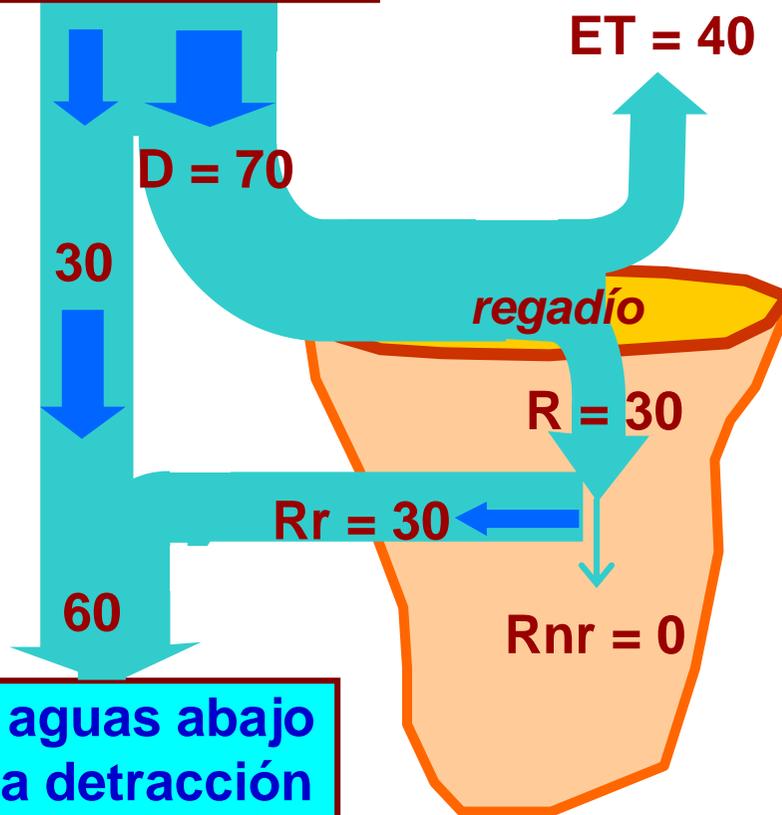
7- Modernización de regadíos

- Las autoridades del agua en España presumen que la modernización “ahorrará” agua (hasta un 10 % de la demanda total o más de 3.000 hm³/año).
- Sin embargo, hay que diferenciar entre:
 - Uso (D = demanda) de agua
 - Consumo (ET = evapotranspiración) de agua
- Con la modernización, la Demanda (agua aplicada al regadío) disminuirá, pero el Consumo (ET) aumentará.

SIN MODERNIZACIÓN

Río aguas arriba de la detracción
100 unidades

$$E_r = \frac{ET}{D} = \frac{40}{70} = 0.6$$



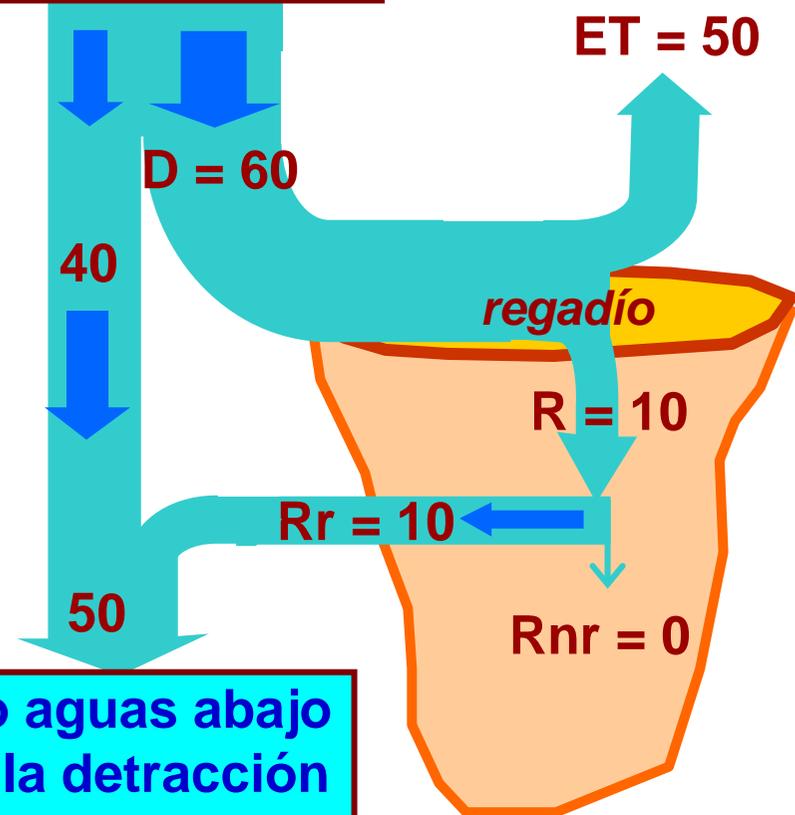
Río aguas abajo de la detracción
60 unidades

Demanda $D = 70$, Consumo $ET = 40$, Disponibilidad de agua en el río después del regadío = 60 unidades

CON MODERNIZACIÓN

Río aguas arriba de la detracción
100 unidades

$$E_r = \frac{ET}{D} = \frac{50}{60} = 0.8$$



Río aguas abajo de la detracción
50 unidades

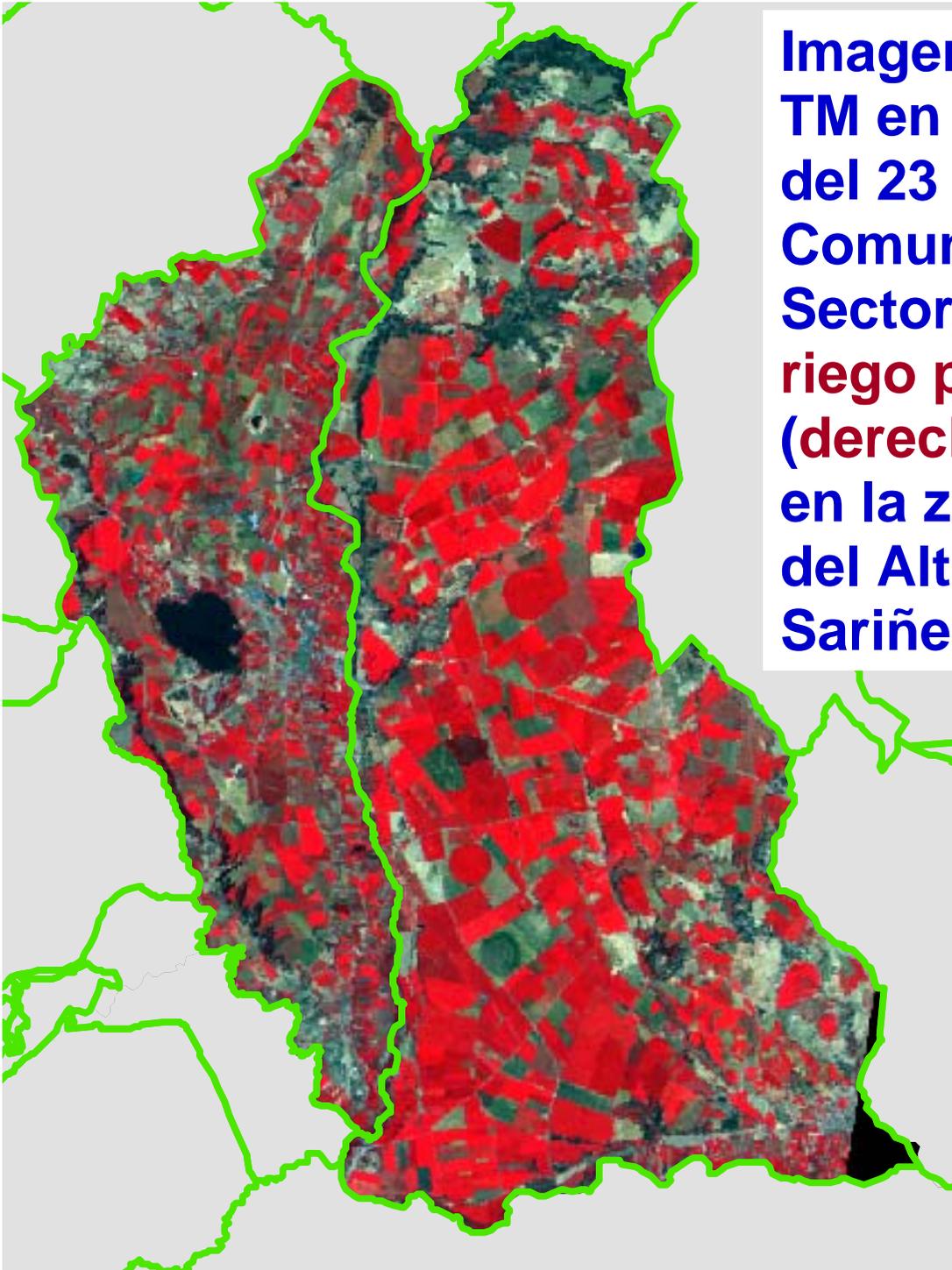
Demanda $D = 60$, Consumo $ET = 50$, Disponibilidad de agua en el río después del regadío = 50 unidades

¿Porqué aumentará el Consumo?

- **El regante invierte en la modernización para incrementar la productividad de su explotación.**
- **La modernización:**
 - 1- Intensificará el patrón de cultivos con mayores consumos de agua.**
 - 2- Reducirá el estrés hídrico de los cultivos, aumentando el rendimiento y, por lo tanto, el consumo de agua.**
 - 3- Mejorará la aplicación de fertilizantes (“fertiriego”) y, por tanto, el rendimiento y consumo de agua de los cultivos.**
 - 4- ... y puede aumentar la superficie regada.**

Imagen del satélite Landsat 5 TM en falso color (RGB 453), del 23 de julio de 1999, de las Comunidades de Regantes del Sector XI de Flumen (izquierda: riego por gravedad) y Lasesa (derecha: riego por aspersión) en la zona regable de Riegos del Alto Aragón (en torno a Sariñena).

La intensidad del color rojo indica mayor consumo de agua de los cultivos...



¿Cómo afectará la modernización a la calidad de las aguas?

- **La calidad de las aguas mejorará en la Cuenca:**

1- Porque aumentará en los ríos el volumen de agua de buena calidad no detraída para el riego.

2- Porque se reducirá el volumen de los retornos de riego de baja calidad.

3- Porque disminuirá la masa de contaminantes exportados por los retornos de riego. ***“La masa (carga) del contaminante, no la concentración, es la que determina el nivel de contaminación del sistema receptor de los retornos del riego”.***

Consecuencias conceptuales de dos escenarios de modernización de regadíos (sin y con aumento de la superficie regada) a nivel de los **retornos de riego** (agua-retornos) y de los **cauces de agua receptores** de los retornos (agua-cuenca).

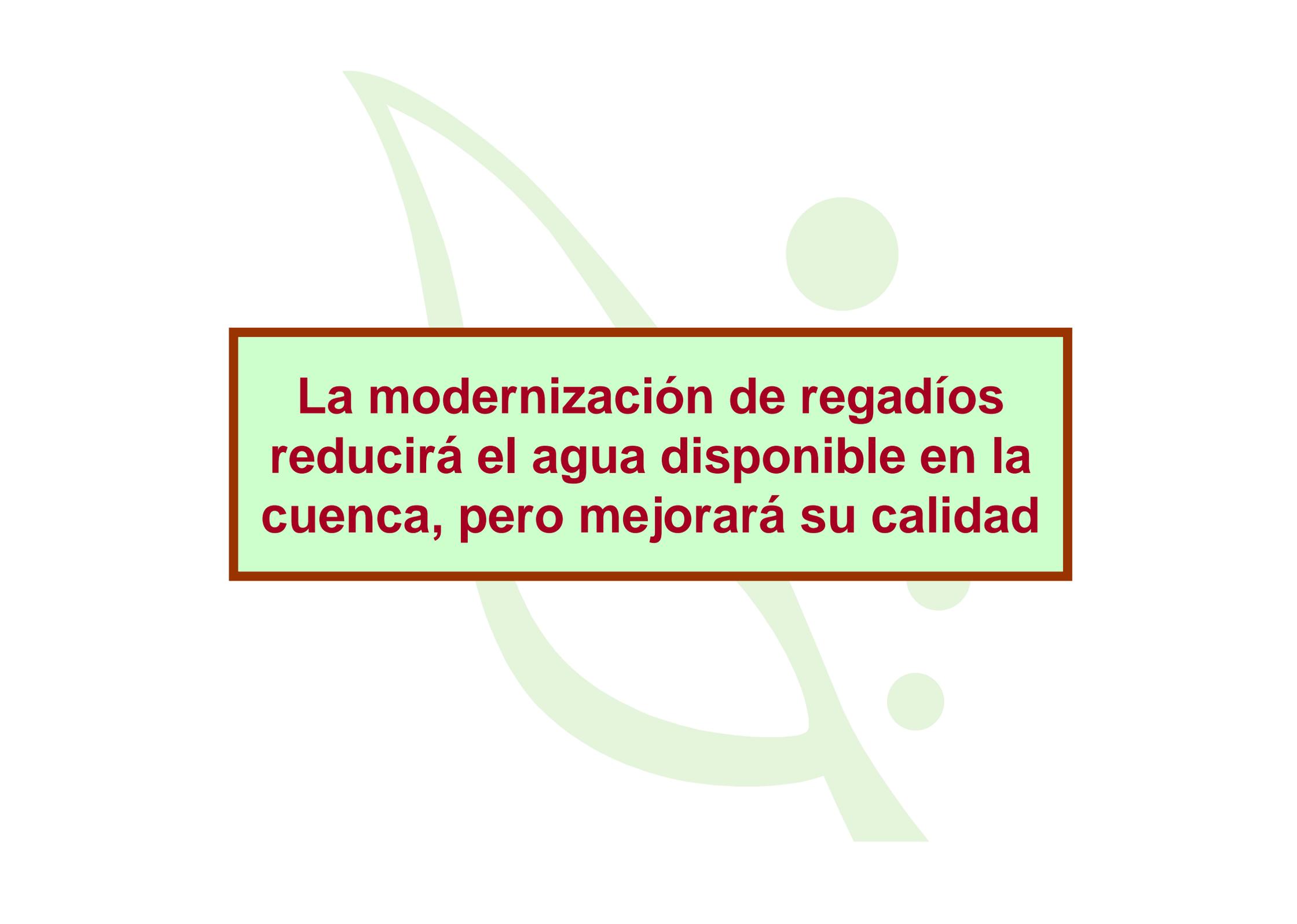
Los símbolos indican:

0: indiferente

+, ++: incremento moderado y alto

-, --: disminución moderada y alta

| | Sin aumento de superficie regable | Con aumento de superficie regable |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Agua detraída para riego (Uso. Demanda) | -, -- | 0 |
| Agua no detraída para riego | +, ++ | 0 |
| Evapotranspiración (Consumo) | + | ++ |
| Escorrentía/percolación no recuperable | +, 0 | + |
| Escorrentía/percolación recuperable | 0, - | - |
| Valor producción agraria (€) | + | ++ |
| Productividad agua detraída (€/m ³) | +, ++ | ++ |
| Productividad agua consumida (€/m ³) | +, 0 | +, 0 |
| Coste del agua (€) | + | ++ |
| Agua-retornos | | |
| Volumen de retornos | -- | - |
| Concentración de sales | +, ++ | +, ++ |
| Masa de sales exportadas | -, -- | 0, - |
| Concentración de fertilizantes (N) | 0, + | 0, + |
| Masa de fertilizantes (N) | - | 0, - |
| Agua-cuenca | | |
| Recurso total disponible | - | -, -- |
| Concentración de sales | -- | - |
| Concentración de fertilizantes (N) | - | 0, - |



**La modernización de regadíos
reducirá el agua disponible en la
cuenca, pero mejorará su calidad**