

## **SEMINARIO**

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

**Calidad de las aguas superficiales  
en la Cuenca del Ebro**

**Tendencias de salinidad, nitrato y fosfato**

**Dolores Quílez**  
Unidad de Suelos y Riegos (asociada EEAD-CSIC)  
CITA-DGA  
16 Junio 2011

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

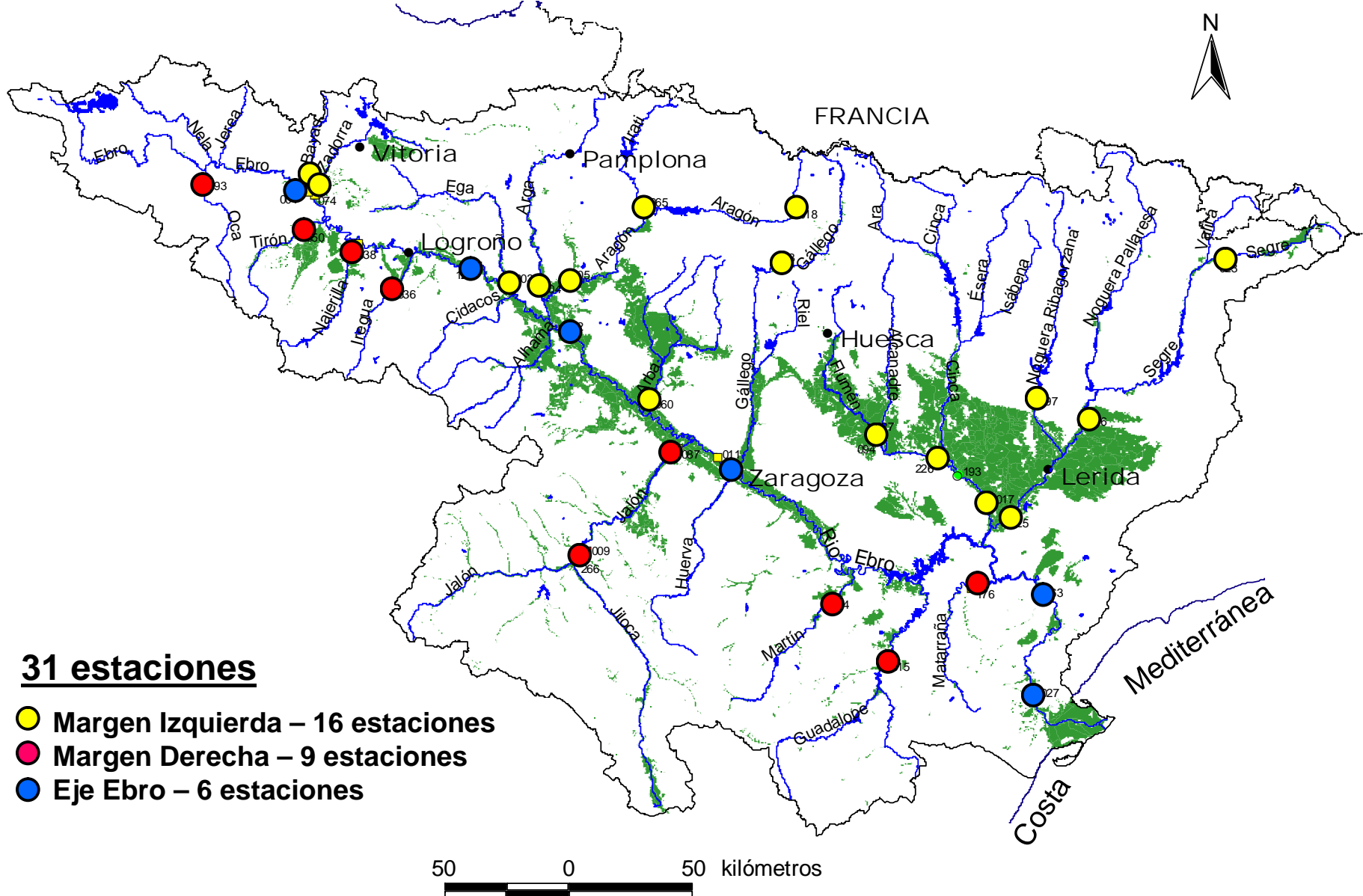
**Objetivo General:** Caracterización de la calidad de las aguas superficiales de la Cuenca del Ebro y de sus tendencias

## ❑ **Redes de Control de Calidad de Aguas de CHE**

- 497 estaciones de control
- Datos instantáneos con frecuencias variables
- Se han seleccionado 31 estaciones
  - Relevancia dentro de la Cuenca del Ebro
  - Predominio del regadío
  - Disponibilidad de datos

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## Estaciones seleccionadas



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

**Objetivo General:** Caracterización de la calidad de las aguas superficiales de la Cuenca del Ebro y de sus tendencias

## □ **Redes de Control de Calidad de Aguas de CHE**

- 497 Estaciones de control
- Datos instantáneos con frecuencias variables
- Se han **seleccionado 31 estaciones**
  - Relevancia dentro de la Cuenca del Ebro
  - Predominio del regadío
  - Disponibilidad de datos
- Variables analizadas:
  - **Salinidad (CE), concentraciones iones mayoritarios, N y fosfato**
  - **Masa de sales, N, PO4**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS**  
**SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL EBRO**

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

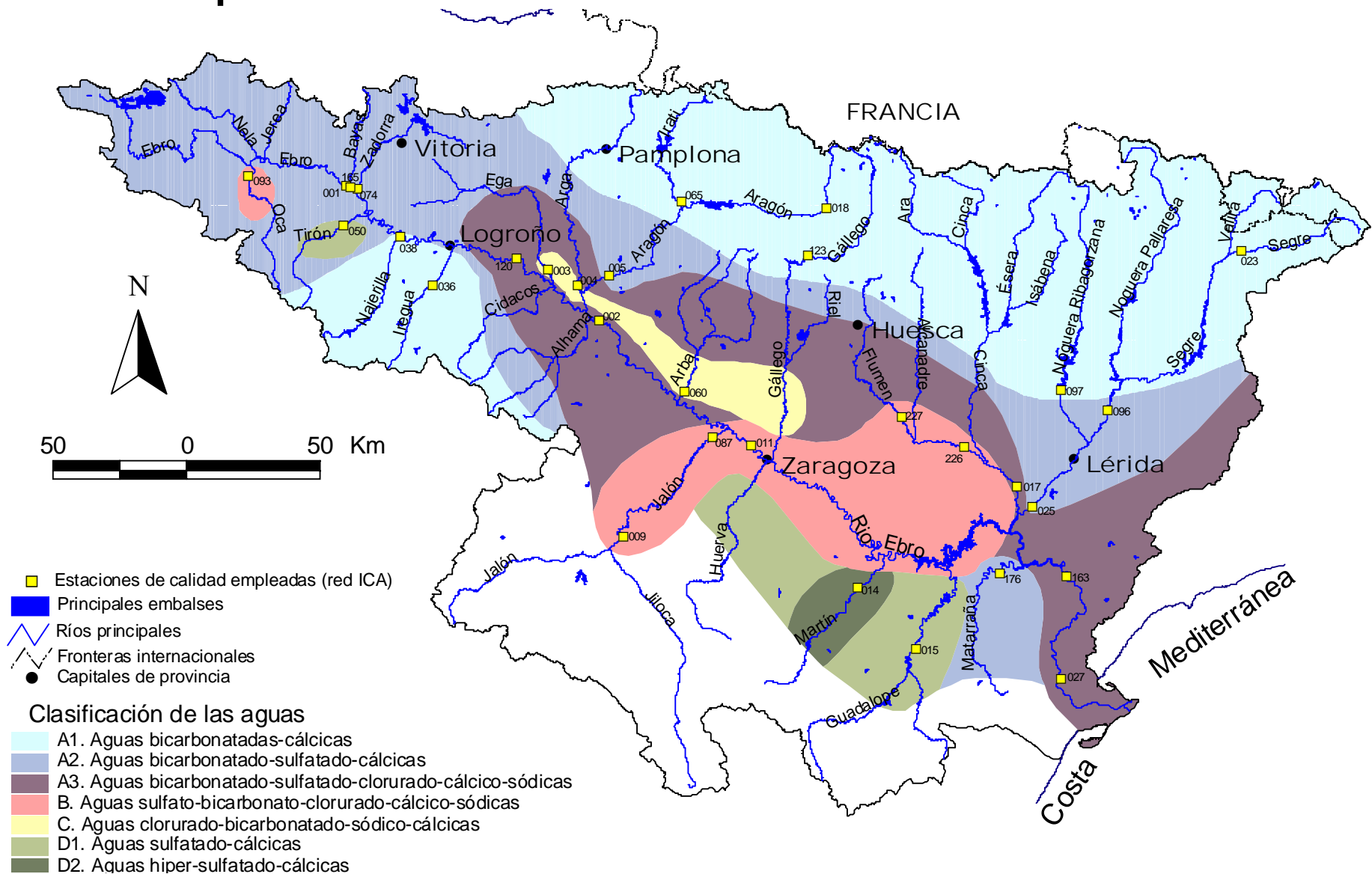
## ❑ Características generales de las 31 estaciones seleccionadas

### Variabilidad entre estaciones

	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>CV (%)</b>
CE (dS/m)	0,9	0,7	0,2	2,4	58
SDT (mg/L)	680	530	191	2141	60
Cl (meq/L)	2,3	1,3	0,1	8,3	93
SO <sub>4</sub> (meq/L)	4,0	2,8	0,3	24,3	117
HCO <sub>3</sub> (meq/L)	3,4	3,3	1,9	5,0	27
Ca (meq/L)	5,2	4,3	1,9	21,1	68
Mg (meq/L)	1,9	1,4	0,4	7,4	80
Na (meq/L)	2,7	2,5	0,2	10,0	91
pH	8,0	8,0	7,7	8,2	2

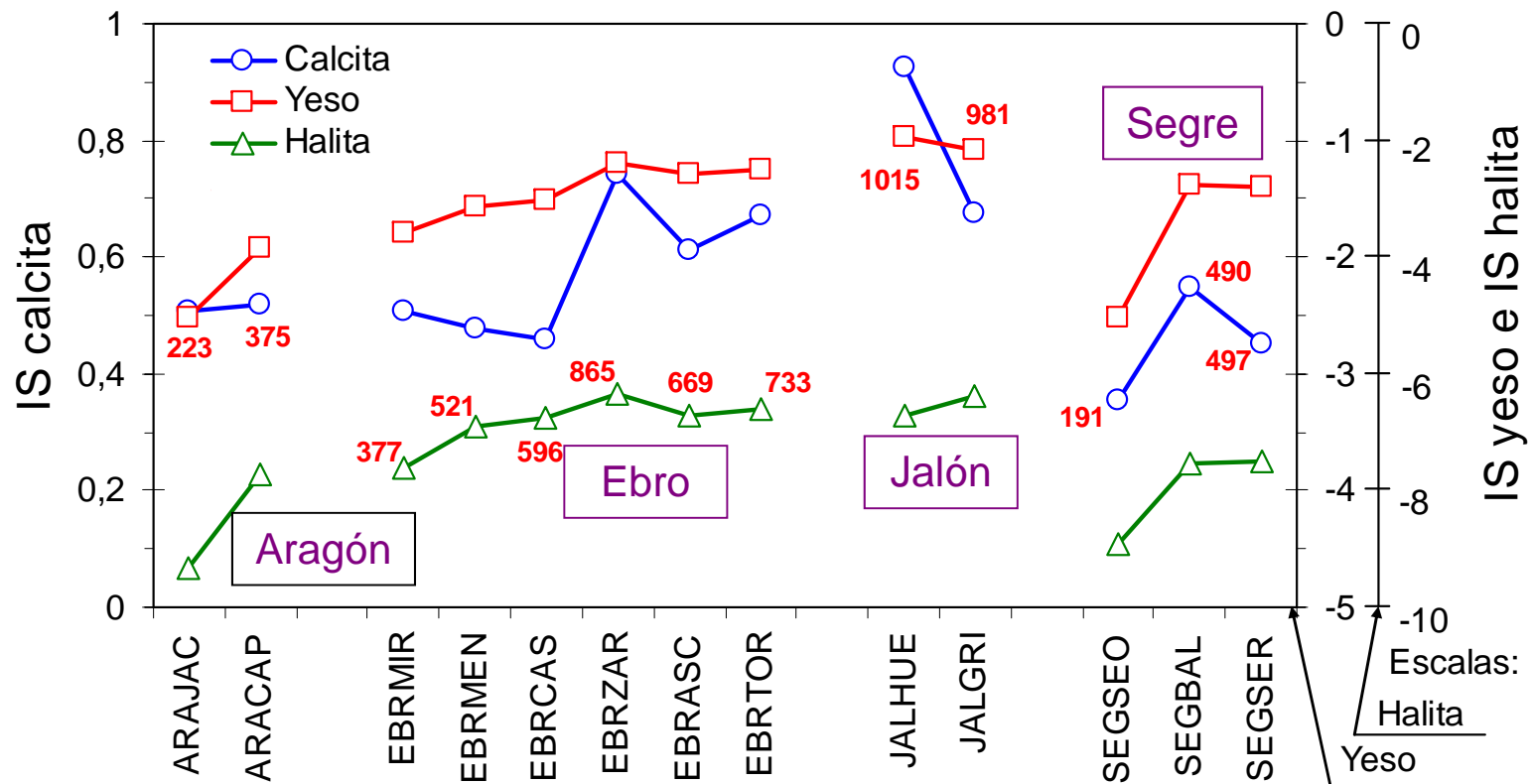
# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## Composición Iónica



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## □ Índices de Saturación: calcita, yeso, halita

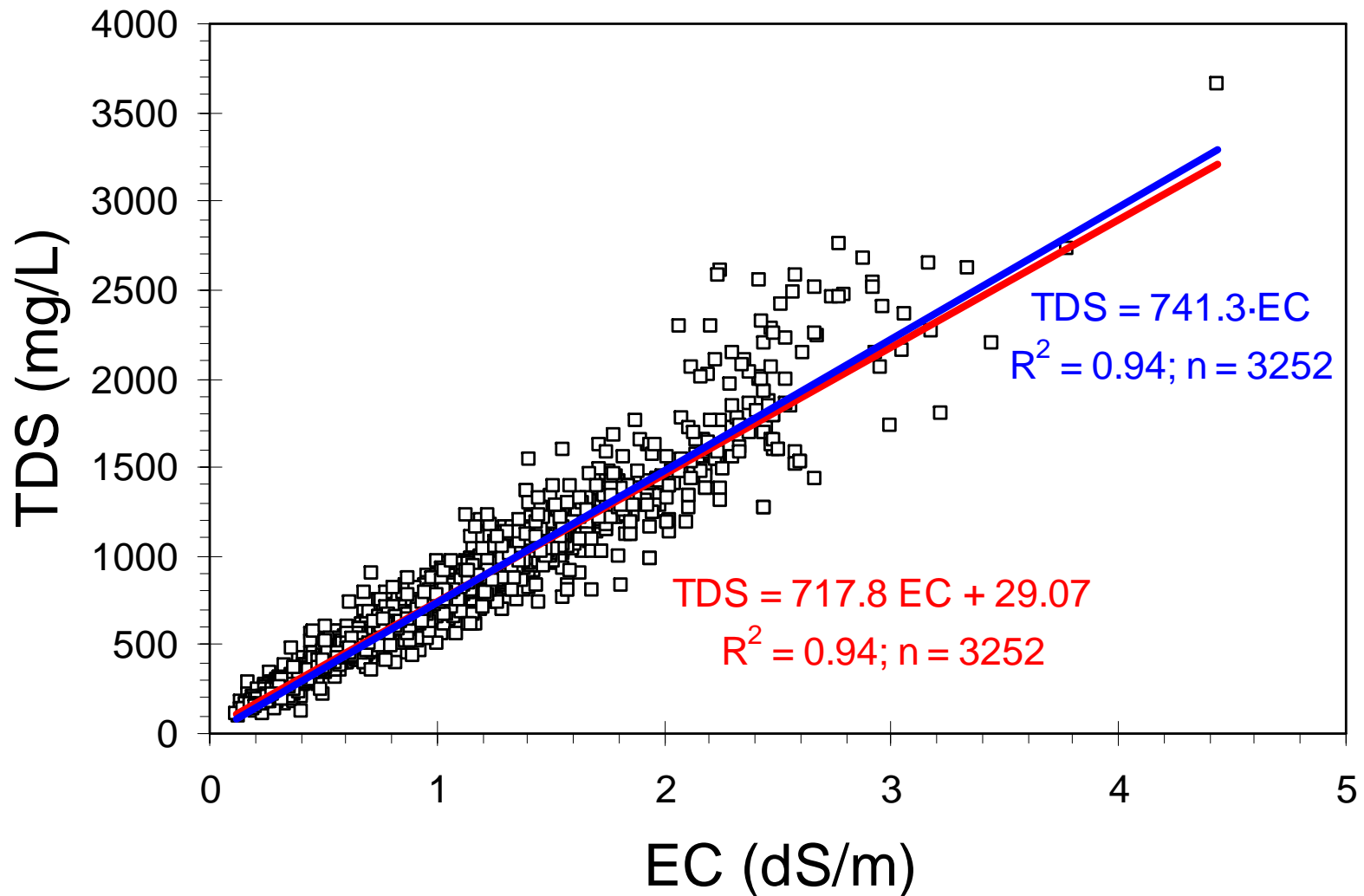


\*Los números en rojo indican los SDT (mg/L)



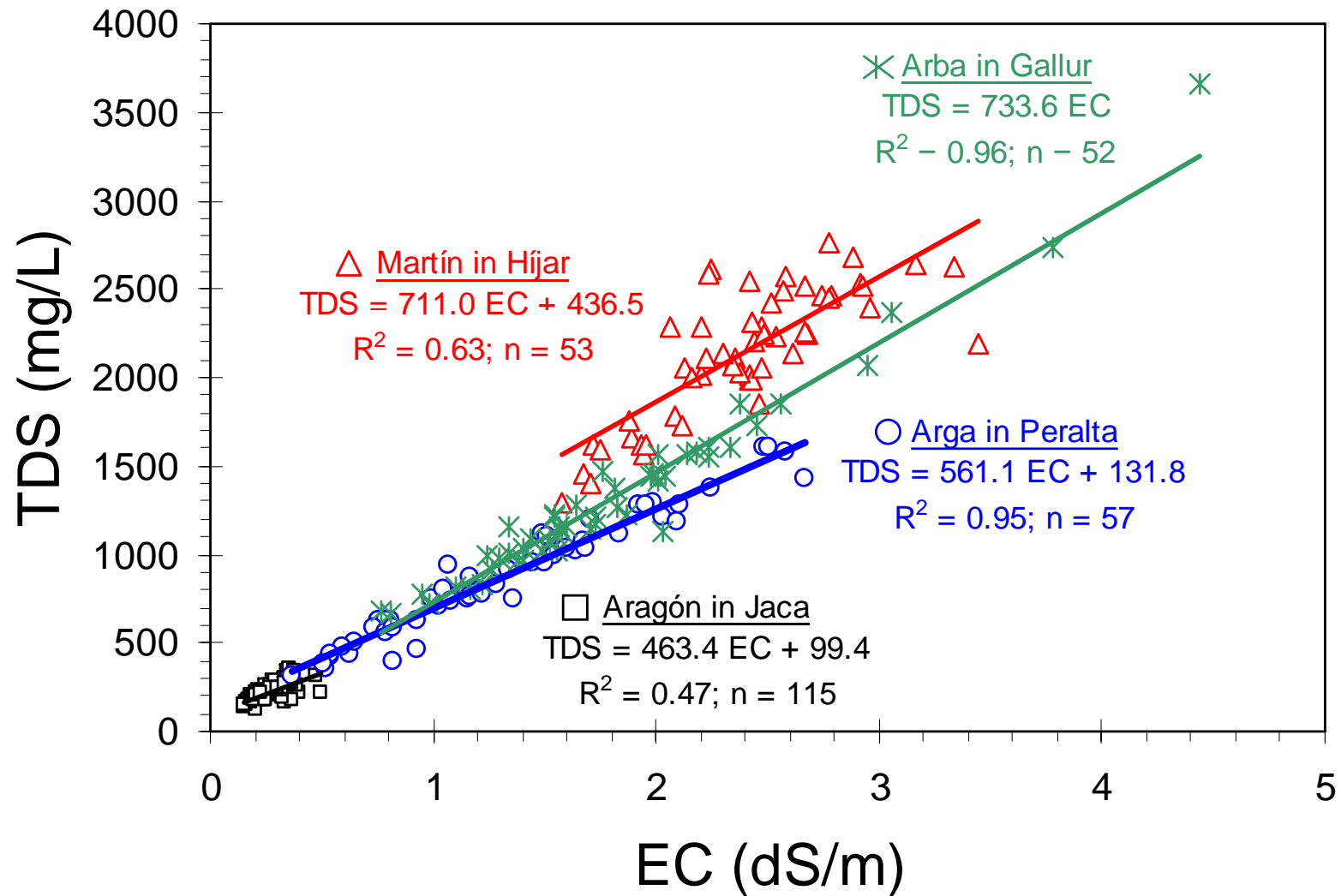
# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ Relación SDT-CE general para la Cuenca del Ebro



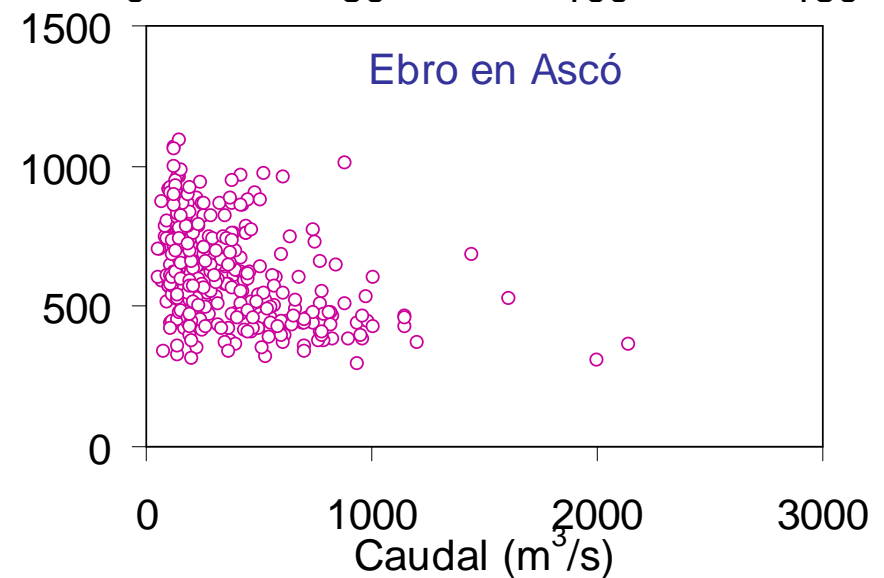
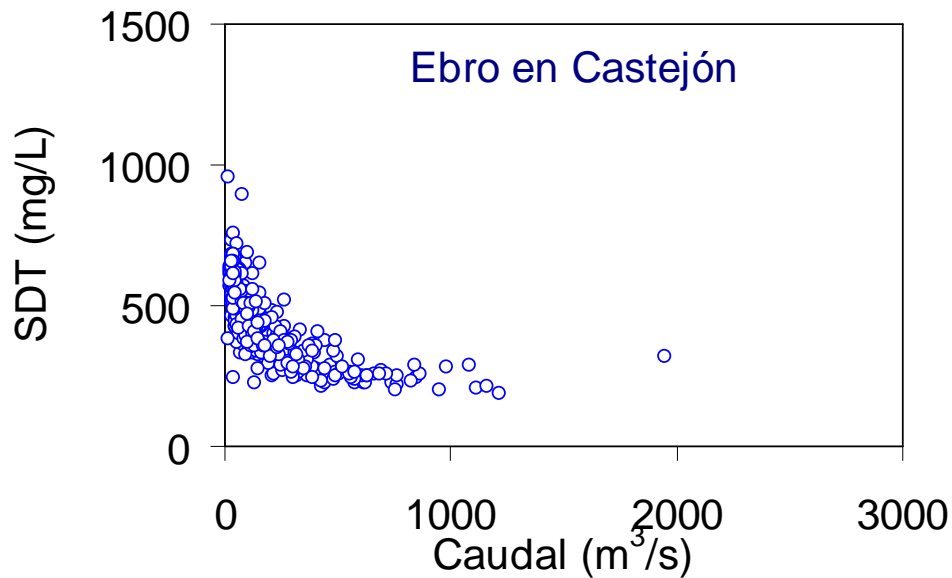
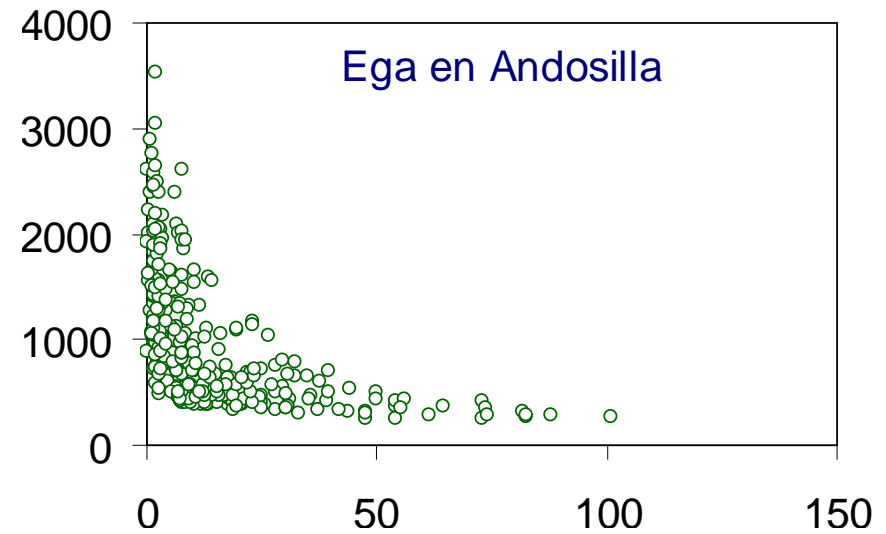
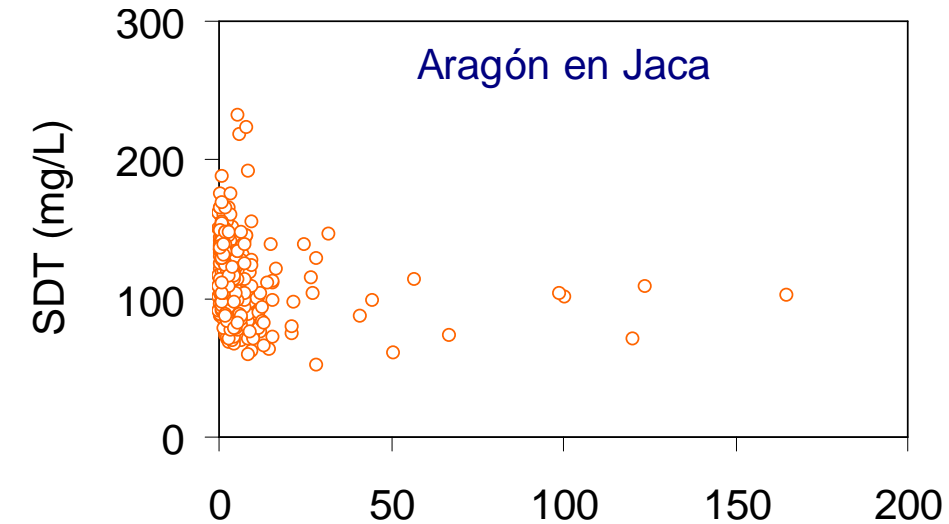
# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## Relaciones SDT- CE específicas para cada estación



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

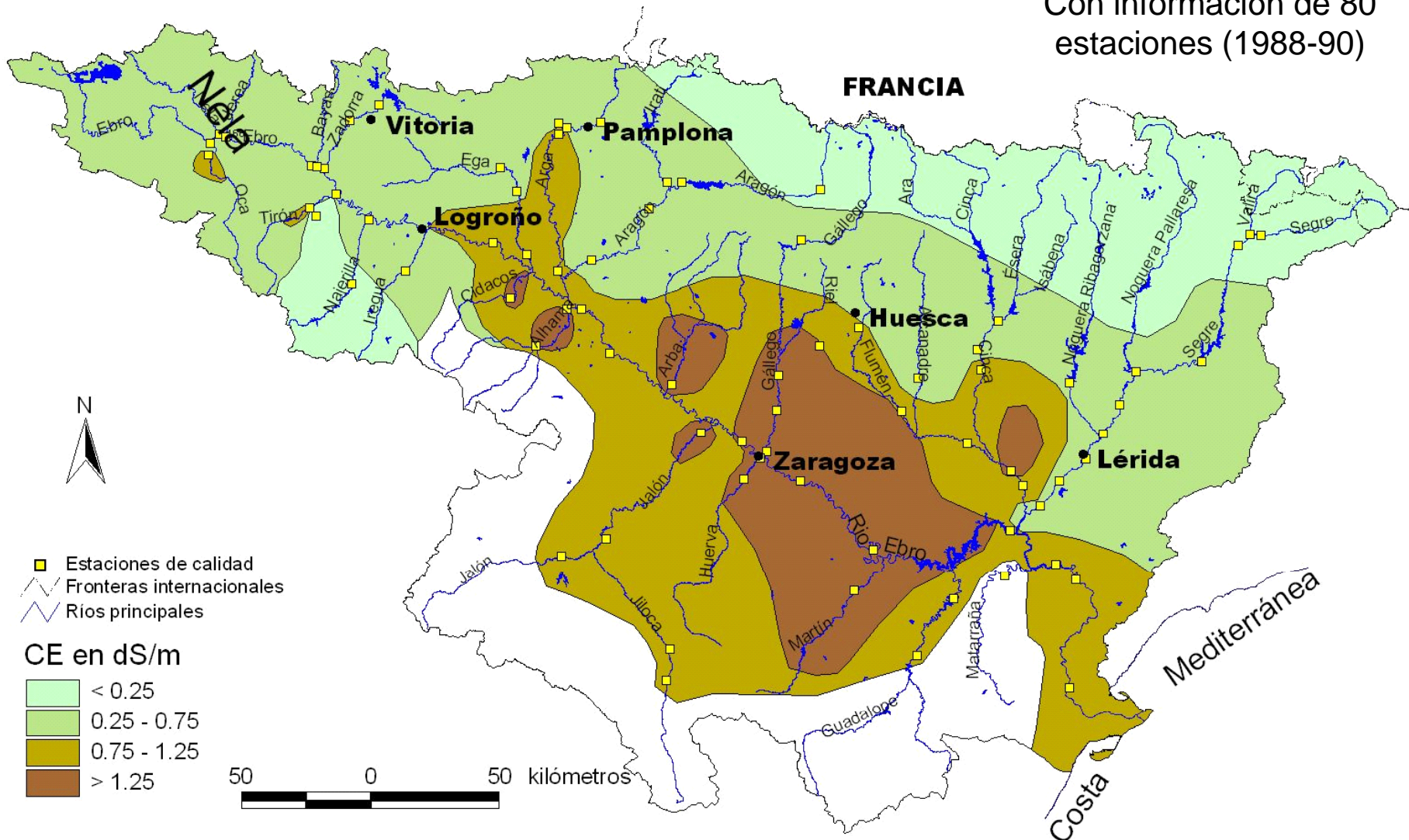
## ☐ Relaciones SDT- Caudal específicas para cada estación



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## □ **Isolíneas de salinidad, CE**

Con información de 80  
estaciones (1988-90)



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ Calidad del agua para riego

### - Normas FAO (Ayers y Westcot, 1985)

- Problemas de salinidad: rendimiento de los cultivos (CEe)

Necesidad de lavado: Porcentaje de agua que es necesario añadir en exceso sobre las necesidades del cultivo para evitar la acumulación de sales en el perfil del suelo

- Problemas de sodicidad: permeabilidad del suelo (RAS y CE)

- Problemas toxicidad específicos ( $\text{HCO}_3$ , Cl, Na)

### - Evaluación de parámetros (CE, RAS, iones) para las estaciones estudiadas en la estación de riego (cultivos de verano) y en primavera (cultivos de invierno)

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ Calidad del agua para riego: Necesidades de lavado

Necesidad de lavado: Porcentaje de agua que es necesario añadir en exceso sobre las necesidades del cultivo para evitar la acumulación de sales en el perfil del suelo

Estación	Regadíos	Maíz (Probabilidad 95%)	
		Rend = 100%	Rend = 90%
ARAJAC	Bardenas	2	1
GALANZ	Monegros	3	1
NGRLPI	C. Piñana	5	3
SEGSEO	C. Urgel	2	1
EBRCAS	Canal Imperial	17	9
EBRASC	Cherta	18	10
EBRTOR	Delta	19	10
MATMAE	Matarraña	20	11
EBRZAR	Bajo Ebro	40	21
JALHUE	Jalón	35	18

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

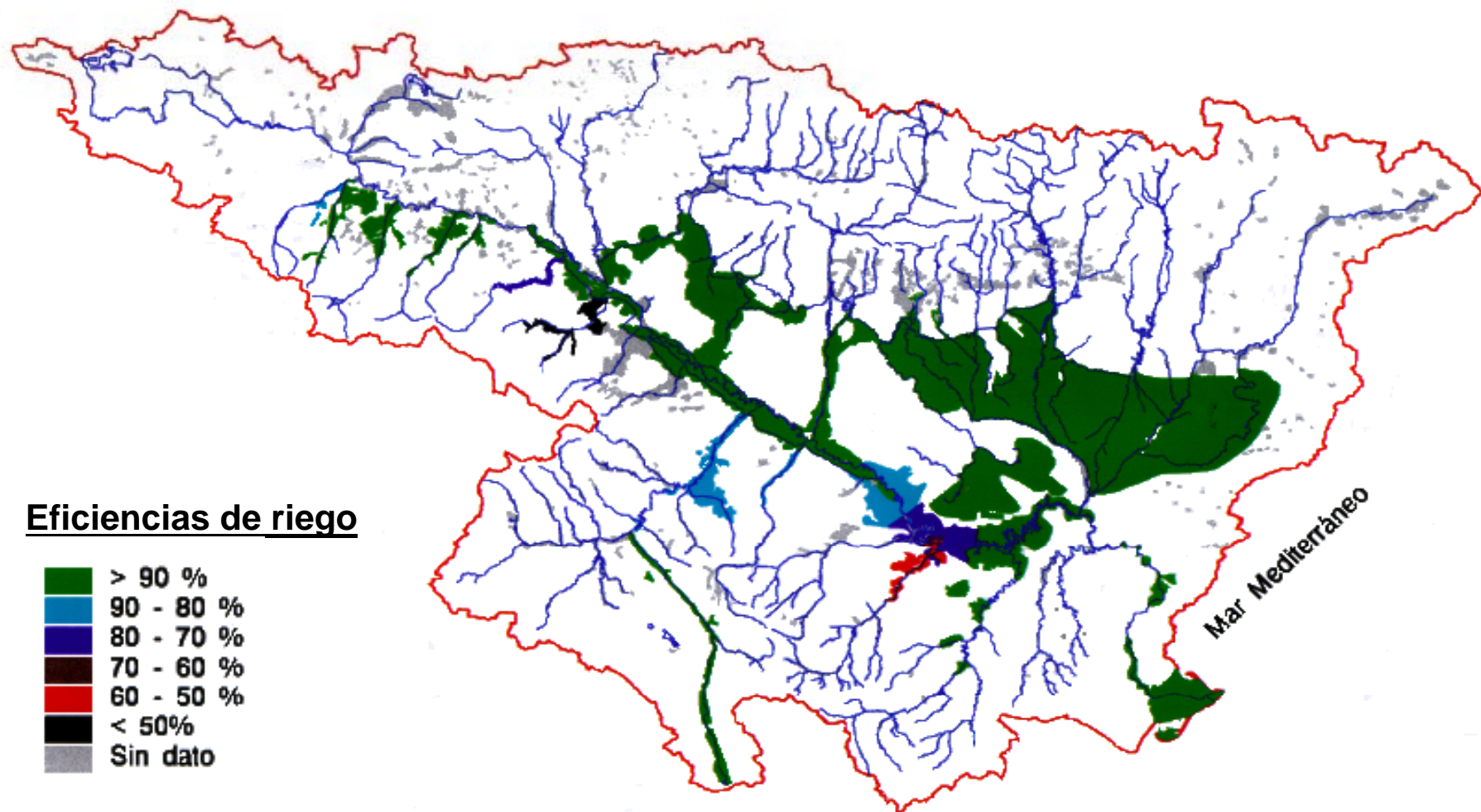
## ❑ Calidad del agua para riego: Necesidades de lavado

Necesidad de lavado: Porcentaje de agua que es necesario añadir en exceso sobre las necesidades del cultivo para evitar la acumulación de sales en el perfil del suelo

Estación	Regadíos	Maíz (Probabilidad 95%)	
		Rend = 100%	Rend = 90%
ARAJAC	Bardenas	2	1
GALANZ	Monegros	3	1
NGRLPI	C. Piñana	5	3
SEGSEO	C. Urgel	2	1
EBRCAS	Canal Imperial	17	9
EBRASC	Cherta	18	10
EBRTOR	Delta	19	10
MATMAE	Matarraña	20	11
EBRZAR	Bajo Ebro	40	21
JALHUE	Jalón	35	18

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

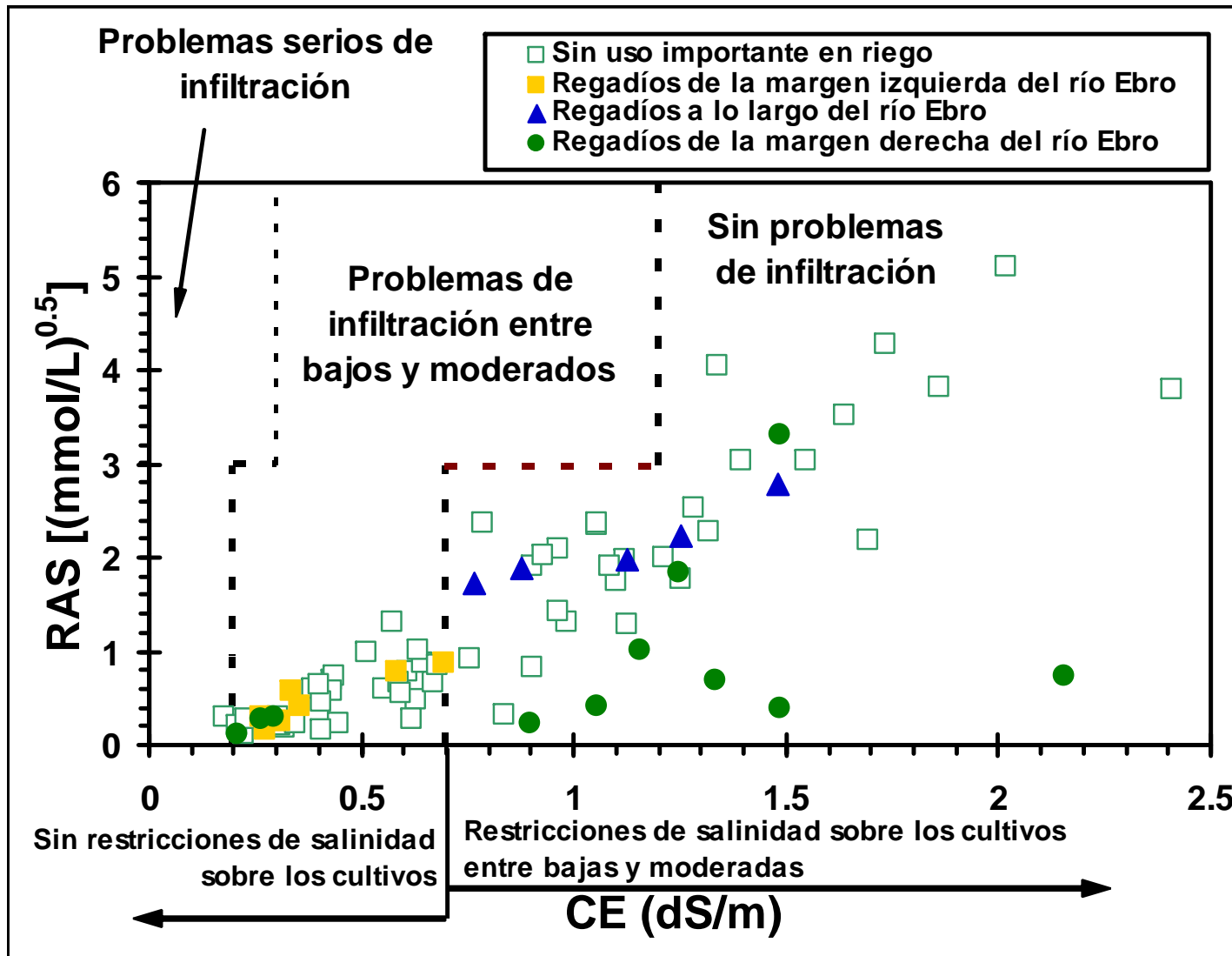
- ❑ Calidad del agua para riego: Eficiencias de riego compatibles con un rendimiento del 100% en cultivos sensibles a salinidad.





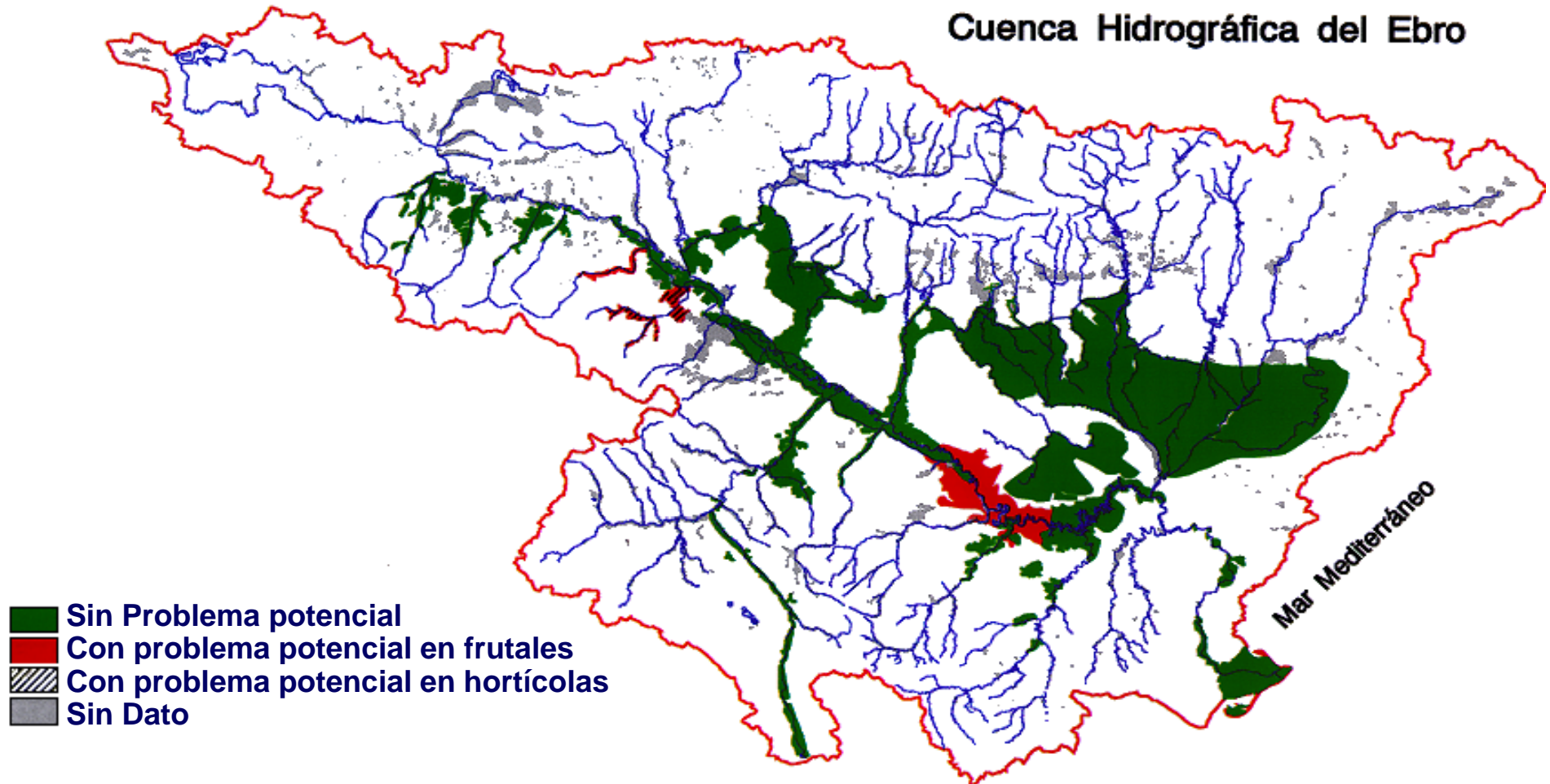
# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ Calidad del agua para riego: **Sodicidad**



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

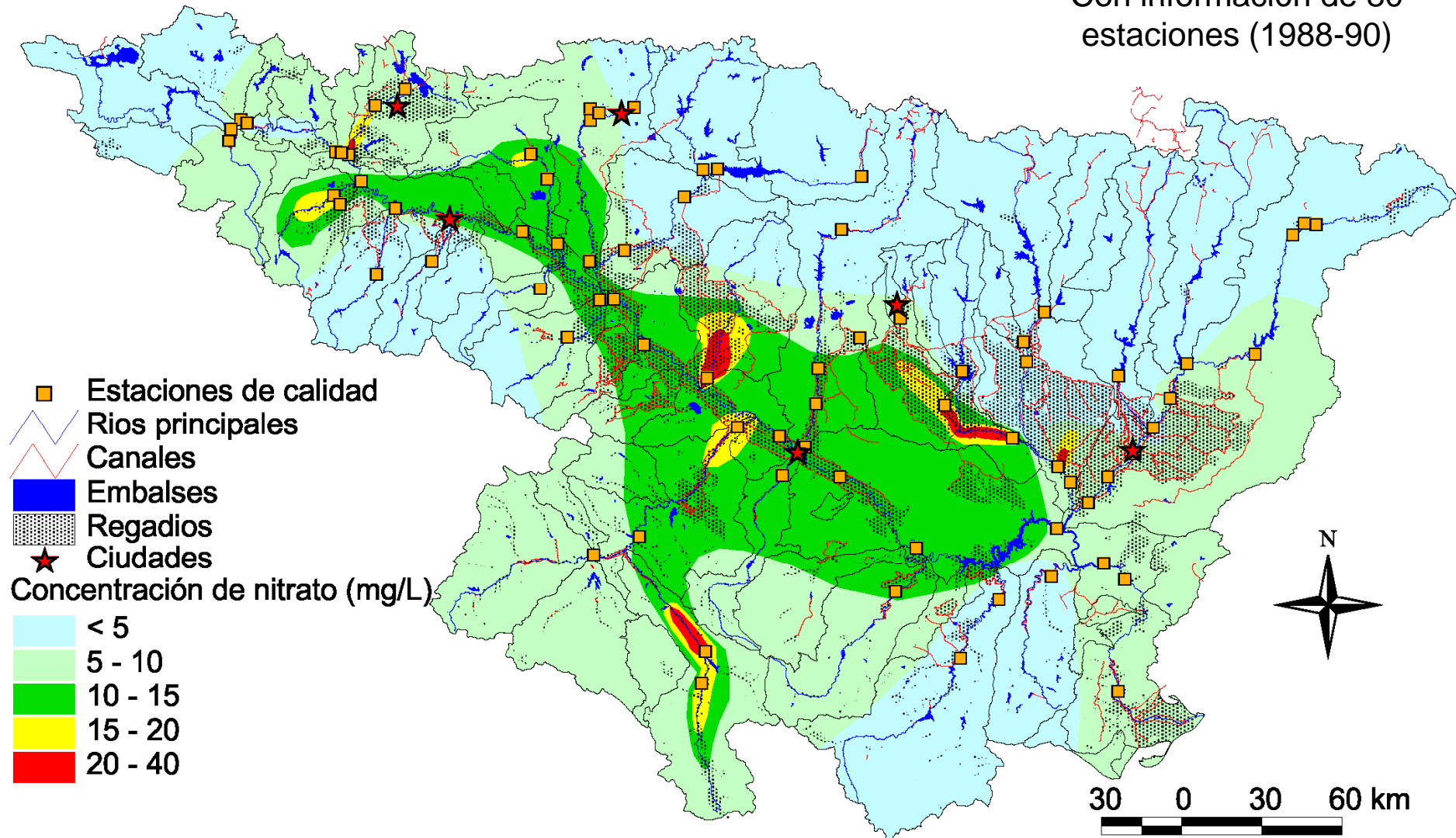
- ❑ Calidad del agua para riego: Problemas de **toxicidad iónica específica** del agua de riego por Na o Cl en frutales y hortícolas regados por aspersión



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## □ **Isolíneas de concentración de nitrato**

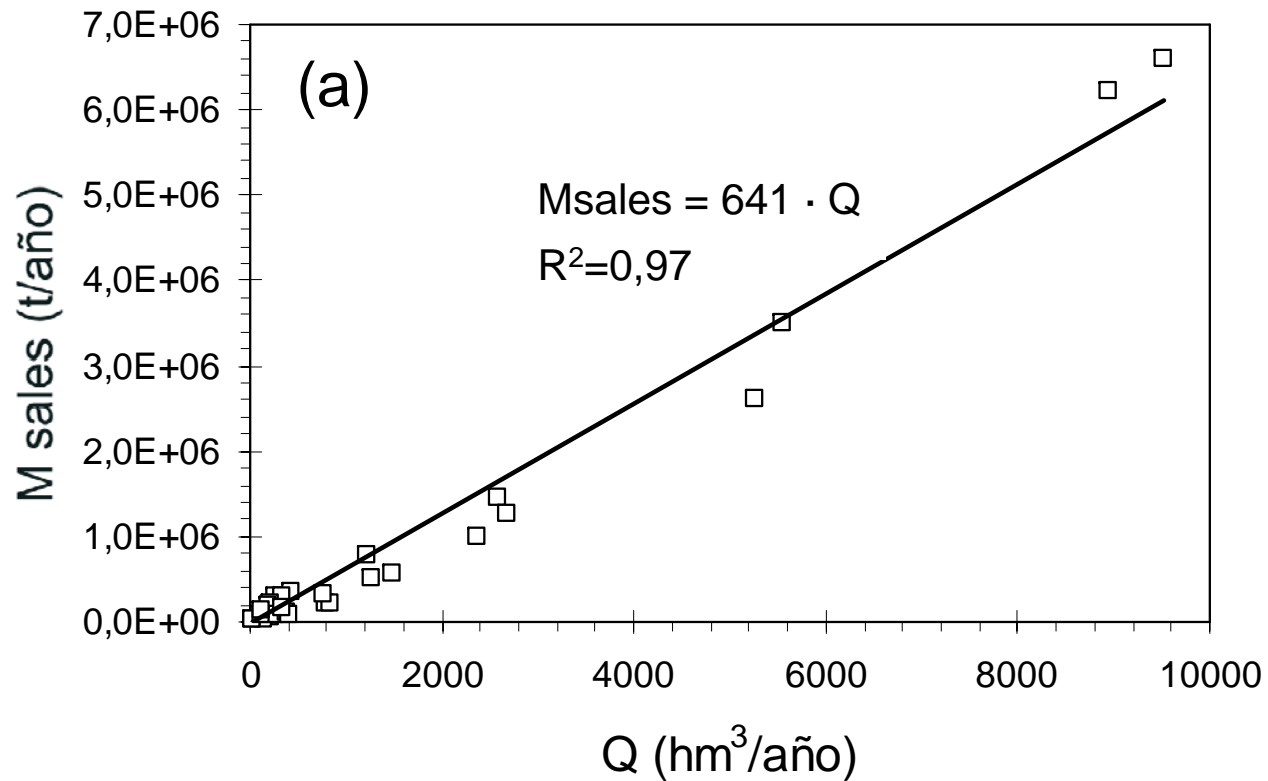
Con información de 80  
estaciones (1988-90)



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## □ Masas exportadas: Sales, N y fosfato

Series anuales de masas de sales, N, PO<sub>4</sub> e iones principales



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

Series anuales de masas exportadas de sales, N, PO<sub>4</sub> e iones principales

## Ebro en Tortosa

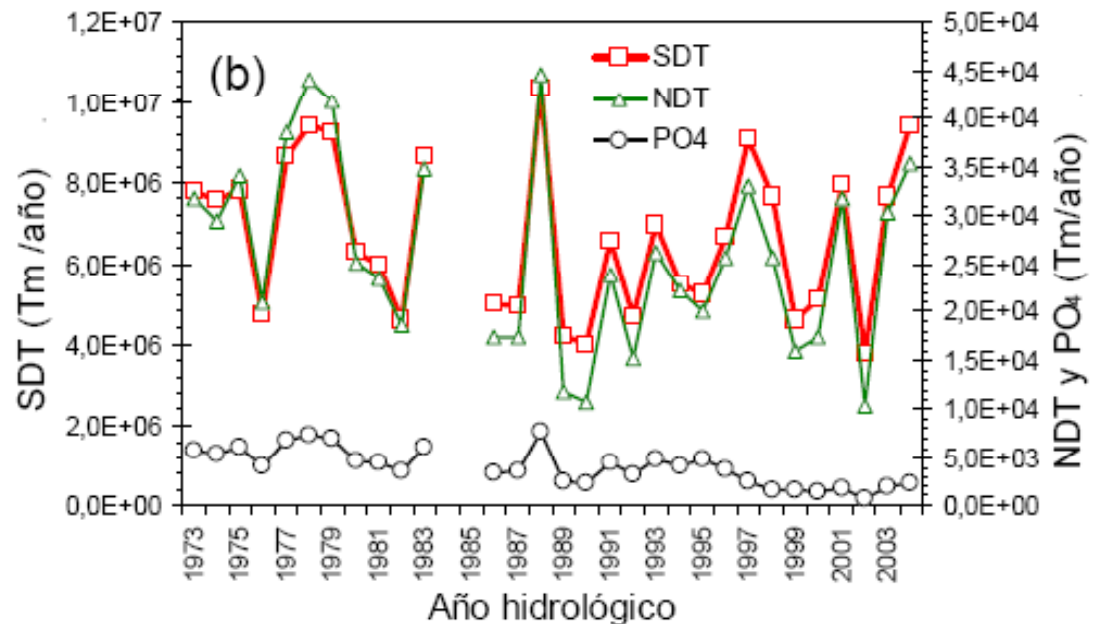
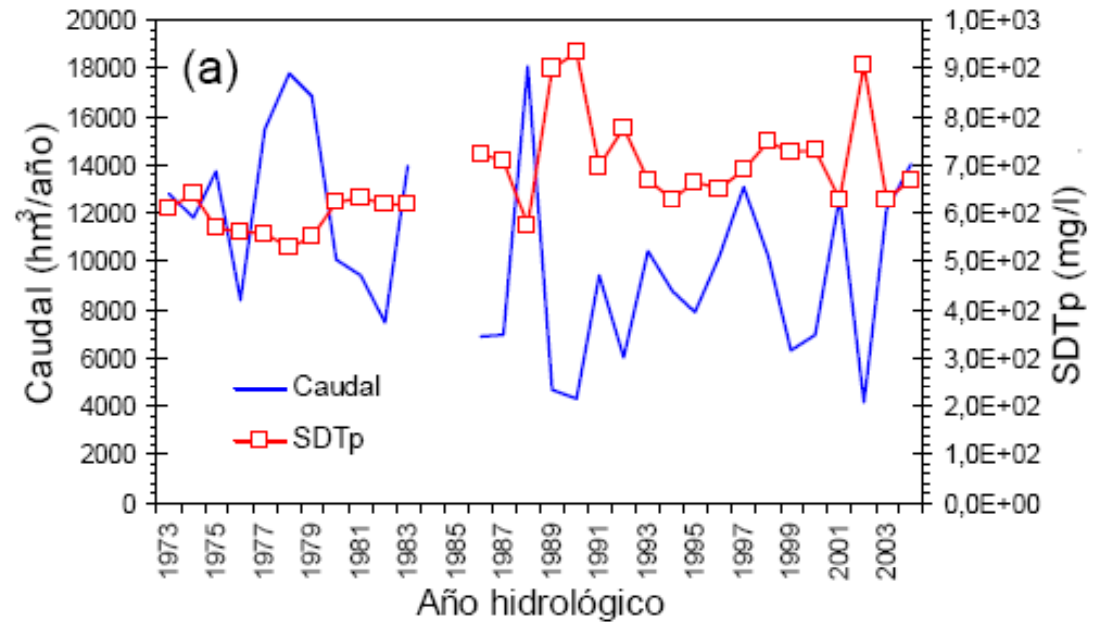
- MS = 6,672,856 Tm/año
- MSu = 79,3 Tm km<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>

Nitrógeno total:

- MN = 25,907 Tm/año
- MNu = 3,1 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

Fosfato:

- MP = 4,007 Tm/año
- MPu = 0,5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>



**TENDENCIAS DE LAS CONCENTRACIONES Y MASAS DE  
SALES Y NITRATOS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE  
LA CUENCA DEL EBRO**

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ VARIABLES ANALIZADAS:

- **Salinidad** (CE), concentración de iones mayoritarios
- Concentración de nitrato y fosfato
- **Masa de sales, Masa de nitrato**

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## ❑ VARIABLES ANALIZADAS:

- **Salinidad** (CE), concentración de iones mayoritarios
- Concentración de nitrato y fosfato
- **Masa de sales, Masa de nitrato**

## SALINIDAD

Periodo analizado: [Hasta Septiembre 2008](#)

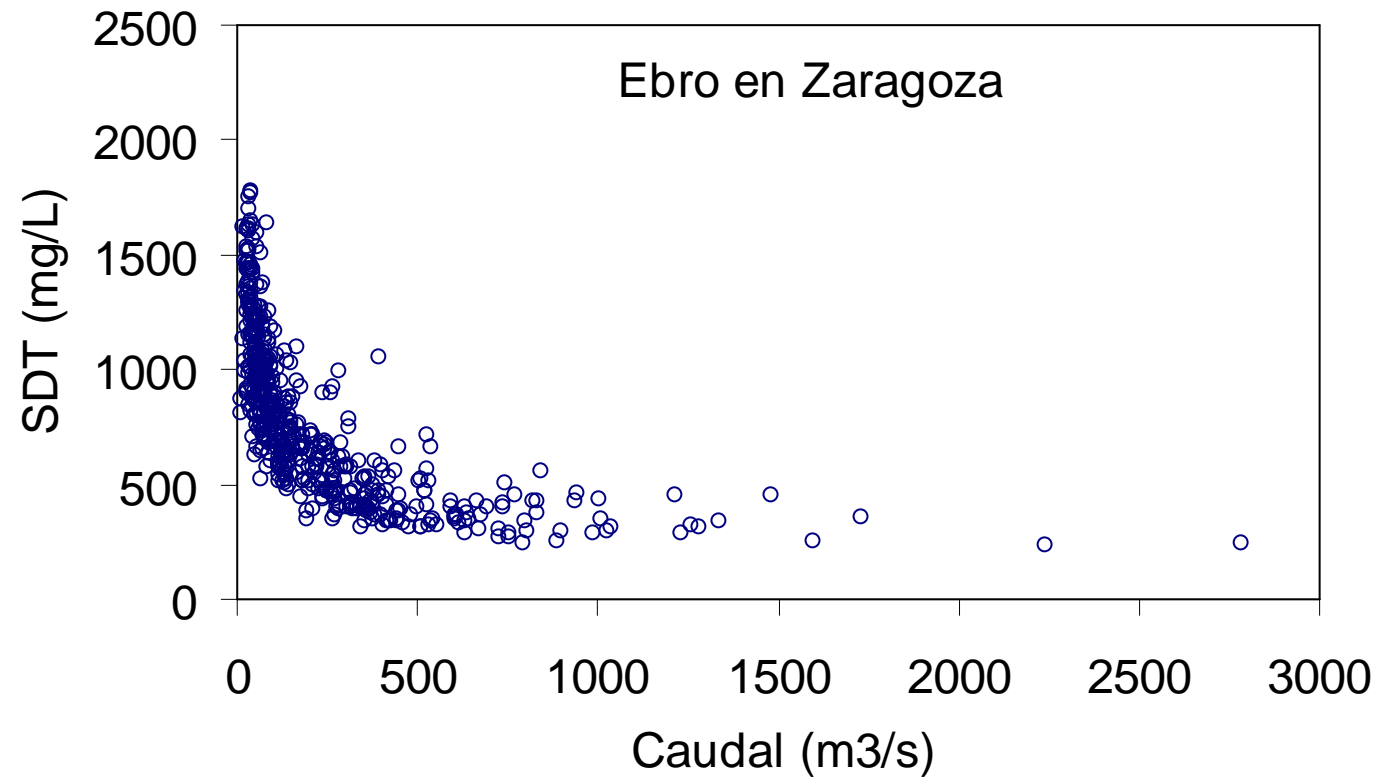
- Datos **mensuales** de Conductividad Eléctrica y caudal instantáneo  
Evaluación del comportamiento **mensual – estacional**  
Evaluación de la **variación anual**



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ SALINIDAD

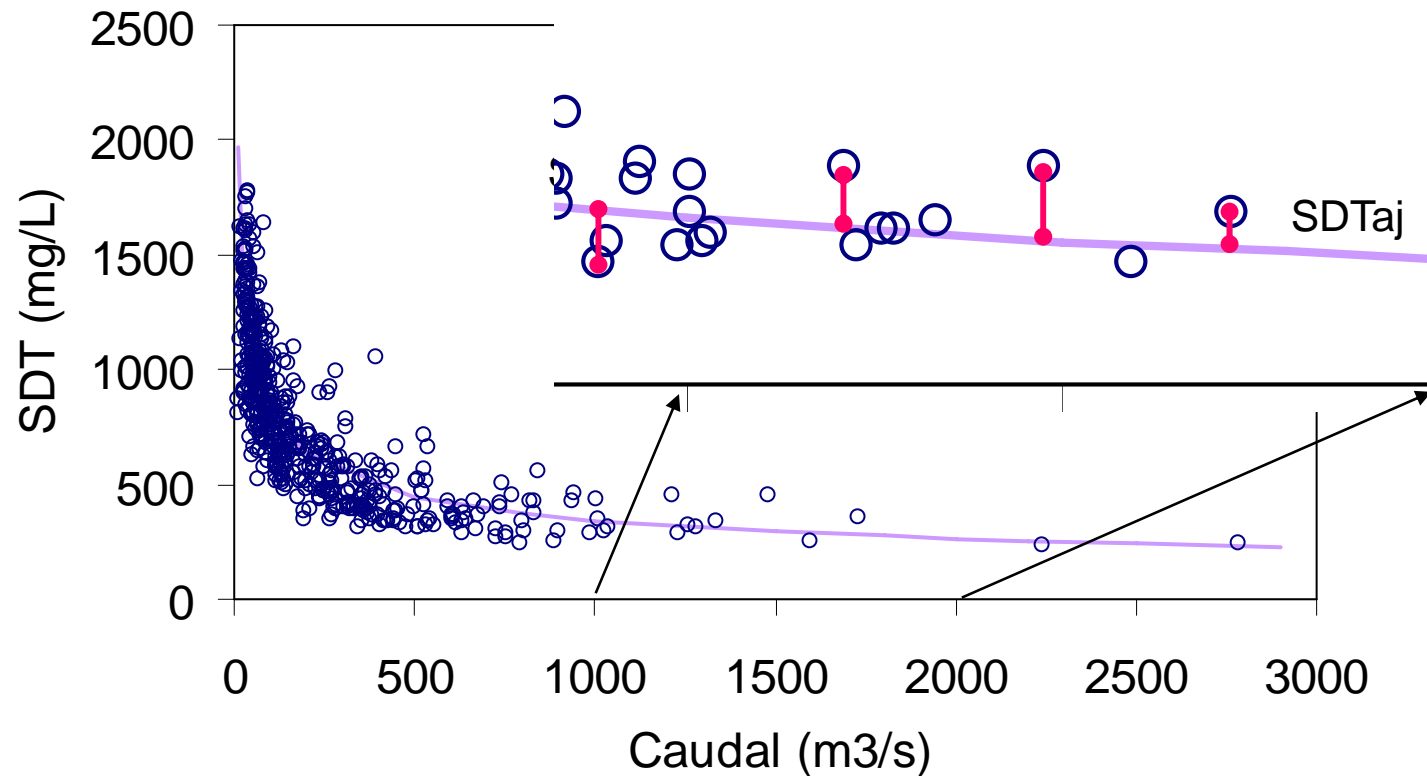
- Relación entre salinidad y caudal



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ SALINIDAD

### - Relación entre salinidad y caudal



$$SDT = A * Q^b + SDT_{aj}$$

SDT<sub>aj</sub> da la diferencia entre el valor medido de salinidad y el que le correspondería dependiendo del caudal en ese momento.

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ SALINIDAD

### - Relación entre salinidad y caudal

$$\text{SDT} = A * Q^b + \text{SDTaj}$$

Tendencias en SDT

Tendencias en **SDTaj**: Eliminado el efecto del caudal

Tendencias en Q  $\longrightarrow$  Tendencias en **SDTq**: Efecto del caudal en SDT

### - Masa de sales

$$\text{MS (Gg/año)} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} * \text{SDT (mg/L)} * \text{Factor conversión}$$

$$Q * \text{SDT} = Q * A * Q^b + Q * \text{SDTaj}$$

↓                      ↓                      ↓

MS                      MSq                      MSaj

Tendencias en MS

Tendencias en **MSaj**: Eliminado el efecto del caudal

Tendencias en **MSq**: Efecto del caudal en la masa de sales

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## ❑ SALINIDAD

### Variación anual

#### Salinidad - SDT (31 estaciones)

- Aumento significativo en 26 estaciones (84%)
- Sin variación: Flumen en Sariñena, Alcandre en Ontiñena, Iregua en Islallana, Guadalope en Alcañiz.
- Disminución: Noguera en La Piñana

#### SDTaj (28 estaciones) (FLUSAR, ALCONT, GUAALC)

- Aumento significativo en 25 estaciones (89%, total de 28 estaciones)
- Sin variación: **Arga en Peralta**, Iregua en Islallana
- Disminución: Noguera en La Piñana

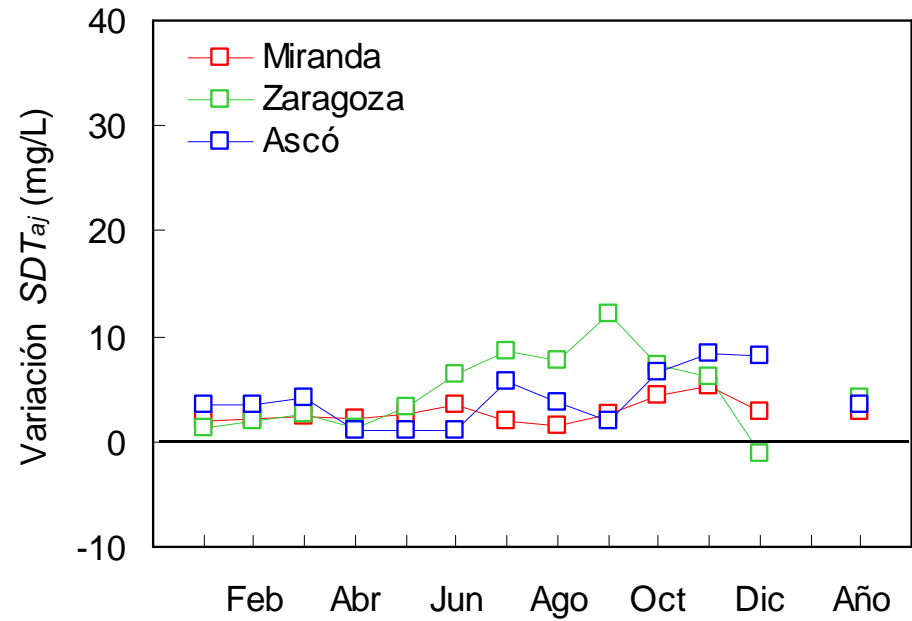
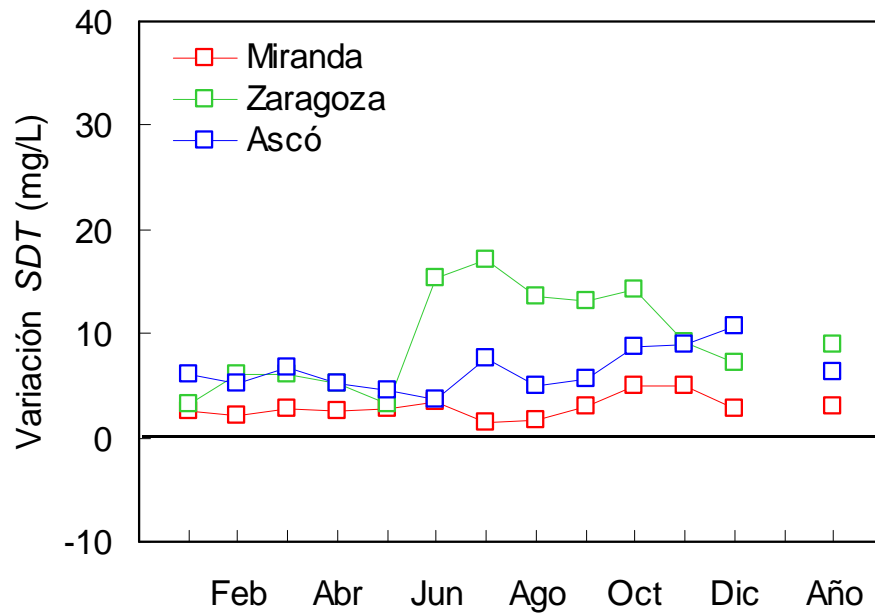
#### Q (28 estaciones)

- Descenso significativo en 23 estaciones (82%)
- Sin variación: Ebro en Tortosa, Ega en Andosilla, Iregua en Islallana, Martín en Hijar y Matarraña en Maella.

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ SALINIDAD

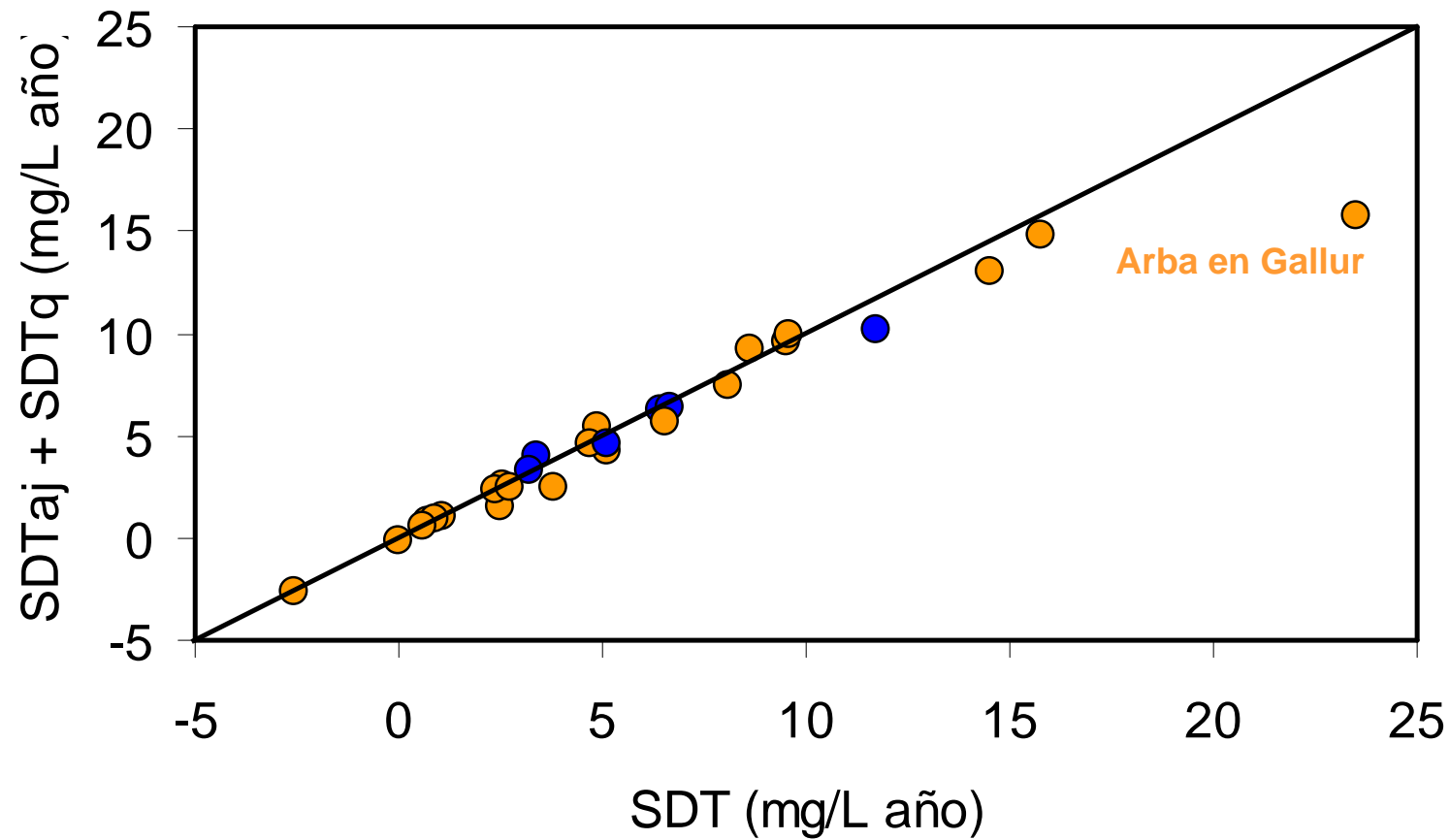
### Variación mensual: Periodo 1961-2008



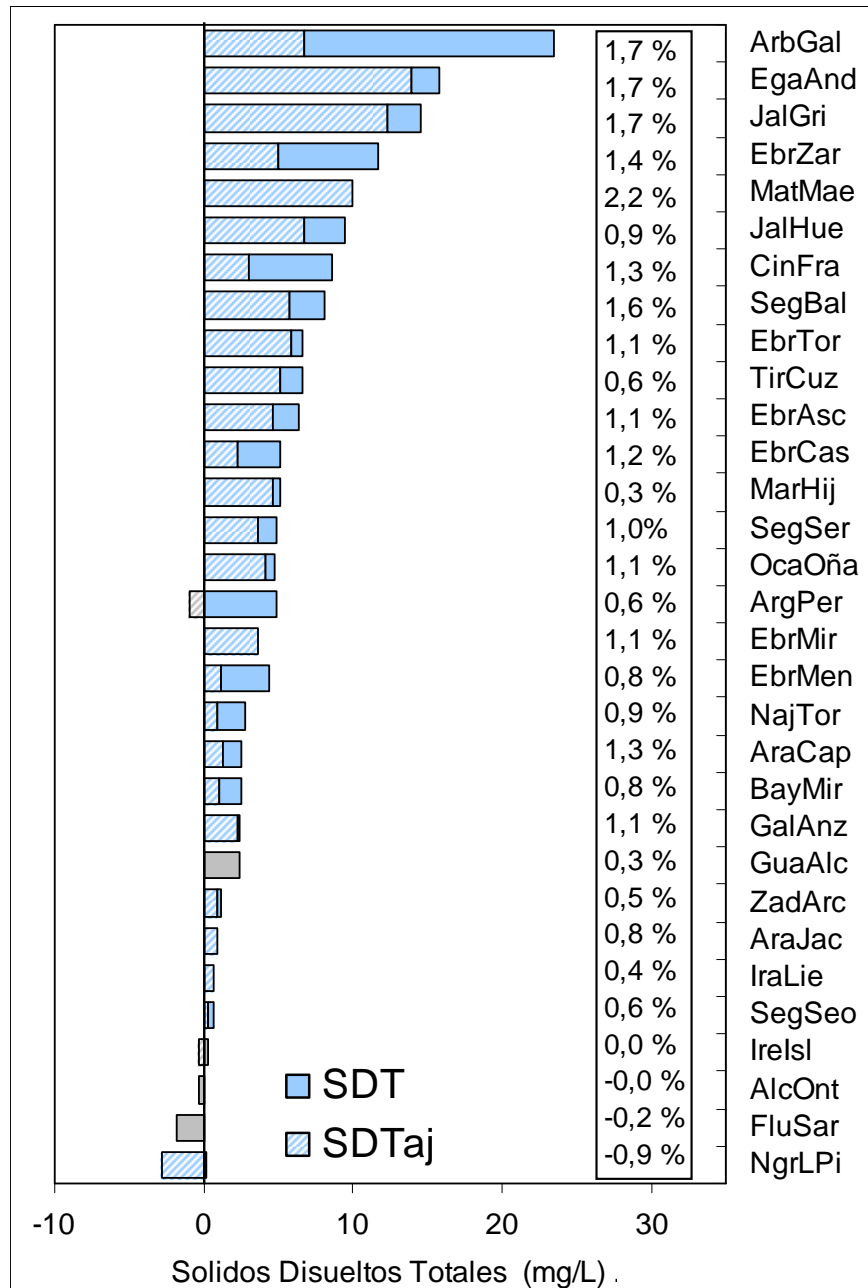
# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ SALINIDAD

### Variación anual



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE CALIDAD



## Aumento anual de SDT y SDTaj

Periodo 1975-2008

- SDT
- ▨ SDTaj

Variación del SDT expresado como porcentaje con respecto al valor medio de SDT en el periodo analizado

## Variación de SDT

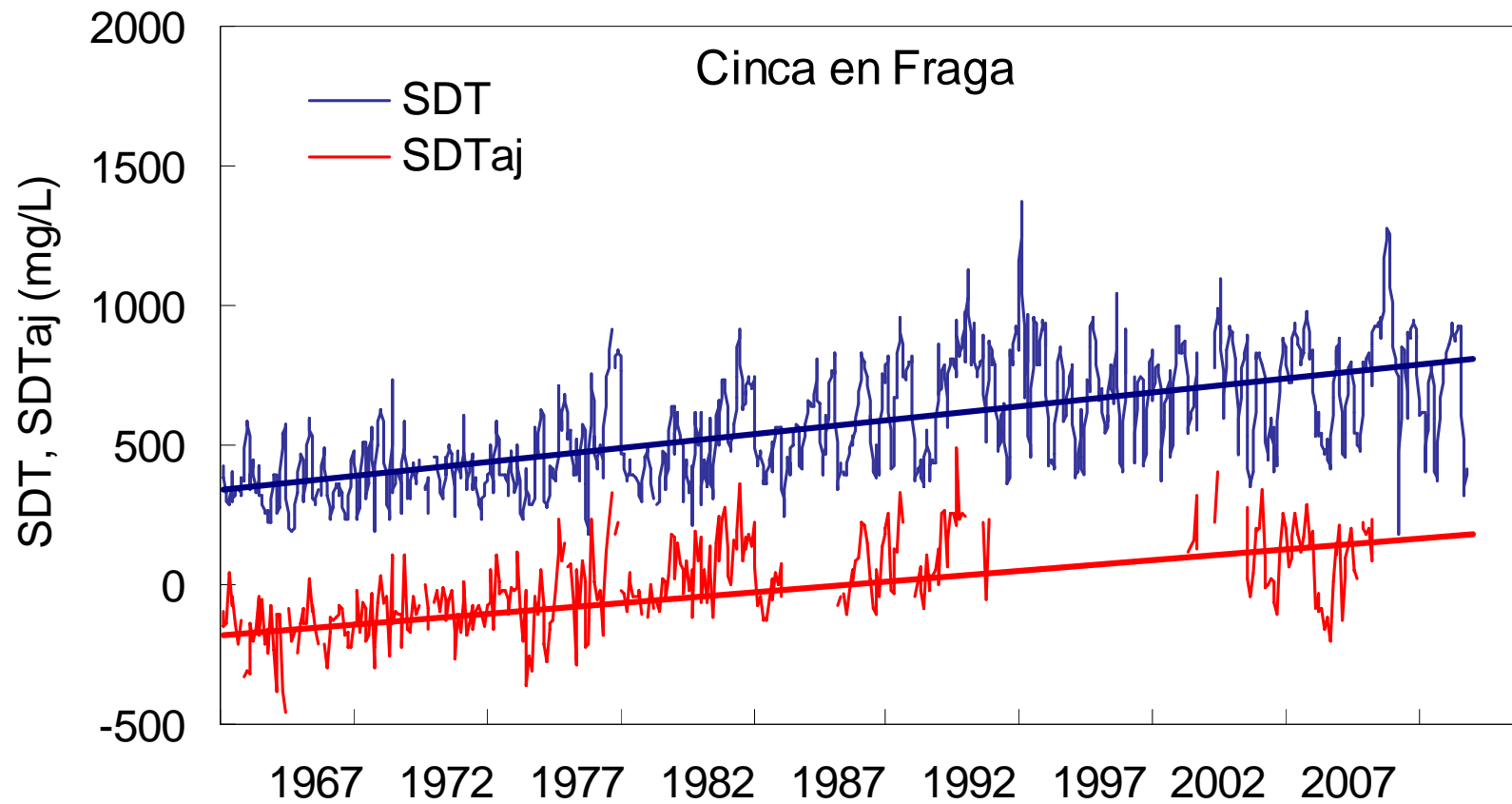
-0,9% a 2,2%

72% en el periodo 1975-2008

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

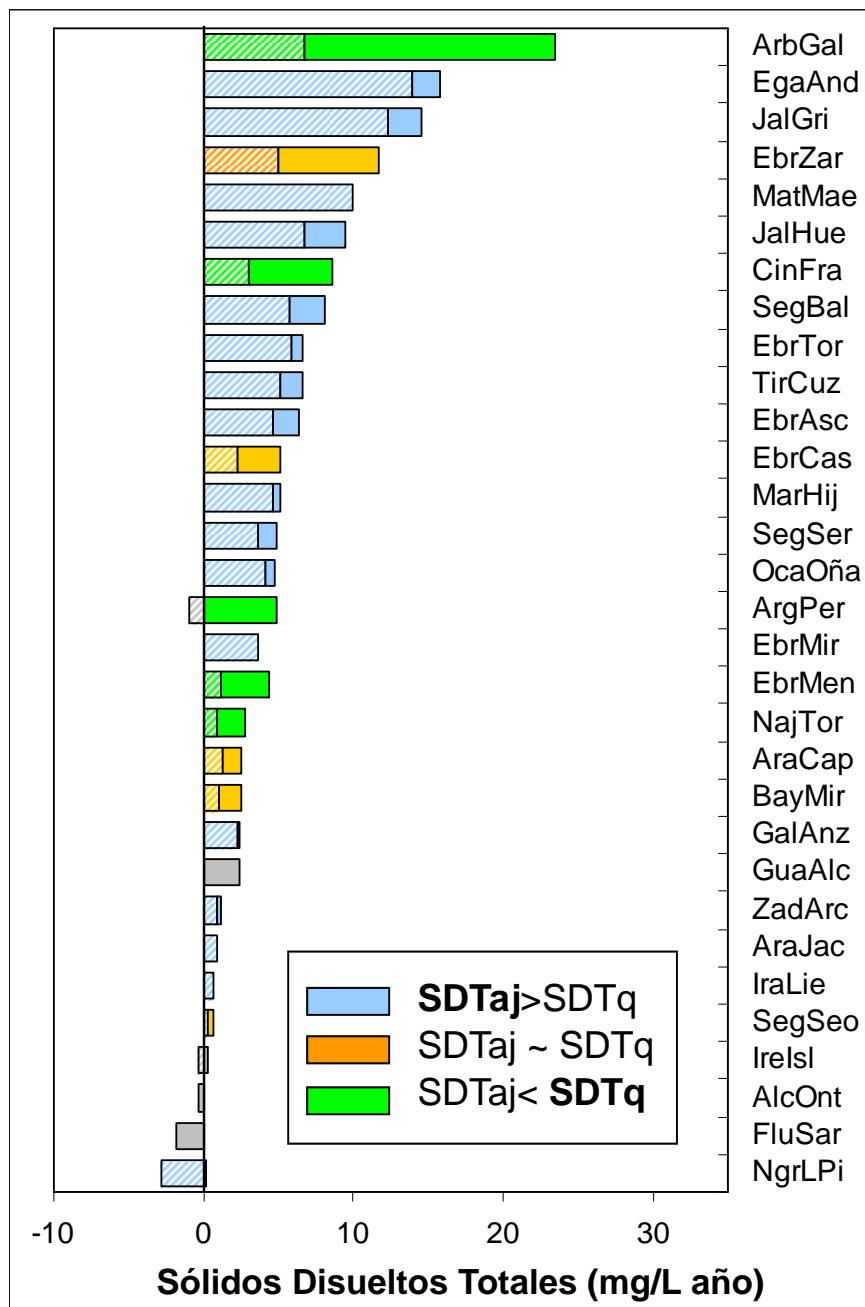
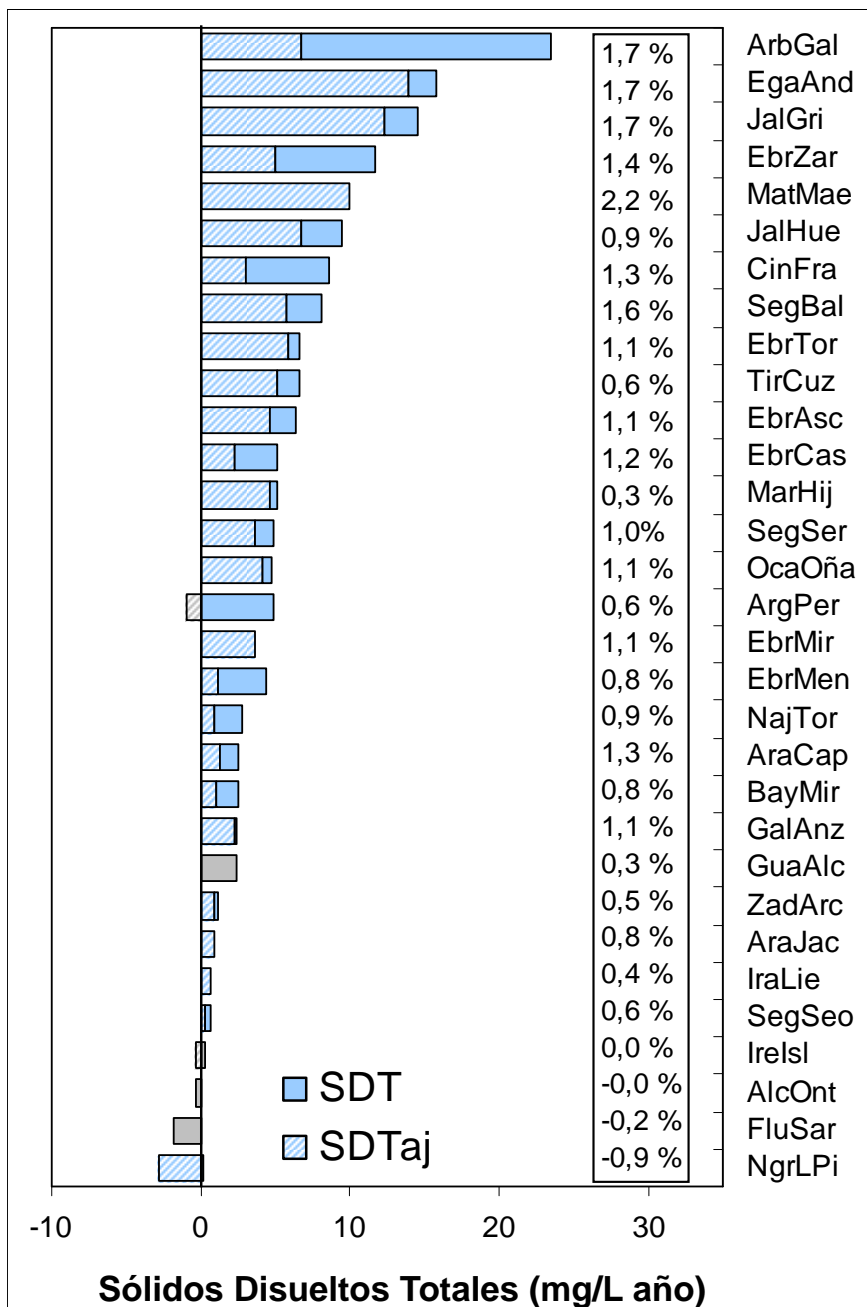
## □ SALINIDAD

### Variación anual





# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## ❑ MASA DE SALES

### Masa de sales MS (28 estaciones)

- Aumento significativo en Ebro en Tortosa, Ega en Andosilla y Matarraña en Maella
- Sin variación en 9 estaciones (32%)
- Disminución de MS en 16 estaciones (57%)

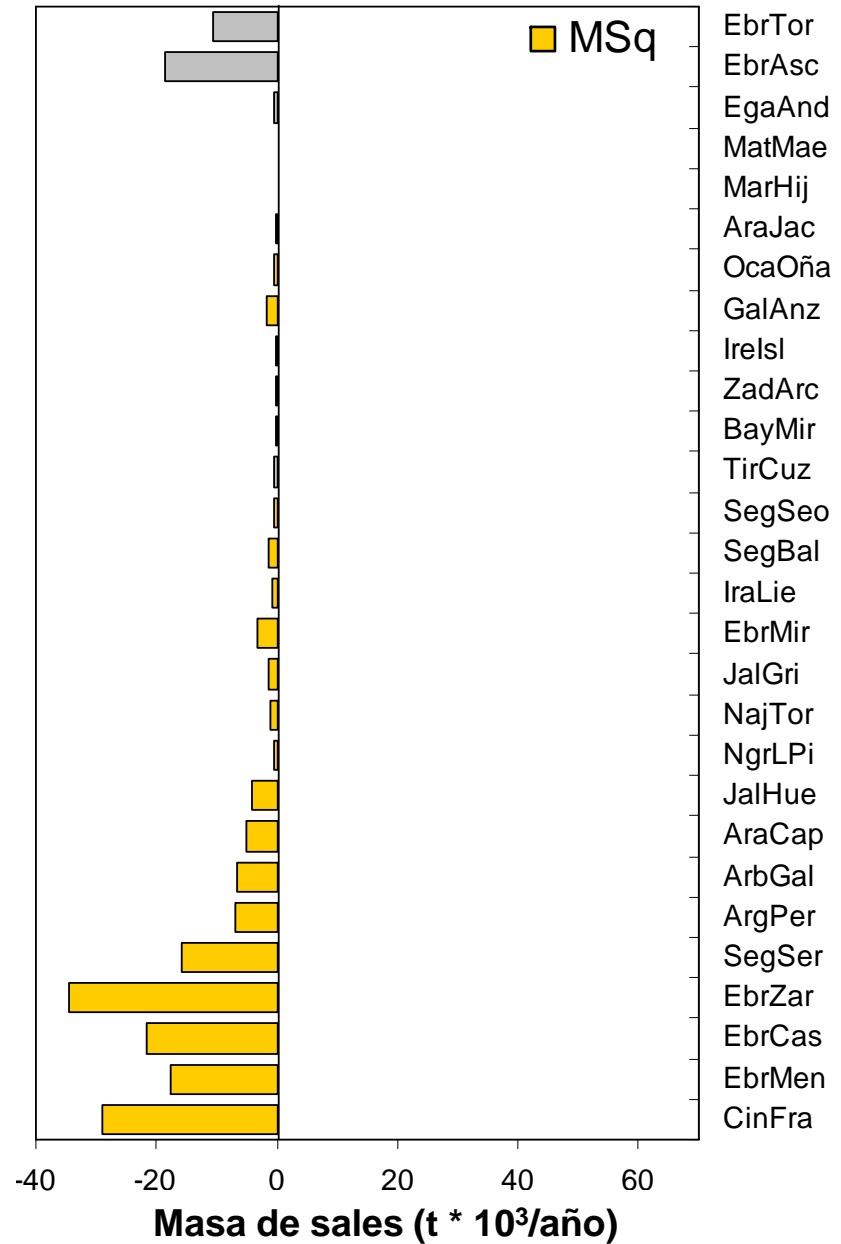
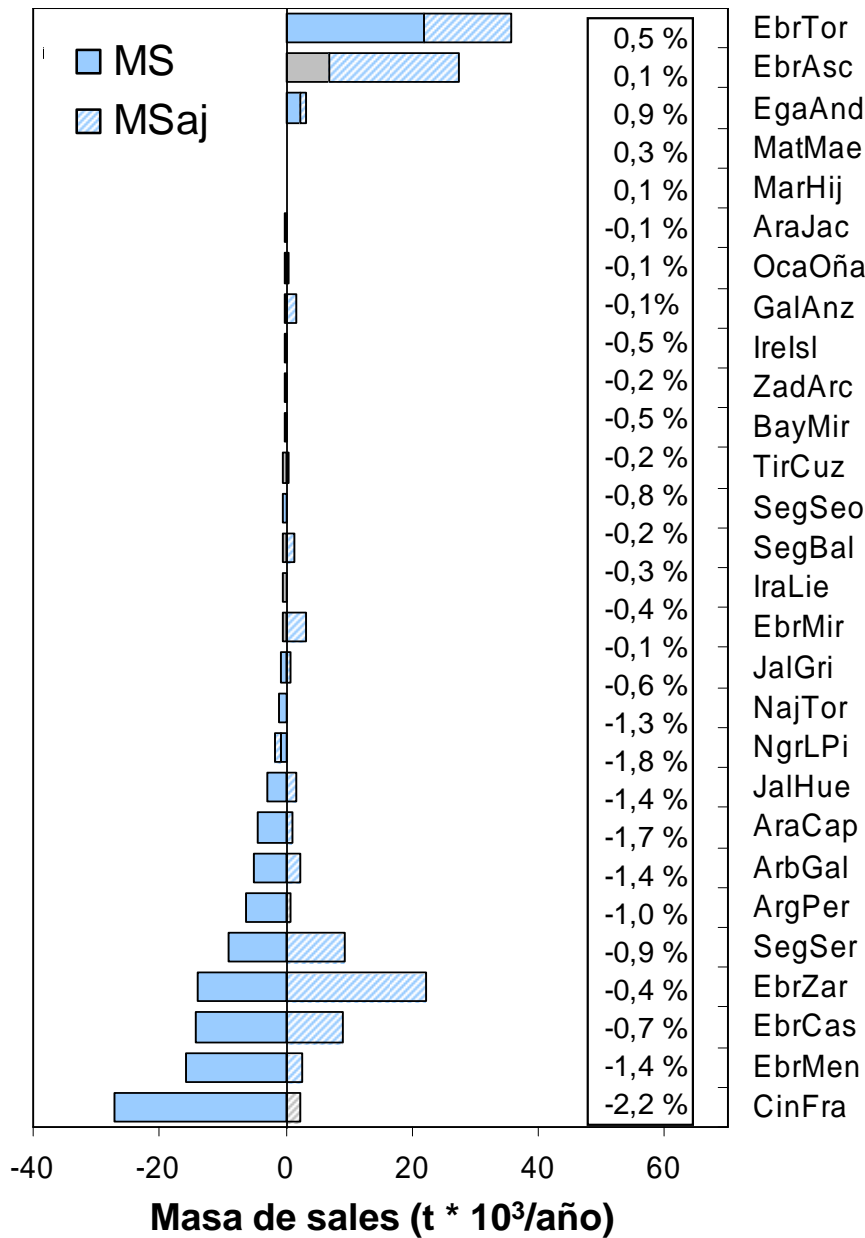
### MSaj (28 estaciones)

- Aumento significativo en 24 estaciones (86%)
- Sin variación: Arga en Peralta, Iregua en Islallana y Cinca en Fraga
- Disminución: Noguera en La Piñana

### MSq (28 estaciones)

- Descenso significativo en 22 estaciones (79%)
- Sin variación: Ebro en Tortosa, Ega en Andosilla, Iregua en Islallana, Martín en Hjar, Matarraña en Maella y Ebro en Ascó.

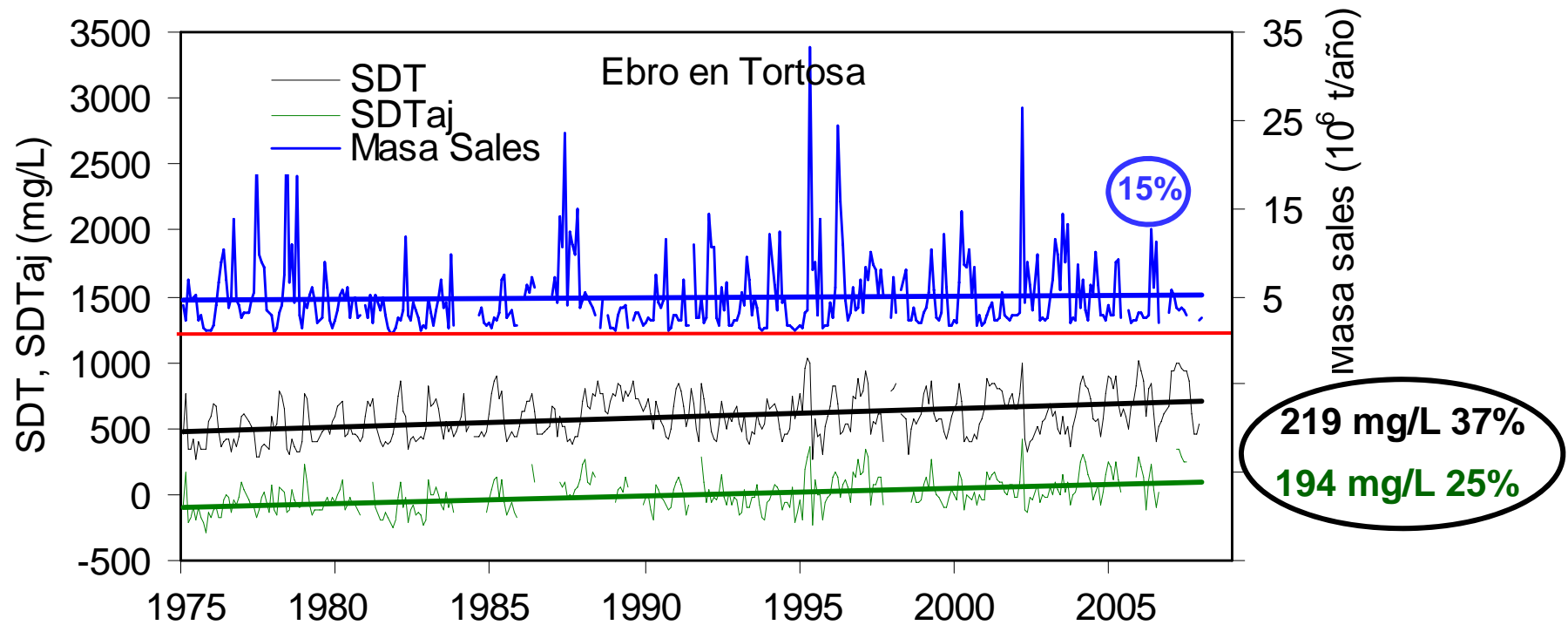
# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## EBRO EN TORTOSA (1975-2008)

### Variación de SDT, SDTaj y MS



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## □ NITRATO

### Variación anual

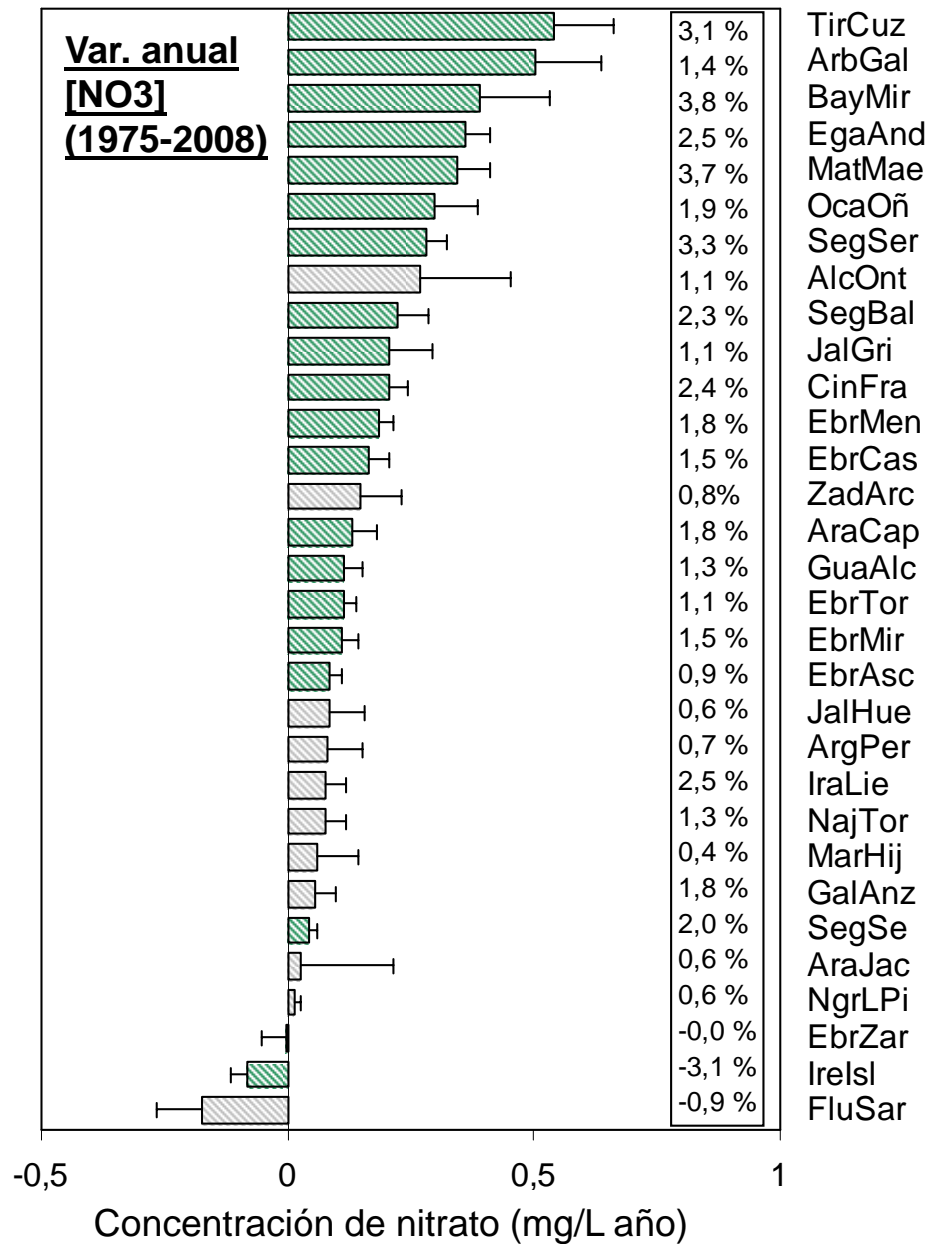
#### Concentración de nitrato (31 estaciones)

- Aumento significativo en 20 estaciones (65%)
- Sin variación en 10 estaciones (32%)
- Disminución en 1 estación: Iregua en Islallana

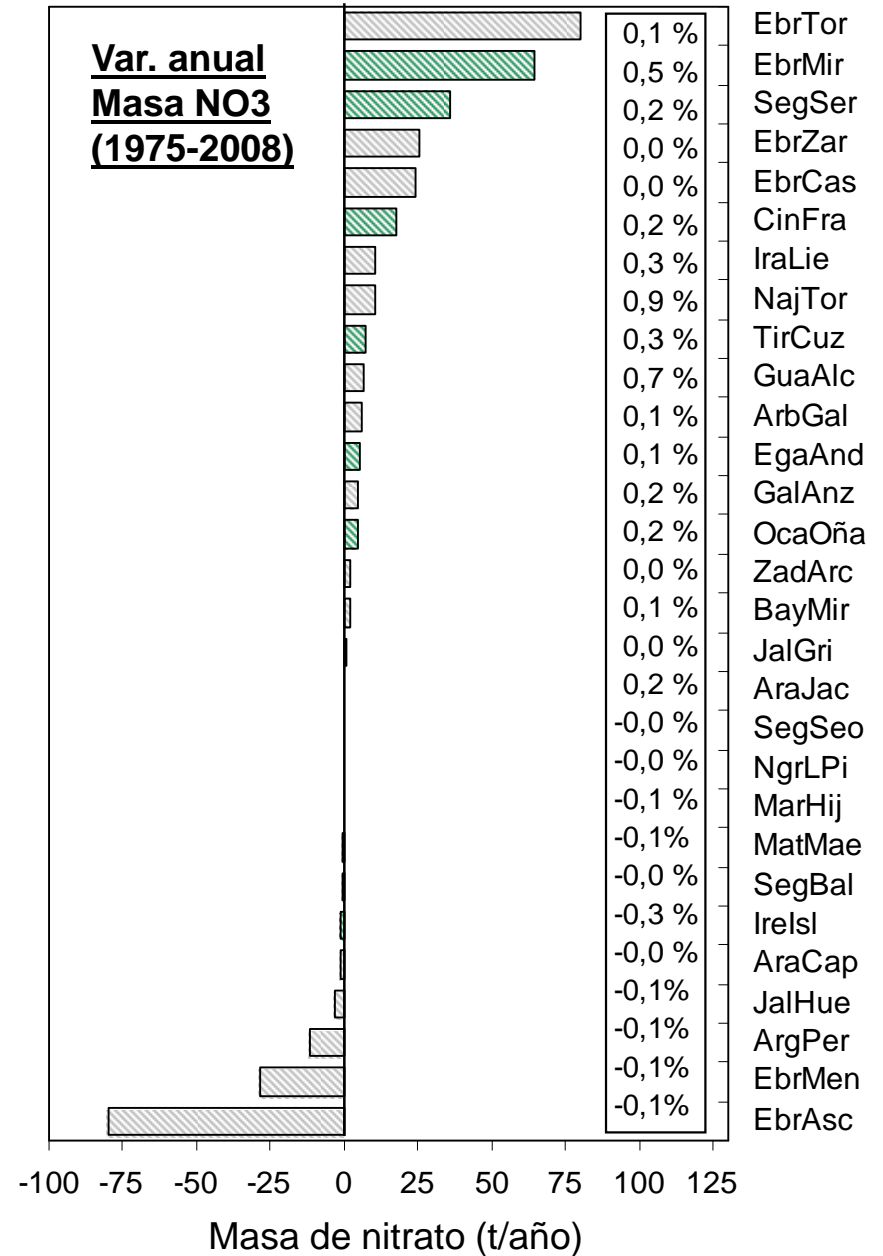
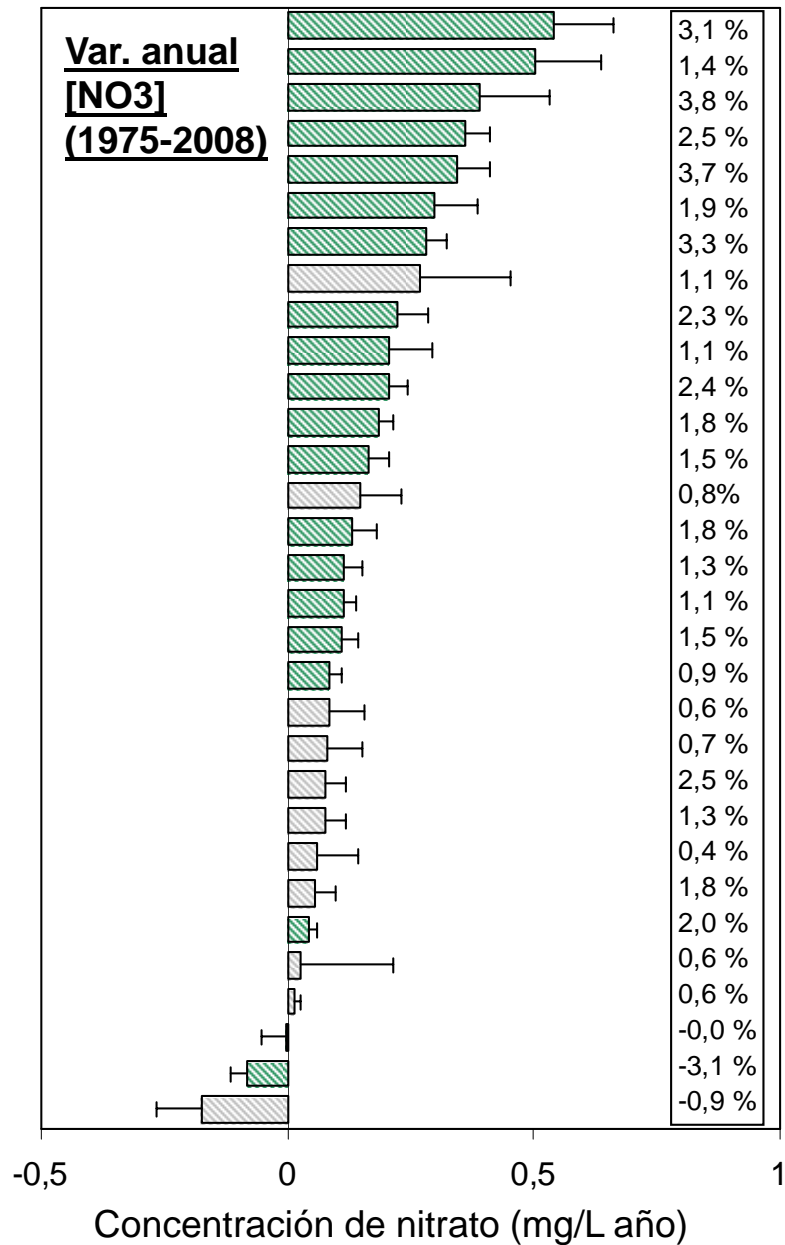
#### Masa de nitrato (28 estaciones)

- Aumento significativo en 6 estaciones (21%): Ebro en Miranda, Ega en Andosilla, Aragón en Jaca, Cinca en Fraga, Segre en Serós y Tirón en Cuzcurrita.
- Sin variación significativa 20 estaciones (71%)
- Disminución en 2 estaciones: Iregua en Islallana y Jalón en Grisén

# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

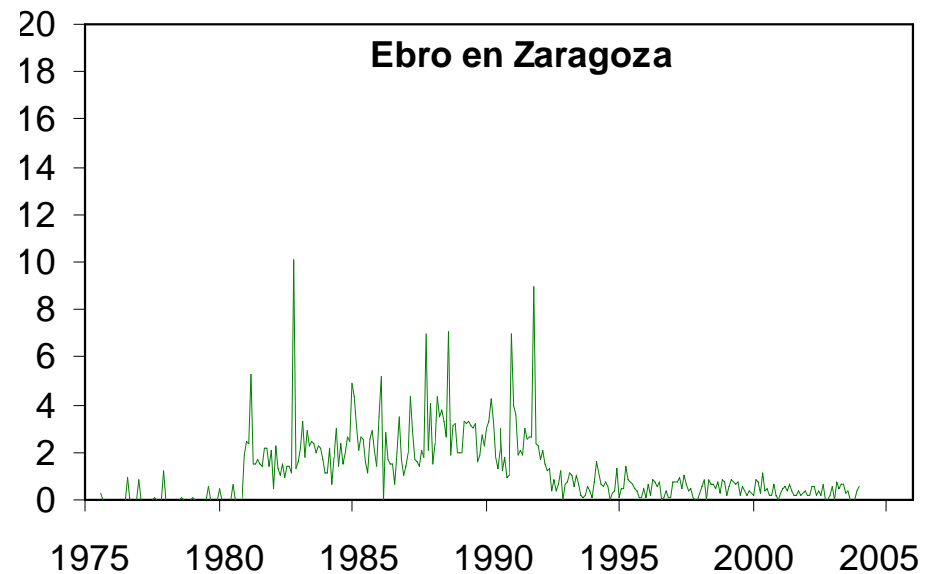
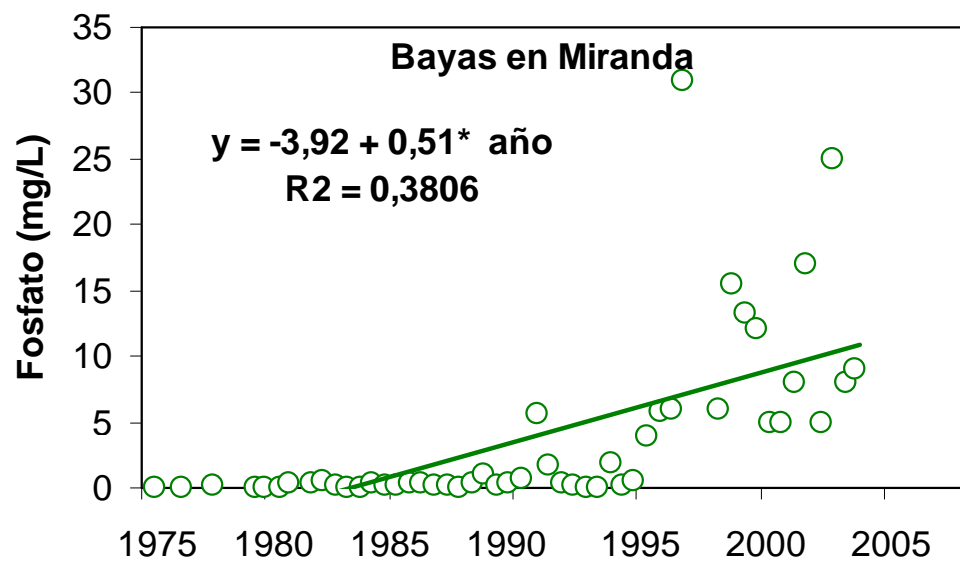


# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS

## ☐ FOSFATO

### Concentración de fosfato (31 estaciones)

- Aumento significativo en Bayas en Miranda
- Sin variación en 14 estaciones (45%)
- Disminución en 16 estaciones (51%)





# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ CONCLUSIONES

- La salinidad en la cuenca del Ebro es muy variable, y en general no presenta valores muy altos.
- La salinidad del aguas de riego es compatible con la consecución de altas eficiencias de riego en los grandes sistemas de riego de la margen izquierda.
- La concentración media anual de nitrato en las aguas superficiales no excede en la mayoría de las estaciones el valor de 15 mg/L y solo en puntos muy concretos se superan los 20 mg/L
- Se han detectado tendencias significativas al aumento de salinidad (SDT) en el **84%** de las estaciones analizadas

El efecto aporte de sales (SDTaj) tiene una contribución mas importante (17 estaciones) que el efecto de la disminución de los caudales (importante en 2 estaciones).

# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

## ❑ CONCLUSIONES

- La masa de sales (MS) aumenta solo en 3 estaciones Ega en Andosilla, Matarraña en Maella y Ebro en Tortosa, debido al efecto de la disminución de los caudales.

La Masa de sales ajustada por el caudal (MSaj) aumenta en el **86%** de las estaciones analizadas.

- La concentración de nitrato aumenta en el **65%** de las estaciones analizadas, y solo disminuye en 1.

La Masa de nitrato aumenta en el **25%** de las estaciones analizadas.

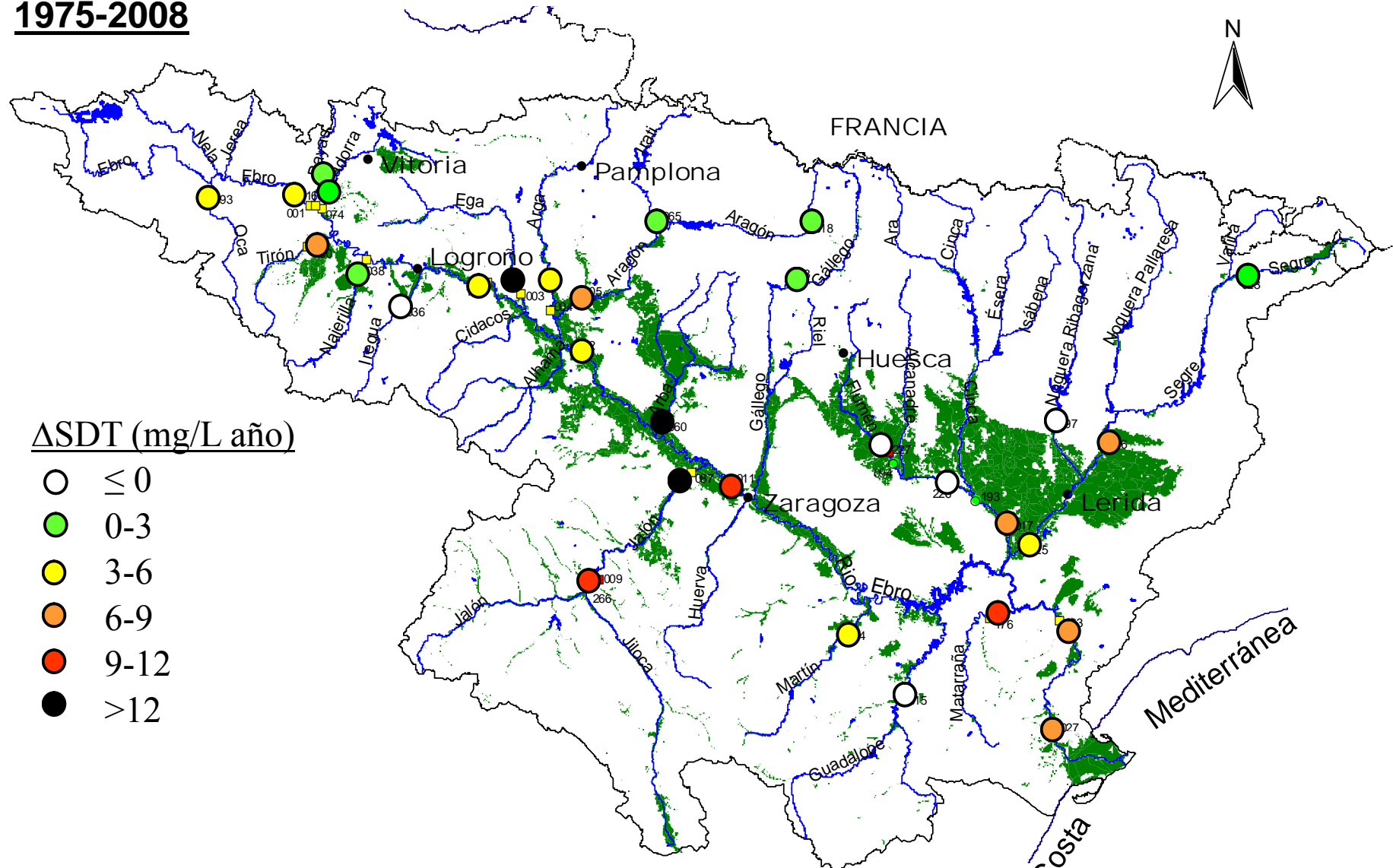
- La concentración de fosfato aumenta solo en la estación del Bayas en Miranda

- Si estas tendencias se mantienen y no se corrigen pueden aparecer problemas generalizados a corto plazo

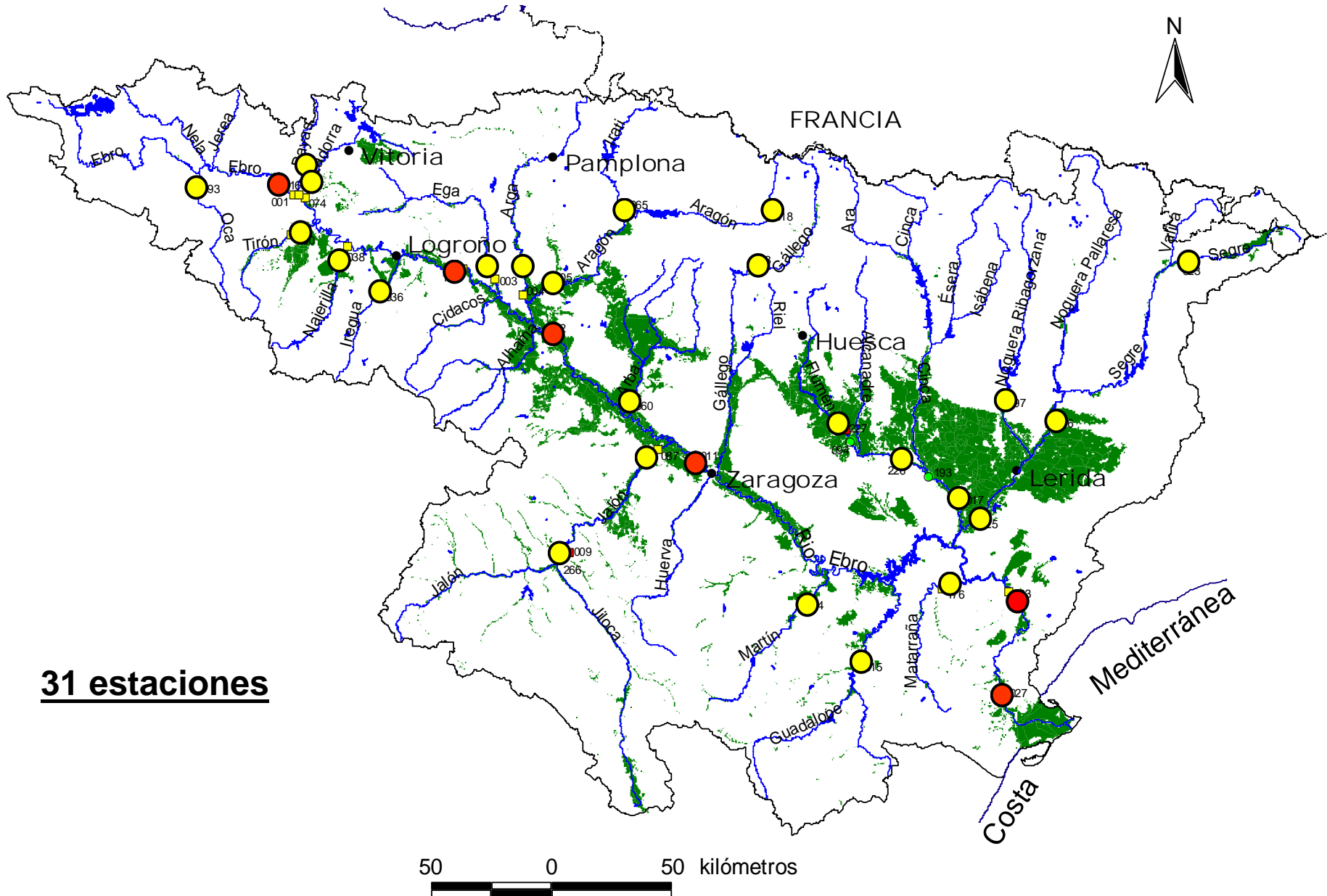


# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE CALIDAD DE AGUA Y PROPUESTA DE RED DE CONTROL

## Variación anual SDT 1975-2008



# CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL EBRO

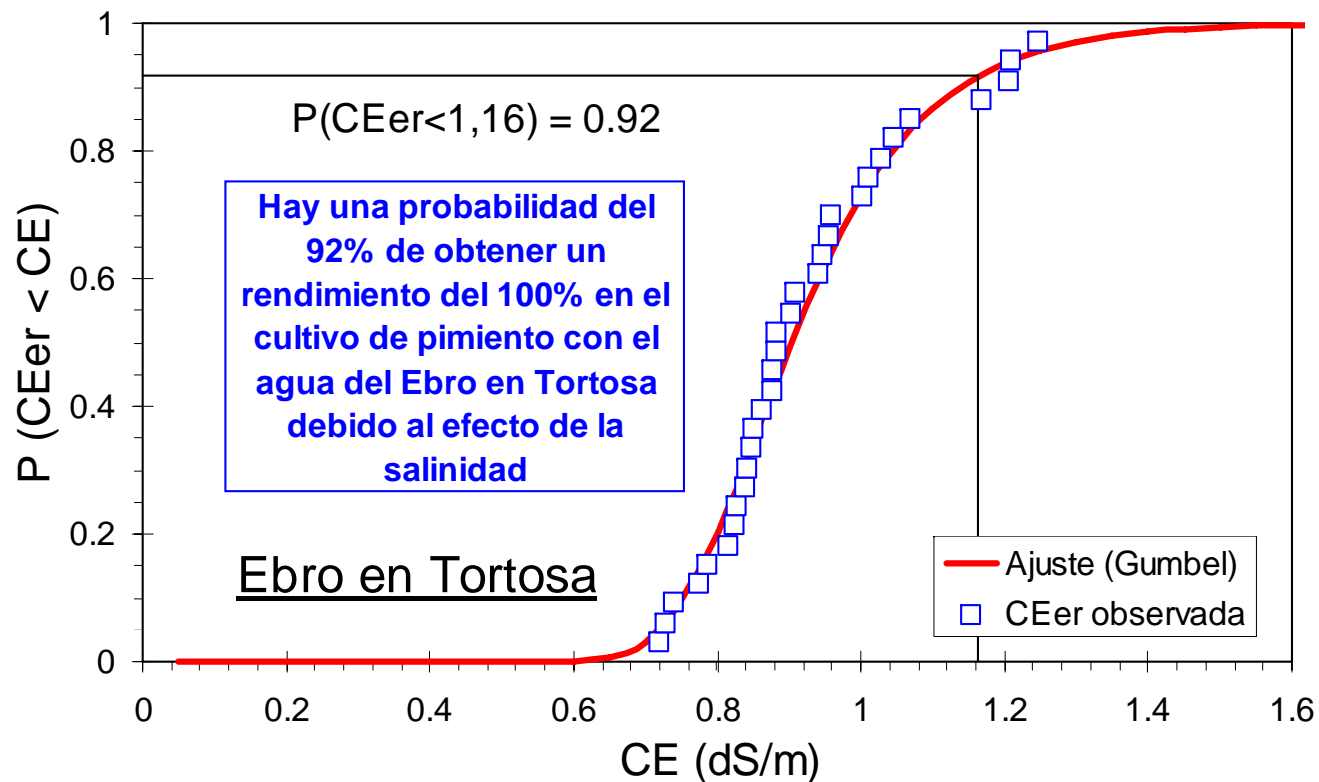


# CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y CONTROL DE LOS RETORNOS DEL RIEGO EN LA CUENCA DEL EBRO.

## ❑ Calidad del agua para riego: Necesidades de lavado

**Ejemplo:** cultivo de pimiento con agua del Ebro en Tortosa (Delta del Ebro)

- Pimiento: sensible, umbral de salinidad  $CE_{eu}=1,5$  dS/m
- Riego eficiente:  $FL = 20\%$
- Cultivo de verano: salinidad media de la estación de riego ( $CE_{er}$ )
- Para  $Rend=100\%$  →  $CE_e < 1,5$  dS/m;  $FL=20\%$  →  $CE_{er} < 1,16$  dS/m



# EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE CALIDAD DE AGUA Y PROPUESTA DE RED DE CONTROL

## Variación anual concentración de nitrato (1975-2008)

