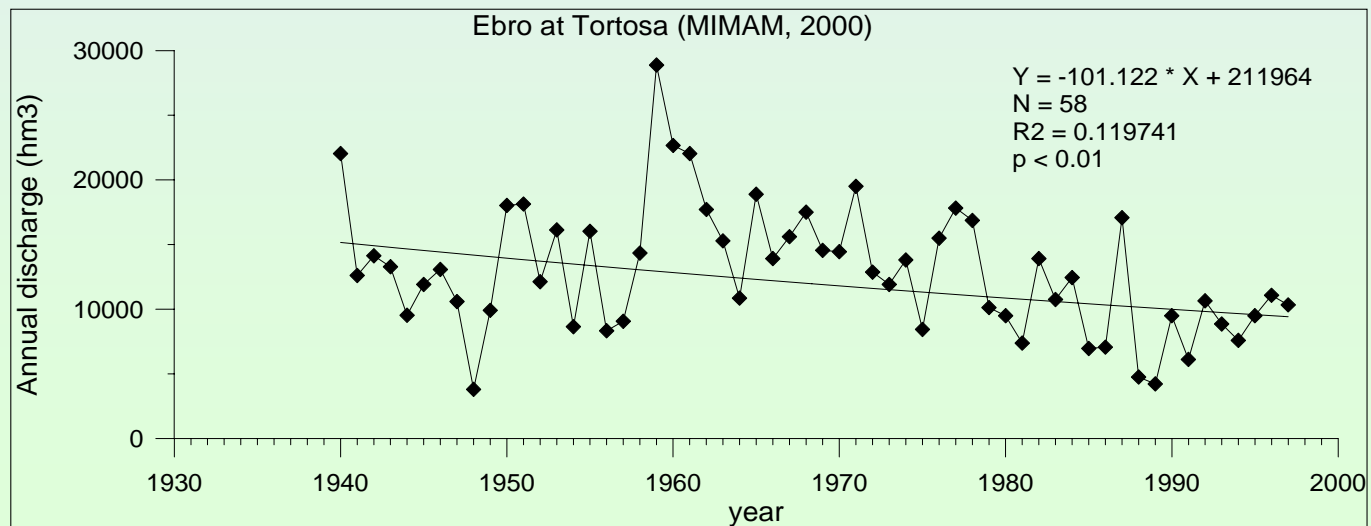
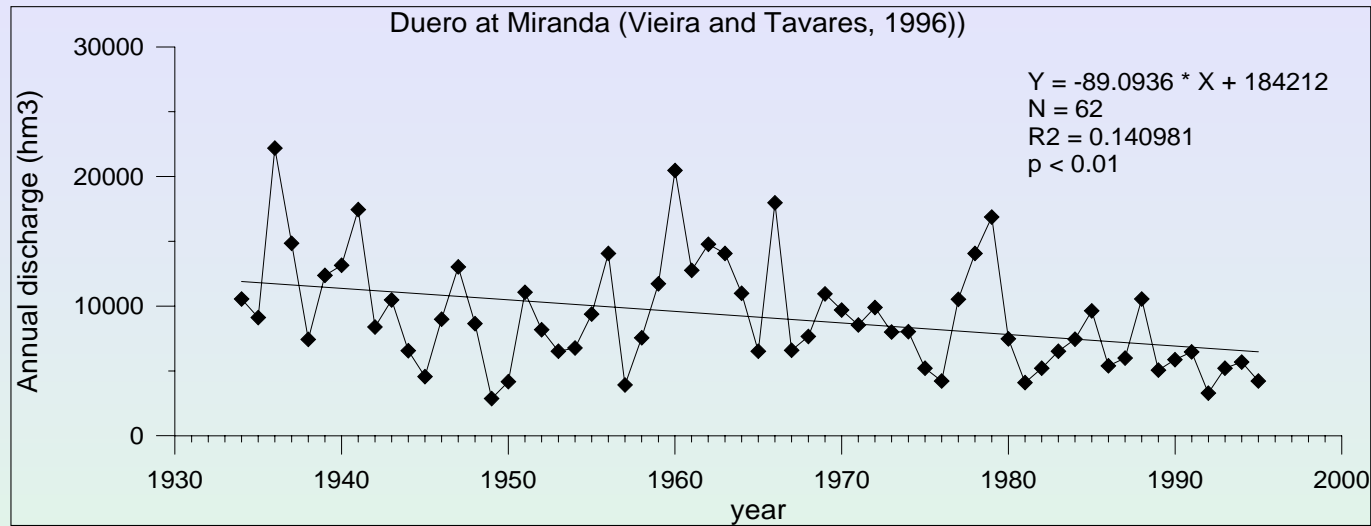


- **Duero en Miranda (62 años) : 5,450 hm³ a⁻¹ (59.3%)**

- **Ebro en Tortosa (58 años) : 5,760 hm³ a⁻¹ (44.7%)**





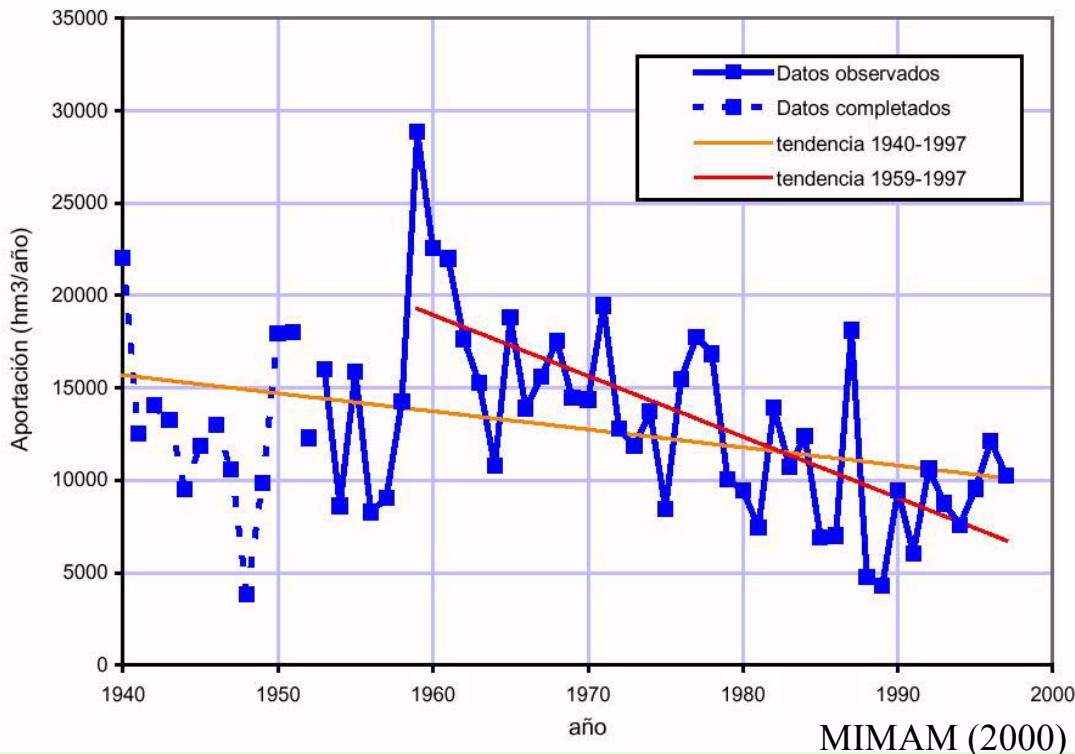
Ebro:

17% del area de España

18% de los recursos de agua

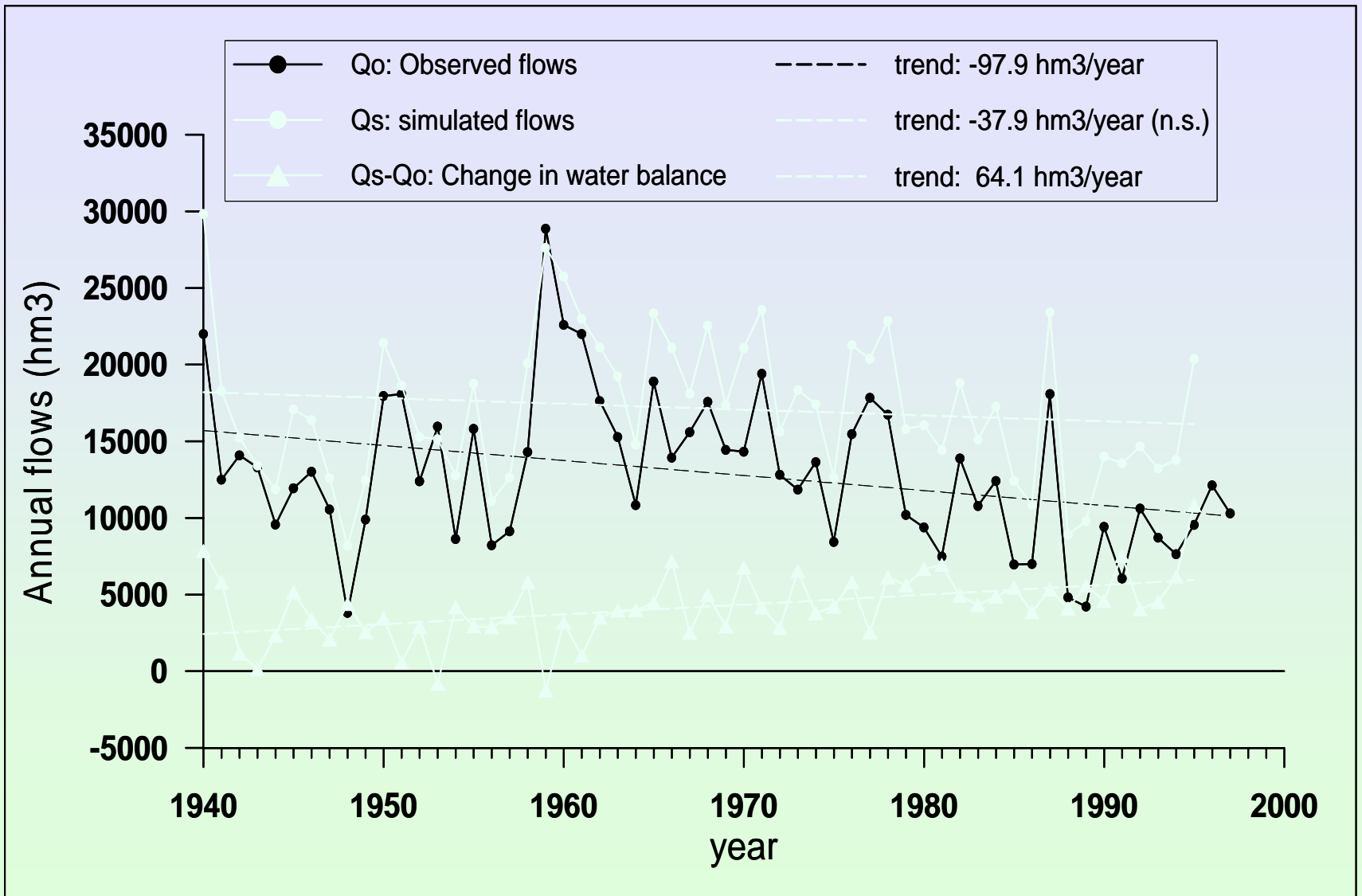
23% del área regada

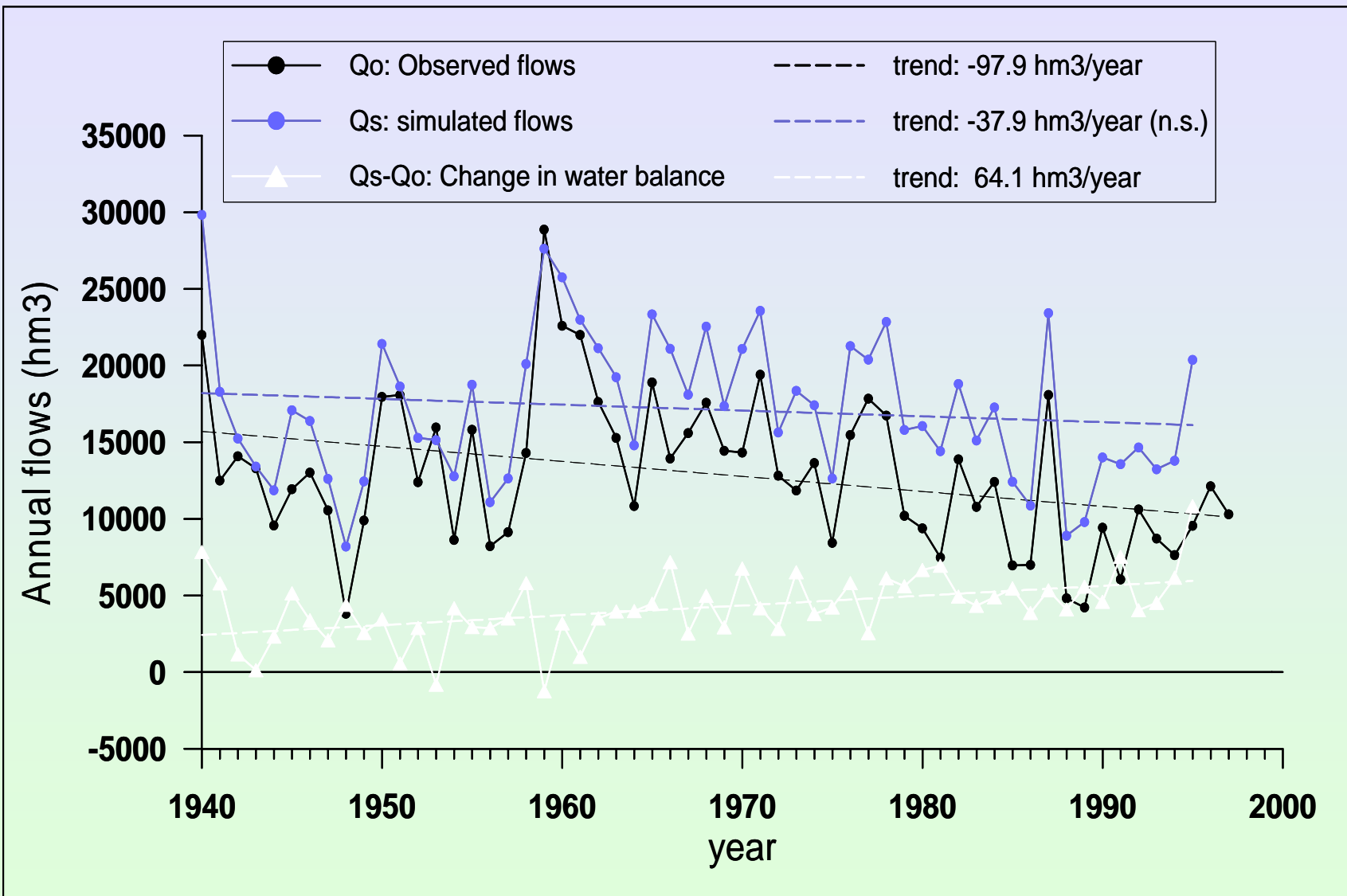
Annual flow at Tortosa

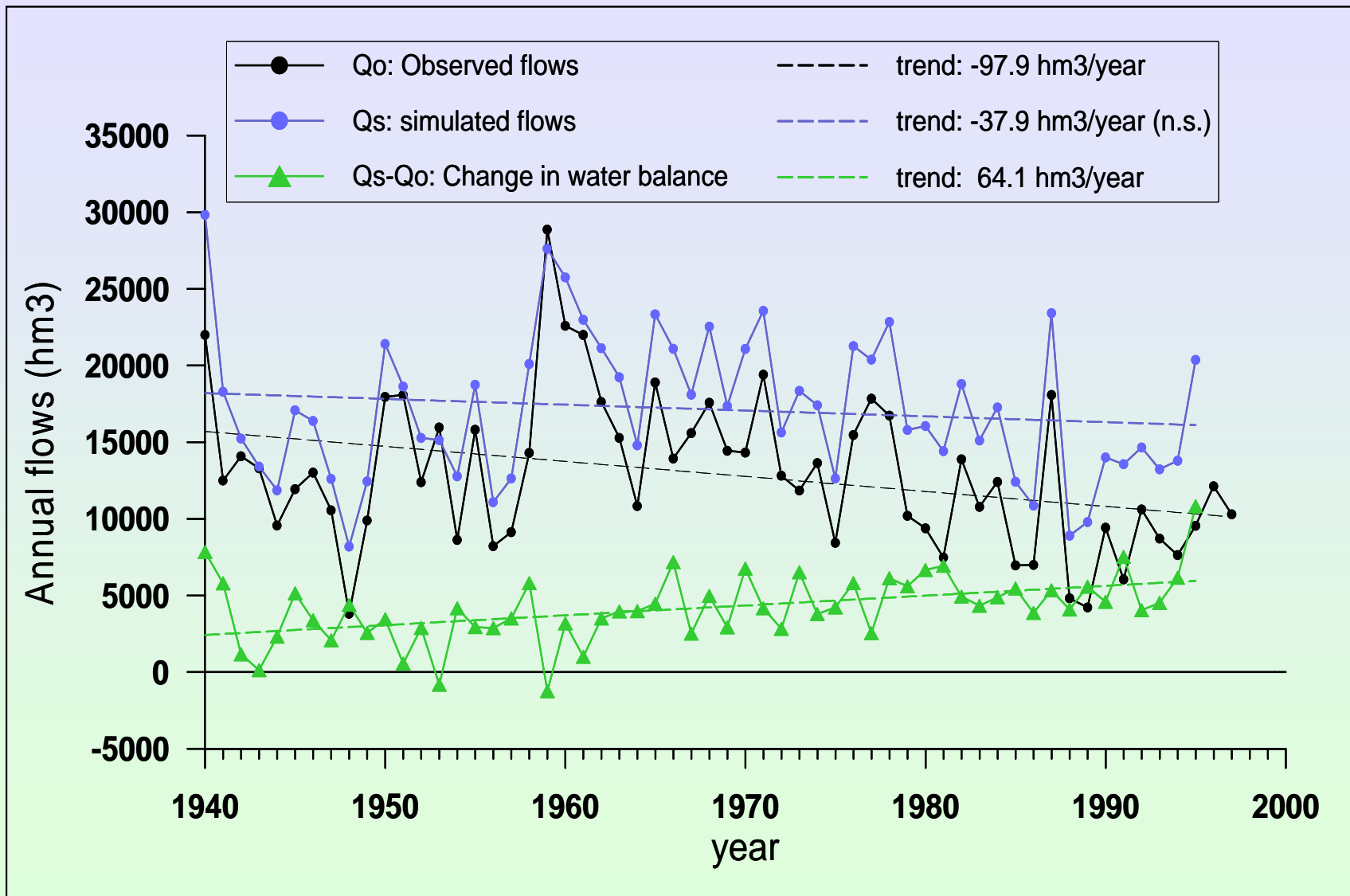


-0.63% descenso anual

-44.7% de los recursos
(1940-1997)







Evolución de la superficie regada y consumo (PHN, 2000)

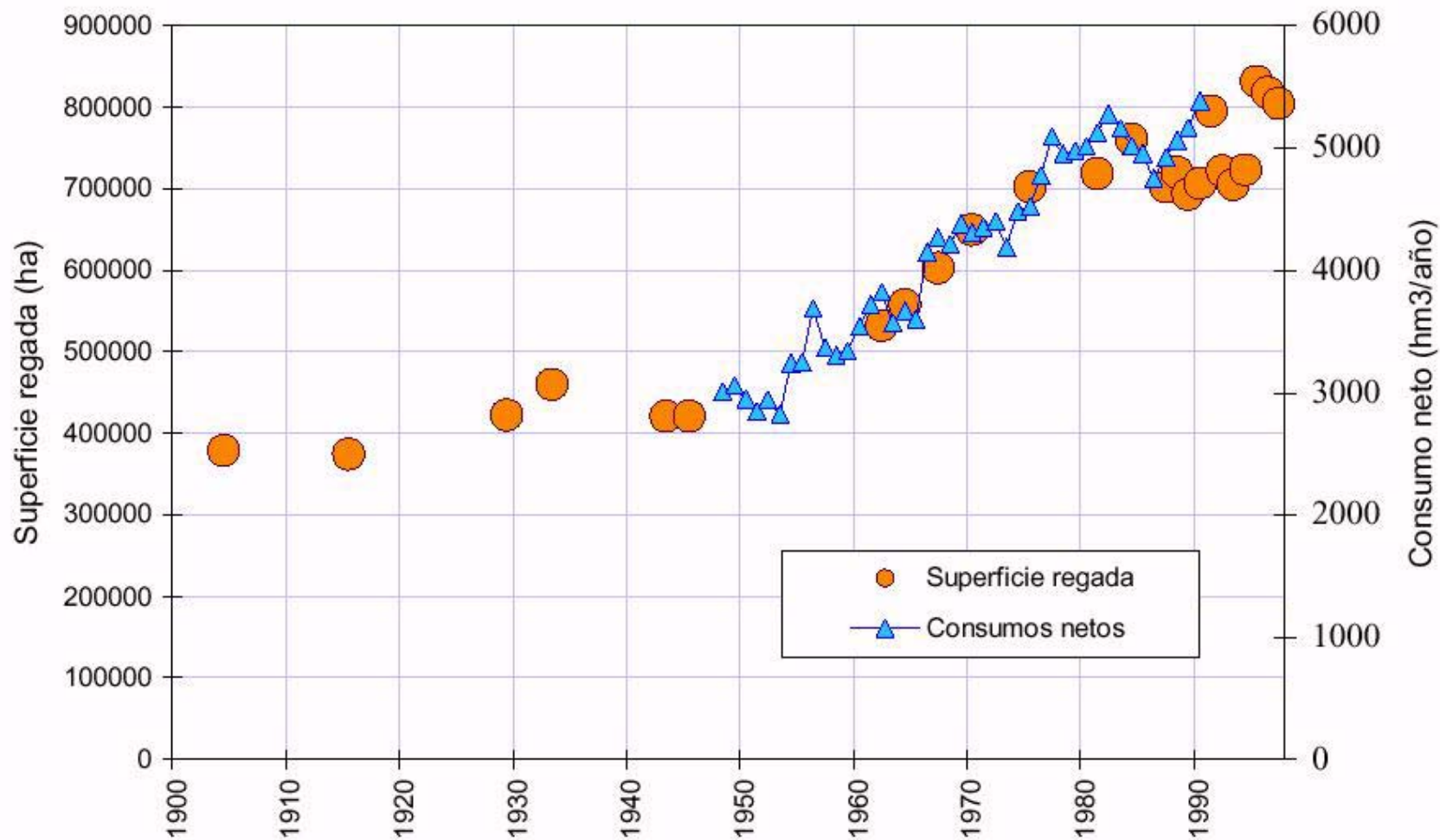
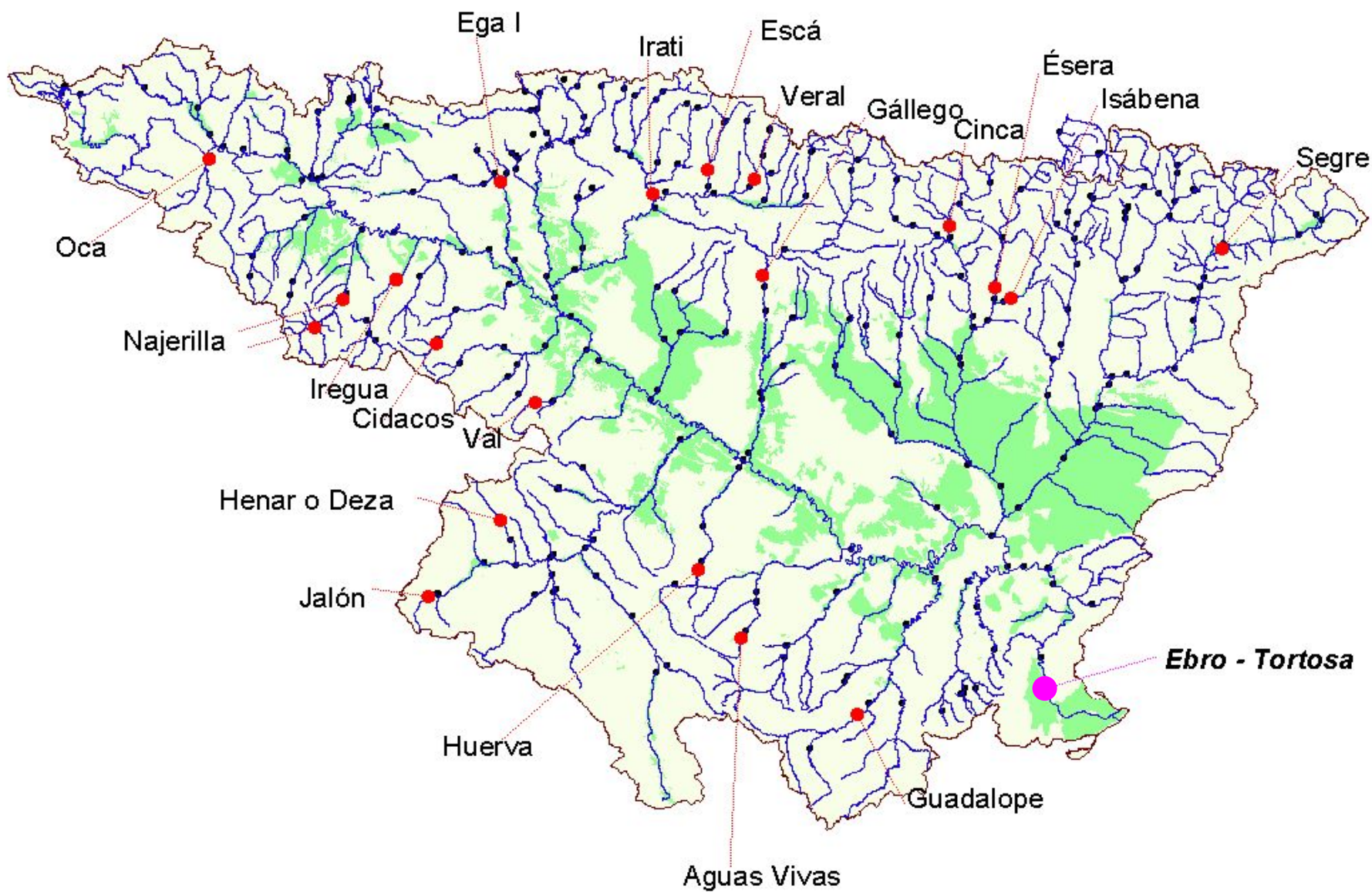


Figura 72. Evolución de los consumos de agua y de la superficie regada en la cuenca del Ebro

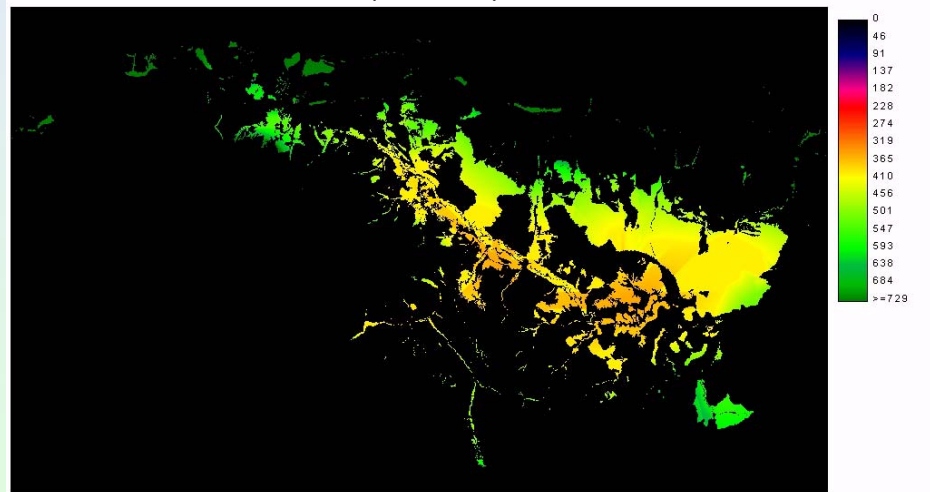
Consumo específico: $6.667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ($666,7 \text{ mm a}^{-1}$)



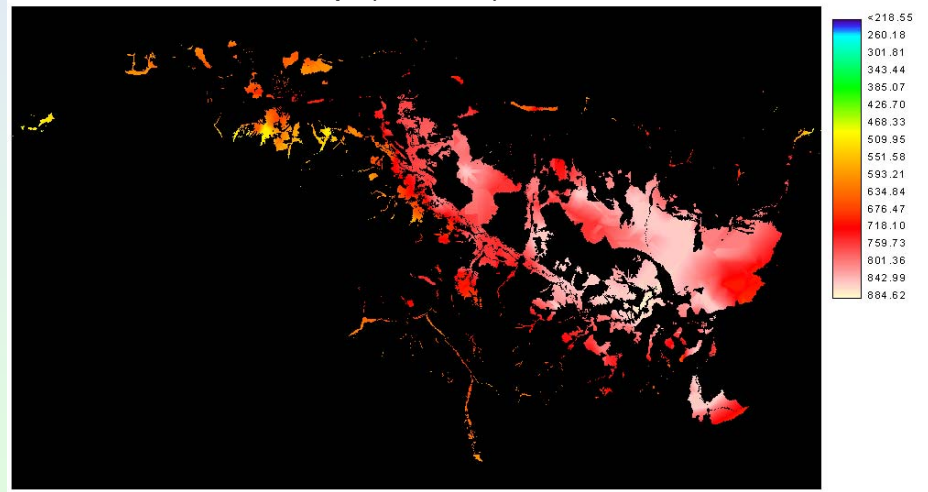
Las zonas de regadío de la cuenca del Ebro tienen una precipitación media anual 450 mm y una evapotranspiración potencial media anual de 770 mm.

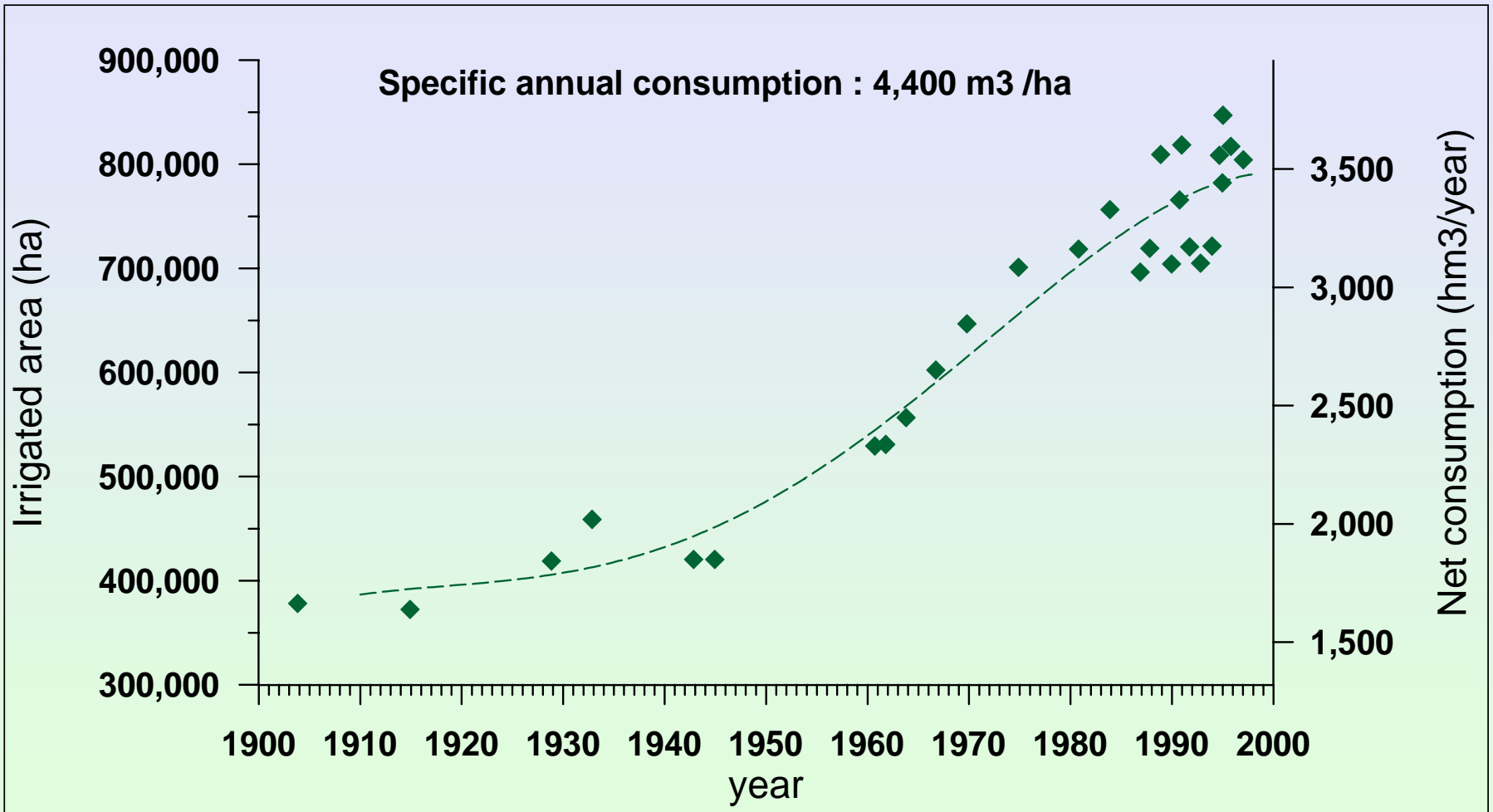
La diferencia media Etp - P es por lo tanto de solamente 320 mm anuales. No es posible que consuman 667 mm anuales.

P (mm a⁻¹)

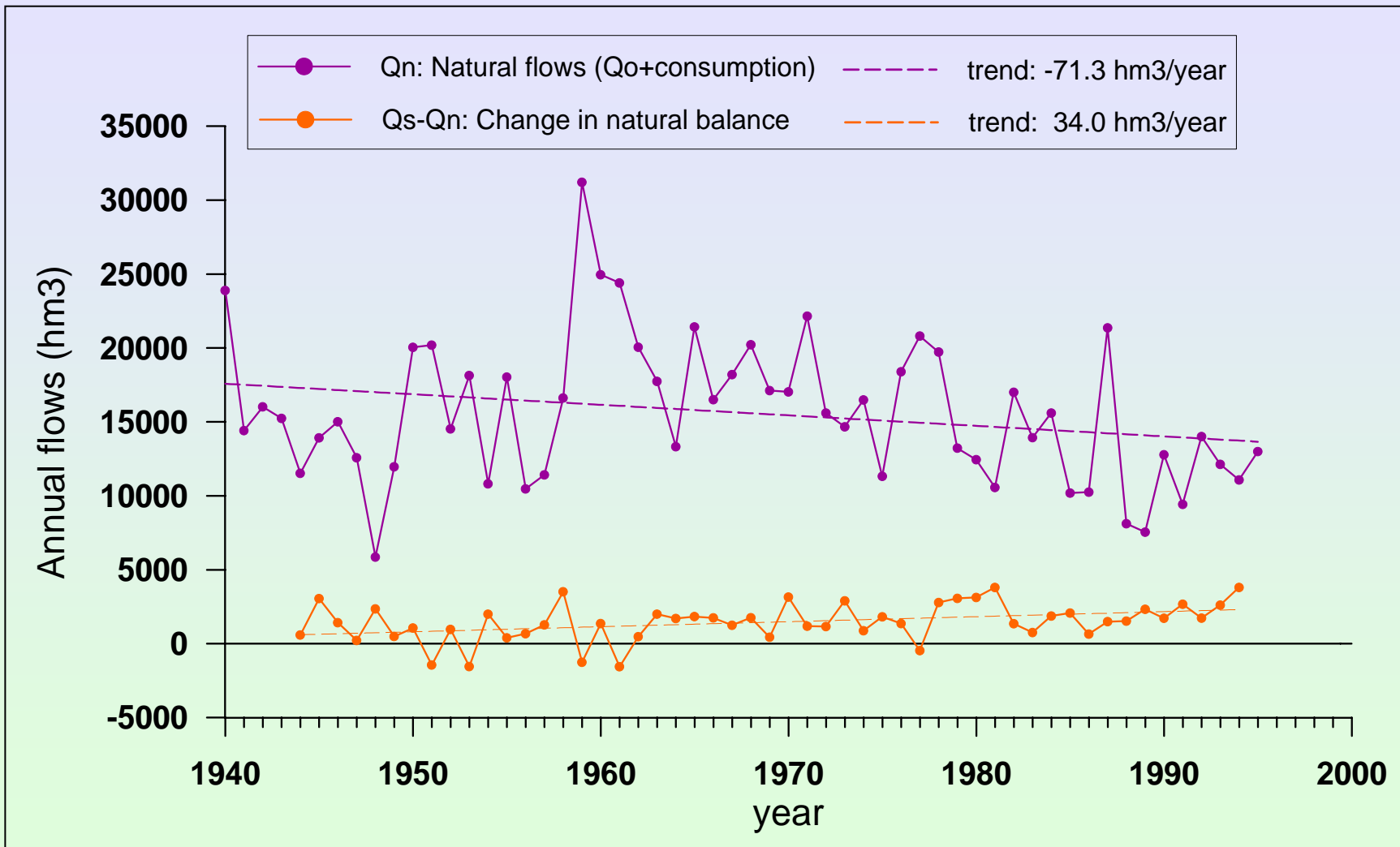


Etp (mm a⁻¹)





**Consumo específico: 4,400 m³ ha⁻¹ a⁻¹ = 440 mm a⁻¹
 (Casterad and Herrero, 1998)**



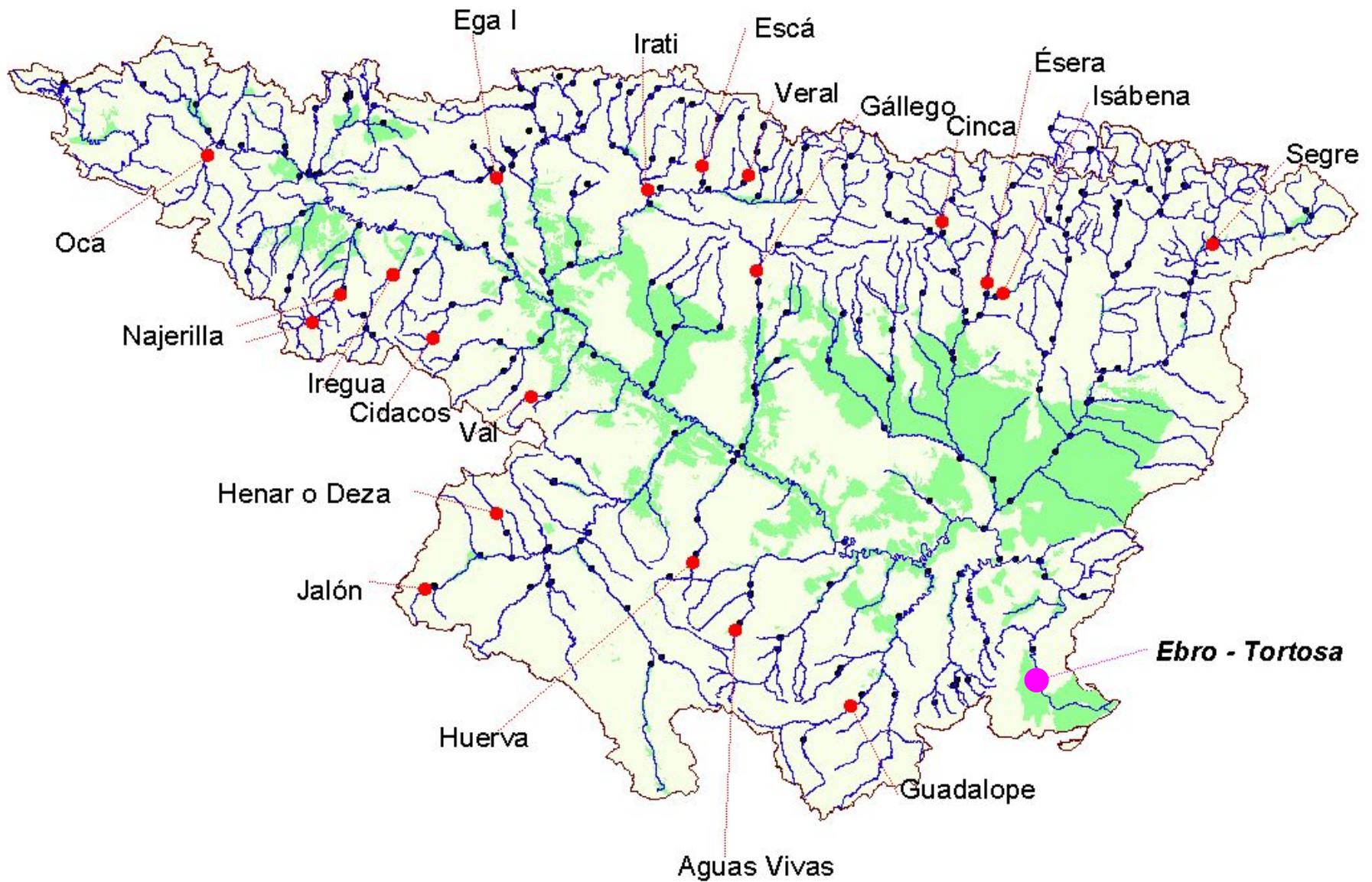
Descenso anual	hm ³ a ⁻²	% a ⁻²
Bruto	98	0.63
Precipitacion - Temperatura	38	0.20
Consumo (irrigacion)	31	0.20
Residual (cambio cubierta)	34	0.22
Flujo natural	71	0.45

El descenso de los aportes del Ebro en Tortosa se debe a tres causas de importancia similar:

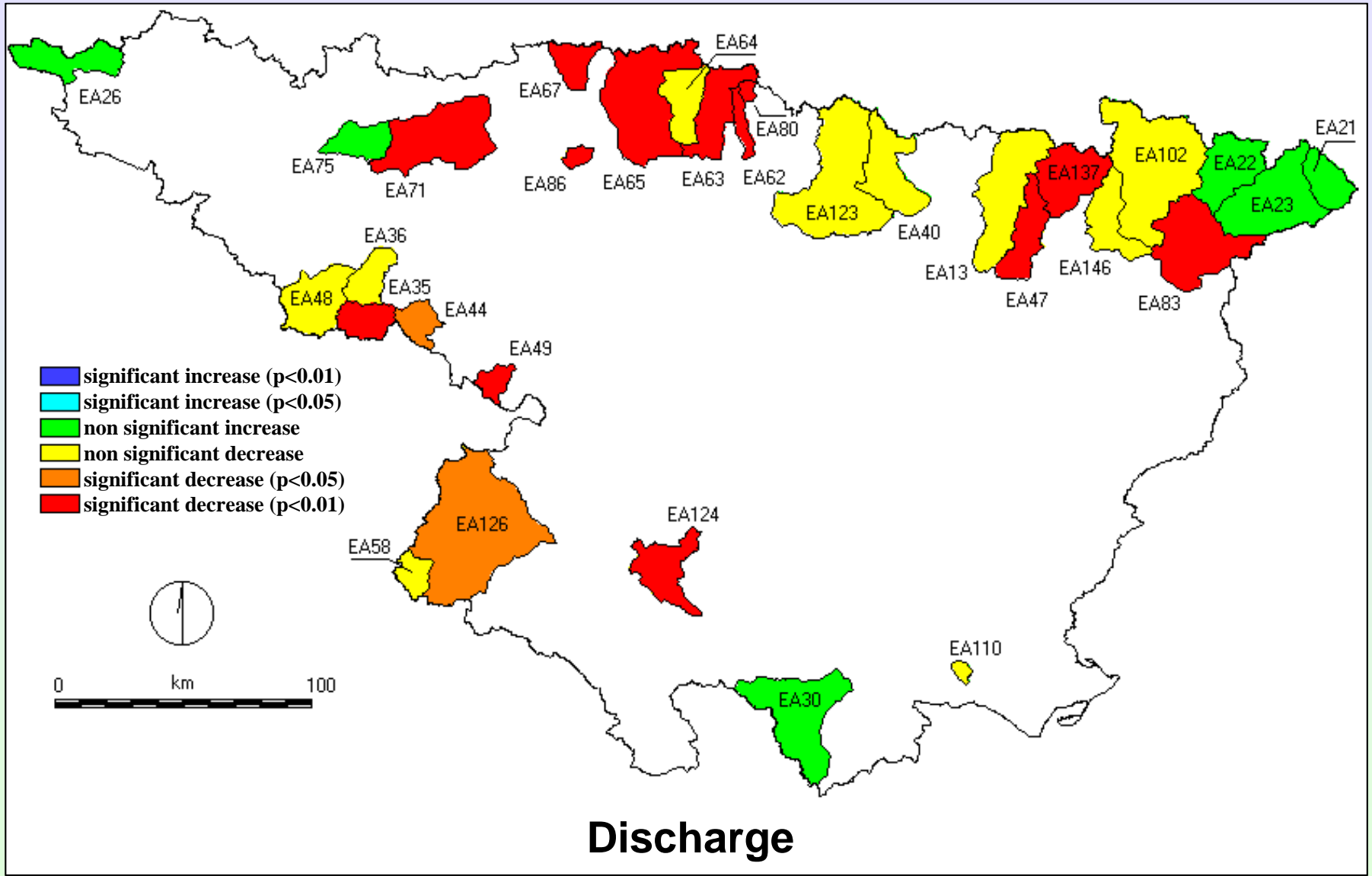
- El descenso de las precipitaciones
- El aumento de los regadíos
- El aumento de la cubierta forestal en las cabeceras

Cuencas de Cabecera

20 cuencas, 48% de los aportes

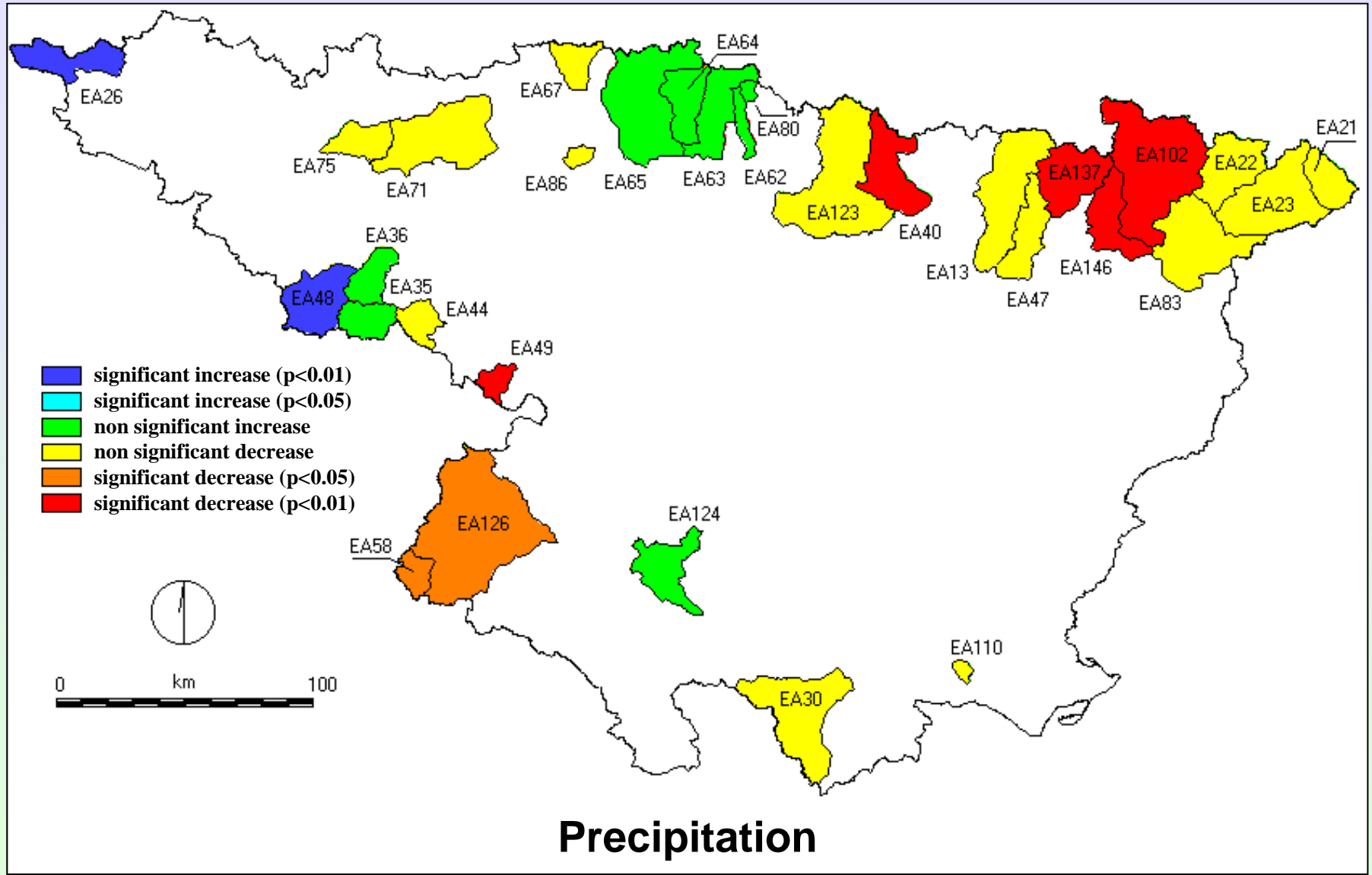


Cuencas de Cabecera



1945 - 1995

Cuencas de Cabecera



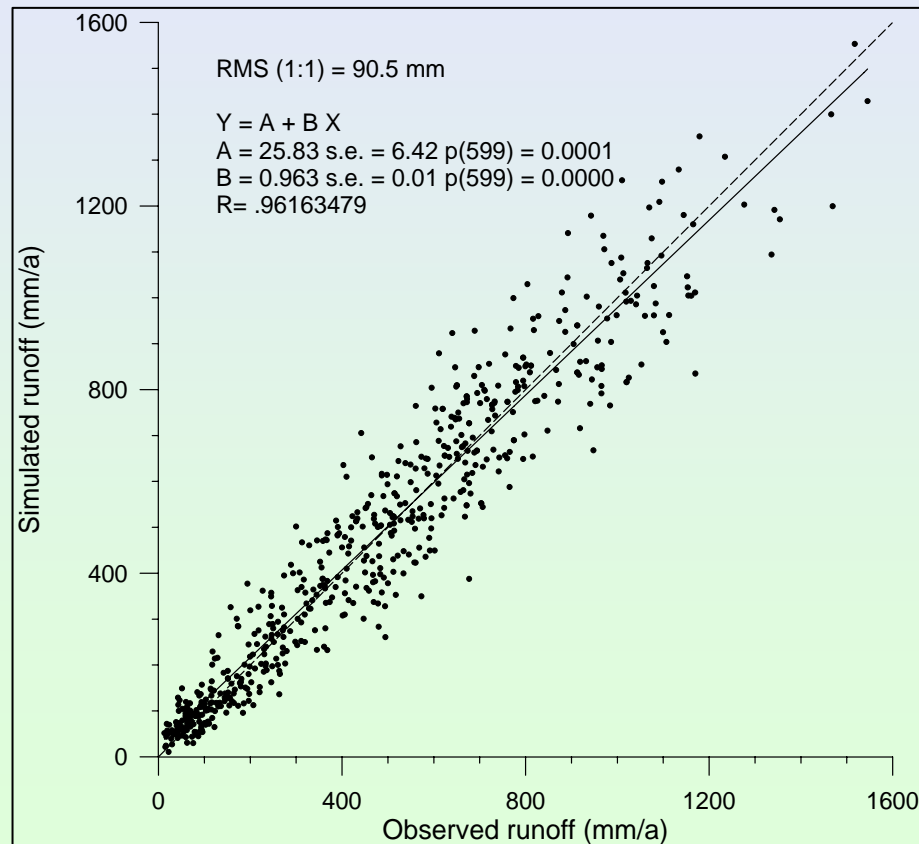
Precipitation

1945 - 1995

Cuencas de Cabecera

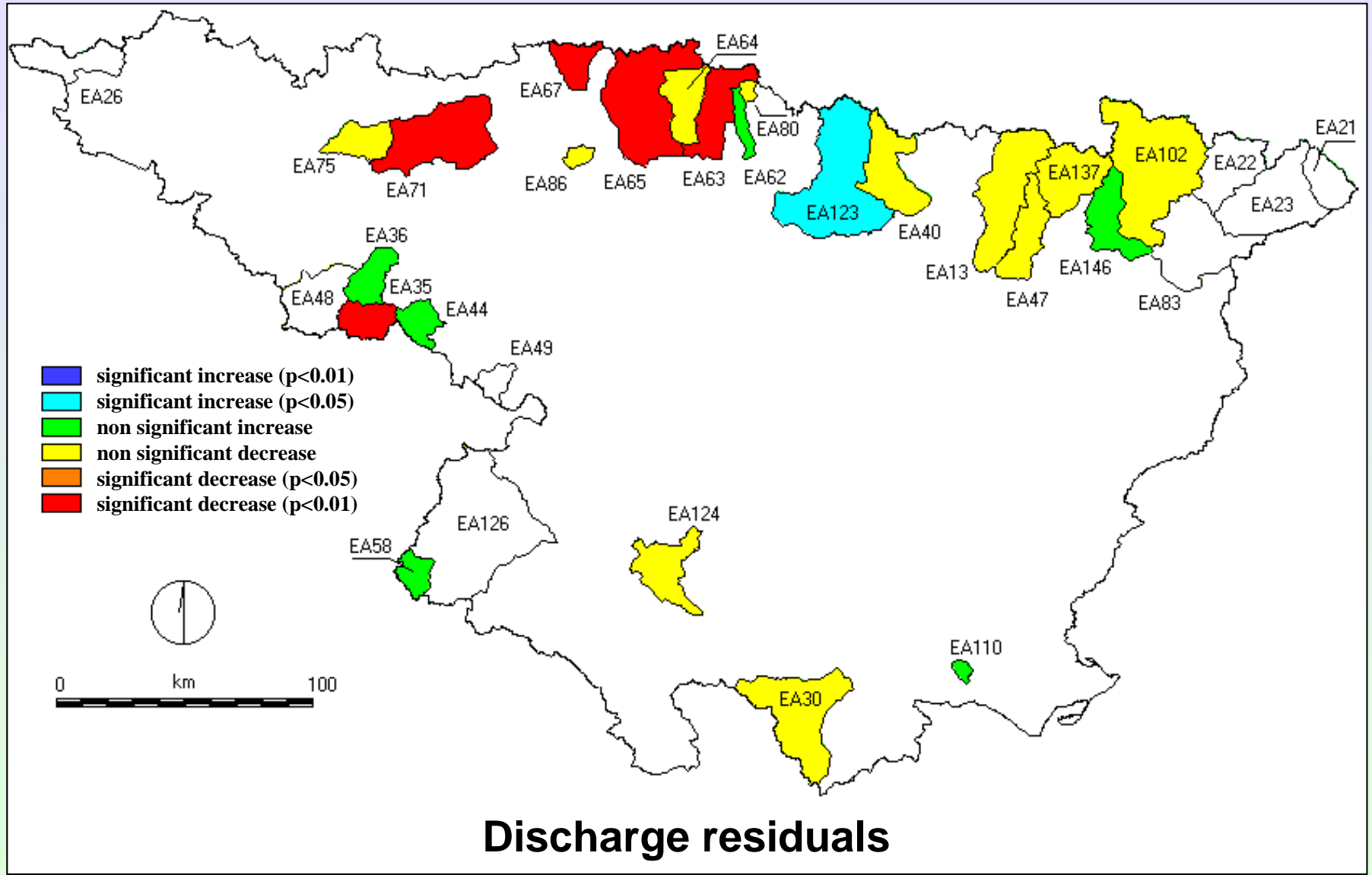
Los aportes se estimaron a partir de la precipitación y evapotranspiración potencial utilizando el modelo propuesto por Dooge et al (1999) y Arora (2002)

$$\frac{\Delta R}{R} = \alpha \frac{\Delta P}{P} - \beta \frac{\Delta Et}{Et}$$



Nash-Sutcliffe (1970) efficiency: $r^2 = 0.92$

Cuencas de Cabecera



Discharge residuals

1945 - 1995

Cuencas de Cabecera

1945 - 1995

	number of catchments with increasing trend (catchments with significant trends in brackets)	number of catchments with decreasing trend (catchments with significant trends in brackets)	total relative annual variation (% of annual amount)
Precipitation	8 (0)	15 (4)	-0.42
Potential evap.	7 (0)	16 (6)	-0.07
Discharge	2 (0)	21 (12)	-0.68
Residual discharge	7 (1)	16 (5)	-0.17

Headwaters catchments

1970 - 1991

	number of catchments with increasing trend (catchments with significant trends in brackets)	number of catchments with decreasing trend (catchments with significant trends in brackets)	total relative annual variation (% of annual amount)
Precipitation	2 (0)	21 (2)	-1.18
Potential evap.	20 (8)	3 (0)	+0.35
Discharge	0 (0)	23 (4)	-1.81
Residual discharge	6 (0)	17 (4)	-0.24

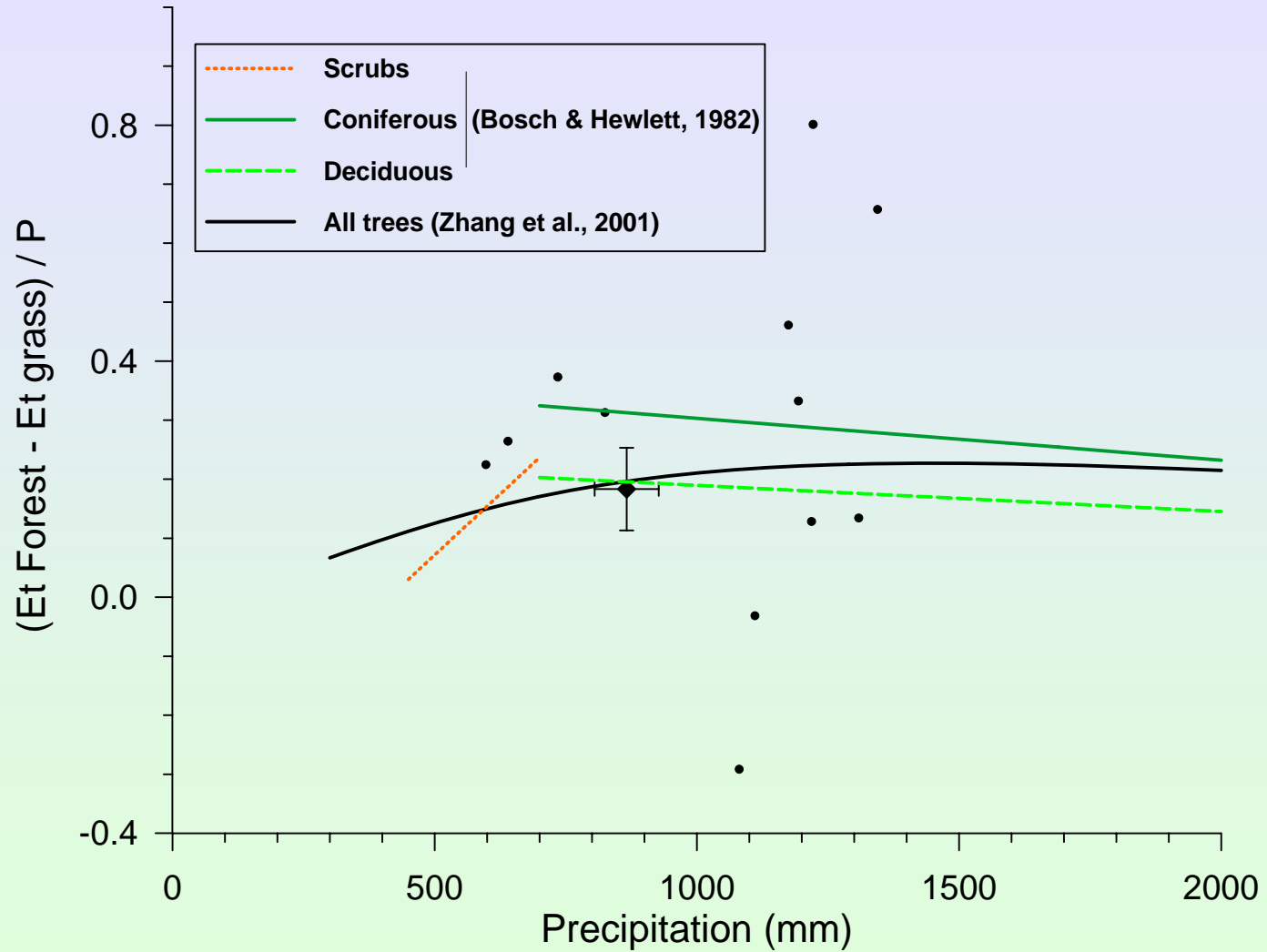
Para comparación con datos de cubierta forestal

Summary

Catchment	Forest area		Gross annual flow		Residual annual flow		Runoff volume loss per rainfall volume over new forested area
	increase (1970-1991)	%	decrease (1950-1995)	%	decrease (1950-1995)	%	
	km ²	%	hm ³ a ⁻²	%	hm ³ a ⁻²	%	hm ³ / hm ³ ± 95% conf.*
Ebro	4,010	4.7	98	0.63	34	0.2	0.209 ± 0.140
SHS	1,771	10.4	72.9	0.86	23.6	0.29	0.183 ± 0.137

* Conf: confidence intervals obtained with the Student's t test

Comparison with published data



Conclusiones

- ✓ Los aportes medios anuales del Ebro han descendido anualmente un 0,63%
- ✓ Este descenso se debe a tres causas de peso similar:
 - precipitación descendente y temperatura creciente
 - consumo de regadío creciente
 - evaporación natural creciente en las cabeceras
- ✓ La cubierta forestal de la cuenca del Ebro ha aumentado anualmente unos 200 km² o un 0.24%
- ✓ La variación de los aportes en relación con el cambio en cubierta forestal ha sido de: $\Delta Q = -0.23 \Delta F \pm 0.10$
- ✓ Esta relación es similar a las obtenidas en cuencas experimentales para este rango de precipitación
- ✓ Los recursos hídricos futuros deben estimarse teniendo en cuenta el cambio climático y los escenarios de cambio de cubierta en las cabeceras.