

El medio natural en España: el agua

Algunos conceptos y herramientas de apoyo para el desarrollo del tema en Bachillerato



Miguel Sánchez Fabre y Alfredo Ollero Ojeda

Profesores Titulares de Geografía Física

msanchez@unizar.es

aollero@unizar.es

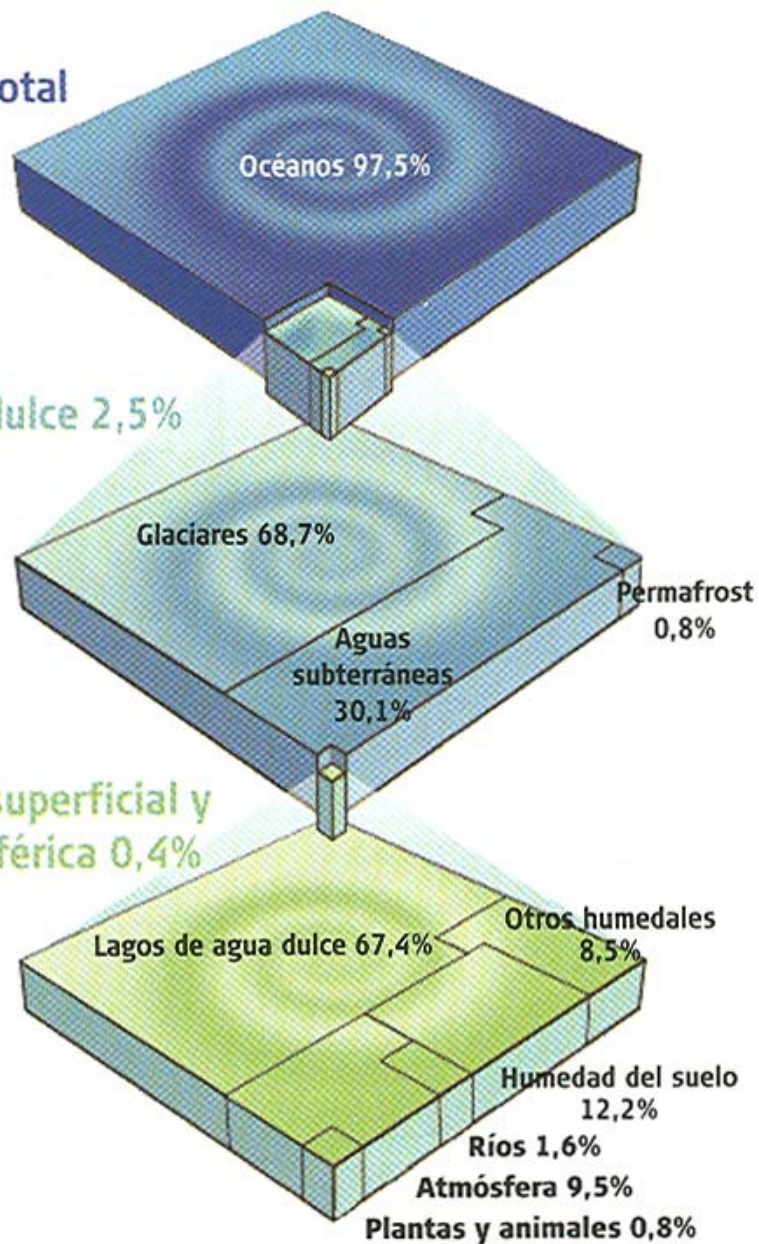


Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Agua total

Agua dulce 2,5%

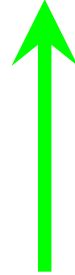
Agua superficial y atmosférica 0,4%



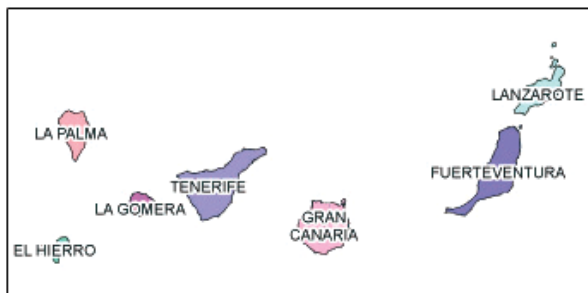
Fuente: Datos de Shiklomanov y Rodda (2003). Volumen total de agua: 35,2 millones de kilómetros cúbicos (km³). [UNESCO, 2006](#)

Cuenca hidrográfica: Sector de la superficie terrestre, claramente delimitado y separado de los sectores adyacentes, en cuyo interior hay una gran variedad de elementos tanto del medio biótico como abiótico, interrelacionados entre sí, y que condicionan el comportamiento hidrológico. La entrada de agua, de forma natural, en esta unidad territorial se produce a través de las precipitaciones, distribuyéndose más tarde por medio de los distintos procesos del ciclo hidrológico. Una parte de esta agua procedente de las precipitaciones se encauza a través de los diferentes cursos fluviales que integran la red fluvial o de drenaje, dirigiéndose, tanto el agua como los sedimentos que transporta, hacia un punto único de desembocadura o salida.

Demarcación hidrográfica: la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, designada con arreglo al apartado 1 del artículo 3 como principal unidad a efectos de la gestión de las cuencas hidrográficas



Directiva Marco Europea del Agua
(2000/60/CE)



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fecha: MARZO 2008



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Secretaría de Estado
de Medio Rural y Agua
Dirección General del Agua
Subdirección General de Planificación
y Uso Sostenible del Agua

Título:

Demarcaciones Hidrográficas

Ámbito:

España

Hoja:

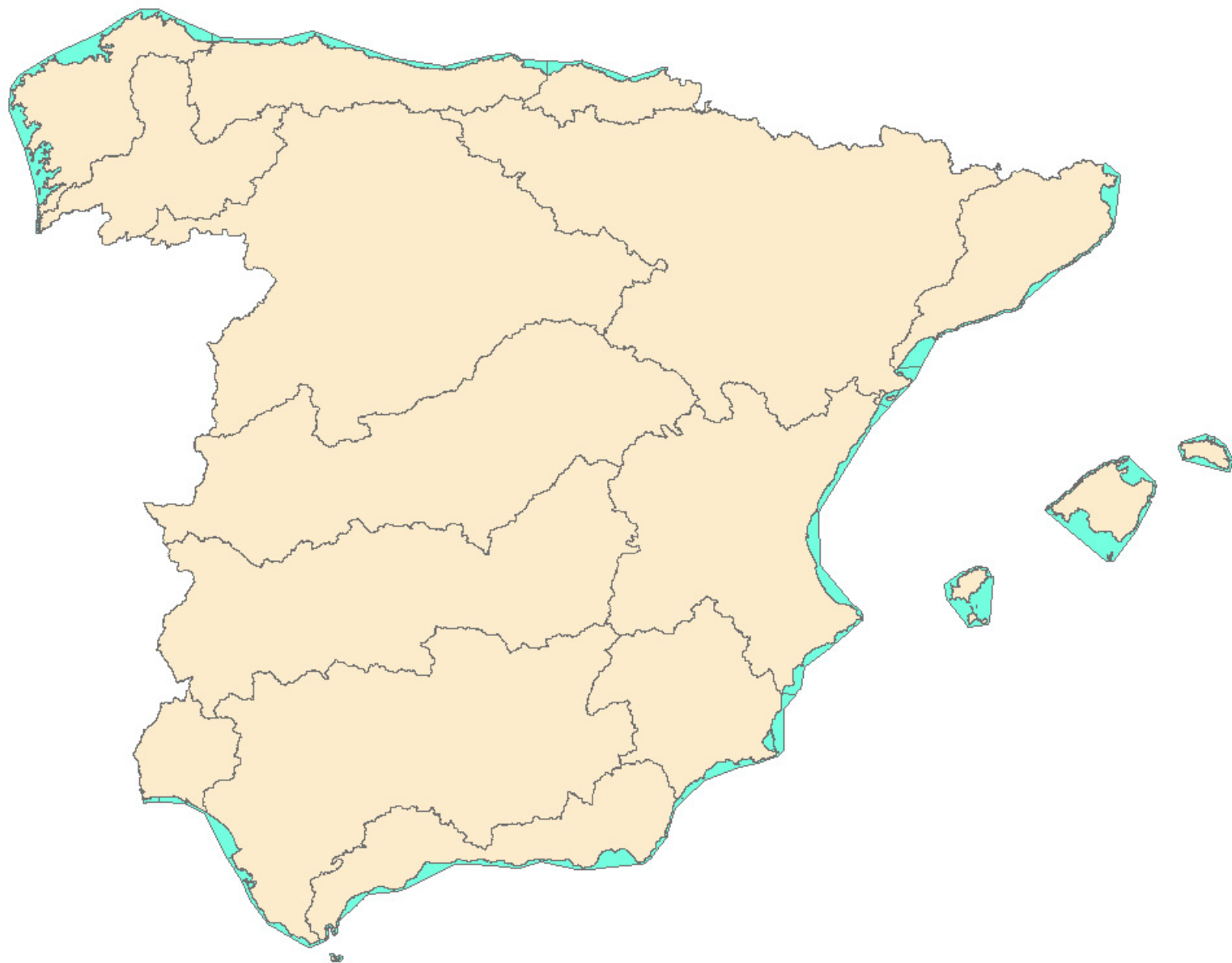
1 de 1

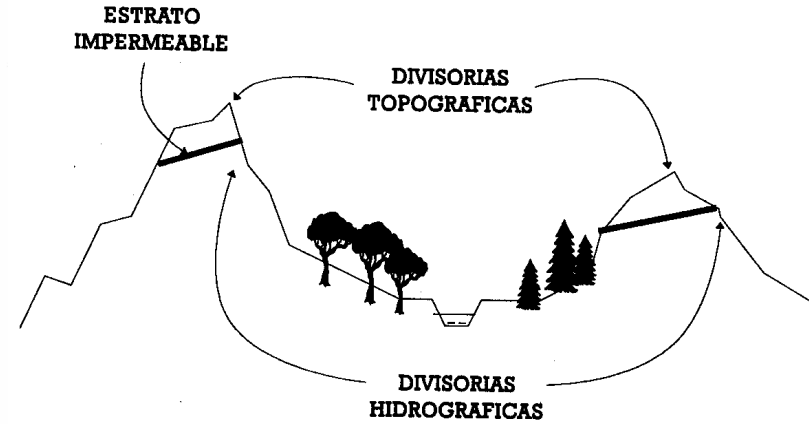
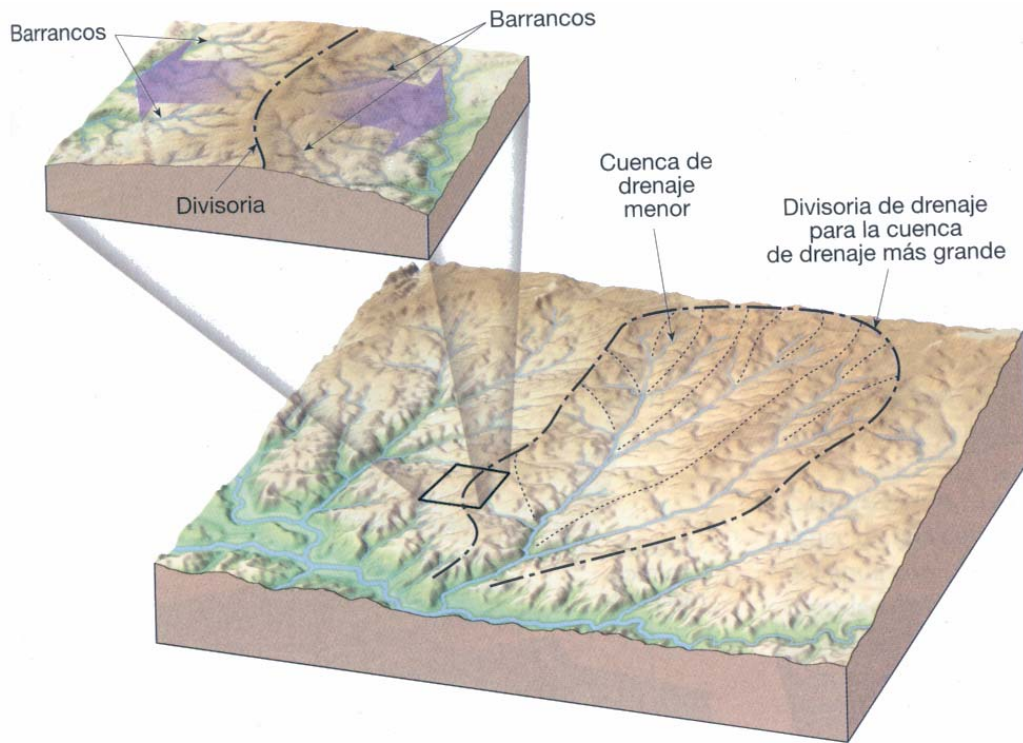
Cartografía base:
SIA - Sistema de Información del Agua
Elipsoide Internacional, Proyección UTM,
Datum europeo 1950, Huso 30

Escala:

1:4.500.000



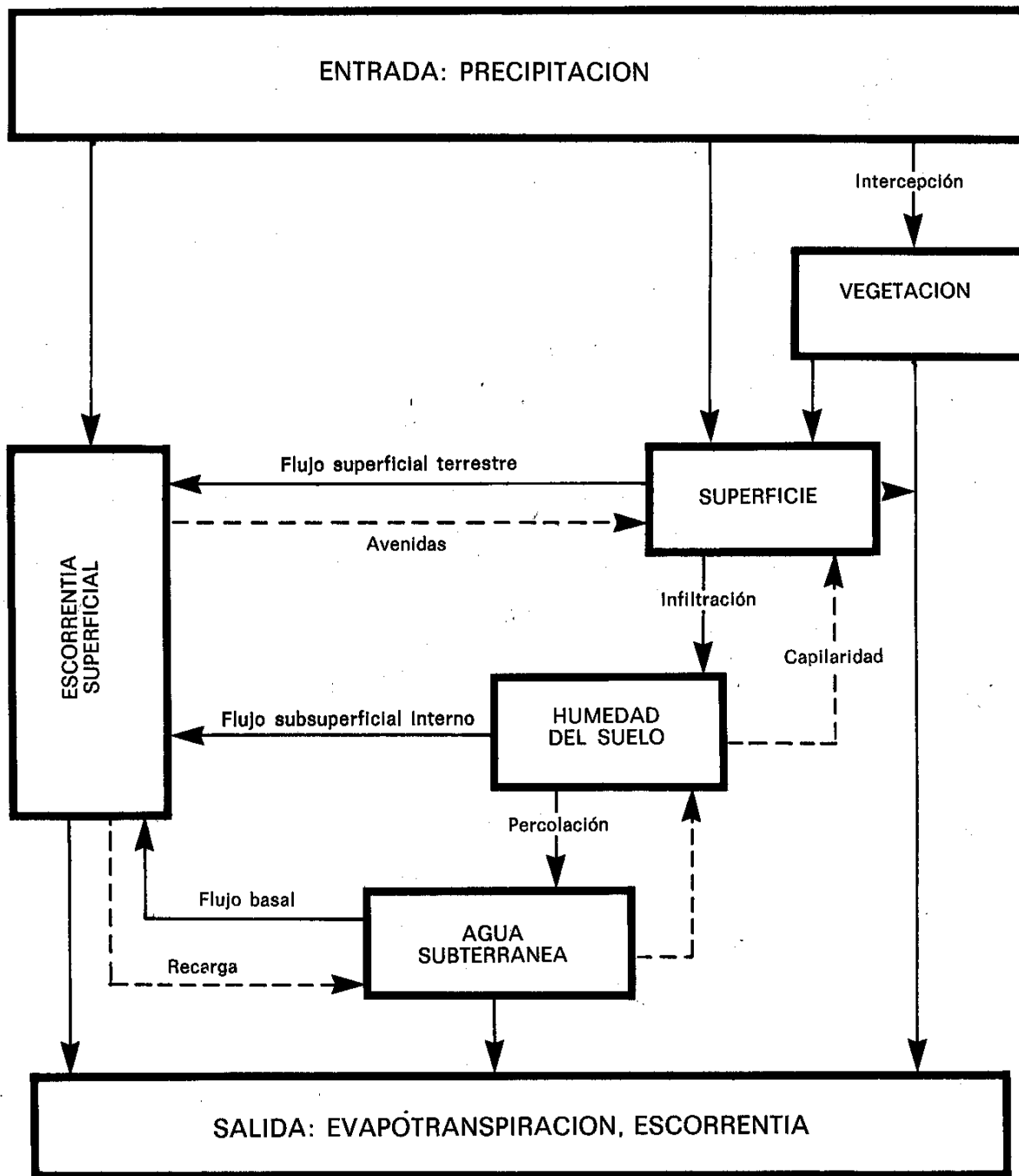




DIVISORIA: es la línea que delimita una cuenca, separándola de las adyacentes. Se pueden distinguir la divisoria topográfica y la hidrológica, que no tienen por qué coincidir.

Divisoria topográfica es estrictamente la línea que separa superficialmente una cuenca.

Divisoria hidrográfica considera no sólo la sección de recogida del agua procedente de las precipitaciones, sino también el recorrido del agua infiltrada en el terreno.



EL CICLO DEL AGUA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

SISTEMA:

EN CASCADA
Subsistemas unidos

FÍSICO
Mundo real

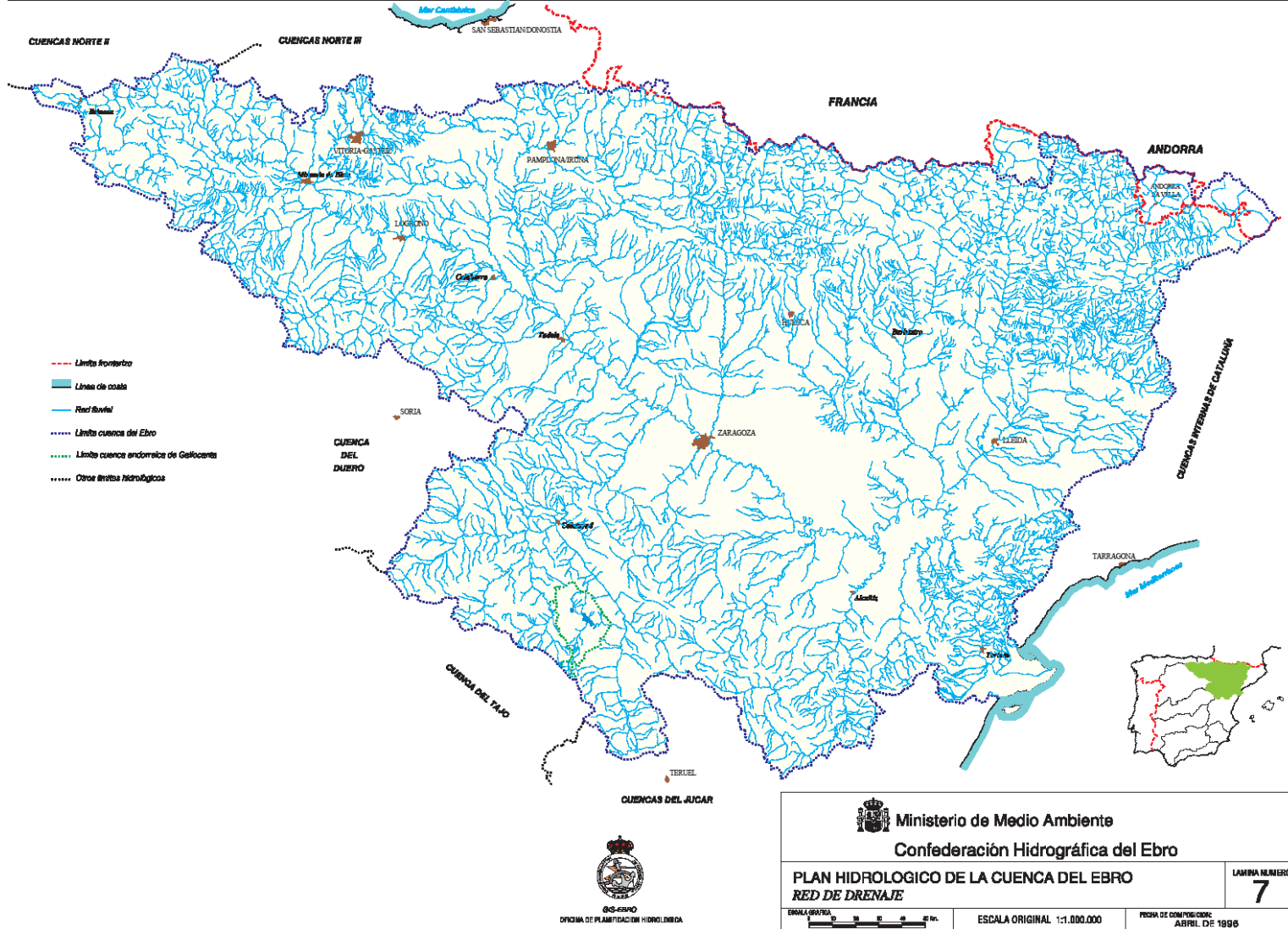
SECUENCIAL
Entrada/salida/flujo

DINÁMICO
Entradas/movimientos
internos/salidas

ABIERTO
Entrada y salida de
materia y energía

Vertiente hidrográfica: conjunto de cuencas hidrográficas cuyas aguas son vertidas (por su red fluvial) a un mismo mar u océano.





Red fluvial: Conjunto de cauces o cursos fluviales ubicados en el interior de una cuenca, a través de los cuales se produce el drenaje de ésta.

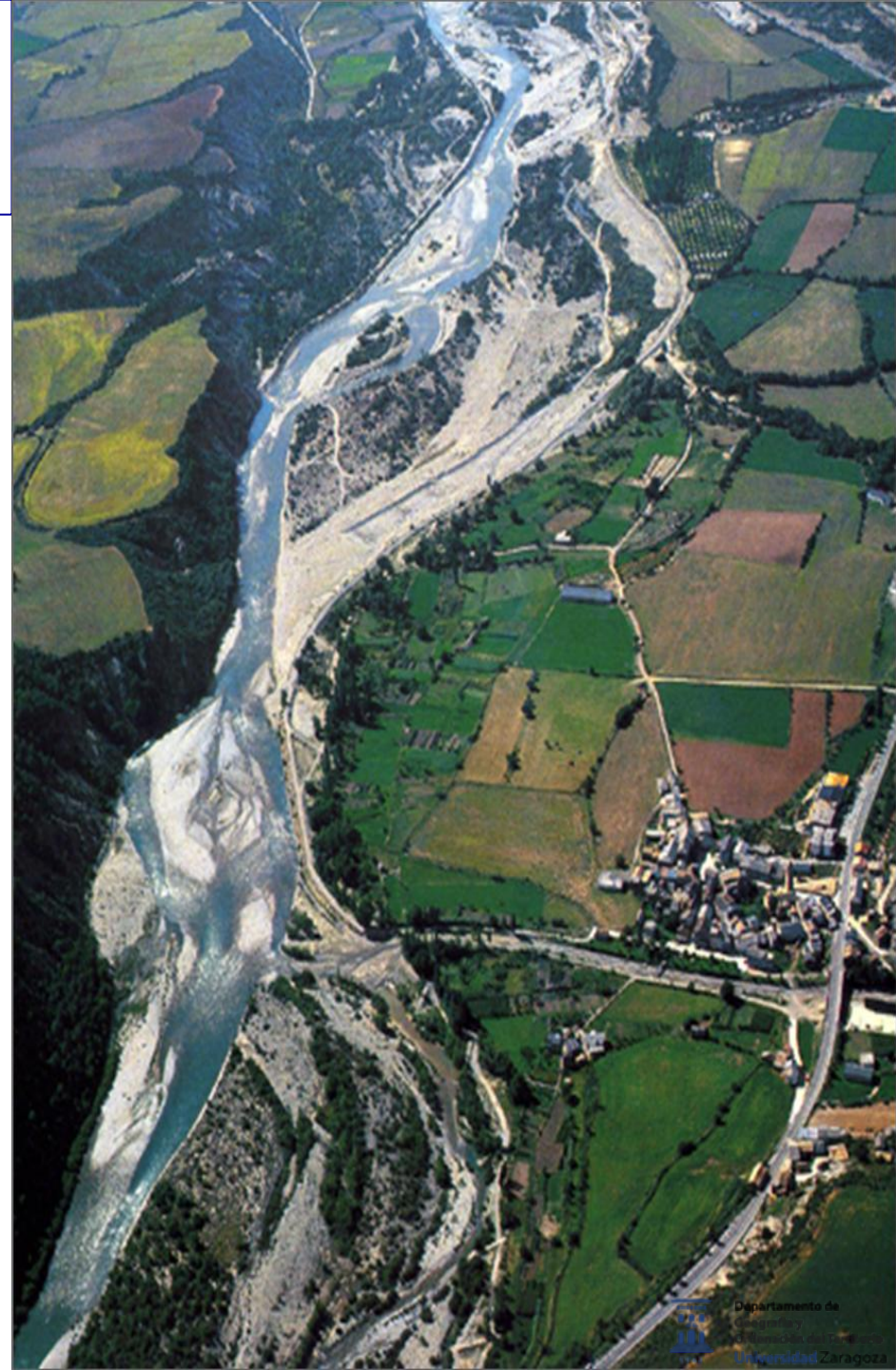
Análisis descriptivo

Análisis cuantitativo: morfometría fluvial

¿Cuál es la función de la red fluvial en el planeta?

Son las arterias naturales del territorio, arterias por las que circulan agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos conformando un eficiente sistema de transporte desde cada rincón del continente hasta los océanos.

Los ríos cumplen funciones hidrogeomorfológicas y ecológicas, siendo muy eficientes para el planeta, por lo que esas funciones son valores a proteger.

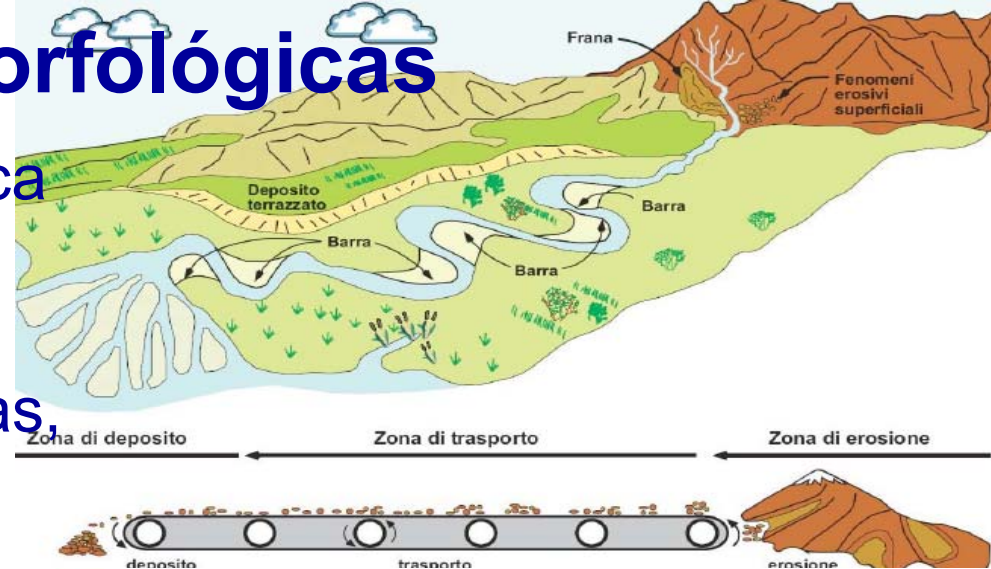


Funciones hidrogeomorfológicas

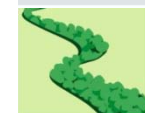
- Transporte: evacuación hídrica y de la erosión continental
- Auto-regulación: de caudales extremos, de aguas subterráneas,

almacenamiento y clasificación de sedimentos

- Regulación marina: salinidad, nutrientes, dinámica litoral, playas



Rinaldi, M.; Surian, N.; Comiti, F.; Bussettini, M. (2010): *Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 191 p., Roma



Habitat



Filter



Barrier



Source



Conduit



Sink

Funciones ecológicas

- Hábitat de especies
- Corredor ecológico (desplazamiento)
- Corredor bioclimático en zonas áridas

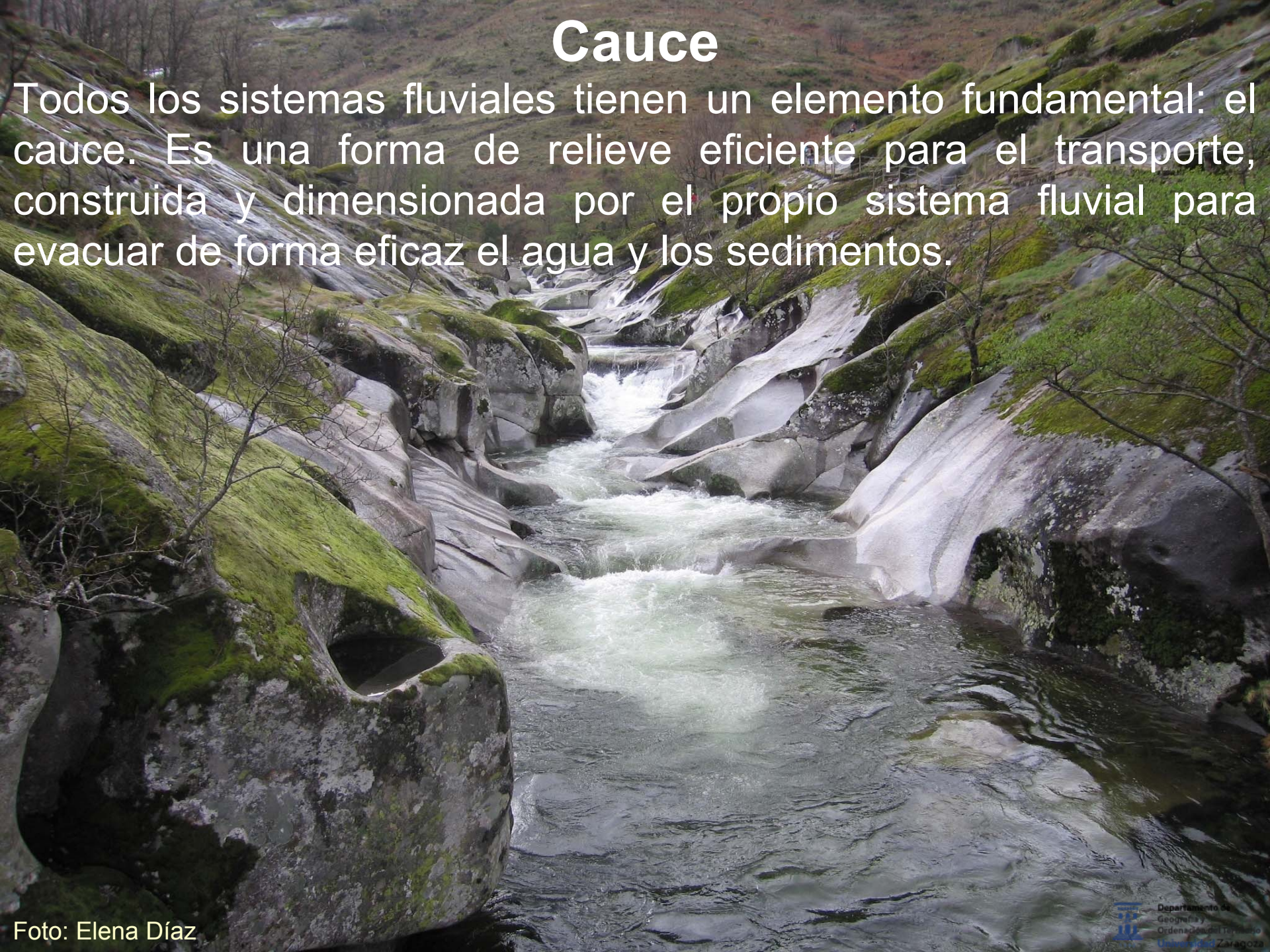
Sistemas fluviales

La **red fluvial** está conformada por incisiones, cárcavas, barrancos, torrentes, arroyos, ramblas, ríos... Todos son diferentes pero realizan las mismas funciones y tienen el mismo valor. Sus diferencias son cuestión de escala, del lugar en que se encuentran (montañas, zonas áridas, etc.).



Cauce

Todos los sistemas fluviales tienen un elemento fundamental: el cauce. Es una forma de relieve eficiente para el transporte, construida y dimensionada por el propio sistema fluvial para evacuar de forma eficaz el agua y los sedimentos.



El cauce ha sido dimensionado por el río o el barranco para que quepa en él la crecida de frecuencia anual.

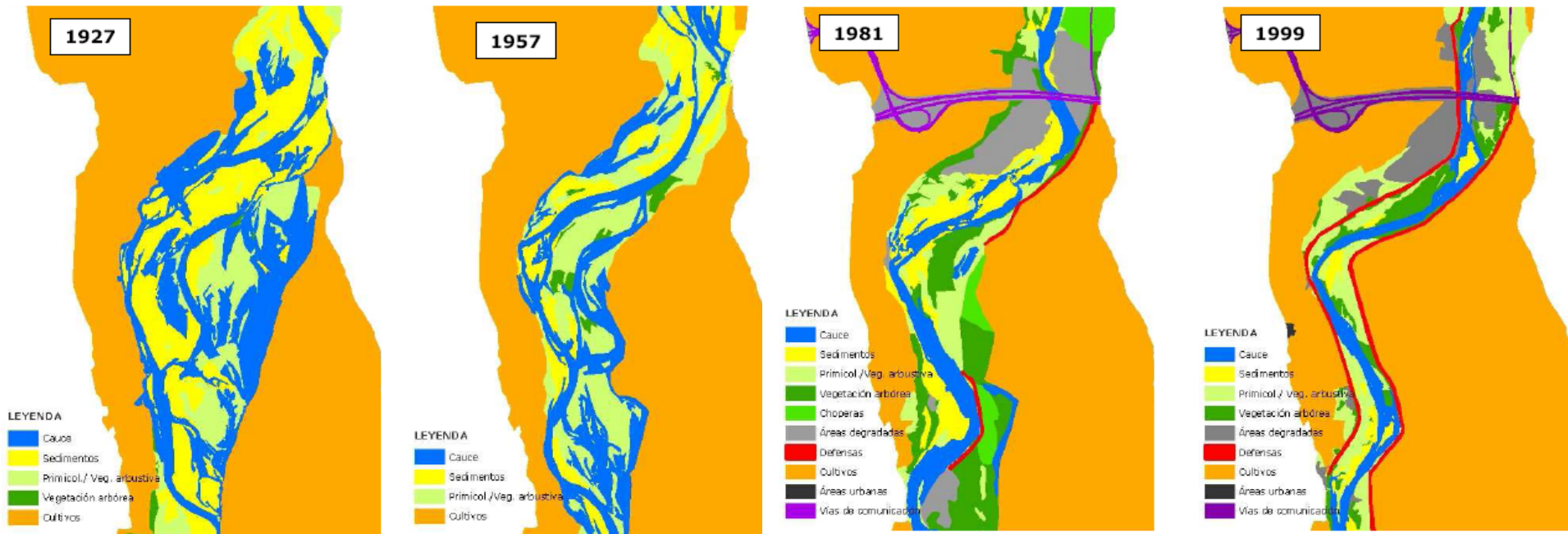


Los cauces están en continuo cambio (dinámica fluvial).

Ningún sistema natural cambia tanto y tan rápido.

Las causas de estos cambios pueden ser:

- naturales (como la dinámica de meandros)
- cambio global (clima, cuenca, regulación), que origina ajustes lentos en los cauces
- impactos locales, que generan respuestas bruscas



Acín, V., Ollero, A. y Sánchez, M. (2005): *Evaluación del riesgo de inundación en Fraga por crecidas del Cinca. Propuesta de soluciones. Premio Félix de Azara.*

Tipos + cambio = enorme complejidad y diversidad

Caudal: Cantidad de agua que discurre por un río en un lugar y en un periodo de tiempo determinado. Se mide en m^3/sg .

Caudal específico: Cantidad de agua que discurre por un río en un lugar y periodo de tiempo determinados, puesta en relación con la extensión superficial de la cuenca. Se expresa en $\text{l}/\text{Km}^2/\text{sg}$.

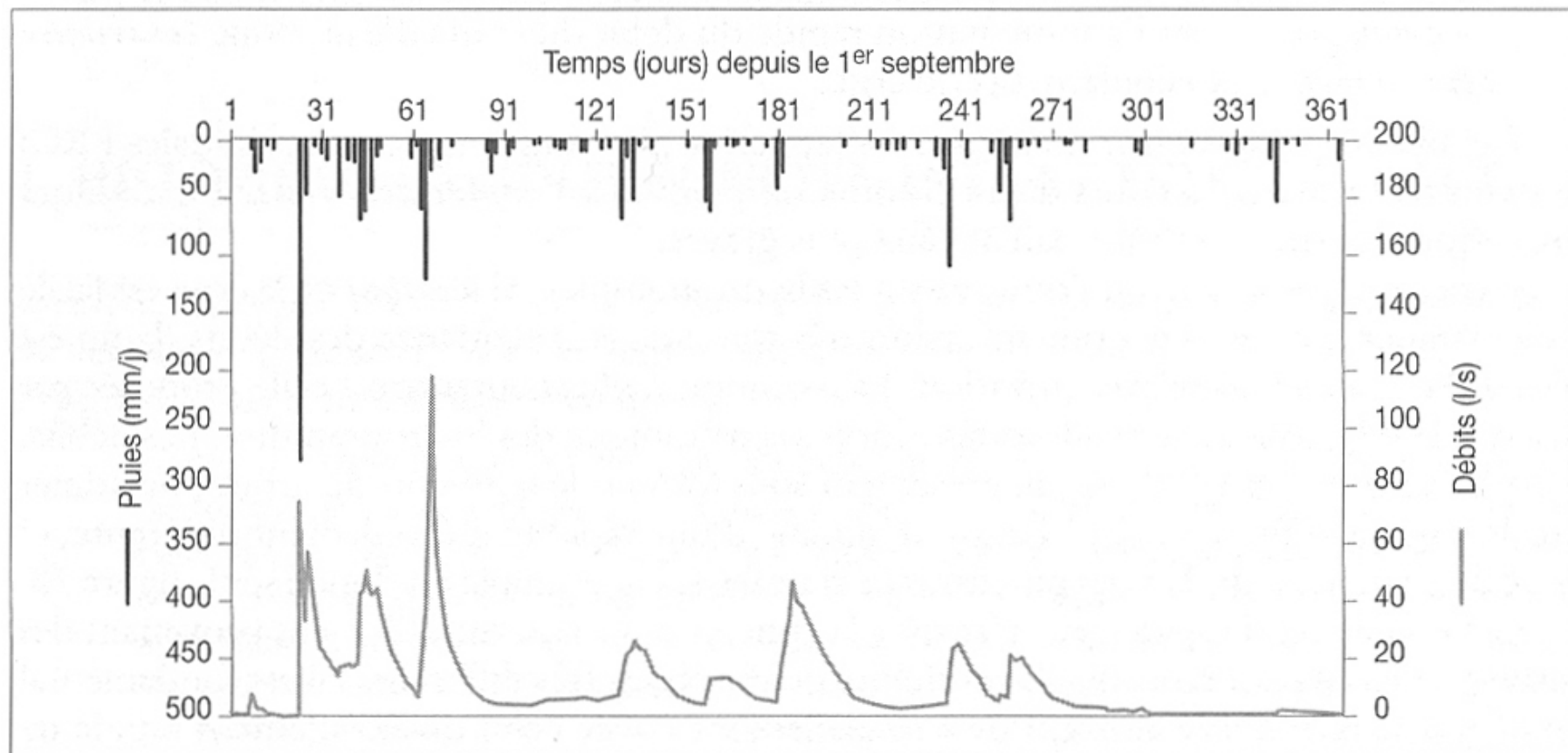
Caudal específico medio anual	< 5	-----	débil
	5 – 15	-----	medio
	15 – 40	-----	fuerte
	> 40	-----	muy fuerte

Aportación: Volumen total de agua que discurre por un punto de un río durante un determinado periodo de tiempo (generalmente un mes o un año). Hm^3

Módulo o caudal modular: cantidad de agua que discurriría por un río si éste siempre llevara el mismo caudal. Se obtiene a partir de datos medios de series correspondientes al menos a 30 años.

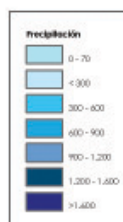
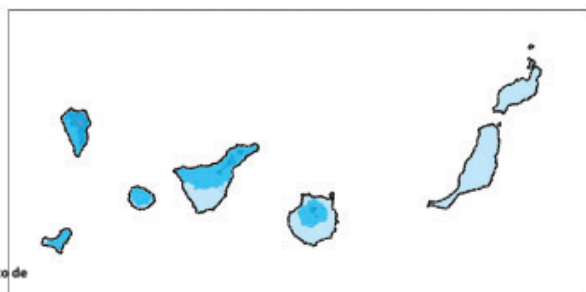
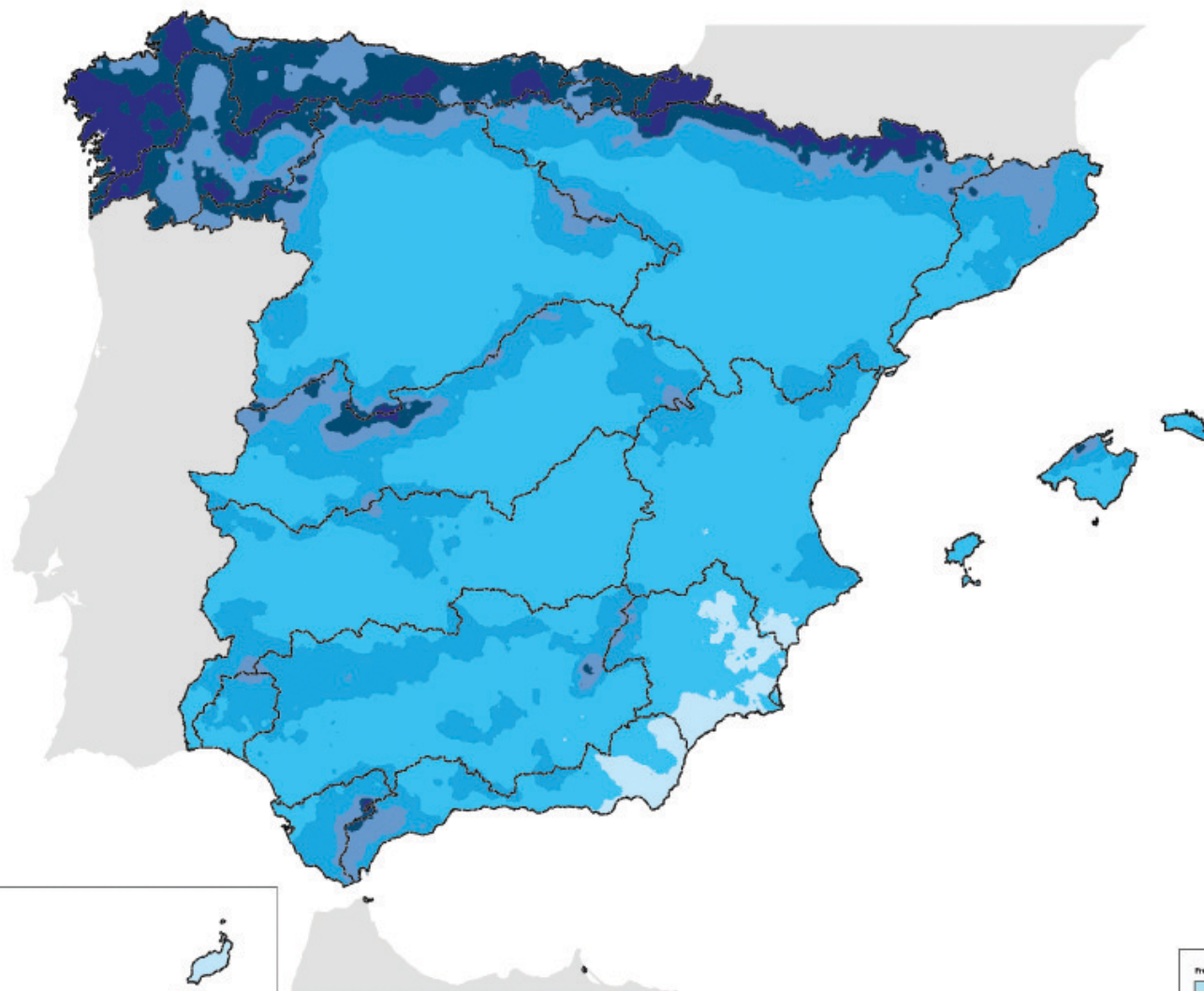
	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	Año11	Año12	Año13	Año14	Año15	Año16	Año17	Año18	Año19	Año20	Año21	Año22	Año23	Año24	Año25	Año26	Año27	Año28	Año29	Año30	
ENERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
FEBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
MARZO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
ABRIL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
MAYO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
JUNIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
JULIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
AGOSTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
SEPTIEMBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
OCTUBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
NOVIEMBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
DICIEMBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Media
																															MÓDULO

Relación lluvia-caudales



Pluies et débits journaliers pour le bassin de La Latte (mont Lozère, France) : année hydrologique de septembre 1993 à août 1994.

Cosandey, C. y Robinson, M. (2000)



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza



Secretaría de Estado
de Medio Rural y Agua
Dirección General del Agua
Subdirección General de Planificación
y Uso Sostenible del Agua

Título: Precipitación media anual en mm (período 1940/41-2005/06)

Ámbito:

España

Hoja:
1 de 1

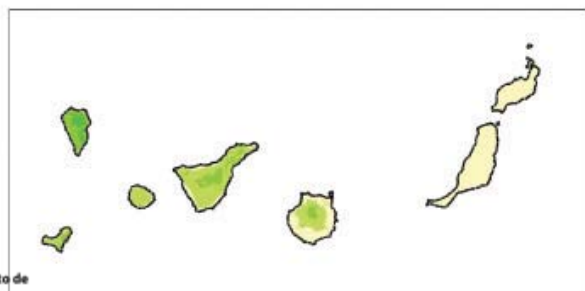
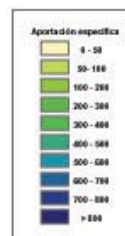
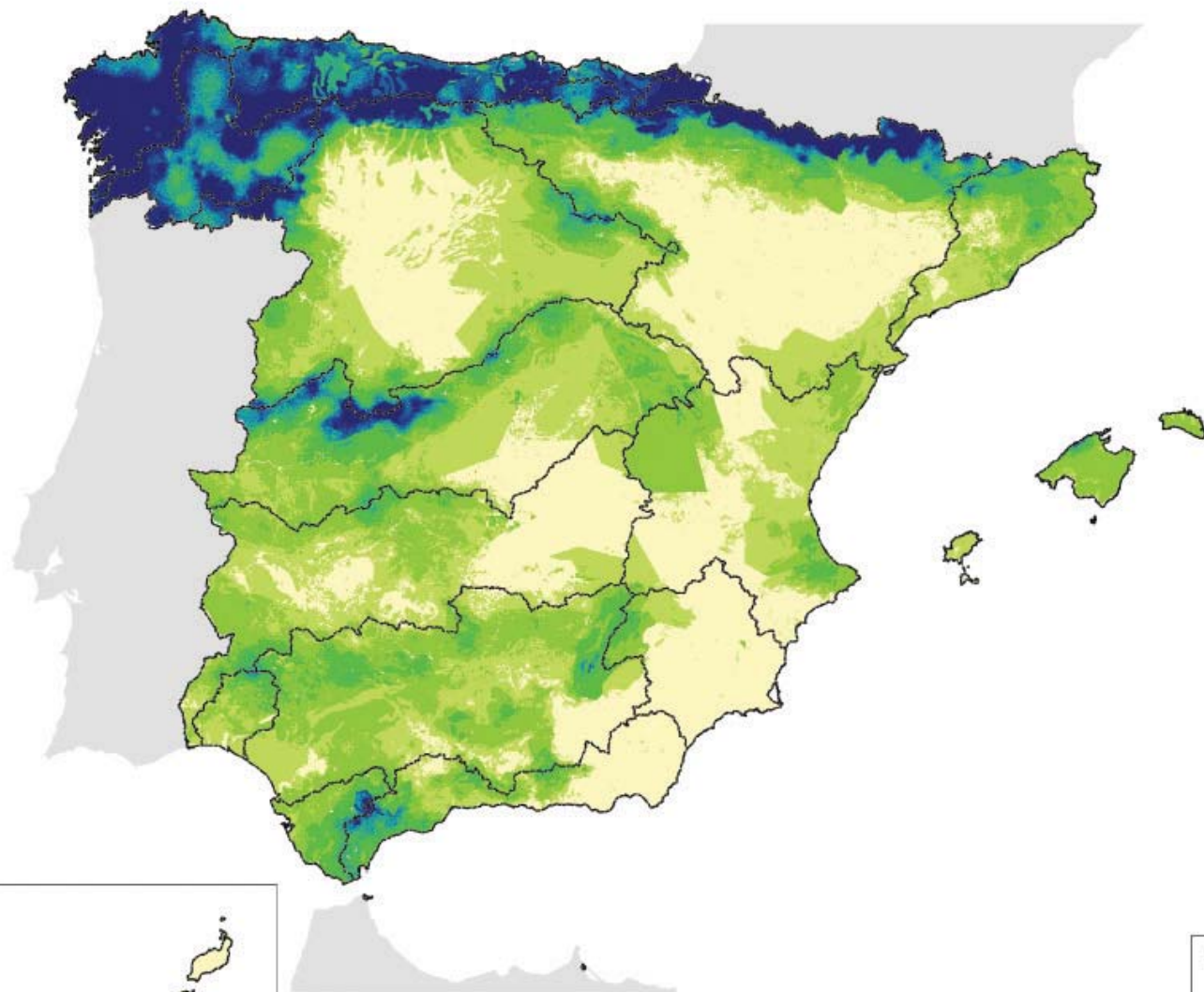
Cartografía base:
SIA - Sistema de Información del Agua
Escala Internacional, Proyección UTM,
Datum Europeo 1950, Huso 30

Escala:
1:4.500.000



Fecha: MARZO 2.008





Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Secretaría de Estado
de Medio Rural y Agua
Dirección General del Agua
Subdirección General de Planificación
y Uso Sostenible del Agua

Título: **Aportación específica media anual en mm (periodo 1940/41 - 2005/06)**

Ámbito:

España

Hoja:

1 de 1

Cartografía base:
SA - Sistema de Información del Agua
Escala Internacional, Proyección UTM,
Datum Europeo 1950, Zona 30

Escala:

1:4.500.000

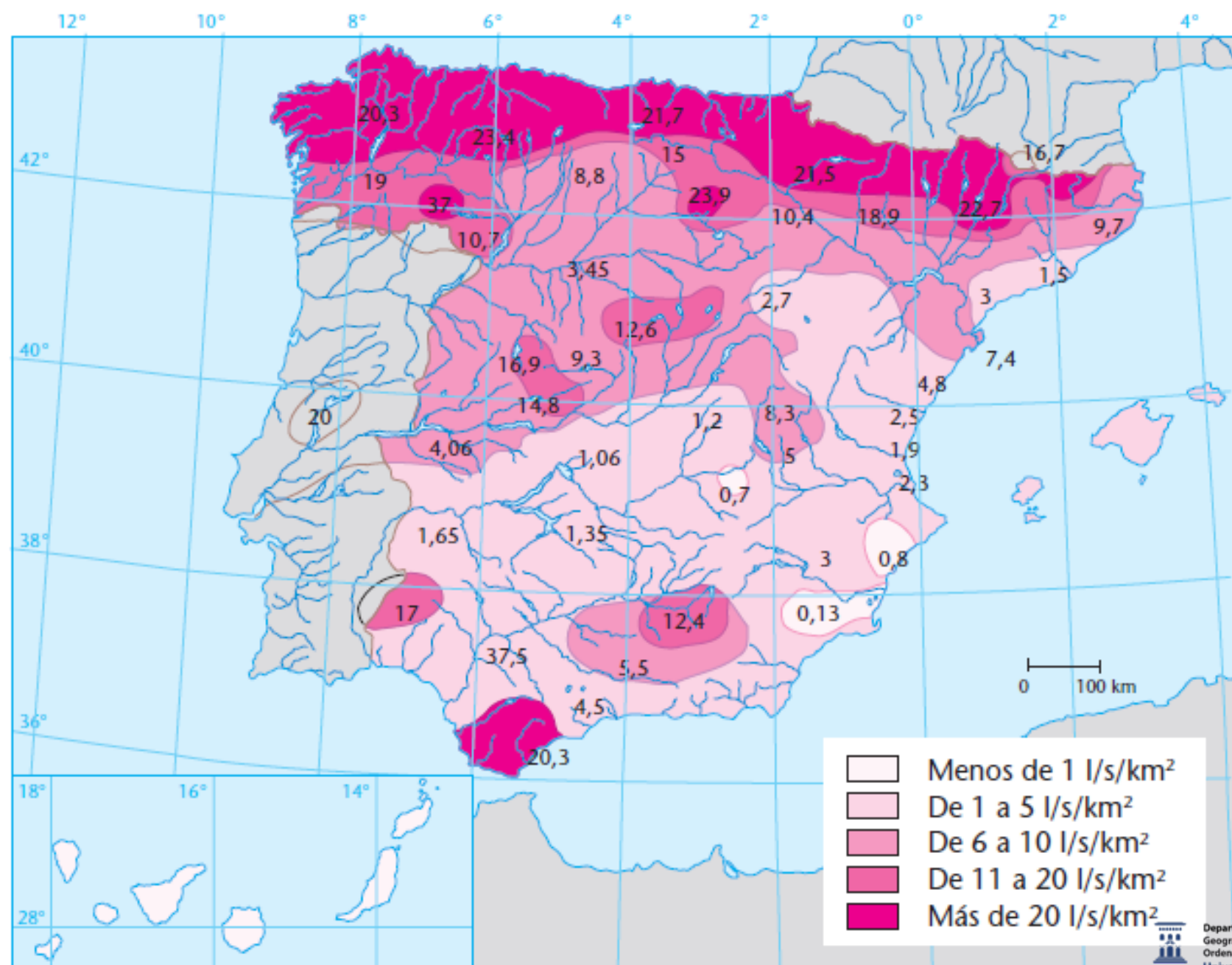


Fecha:

MARZO 2.008



Caudales relativos o específicos en España



$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} \times \text{Sección}$$

m^3/s m/s m^2



Caudal sólido

El agua al circular (caudal líquido) lleva materiales (sedimentos, materia orgánica, organismos vivos) que constituyen el caudal sólido. Estos materiales circulan:

- ▶ en suspensión: sedimentos finos y microorganismos procedentes de la cuenca (turbidez)
- ▶ como carga de fondo (a saltos, rodando): sedimentos gruesos (gravas, cantos, bloques) procedentes de la cuenca y del propio cauce.

En las estaciones de aforo se mide realmente el caudal total: líquido + sólido.

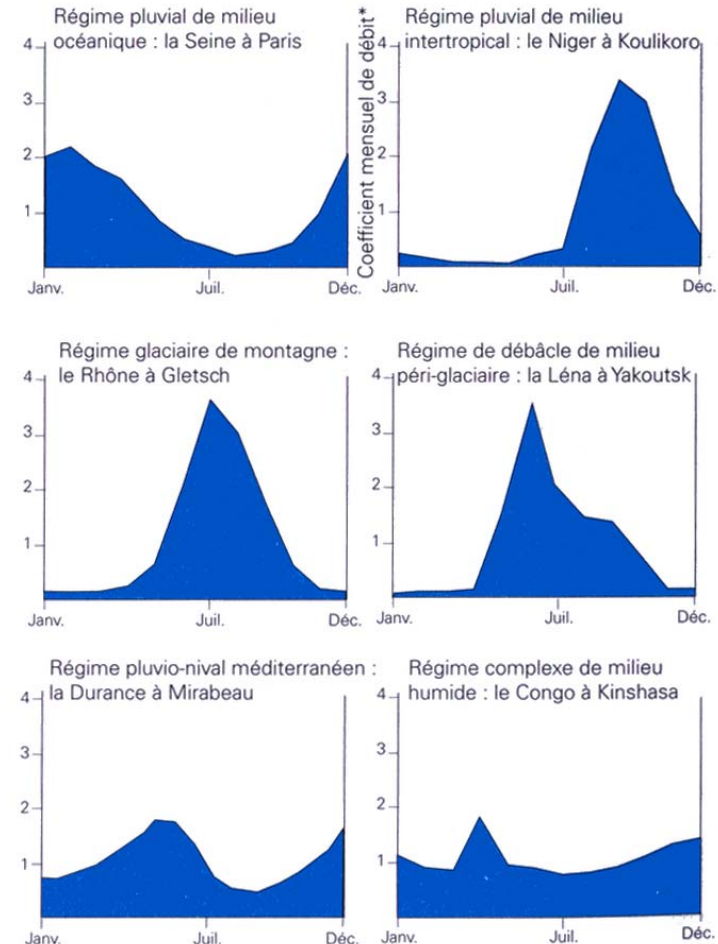
Cuanta más agua circula más caudal sólido circula también, de manera que en algunas crecidas el volumen de sedimentos puede alcanzar el 30% del total (flujo hiperconcentrado).

Para medir sólo el caudal sólido se emplean trampas de sedimentos, muestreo con escáneres, modelos matemáticos de transporte, etc.

Los caudales sólidos son clave para el buen estado ecológico.

Las variaciones estacionales de caudal definen el **régimen fluvial**. Son reflejo directo de las variaciones climáticas, pero están influenciadas por otros factores (relieve, suelo..)

Coefficiente de caudal: Relación o cociente entre el módulo anual y el caudal medio de cada mes, considerando una larga serie de años. Sus valores quedan comprendidos, habitualmente, entre 0,1 y 3.



* Coefficient mensuel de débit :
rapport entre le débit moyen mensuel et le module.

Gautier, E. y Touchart, L.

MAPA DE TIPOS DE RÉGIMENES FLUVIALES DE ESPAÑA.



— Límite de cuenca hidrográfica

Archipiélagos sin auténticos ríos

REGÍMENES FLUVIALES

DE MONTAÑA

Nival

Nivo-pluvial

Pluvio-nival

OCEÁNICO

Pluvial y pluvio-nival oceánico

MEDITERRÁNEO

Pluvial subtropical

Pluvial levantino



DE MONTAÑA

Nival y nival de transición

Nivo-pluvial y pluvio-nival

ATLÁNTICO

Pluvial y pluvio-nival oceánico

MEDITERRÁNEO

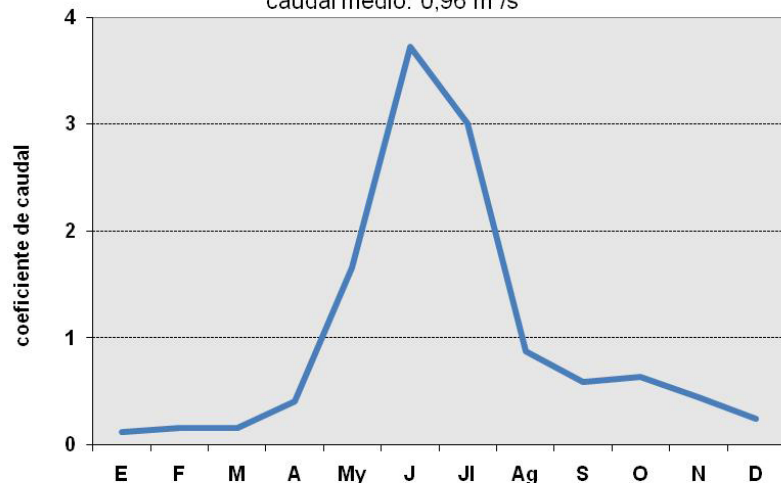
Pluvial mediterráneo o pluvial subtropical

0 100 200 300 km

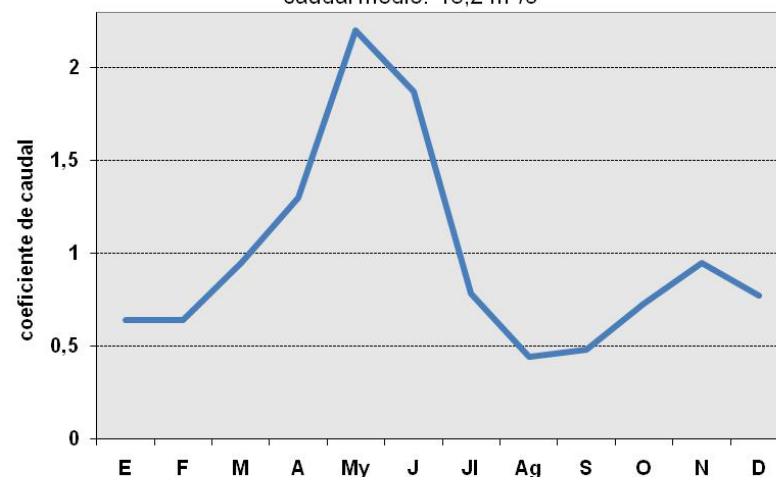
Fuente de información: Libro Blanco del Agua (Instituto de Estudios de las Aguas, 2007).
Elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente, 2007.
Elaborado por el Ministerio de España (IGN) y Equipo AGE



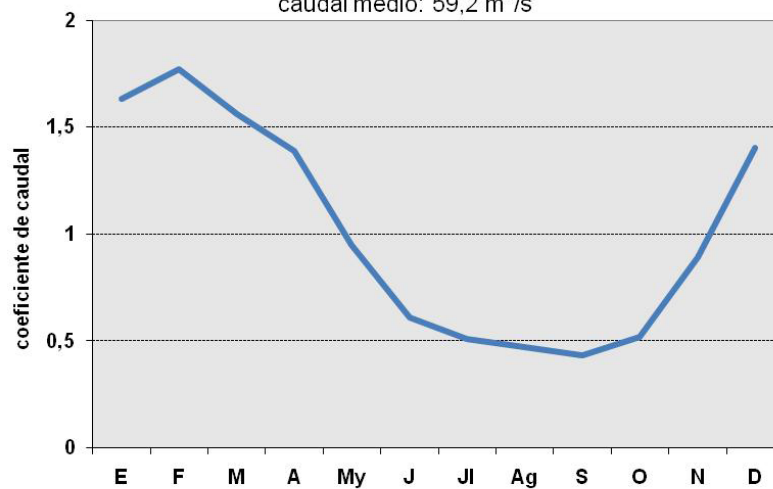
Régimen nival
Río Caldarés en Panticosa
 caudal medio: 0,96 m³/s



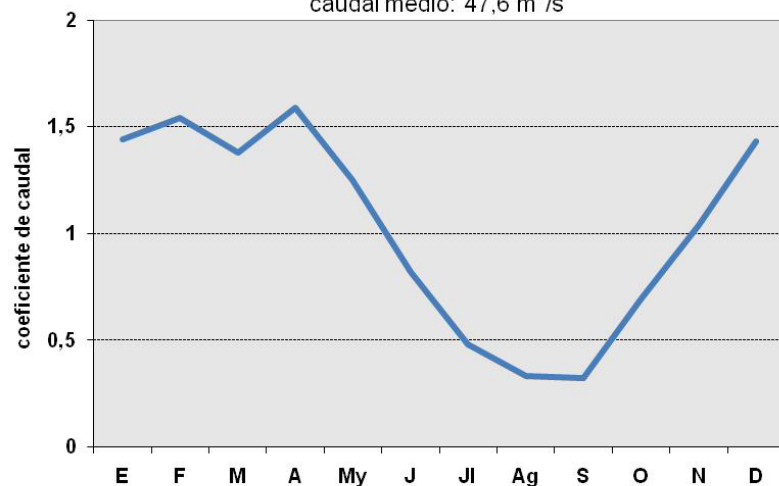
Régimen nivo-pluvial
Río Segre en La Seu d'Urgell
 caudal medio: 13,2 m³/s



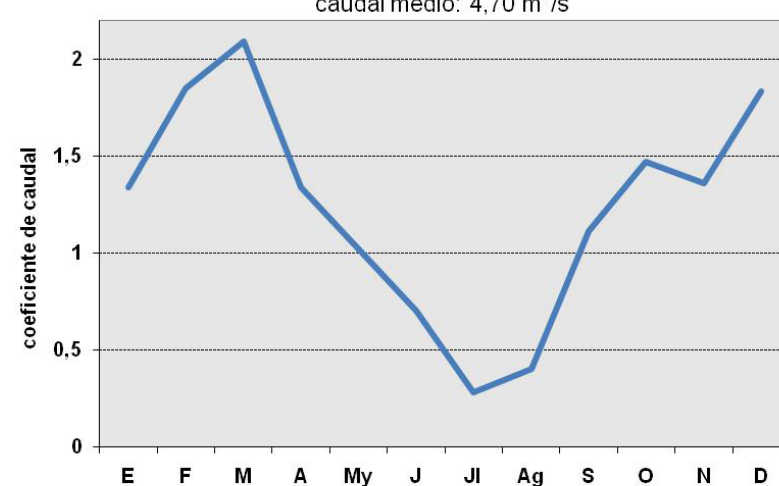
Régimen pluvio-nival
Río Ebro en Miranda
 caudal medio: 59,2 m³/s



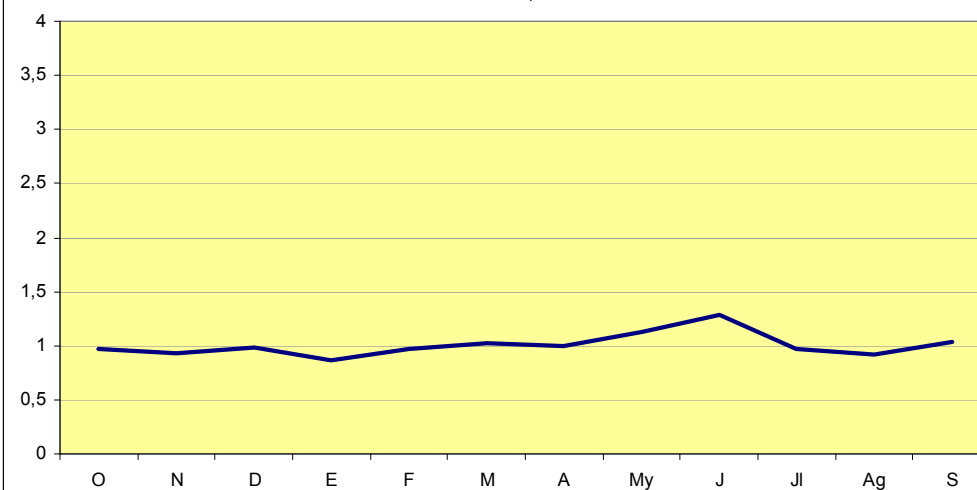
Régimen pluvial oceánico
Río Narcea en Requejo
 caudal medio: 47,6 m³/s



Régimen pluvial mediterráneo
Río Segura en Rojas
 caudal medio: 4,70 m³/s

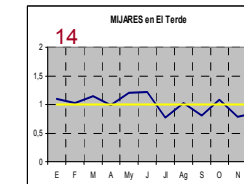
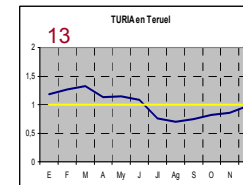
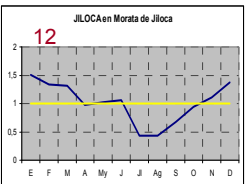
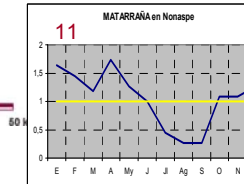
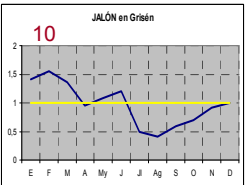
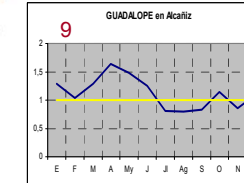
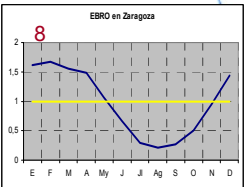
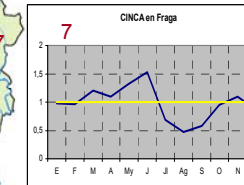
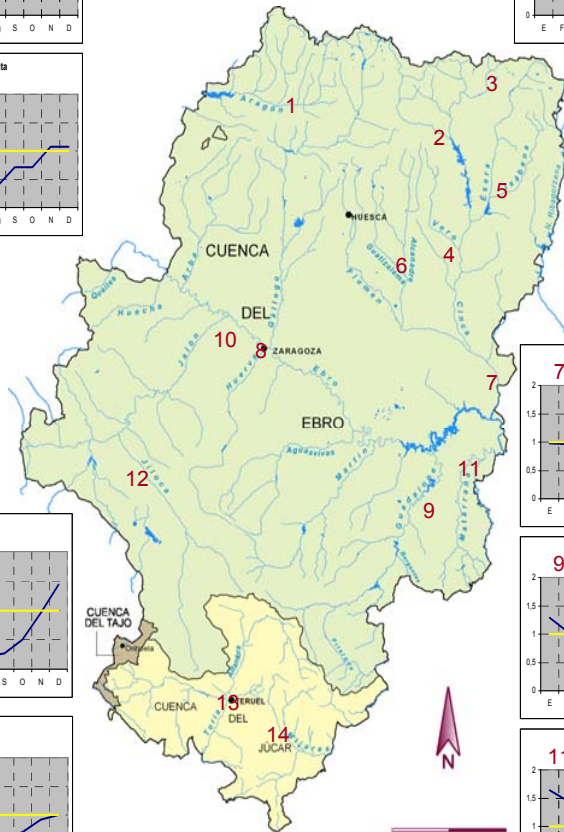
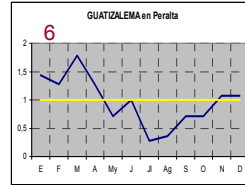
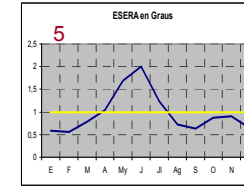
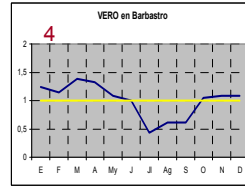
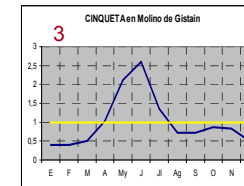
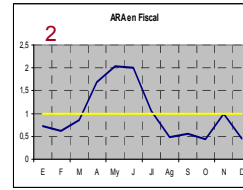
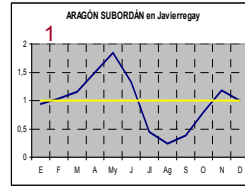


Río Mijares en Villareal
 caudal medio: 7,5 m³/s



Regímenes fluviales en Aragón.

Fuente: Sánchez, Ollero y
Del Valle (2004)



Alteraciones de caudalosidad y régimen

A lo largo de las últimas décadas se están constatando importantes alteraciones hidrológicas causadas por la actividad humana. Se manifiestan tanto en los volúmenes de agua que circulan por la red fluvial como en el régimen estacional.

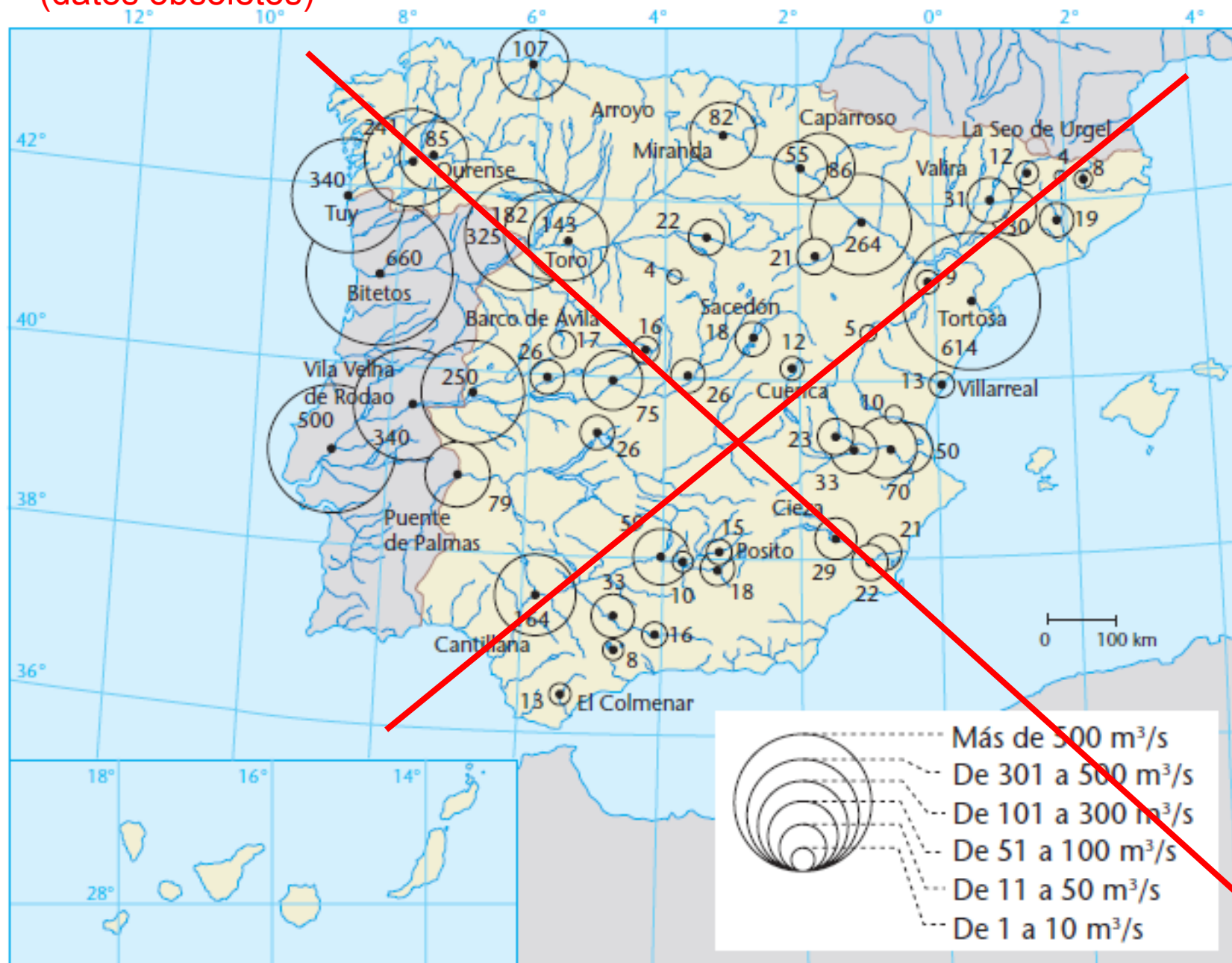
Hay tres **causas** fundamentales:

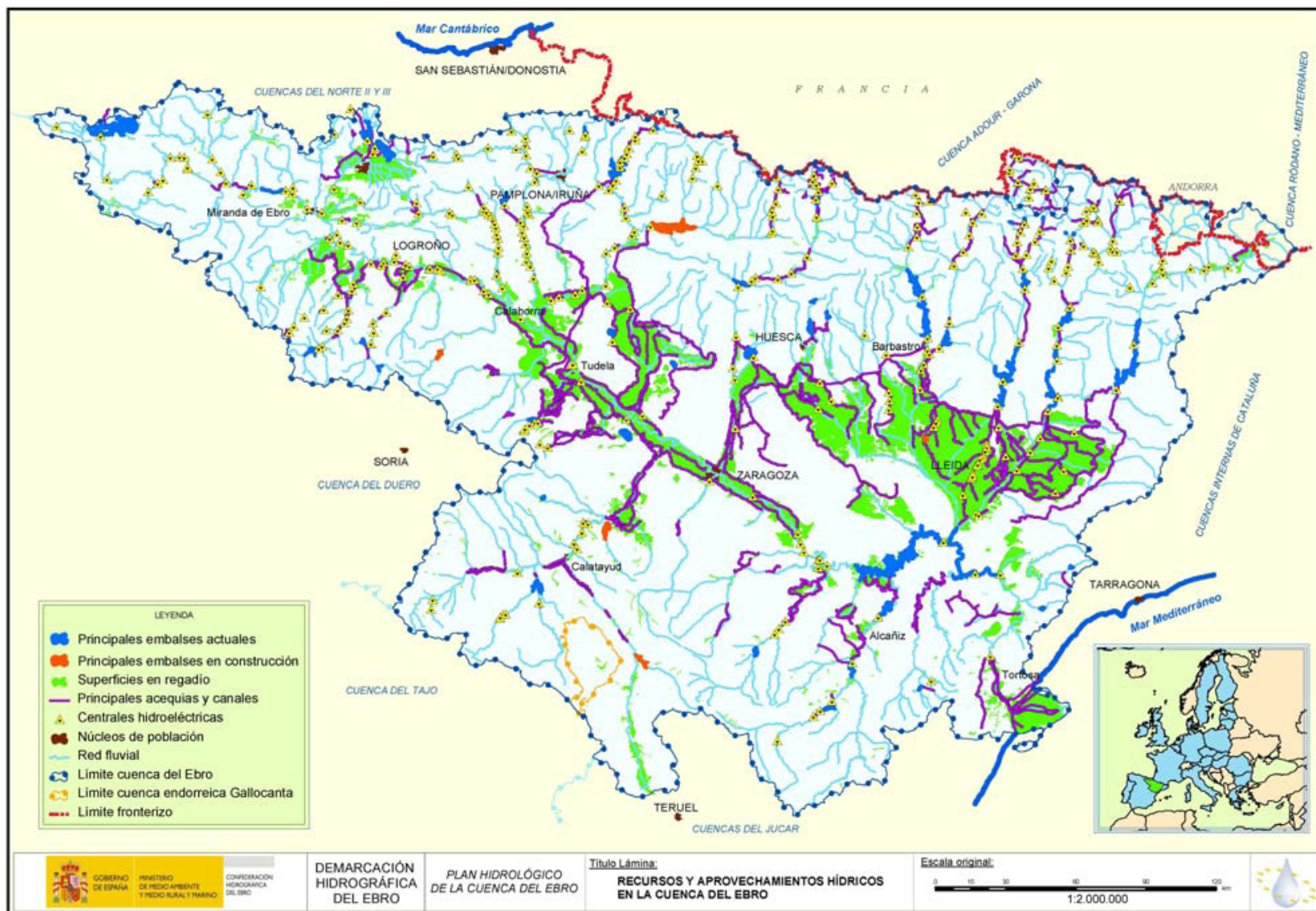
- ▶ **Cambio climático global**, aumento térmico que provoca incremento de la evaporación y reducción de la innivación.
- ▶ **Cambios en los usos del suelo**: recuperación del bosque en áreas de montaña, mucha evaporación desde regadíos.
- ▶ Y, **sobre todo, embalses y derivaciones** de caudal, que modifican totalmente las pautas hidrológicas naturales

Consecuencias principales: menos caudal (reducción constatada de un 20 a un 30% en todos los ríos de la cuenca del Ebro), menos crecidas, caudales invernales más bajos de lo normal y estivales más altos, menos movilización de sedimentos, más vegetación dentro del cauce y, como consecuencia, efectos graves de estrechamiento y encajamiento de cauces.

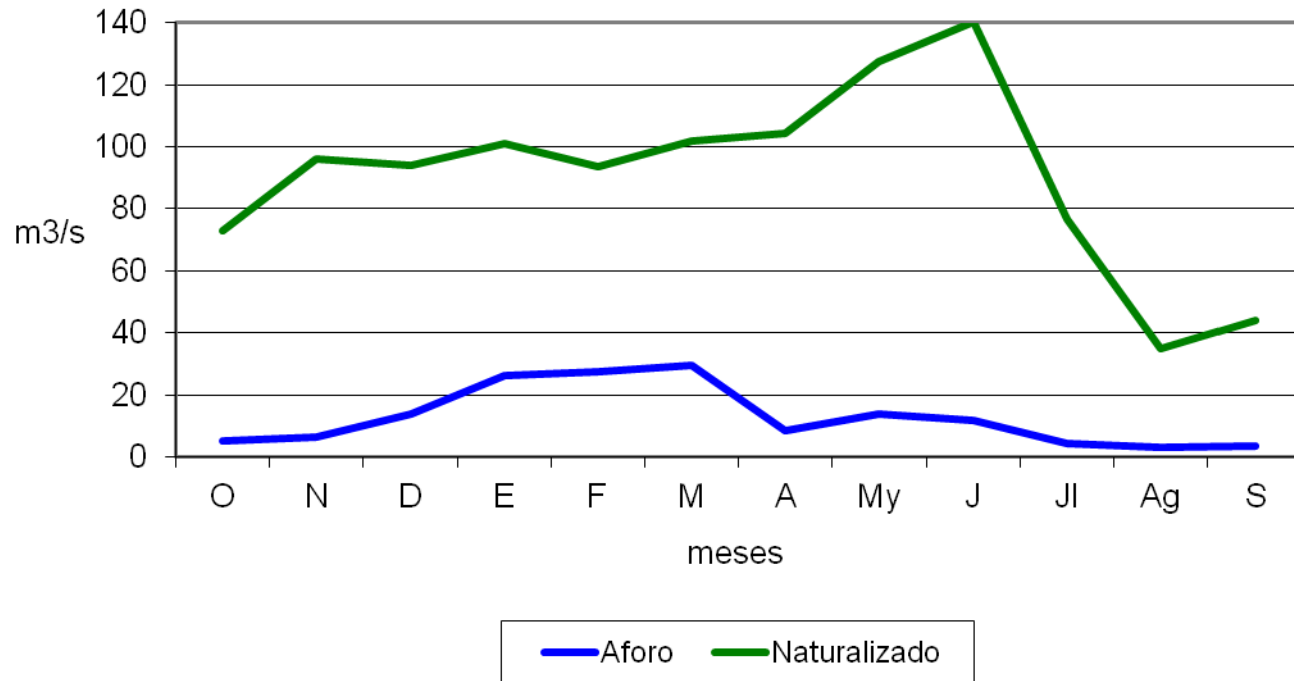
Caudales medios anuales en m³/s en la península Ibérica

(datos obsoletos)



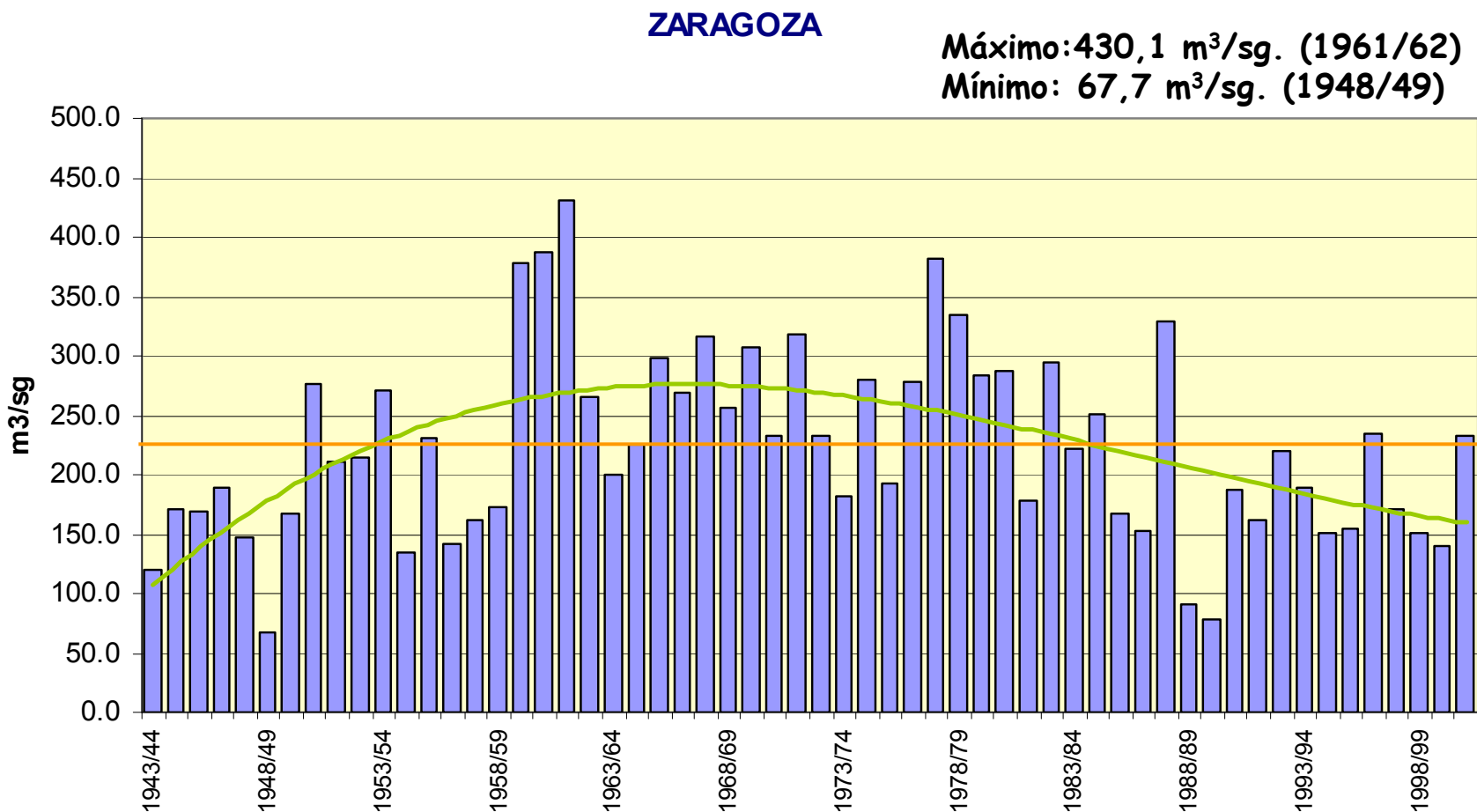


Río Gállego en Zaragoza



Irregularidad interanual

Variación experimentada por el caudal medio anual de un río, durante una larga serie de años.



	máximo	mínimo	Irregularidad
ARAGÓN - Caparroso	(65/66) 113,9	(89/90) 18,8	6,05
CINCA - Fraga	(68/69) 150,5	(48/49) 15,3	9,8
JALÓN - Grisén	(71/72) 13	(94/95) 0,3	43
MATARRAÑA - Nonaspe	(76/77) 4,4	(98/99) 0,3	44
NAJERILLA - Torremontalvo	(78/79) 28,3	(88/89) 3,3	8,5
NELA - Trespanerde	(82/83) 28,5	(88/89) 7,2	3,95
OCA - Oña	(77/78) 10,5	(81/82) 1,4	7,5
SEGRE - Serós	(59/60) 173	(86/87) 40,5	4,27

Los datos expresados por las gráficas, quedan sintetizados en los valores numéricos del **coeficiente de irregularidad** (caudal medio anual máximo / caudal medio anual mínimo)

Crecidas y estiajes

Crecida: Aumento repentino muy acentuado de caudal. Debe superarse al menos en 2 veces el módulo, si bien no existe un criterio único para establecer el umbral a partir del cual hablar de crecida.

Módulo: cantidad de agua que discurriría por un río si este siempre llevara el mismo caudal. Se obtiene a partir de datos medios de series correspondientes a 30 años.

Crecida $\neq$ Inundación

Origen de las crecidas:

- Precipitaciones de gran intensidad
- Otras causas naturales

Deshielo

Ruptura de arcos morrénicos

Ruptura de bloques o muros de hielo

Desprendimiento de laderas

Dinámica costera

-Causas antrópicas

Zonas urbanizadas

Deforestación y prácticas agrícolas

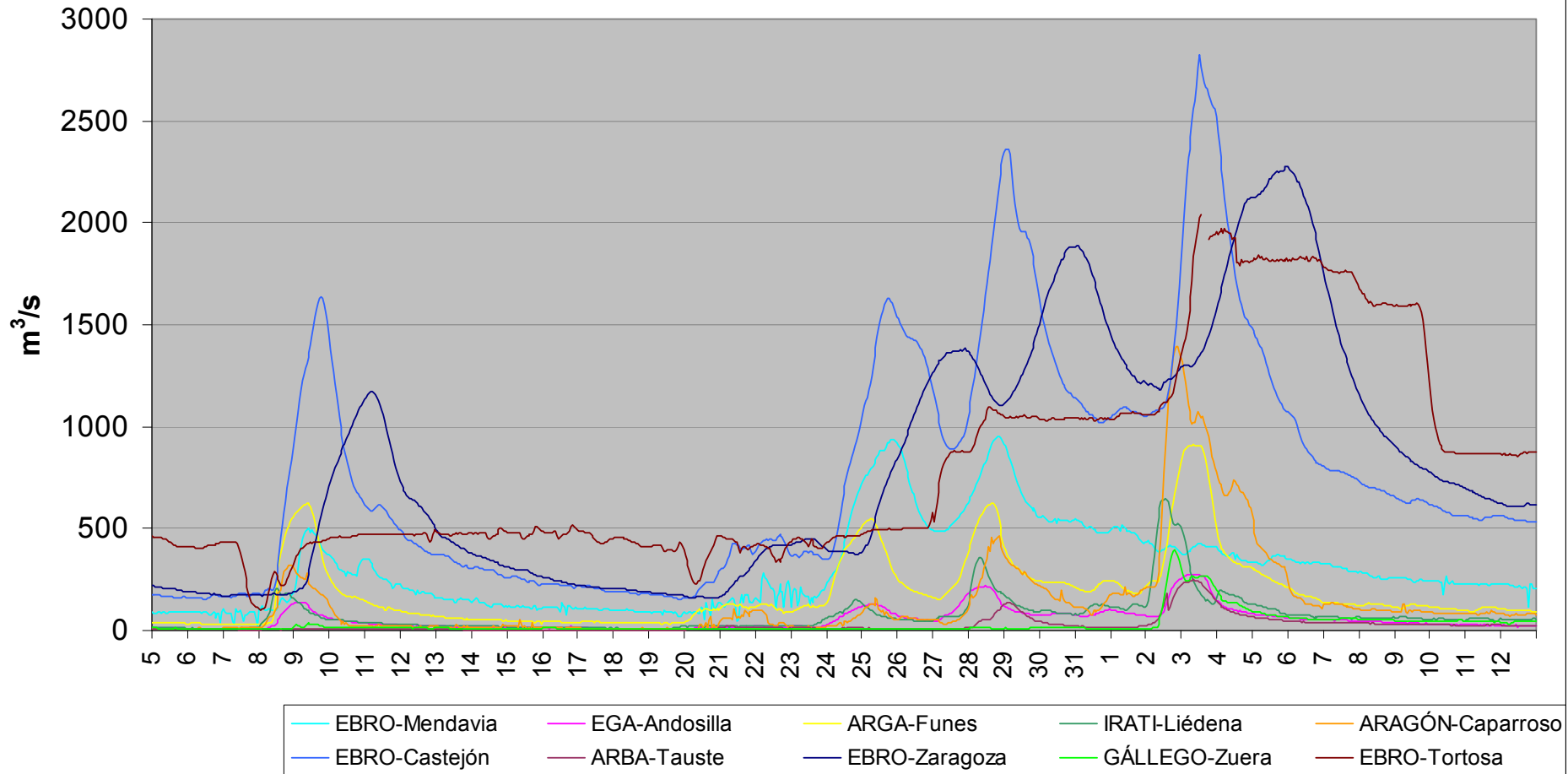
Canalización de cauces

Rotura de presas

Escombreras de minas



Crecida de marzo-abril de 2007

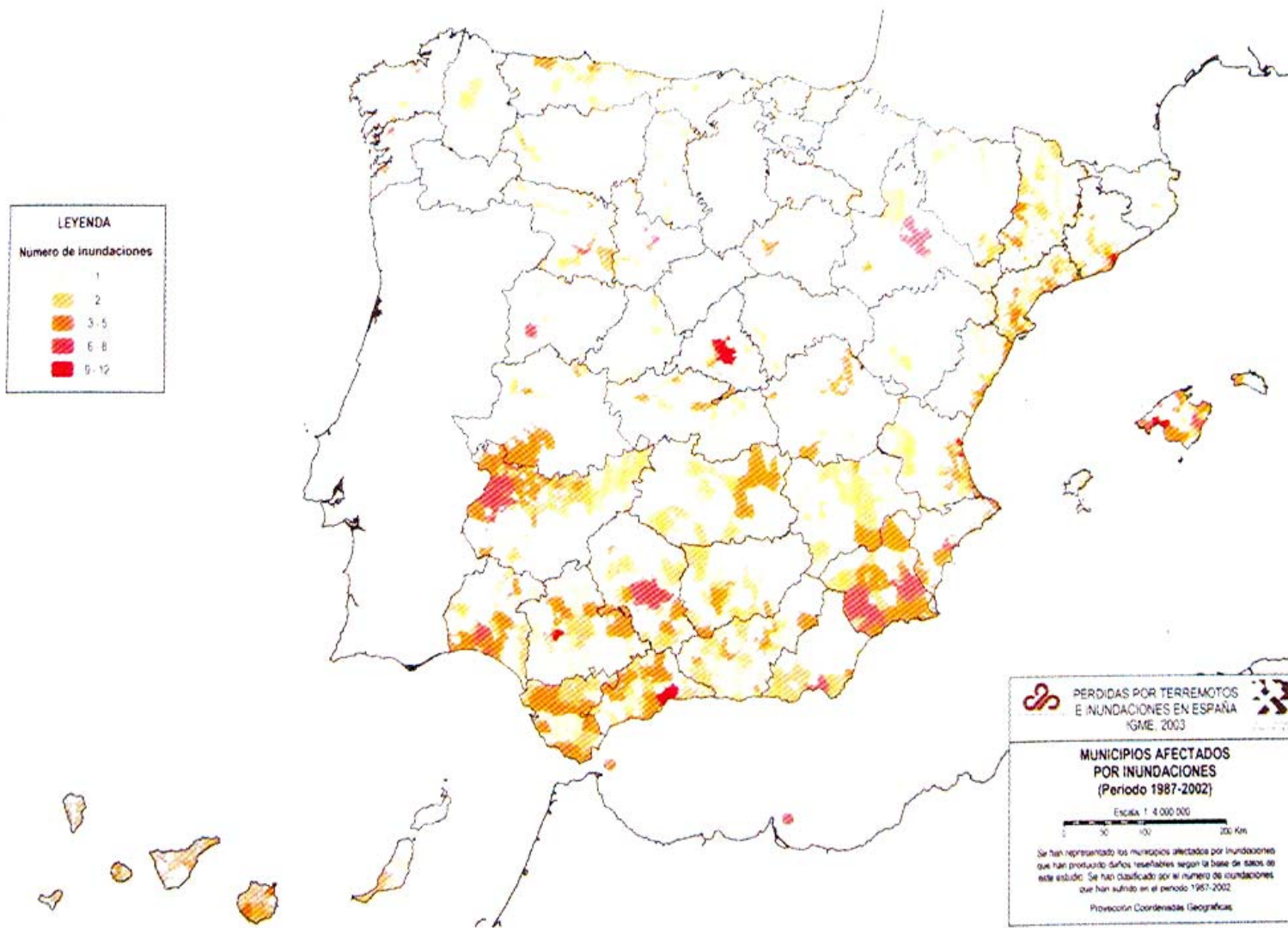


Crecida del río Ebro. Marzo 2007. Fuente datos: SAIH. Elaboración propia.



Crecida del río Ebro. Marzo 2007.





Mapa del número de inundaciones (en cinco clases) que afectaron a los municipios españoles en el periodo 1987-2002, a partir de la base de datos de eventos con daños reseñables (Ferrer et al., 2003 y 2004).

Díez, A. Laín, L. y Llorente, M. (2006)

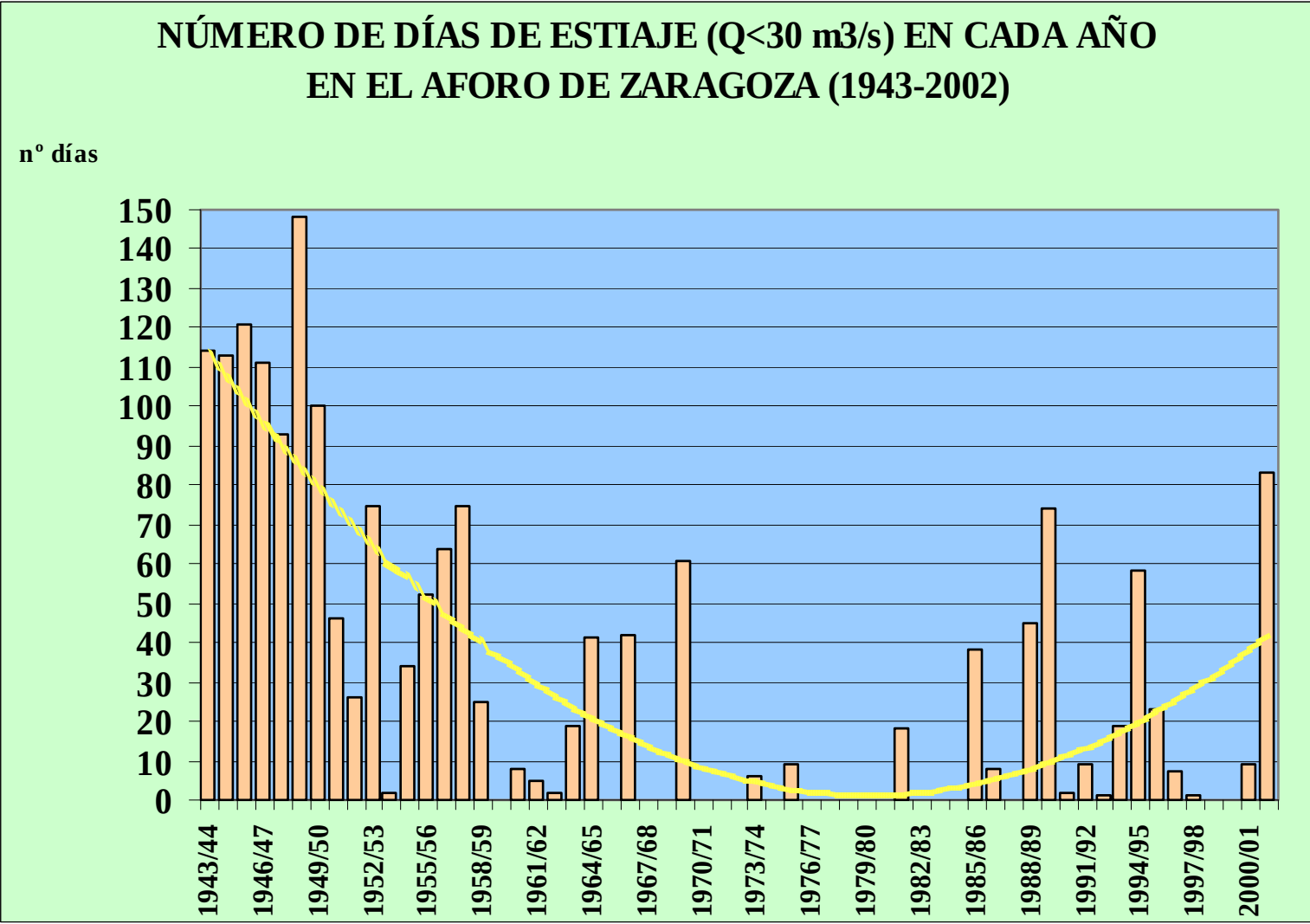
Aspectos positivos de crecidas e inundaciones

- ▶ Activan los procesos geomorfológicos en vertientes, conos y cauces
- ▶ Movilizan sedimentos
- ▶ Siguen “construyendo” el cauce
- ▶ Recargan las aguas subterráneas
- ▶ Crean nuevos hábitats
- ▶ Renuevan las poblaciones de seres vivos
- ▶ Distribuyen nutrientes y alimentos
- ▶ Fertilizan las llanuras de inundación
- ▶ Limpian los cauces
- ▶ Evitan o controlan el crecimiento de vegetación dentro del cauce
- ▶ Ralentizan la incisión o encajamiento del cauce
- ▶ Evitan especies invasoras
- ▶ Renuevan aguas estancadas

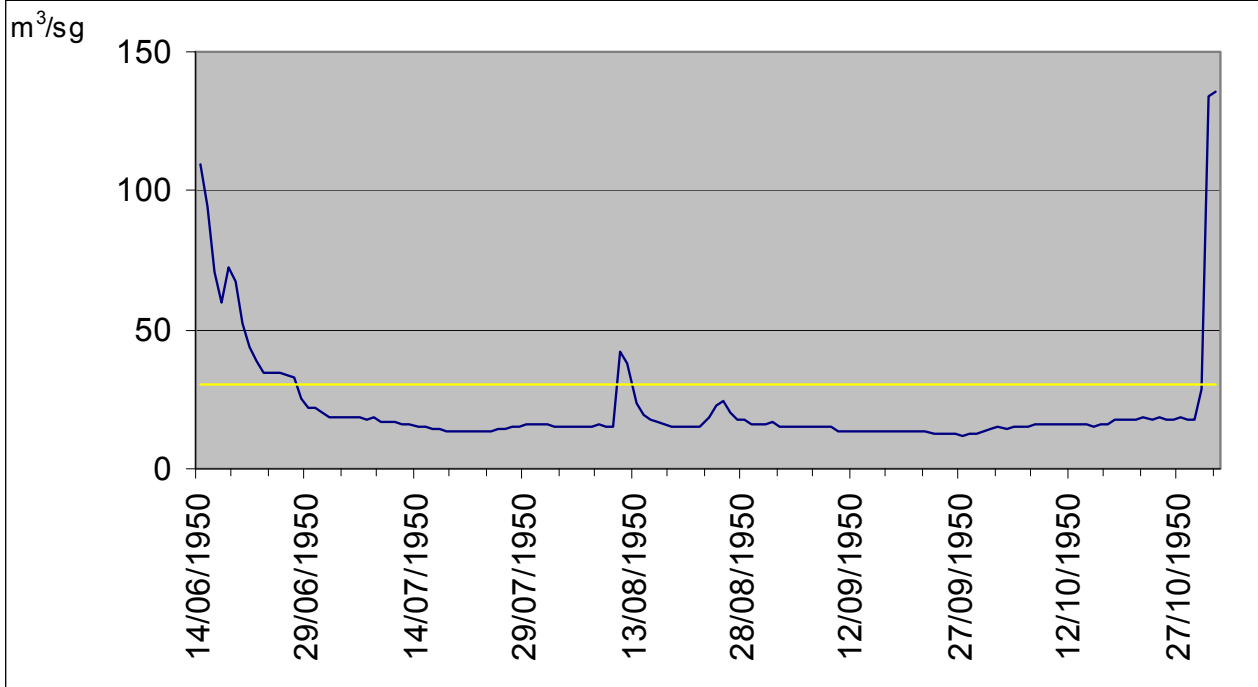


Descenso de caudal muy marcado, que en algunos casos lleva a aproximarse al nivel cero. Se considera que el descenso debe llegar al menos a la mitad del módulo

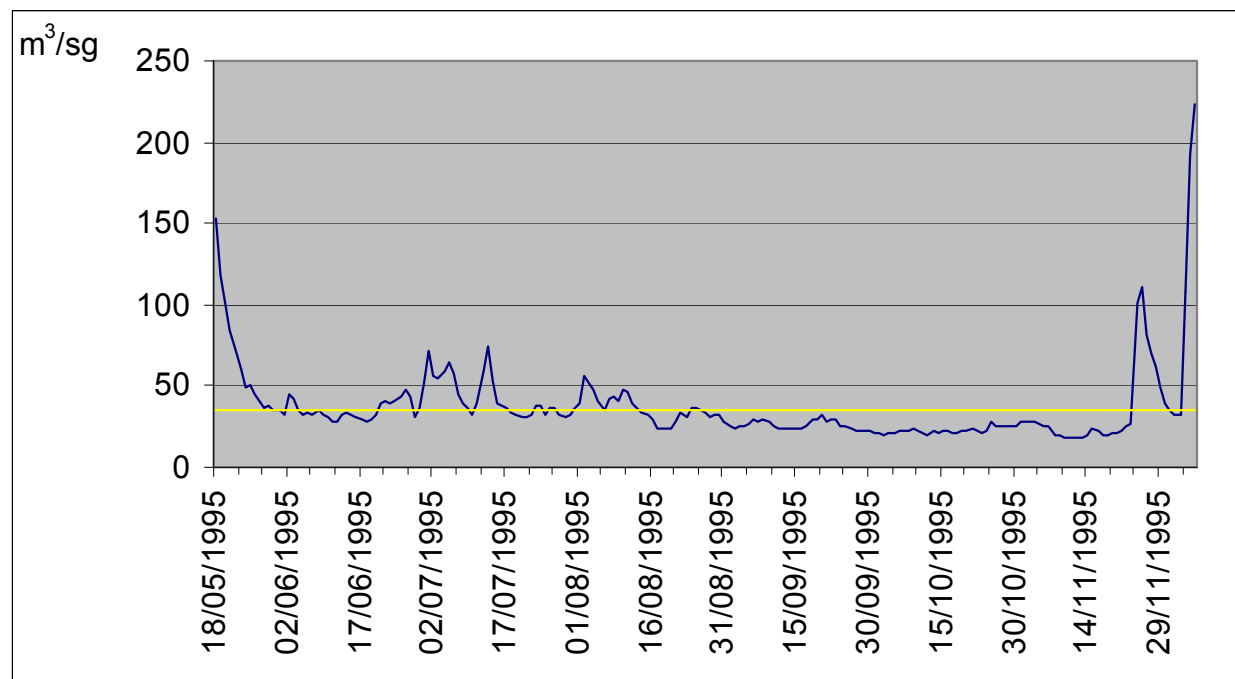
Estiajes



- * **Ámbito:** esencialmente el ámbito mediterráneo, aunque no exclusivamente.
- * **Causas:** la debilidad de los aportes pluviales, la potencia de la evapotranspiración y las necesidades de riego.
- * **Estacionalidad:** en torno al verano, pero puede adelantarse hasta mayo y prolongarse hasta diciembre si no llegan las lluvias otoñales.
- * **El estiaje absoluto: Incluso valores 0.** Ebro medio se registró en Zaragoza en septiembre de 1938 con $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Incluso en la cuenca alta hay estiajes marcados a pesar de la oceanidad.



Estiaje de 1950 en Zaragoza



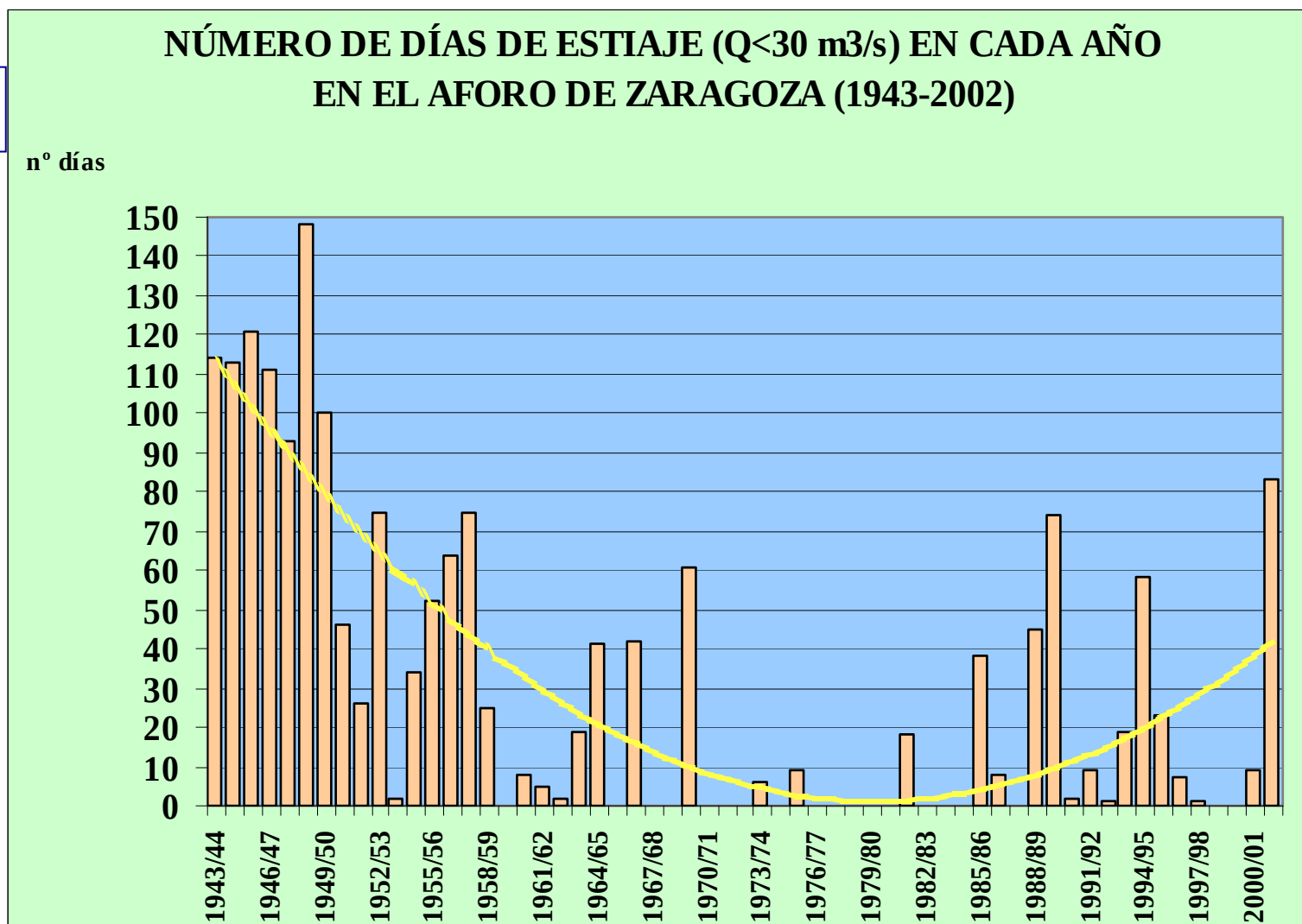
Estiaje de 1995 en Castejón

Aspectos positivos de crecidas e inundaciones

- ▶ Activan los procesos geomorfológicos en vertientes, conos y cauces
- ▶ Movilizan sedimentos
- ▶ Siguen “construyendo” el cauce
- ▶ Recargan las aguas subterráneas
- ▶ Crean nuevos hábitats
- ▶ Renuevan las poblaciones de seres vivos
- ▶ Distribuyen nutrientes y alimentos
- ▶ Fertilizan las llanuras de inundación
- ▶ Limpian los cauces
- ▶ Evitan o controlan el crecimiento de vegetación dentro del cauce
- ▶ Ralentizan la incisión o encajamiento del cauce
- ▶ Evitan especies invasoras
- ▶ Renuevan aguas estancadas

Descenso de caudal muy marcado, que en algunos casos lleva a aproximarse al nivel cero. Se considera que el descenso debe llegar al menos a la mitad del módulo

Estiajes



- * **Ámbito:** esencialmente el ámbito mediterráneo, aunque no exclusivamente.
- * **Causas:** la debilidad de los aportes pluviales, la potencia de la evapotranspiración y las necesidades de riego.
- * **Estacionalidad:** en torno al verano, pero puede adelantarse hasta mayo y prolongarse hasta diciembre si no llegan las lluvias otoñales.
- * **El estiaje absoluto: Incluso valores 0.** Ebro medio se registró en Zaragoza en septiembre de 1938 con $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Incluso en la cuenca alta hay estiajes marcados a pesar de la oceanidad.

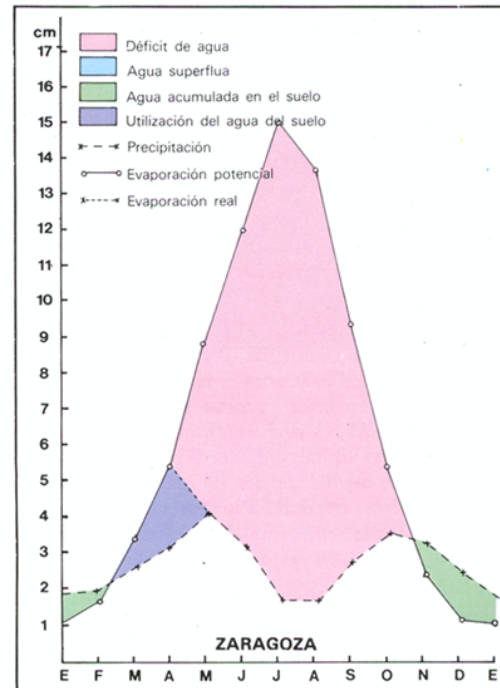
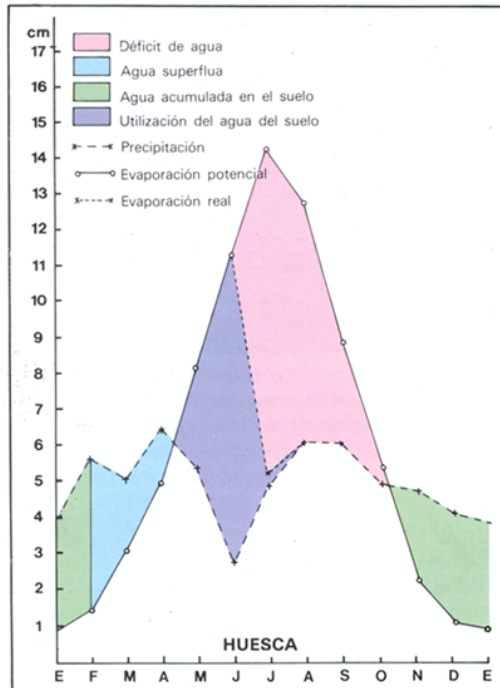
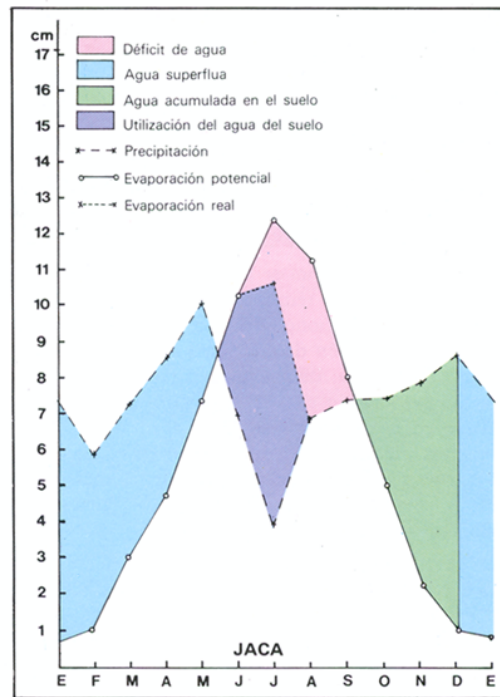
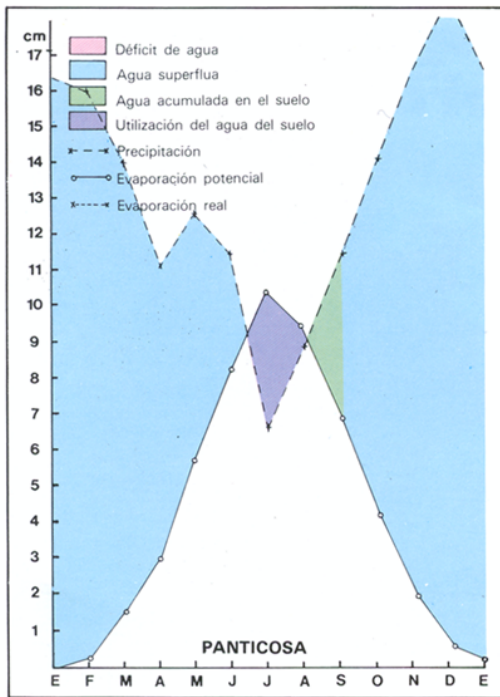
Balance hídrico

En la naturaleza, la disponibilidad de agua no siempre cubre las necesidades. El método más adecuado para determinar las disponibilidades de agua de una zona en un periodo concreto es el del **balance hídrico**, en cuya elaboración intervienen las siguientes variables:

- **Evapotranspiración**, que representa las salidas o consumos de agua.
- **Precipitación**, que es la aportación o entrada de agua.
- **Capacidad de almacenamiento de agua por el suelo**, que se determina en función de las características físicas de éste, especialmente de su textura. En la práctica, el balance se elabora para diferentes capacidades de retención (máxima cantidad de agua que puede retener el suelo), que en nuestras zonas suelen ser 75, 100 y 150 mm.

El agua retenida por el suelo constituye una reserva que o bien puede ser consumida, cuando la evapotranspiración es superior a la precipitación, o bien puede constituir un excedente.

Los balances hídricos se elaboran para un periodo determinado, normalmente un año, y se expresan o bien a través de fichas o bien a través de gráficos. Su objetivo es determinar los periodos de déficit o excedente de agua.



Ascaso y Cuadrat, 1981