

# **¿Qué caudales ambientales mejoran el funcionamiento de un río?**

Fernando Magdaleno Mas  
CEDEX

# Nuevo contexto normativo

- Cambios normativos en Europa:
  - Directiva Marco del Agua (2000/60/CE)
  - Directiva de Inundaciones (2007/60/CE)
  - Directiva Hábitat (92/43/CEE)
  - Directiva sobre Normas de Calidad Ambiental (2008/105/CE)
- Cambios normativos en España:
  - Modificaciones de la Ley de Aguas (RDL 1/2001)
  - Modificación del Plan Hidrológico Nacional (L 11/2005)
  - Reglamento de Planificación Hidrológica (R.D. 907/2007) e Instrucción Técnica de Planificación (ARM/2656/2008)
  - Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 9/2008)
  - Transposición al ordenamiento español de las directivas europeas



*Los caudales ecológicos deben mantener como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.*





**CEDEX**





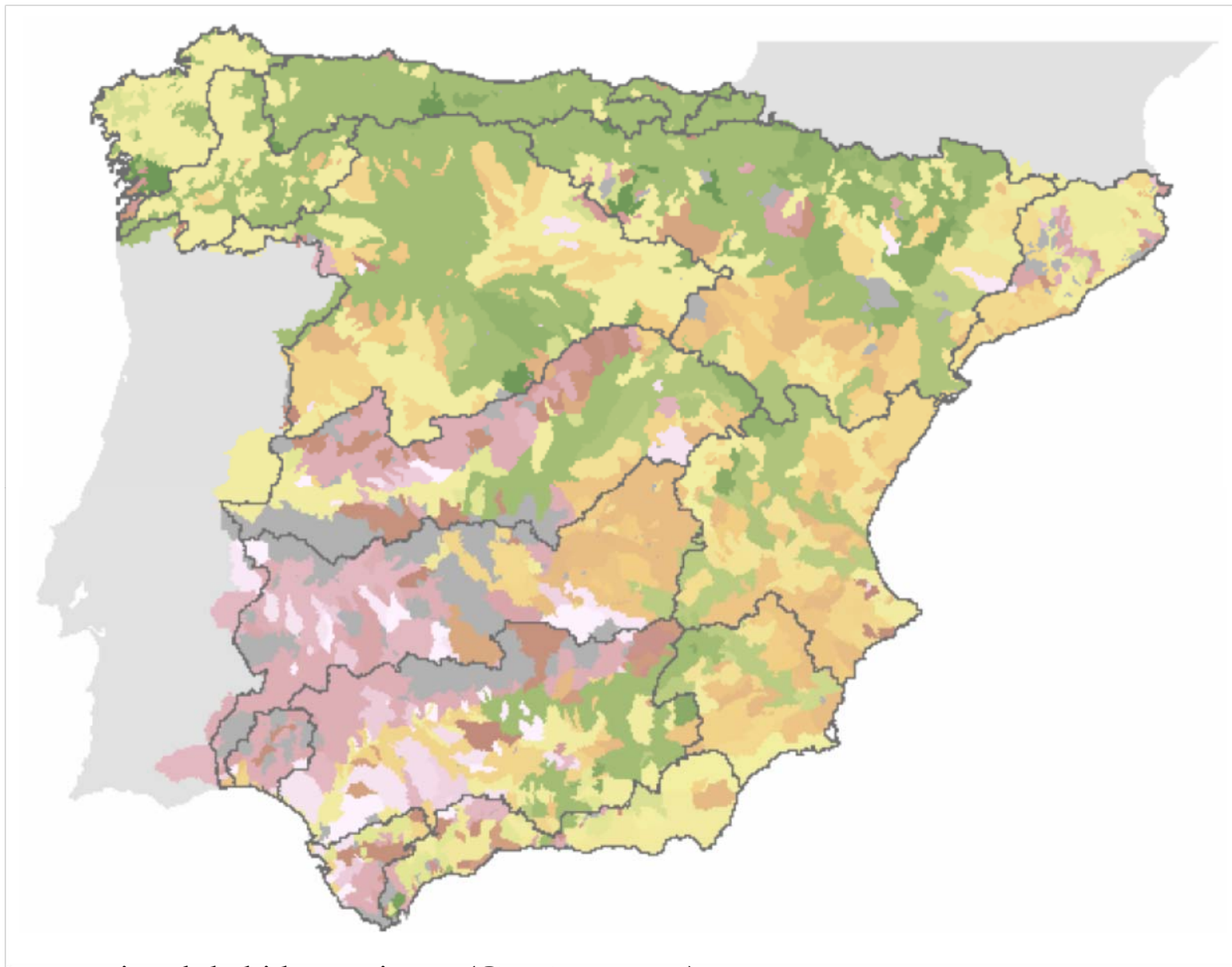
**CEDEX**





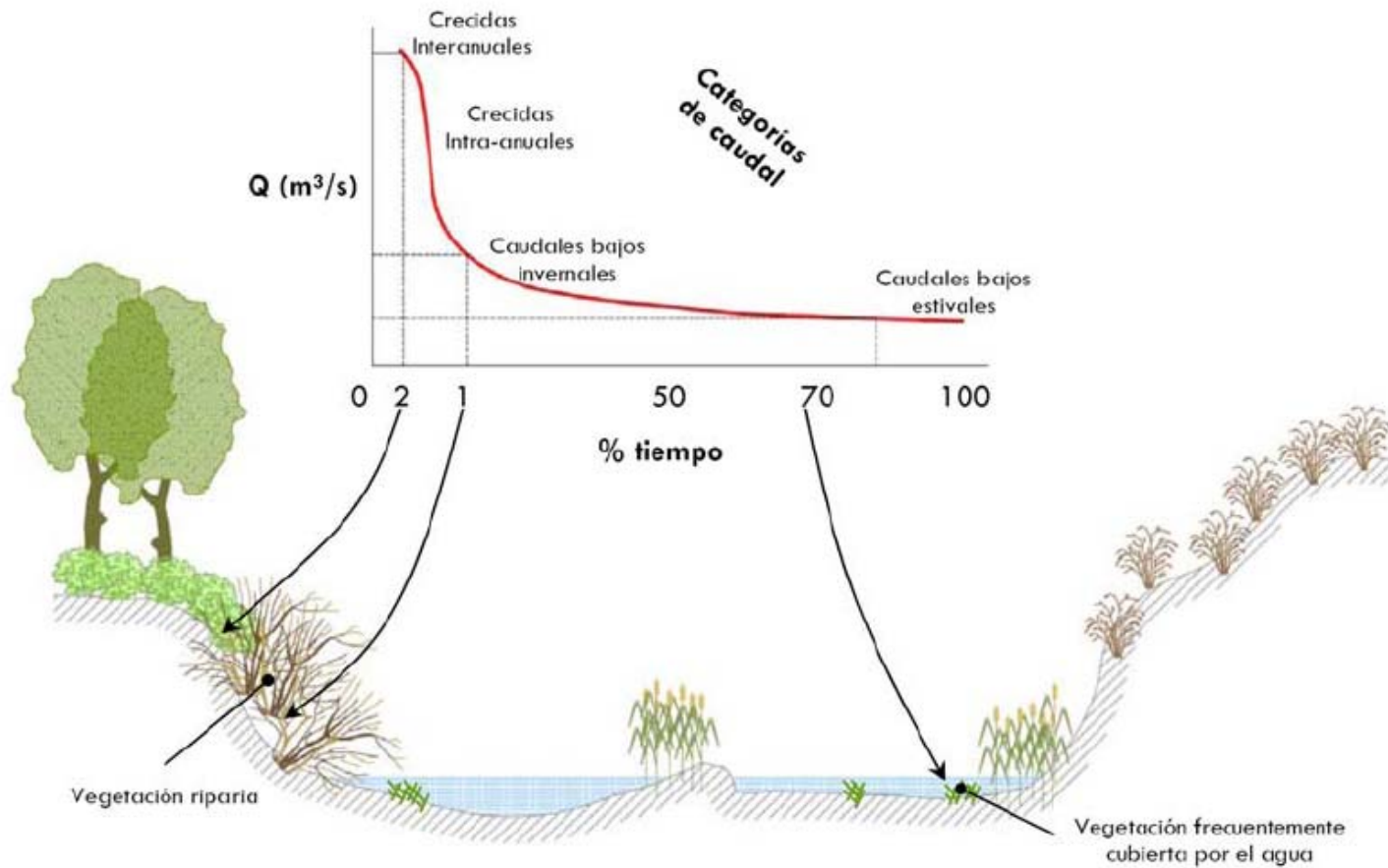
**CEDEX**





Mapa nacional de hidrorregiones (CEDEX, 2010)

# Funcionamiento de los sistemas fluviales



Fuente: Elaboración propia

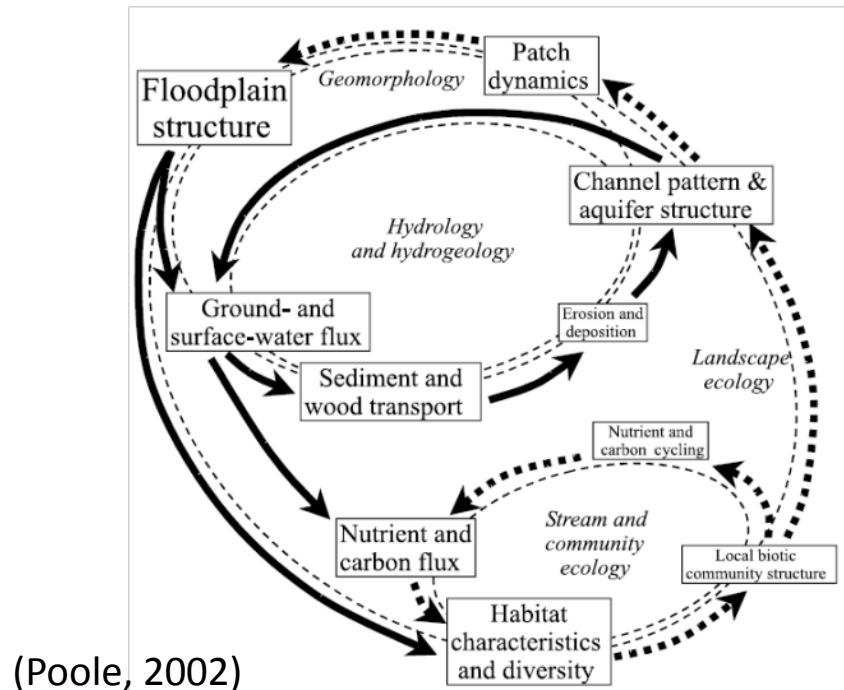






# Funcionamiento de los sistemas fluviales

1. Concepto de la continuidad fluvial
2. Concepto de la discontinuidad serial
3. **Paradigma del régimen natural de caudales (diversidad predecible)**
4. Hipótesis de alteración intermedia
5. Concepto del pulso de inundación
6. Organización jerárquica de los sistemas fluviales
7. Concepto del corredor hiporreico
8. Concepto de la espiral de nutrientes
9. Interacciones cauce-cuenca
10. Otros: procesos biogeomorfológicos, geoquímicos, etc.





# Proceso general de cálculo y establecimiento de caudales ambientales

- El establecimiento se realizará mediante un proceso que se desarrollará en tres fases:
  - a) Una primera fase de desarrollo de los estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en todas las masas de agua.
  - b) Una segunda fase consistente en un proceso de concertación, definido por varios niveles de acción (información, consulta pública y participación activa).
  - c) Una tercera fase consistente en el proceso de implantación de todos los componentes del régimen de caudales ecológicos y su seguimiento adaptativo.
- El plan hidrológico recogerá una síntesis de los estudios específicos efectuados por el organismo de cuenca para el establecimiento del régimen de caudales ecológicos.



# Objetivos

- El régimen de caudales ecológicos se establecerá de modo que permita mantener de forma sostenible la **funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados**, contribuyendo a alcanzar el buen estado o potencial ecológico en ríos o aguas de transición.
- **Prioridad** los referidos a zonas protegidas, a continuación los referidos a masas de agua naturales y finalmente los referidos a masas de agua muy modificadas.





> 400 masas agua

# Caracterización en ríos permanentes

- El régimen de caudales ecológicos definirá, desde el punto de vista temporal, al menos, las siguientes características:
  - a) Distribución **temporal** de **caudales mínimos**.
  - b) Distribución **temporal** de **caudales máximos**.
  - c) Máxima **tasa de cambio** aceptable del régimen de caudales.
  - d) Caracterización del **régimen de crecidas**, incluyendo caudal punta, duración y tasa de ascenso y descenso, así como la identificación de la época del año más adecuada desde el punto de vista ambiental.



Ríos

Embalses

Masas de agua

Información de la Demarcación

Demarcaciones

Demarcación:

Río:

Código estación:

Estaciones de aforo:

- 9123 - ANZANIGO
- 9012 - ARDISA
- 9250 - BUBAL
- 9059 - STA. EULALIA DE GALLEGO**
- 9089 - ZARAGOZA

Año Inicio:  Año Fin:

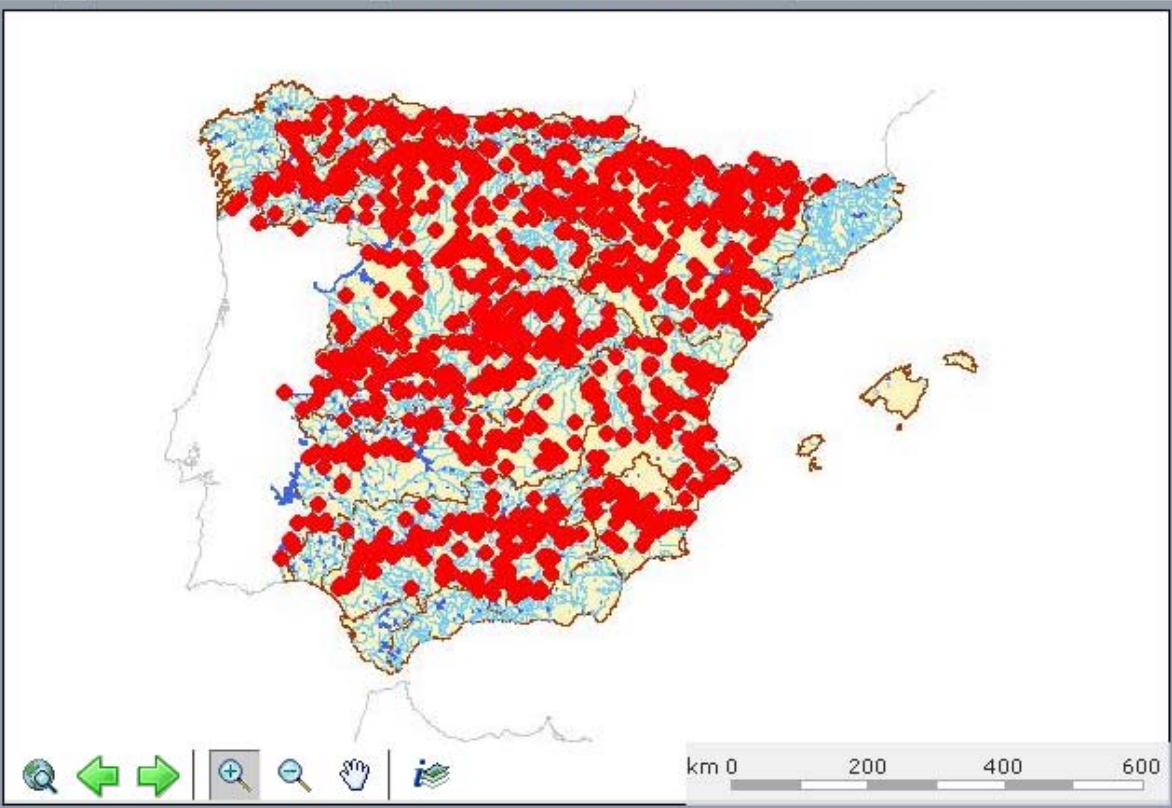
Estación de aforo

Código ROEA: 9059

Lugar: STA. EULALIA DE GALLEGO

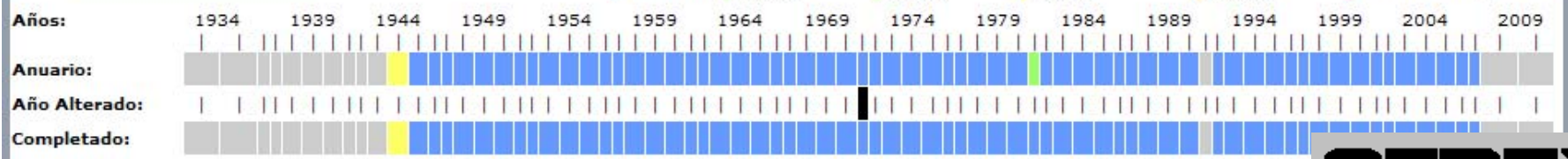
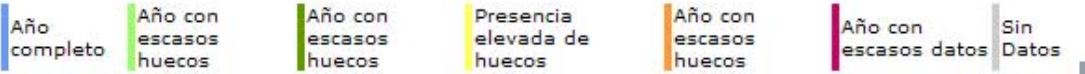
Coordenadas X: 685574.0 Y: 4682474.0

Año alteración: 1971



Diario

Mensual



# Indicadores de alteración hidrológica – IAHRIS 2.2



ÍNDICES DE  
ALTERACIÓN  
HIDROLÓGICA EN  
RÍOS

# IAHRIS

IAHRIS (Índices de Alteración Hidrológica de Ríos) [v1.1]

Gestión de Puntos   Gestión de Alteraciones   Gestión de Series   Ayuda   Acerca de...

**Datos del Punto:**

PUNTO

---

Código del Punto  
PUNTO

Descripción del Punto  
PUNTO

Nº de alteraciones asociadas  
1

**Datos de Series asociadas al Punto:**

**Serie de Valores Naturales:**  
Serie Diaria SI  
Serie Mensual NO

**Serie de Valores Alterados:**  
Código ALT\_ZUJAR  
Descrip. ALTERACION  
Serie Diaria NO  
Serie Mensual NO

**Leyenda**  
C: Año Completo  
I: Año Incompleto  
CD: Calculado con diarios  
SD: Año sin datos  
CO: Año coetáneo  
NCO: Año no coetáneo  
NS: Sin serie cargada

**Datos mensuales**      **Datos diarios**


Año Hidrológico	Natural Mensual Serie	Natural Mensual Cálculo	Alterada Mensual Serie	Alterada Mensual Cálculo	Coeta. Mensual	Natural Diaria Serie	Natural Diaria Cálculo	Alterada Diaria Serie	Alterada Diaria Cálculo	Coeta. Diaria
1923-1924	SD		SD			I		NS		
1924-1925	SD		SD			I		NS		
1925-1926	SD		SD			I		NS		
1926-1927	SD		SD			I		NS		
1927-1928	SD		SD			I		NS		
1928-1929	SD		SD			I		NS		
1929-1930	CD	CD	SD			C	CD	NS		
1930-1931	CD	CD	SD			C	CD	NS		
1931-1932	SD		SD			I		NS		
1932-1933	SD		SD			I		NS		
1933-1934	SD		SD			I		NS		
1934-1935	SD		SD			I		NS		
1935-1936	SD		SD			I		NS		
<b>TOTAL:</b>	41	22	22	0	0	22	22	0	0	0

Usar coetaneidad para Valores Habituales     Usar coetaneidad para Avenidas y Sequías

**Informes a realizar:**

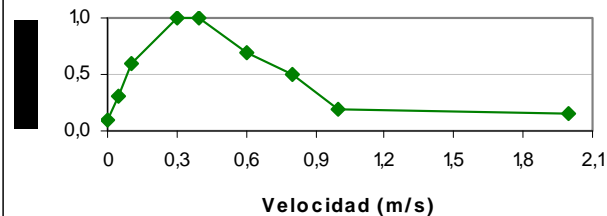
INFORME 1: VARIABILIDAD INTERANUAL RÉGIMEN NATURAL  
 INFORME 2: VARIABILIDAD INTRANUAL RÉGIMEN NATURAL  
 INFORME 4: PARÁMETROS RÉGIMEN NATURAL  
 INFORME 6a: CURVAS ANUALES RÉGIMEN NATURAL

Calcular





### Chondrostoma polylepis (JUVENIL)

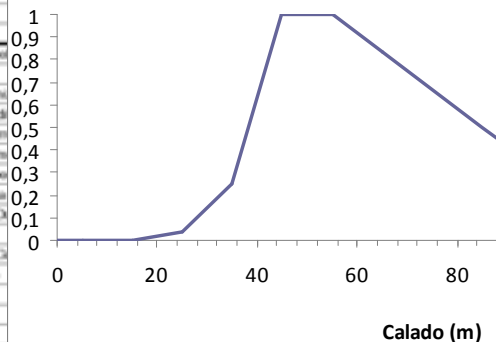


NOMBRE COMÚN	CURVAS DISPONIBLES
Lamprea de arroyo	

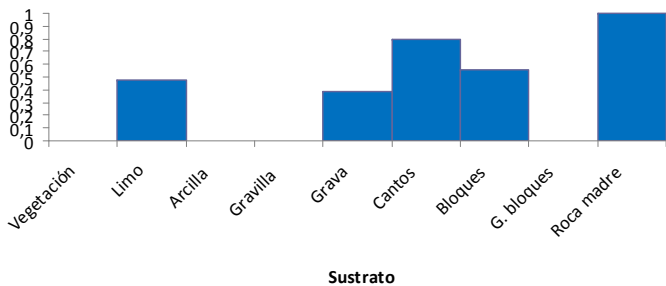
AUTÓCTONAS AGUA DULCE

En Peligro	Bleknidae	Salaria fluviatilis	Fraile
En Peligro	Cobitidae	Cobitis voltinica	Colella del Aragón
En Peligro	Cobitidae	Cobitis gobio	Cavilat
En Peligro	Cyprinidae	Ameletus hispanicus	Jarabugo
En Peligro	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Loma
En Peligro	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Madra
En Peligro	Cyprinidae	Squalius laietanus	Illogarilla
En Peligro	Cyprinodontidae	Aphanius ibicus	Fartet
En Peligro	Gasterosteidae	Gasterosteus aculeatus	Espinoso
En Peligro	Valenciidae	Valencia hispanica	Samauz
Vulnerable	Cobitidae	Cobitis calderoni	Lamprehus
Vulnerable	Cobitidae	Cobitis paludicos	Colella
Vulnerable	Cyprinidae	Barbus haasi	Barbo comú
Vulnerable	Cyprinidae	Barbus haasi	Barbo med
Vulnerable	Cyprinidae	Barbus haasi	Barbo odon
Vulnerable	Cyprinidae	Barbus meridionalis	Barbo de m
Vulnerable	Cyprinidae	Barbus haasi	Barbo cabe
Vulnerable	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Barriguet
Vulnerable	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Illog de D
Vulnerable	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Parilla
Vulnerable	Cyprinidae	Chondrostoma toxostoma	Illog de G
Vulnerable	Cyprinidae	Squalius laietanus	Calandino
Vulnerable	Cyprinidae	Squalius laietanus	Bordallo
Vulnerable	Cyprinidae	Squalius laietanus	Bagne
Vulnerable	Cyprinidae	Squalius laietanus	Cacho
Vulnerable	Cyprinidae	Gobio gobio	Gobio
Vulnerable	Cyprinidae	Pimephales promelas	Piscardo
Vulnerable	Salmonidae	Salmo trutta	Trucha común

### Luciobarbus sclateri. Adulto



### Gobio lozanoi. Juvenil



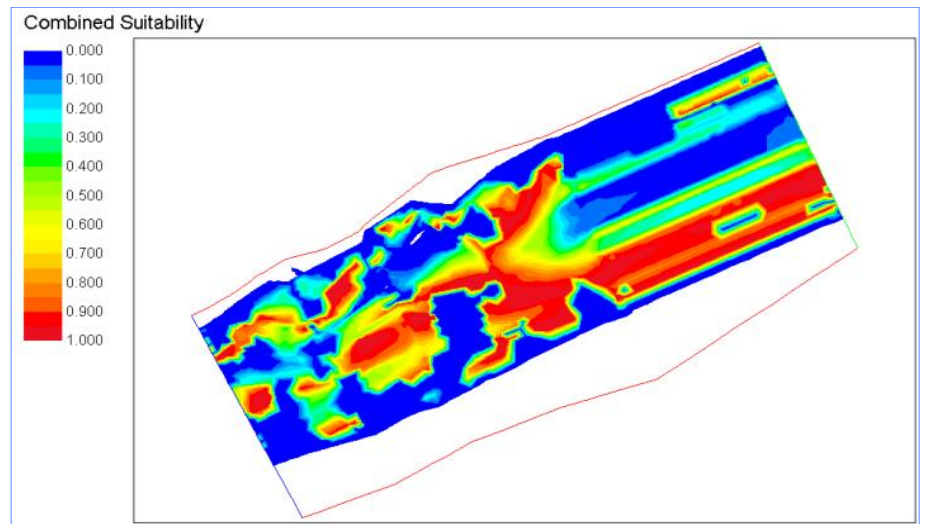
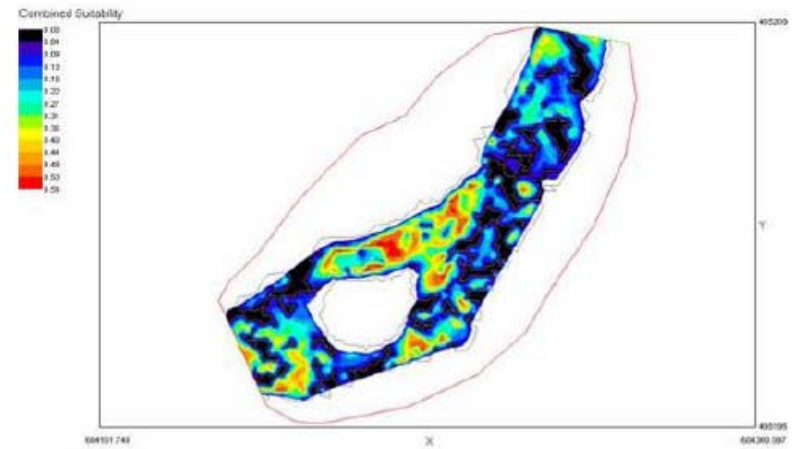
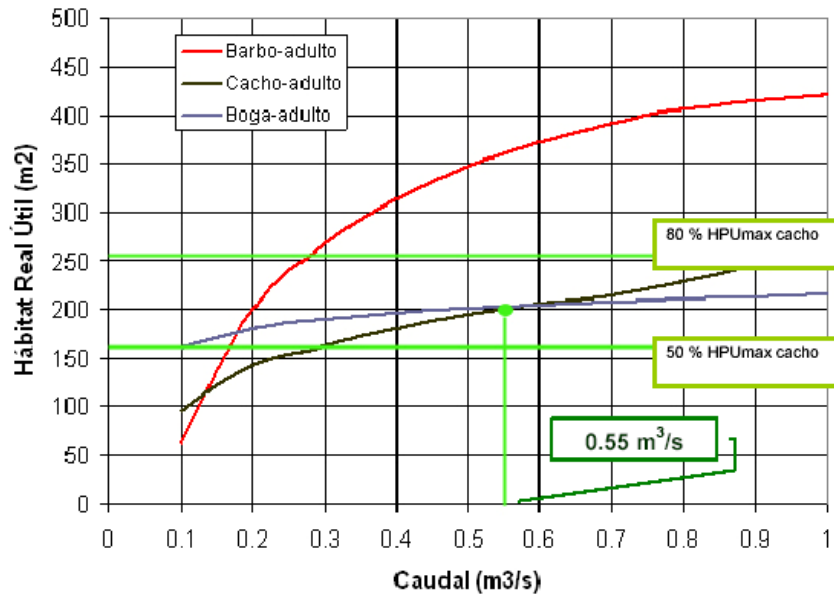
Lobo de río	ES(CHU-Capel 2000) USA(Francia, Noruega) USA(Varios)
Barbo común	ES (CHI-Capel 2000)
Barbo de Gradis	Sotoca et al. (2005)
Barbo gitano	
Madrid	Sotoca et al. (2005)
Tenca	
Illog de río	ES (CHI-Capel 2000)
Esturión Sotó	
Salmón	De Graaf/Giam (1988), Morantz et al. (1987), Huggenber
Anguila	
Pegony	
Sábalo	
Saboga	Sanchez et al. (2008)
Lamprea marina	
Agua de río	



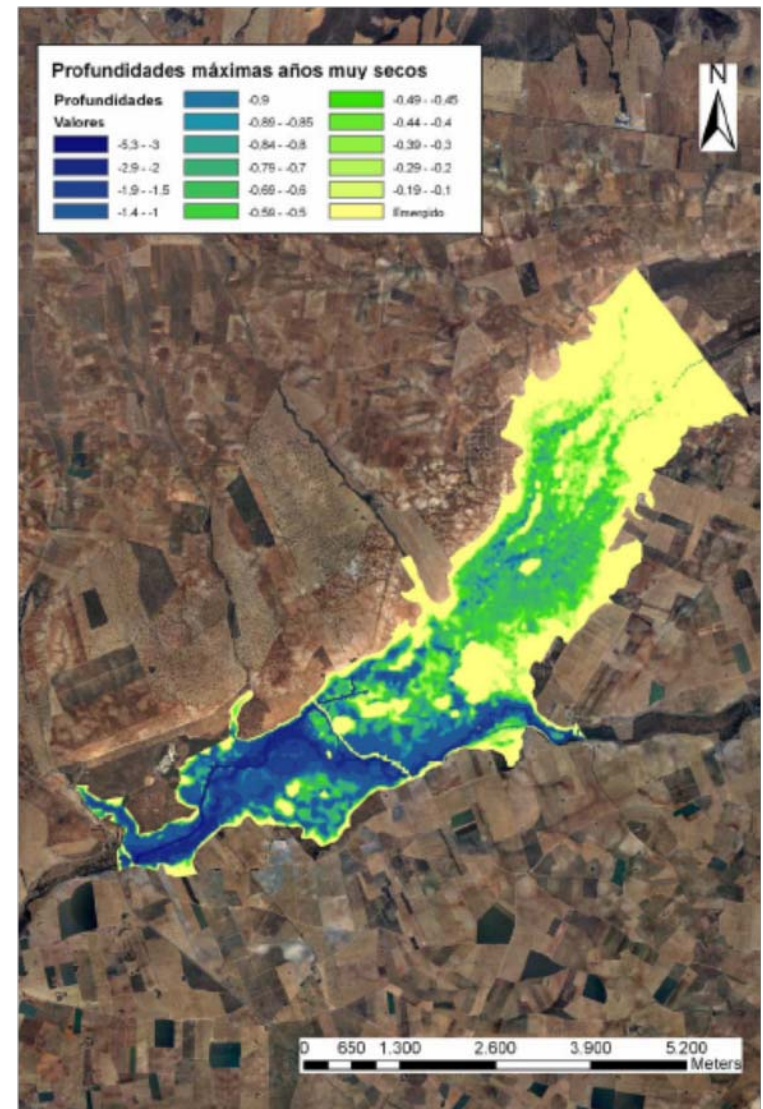
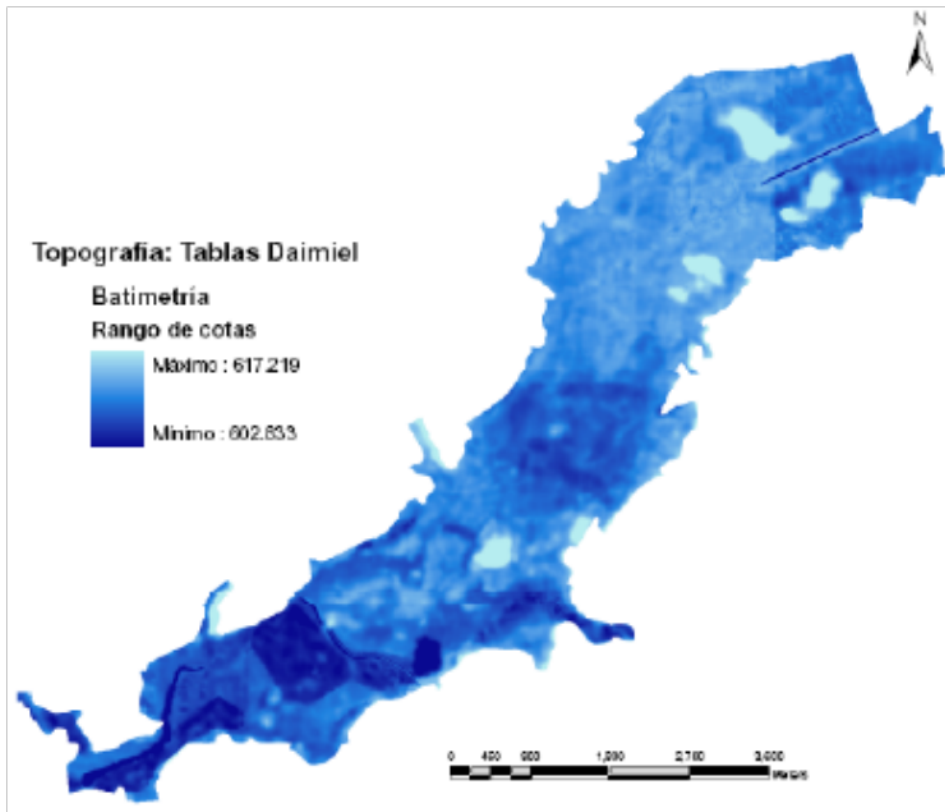
ventario Nacional de Biodiversidad. Versión 3.0 (Diciembre 2007)

7 8 9 10  
→ Muy extendida

### Hábitat Real Útil - Comparativa







Requerimientos de lagos y humedales

DH TAJO	ESTUDIO DE CAUDALES MÍNIMOS POR MÉTODOS HIDROLÓGICOS
CÓDIGO MASA DE AGUA	R. Alagón desde E. Valdeobispo hasta el R. Jerte (PUNTO DE CAMPO)
0902021	

CLASIFICACION DE LA MASA	PERMANENTE		
GRADO DE ALTERACION HIDROLOGICA (IAHRS)	POSIBLEMENTE MUY ALTERADA		
Q Básico (series anuales de datos diarios)	Caudal (m³/s)	Aportación anual (hm³/año)	% s/Qnat
Perccil 5 (serie de datos diarios) *	0,300 m³/s	9,47	1,01%
Perccil 15 (serie de datos diarios) *	0,266 m³/s	8,38	0,90%
Q21 (series anuales de datos diarios)	0,871 m³/s	21,15	2,20%
Q25 (series anuales de datos diarios)	0,416 m³/s	13,17	1,41%
Q25 (series anuales de datos diarios)	0,444 m³/s	13,99	1,49%

DEMANDA AMBIENTAL VIGENTE \*\*

OBSERVACIONES

MEDIA DE CAUDALES (m³/s)

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Q natural	33,99	47,68	71,40	65,96	42,90	28,63	25,63	24,94	5,41	1,18	0,79	8,1
Percc 5 *	0,57	0,63	1,00	1,98	2,96	1,07	2,90	1,03	0,27	0,27	0,27	0,27
Percc 15 *	2,05	1,86	3,06	2,95	3,77	2,06	4,11	1,99	0,67	0,67	0,67	0,67

Factor de variación

Factor de variación	Q básico	Q 21	Q 25	F var 1	F var 2	F var 3	F var 4
F var 1 = $\frac{Q}{Q_{min}}$	1,96	2,33	2,85	2,73	2,20	1,80	1,71
F var 2 = $\frac{Q}{Q_{21}}$	1,05	1,16	1,35	1,31	1,13	0,99	0,96
F var 3 = $\frac{Q-Q_{21}}{Q_{25}-Q_{21}}$	0,51	0,56	0,60	0,59	0,53	0,49	0,48
F var 4 = $\frac{Percc 5}{Percc 15}$	0,53	0,50	0,64	0,63	0,71	0,63	0,74

GARANTIAS MENSUALES DE LOS CAUDALES HIDROLÓGICOS (%)

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Percc 5 *	100,0	96,0	96,0	92,0	100,0	96,0	100,0	100,0	96,0	88,0	84,0	96
Percc 15 *	92,0	88,0	92,0	88,0	96,0	92,0	96,0	96,0	96,0	48,0	48,0	80
Q básico	92,0	88,0	92,0	88,0	100,0	96,0	100,0	96,0	88,0	80,0	64,0	68
Q 21	92,0	84,0	88,0	84,0	100,0	86,0	100,0	92,0	80,0	56,0	68,0	64
Q 25	88,0	84,0	84,0	80,0	100,0	88,0	100,0	88,0	80,0	52,0	64,0	64

\* Los perccil 5 y 15 se han calculado para cada mes, por lo que no se han aplicado los factores de variación. El valor mayor que el perccil correspondiente a la serie completa, a igual o menor que el caudal natural mensual cuando el perccil cumple alguna de estas dos condiciones, se ha adoptado el valor limitado correspondiente (valor en rojo).

\*\* Caudal en el ambiente de Valdeobispo, en el inicio de la masa.

\*\*\* Los datos registrados se han tomado de la EA 3840 que está a 1,7 km del final de masa.

Fuente de datos: serie corta (de 1980-81 a 2005-06)

ESTUDIO DE CAUDALES MÍNIMOS POR MÉTODOS HIDROBIOLÓGICOS

CÓDIGO MASA DE AGUA	R. Alagón desde E. Valdeobispo hasta el R. Jerte (PUNTO DE CAMPO)	MASA SIMULADA	SI
0902021			

CLASIFICACION DE LA MASA	PERMANENTE
GRADO DE ALTERACION HIDROLOGICA (IAHRS)	POSIBLEMENTE MUY ALTERADA

DEMANDA 57,80 hm³/año

Perccil 5 (serie de datos diarios) *	Caudal (m³/s)	Caudal de referencia adoptado (m³/s)	Aportación anual (hm³/año)	% s/Qnat
Q 80% HPUmax (series anuales de datos diarios)	1,100 m³/s	1,100 m³/s	34,69	3,71%
Q 50% HPUmax (series anuales de datos diarios)	0,700 m³/s	0,700 m³/s	22,28	2,38%
Q 30% HPUmax (series anuales de datos diarios)	0,452 m³/s	0,452 m³/s	14,25	1,52%
Q 25% HPUmax (series anuales de datos diarios)	0,383 m³/s	0,383 m³/s	12,39	1,32%

NOTA: corte de la curva HPU por el perccil 25

MEDIA DE CAUDALES (m³/s)

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Q natural	33,99	47,68	71,40	65,96	42,90	28,63	25,63	24,94	5,41	1,18	0,79	8,1
Percc 5 *	0,57	0,63	1,00	1,98	2,96	1,07	2,90	1,03	0,27	0,27	0,27	0,27
Percc 15 *	2,05	1,86	3,06	2,95	3,77	2,06	4,11	1,99	0,67	0,67	0,67	0,67

Factor de variación

Factor de variación	Q básico	Q 21	Q 25	F var 1	F var 2	F var 3	F var 4
F var 1 = $\frac{Q}{Q_{min}}$	1,96	2,33	2,85	2,73	2,20	1,80	1,71
F var 2 = $\frac{Q}{Q_{21}}$	1,05	1,16	1,35	1,31	1,13	0,99	0,96
F var 3 = $\frac{Q-Q_{21}}{Q_{25}-Q_{21}}$	0,51	0,56	0,60	0,59	0,53	0,49	0,48
F var 4 = $\frac{Percc 5}{Percc 15}$	0,53	0,50	0,64	0,63	0,71	0,63	0,74

GARANTIAS MENSUALES DE LOS CAUDALES HIDROBIOLÓGICOS (%)

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Percc 5 *	100,0	96,0	96,0	92,0	100,0	96,0	100,0	100,0	96,0	88,0	84,0	96
Percc 15 *	92,0	88,0	92,0	88,0	96,0	92,0	96,0	96,0	96,0	48,0	48,0	80
Q 80%	64,0	72,0	80,0	80,0	72,0	64,0	80,0	68,0	60,0	40,0	40,0	40
Q 50%	80,0	84,0	76,0	80,0	80,0	78,0	96,0	80,0	68,0	48,0	48,0	40
Q 30%	88,0	84,0	84,0	80,0	100,0	88,0	100,0	88,0	80,0	52,0	64,0	64

\* Los perccil 5 y 15 se han calculado para cada mes, por lo que no se han aplicado los factores de variación. El valor mayor que el perccil correspondiente a la serie completa, a igual o menor que el caudal natural mensual cuando el perccil cumple alguna de estas dos condiciones, se ha adoptado el valor limitado correspondiente (valor en rojo).

\*\* Caudal en el ambiente de Valdeobispo, en el inicio de la masa.

\*\*\* Los datos registrados se han tomado de la EA 3840 que está a 1,7 km del final de masa.

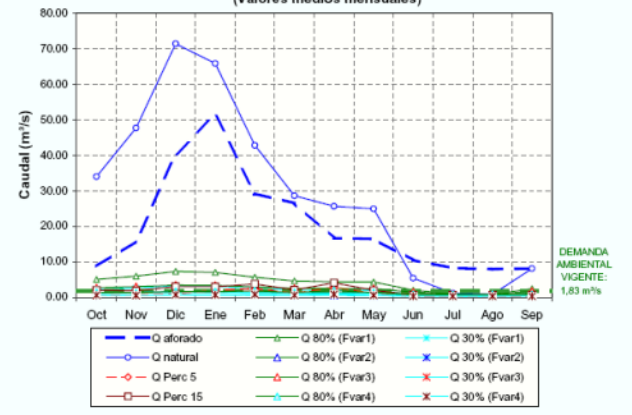
Fuente de datos: serie corta (de 1980-81 a 2005-06)

ESTUDIO DE CAUDALES MÍNIMOS POR MÉTODOS HIDROBIOLÓGICOS

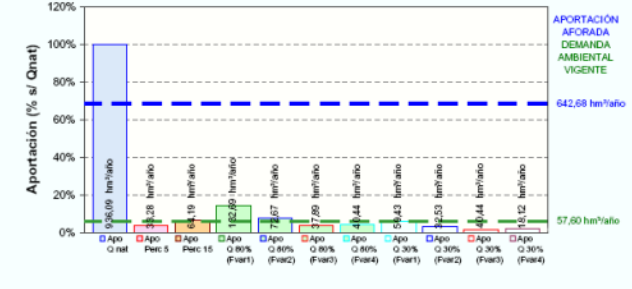
CÓDIGO MASA DE AGUA	R. Alagón desde E. Valdeobispo hasta el R. Jerte (PUNTO DE CAMPO)	MASA SIMULADA	SI
0902021			

CLASIFICACION DE LA MASA DE AGUA	PERMANENTE	GRADO DE ALTERACION HIDROLOGICA (IAHRS)	POSIBLEMENTE MUY ALTERADA
----------------------------------	------------	---	---------------------------

CAUDALES NATURALES E HIDROBIOLÓGICOS (Valores medios mensuales)



APORTACIONES MEDIAS ANUALES



Fuente de datos: serie corta (de 1980-81 a 2005-06)

Factores de variación:  $F var 1 = \frac{Q}{Q_{min}}$ ,  $F var 2 = \frac{Q}{Q_{21}}$ ,  $F var 3 = \frac{Q-Q_{21}}{Q_{25}-Q_{21}}$ ,  $F var 4 = \frac{Percc 5}{Percc 15}$





# Caudales ambientales **funcionales**

1. Caudales **ordinarios** que aseguren una **variabilidad** hidrológica que tenga como referente la variabilidad del régimen natural de caudales, tanto dentro del año (a escala mensual, o donde no sea posible, estacional), como a lo largo de los diferentes **años** hidrológicos (distinguiendo, al menos, entre años húmedos, normales y secos).

Existen diversos procedimientos para definir la variación temporal, pero deben elegirse aquellos que permitan la existencia de una variabilidad contrastada, y que aseguren una heterogeneidad física y ambiental suficiente en el río.

# Caudales ambientales **funcionales**

2. Caudales **extraordinarios** asociados a eventos extremos marcados: crecidas ordinarias, con capacidad de regeneración del hábitat físico, y sequías que mejoren los procesos biomorfológicos y que eviten la colonización de las masas por parte de especies alóctonas.



# Caudales ambientales **funcionales**

3. Caudales asociados al desarrollo de **ciclos biológicos clave** en el ecosistema, como es el caso de los caudales de llamada que disparan respuestas biológicas por parte de las especies de fauna, o los caudales que hacen posible la hidrocoria y la regeneración de las especies vegetales en sus primeras fases de crecimiento.

Diversos modelos permiten simular las condiciones ecohidrológicas generadas por diferentes escenarios de regulación, y seleccionar aquellas que mejor compatibilicen la conservación con los usos antrópicos.

# Caudales ambientales **funcionales**

4. Aguas abajo de centrales hidroeléctricas, caudales con **tasas de variación temporal** que no pongan en peligro la conectividad ecológica y la capacidad de refugio por parte de las especies de fauna, dentro de los márgenes permitidos por las reglas de explotación y por la seguridad de bienes y personas.



[fernando.magdaleno@cedex.es](mailto:fernando.magdaleno@cedex.es)

<http://ambiental.cedex.es>