



POLITÉCNICA



TEMA 10: Régimen de caudales



MARTA GONZÁLEZ DEL TÁNAGO
UNIDAD DOCENTE DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL
E.T.S. DE INGENIEROS DE MONTES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

CONTENIDO

- Concepto de “régimen de caudales”
- Factores que determinan el régimen de caudales
- Tipos de regímenes
- Medición de los caudales de los ríos.
- Aforos y Curvas de gasto. Datos disponibles
- Caracterización del régimen de caudales a partir de series históricas
- Concepto de régimen ecológico de caudales. Indicadores de alteración hidrológica

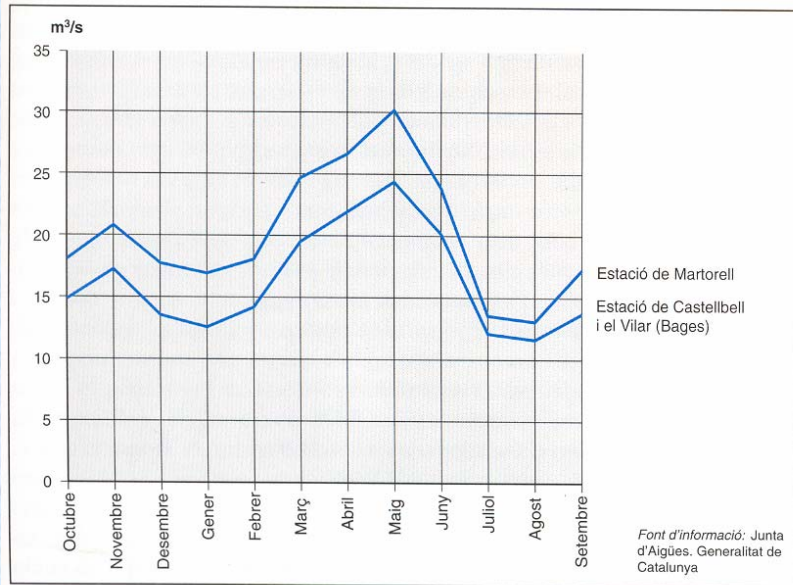


Régimen de caudales

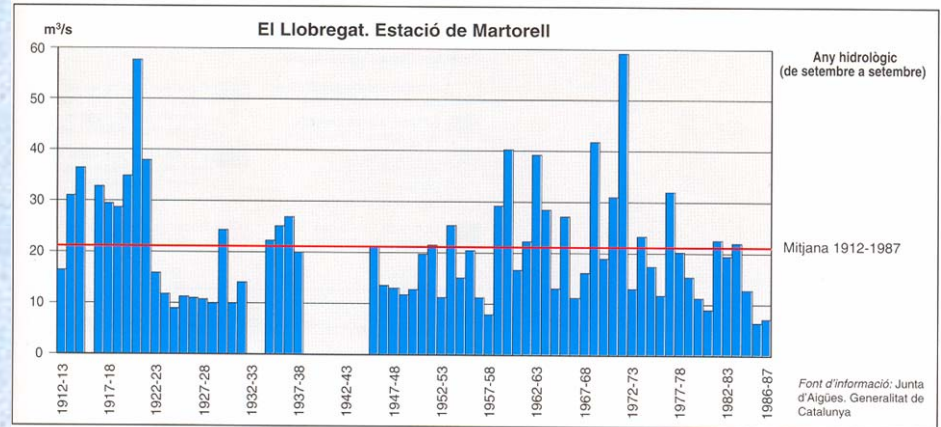
Se refiere a la variación de los caudales a lo largo del año, que es habitual y se repite de forma similar todos los años.

Esta variación suele expresarse de forma gráfica, donde se reflejan las fluctuaciones del caudal (mensuales, diarias, etc.) a lo largo del tiempo.

Cabals mitjans mensuals del Llobregat, 1945-1987



Cabals mitjans anuals, 1912-1987

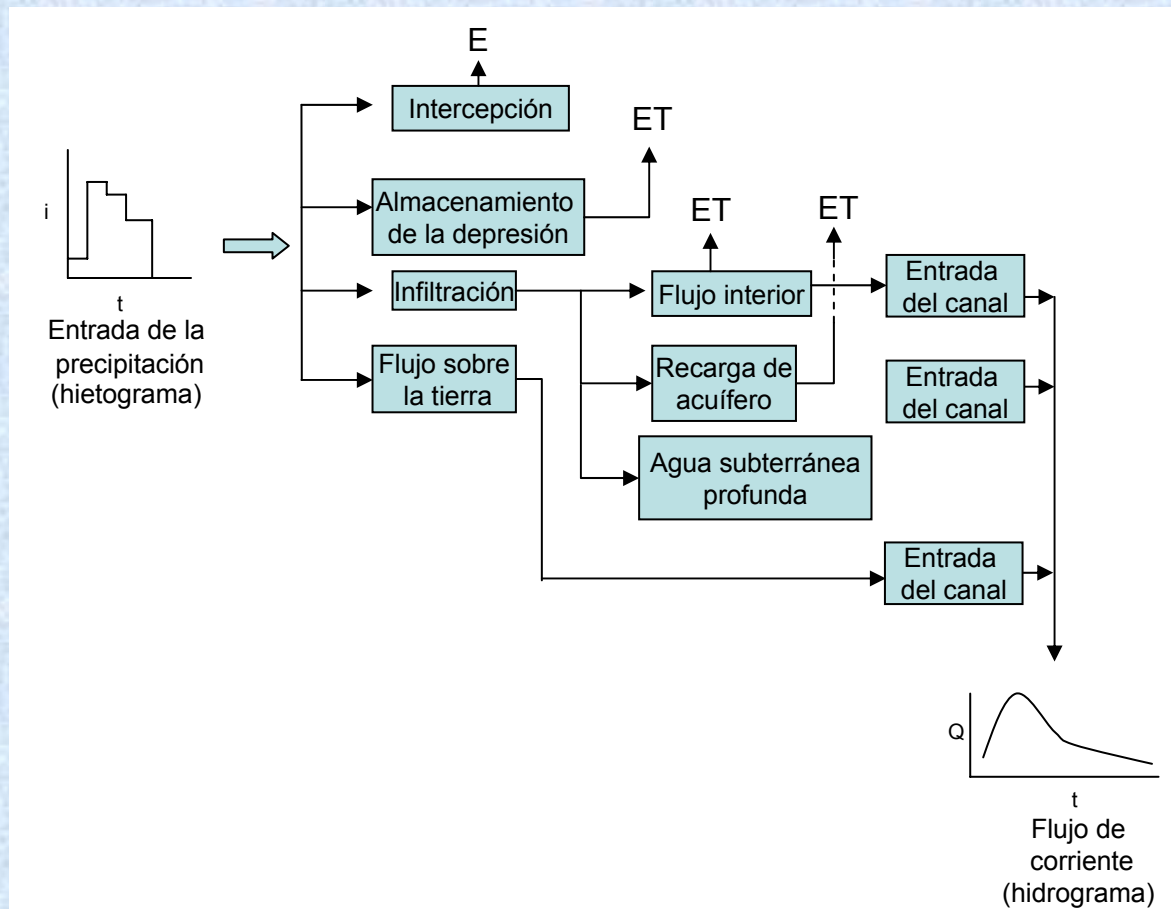


Junta de Aguas. Generalitat de Cataluña



Factores que determinan el régimen de caudales de un río

- Régimen de precipitaciones de la cuenca vertiente
- Comportamiento hidrológico de la cuenca vertiente
- Actuaciones antrópicas (Embalses y Trasvases)



Tipos de regímenes de caudales:

a) Diferenciados en función de la duración de los caudales:

- **Permanente:** Los caudales se mantienen durante todo el año.
- **Temporal:** Los caudales dejan de circular durante algunos meses.
- **Efímero:** Los caudales solo circulan coincidiendo con grandes lluvias.

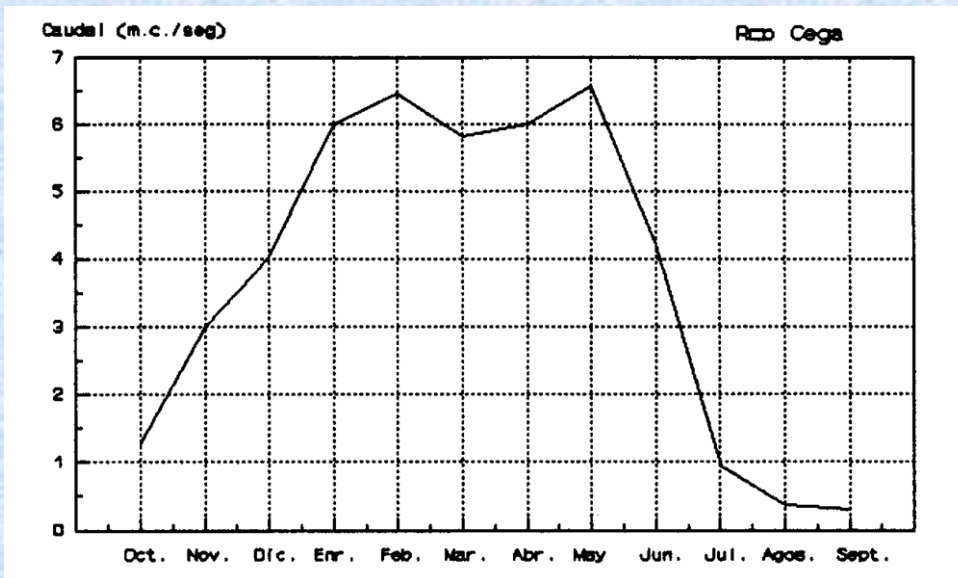
b) Diferenciados en función del factor que determina los máximos anuales:

- **Régimen pluvial:** Los máximos anuales se asocian al periodo de lluvias.
- **Régimen nival:** Los máximos anuales se asocian al periodo del deshielo.
- **Régimen mixto:** Se producen dos máximos en el año, uno asociado al periodo de lluvias y otro al periodo del deshielo.
 - Pluvio-Nival: Mayor el caudal máximo debido a las lluvias.
 - Nivo-pluvial: Mayor el caudal máximo debido al deshielo.

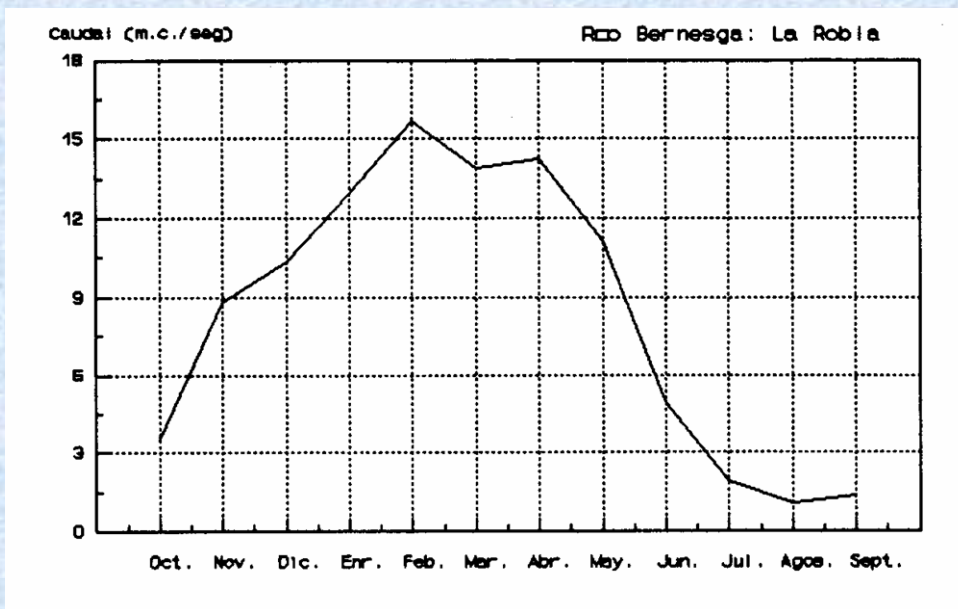
Un mismo río puede presentar varios tipos de regímenes, a lo largo de su recorrido.



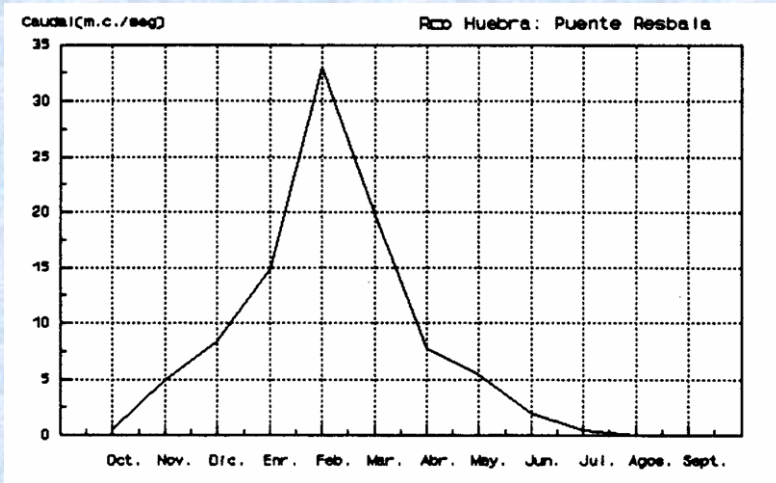
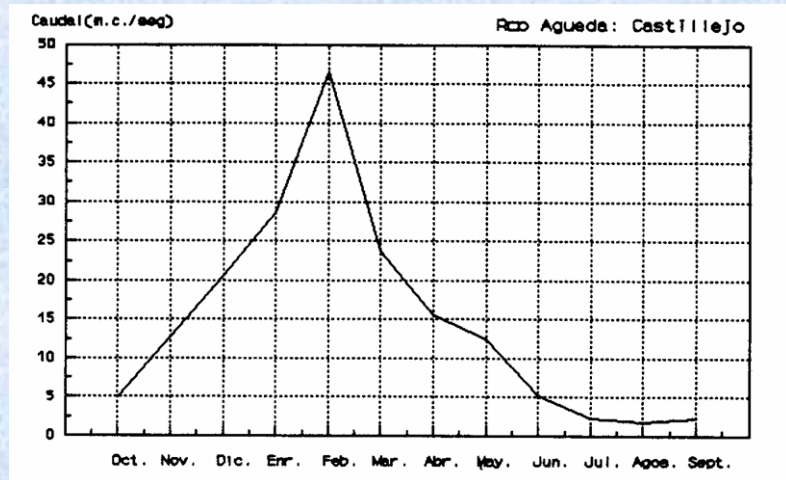
Régimen nivo-pluvial:



Régimen pluvio-nival:

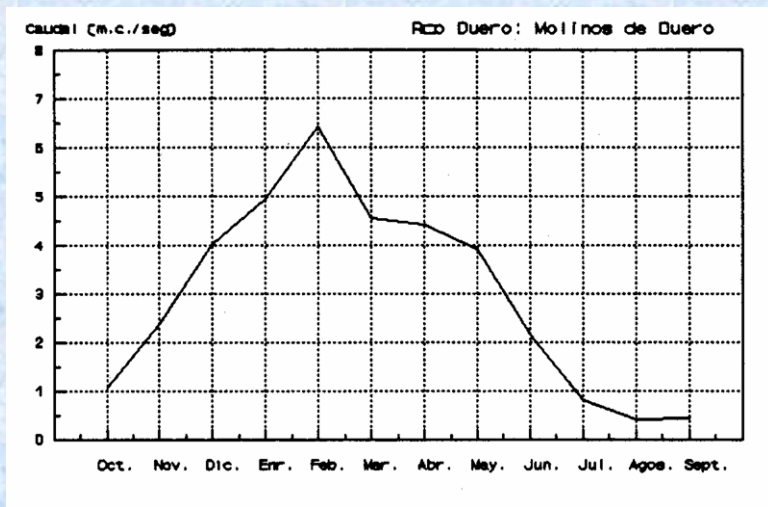


Régimen pluvial, Permanente

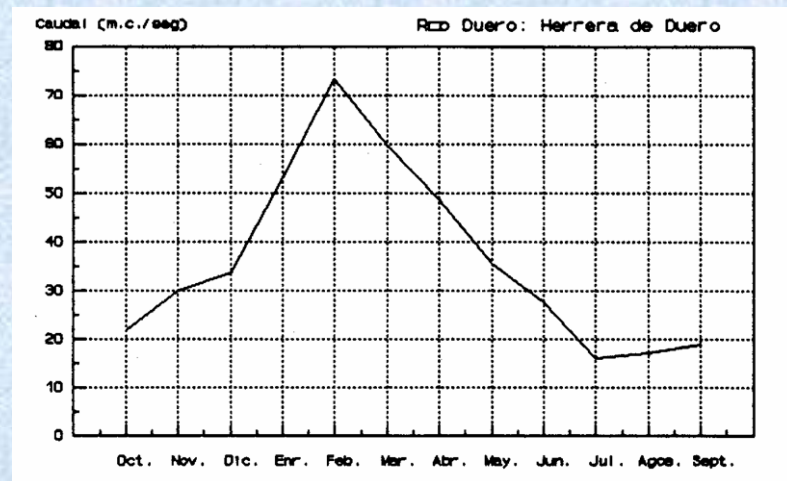


Régimen pluvial, Temporal

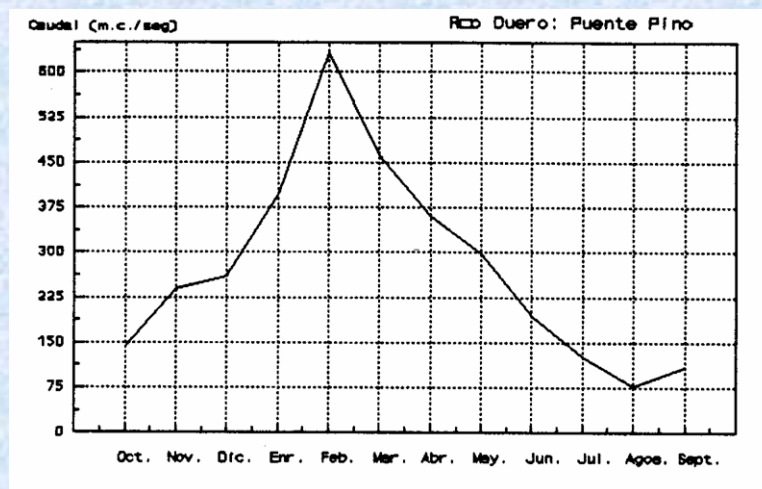
Régimen de caudales del río Duero, en tres secciones de su recorrido



Tramo alto. Superficie vertiente: 1.500 km²



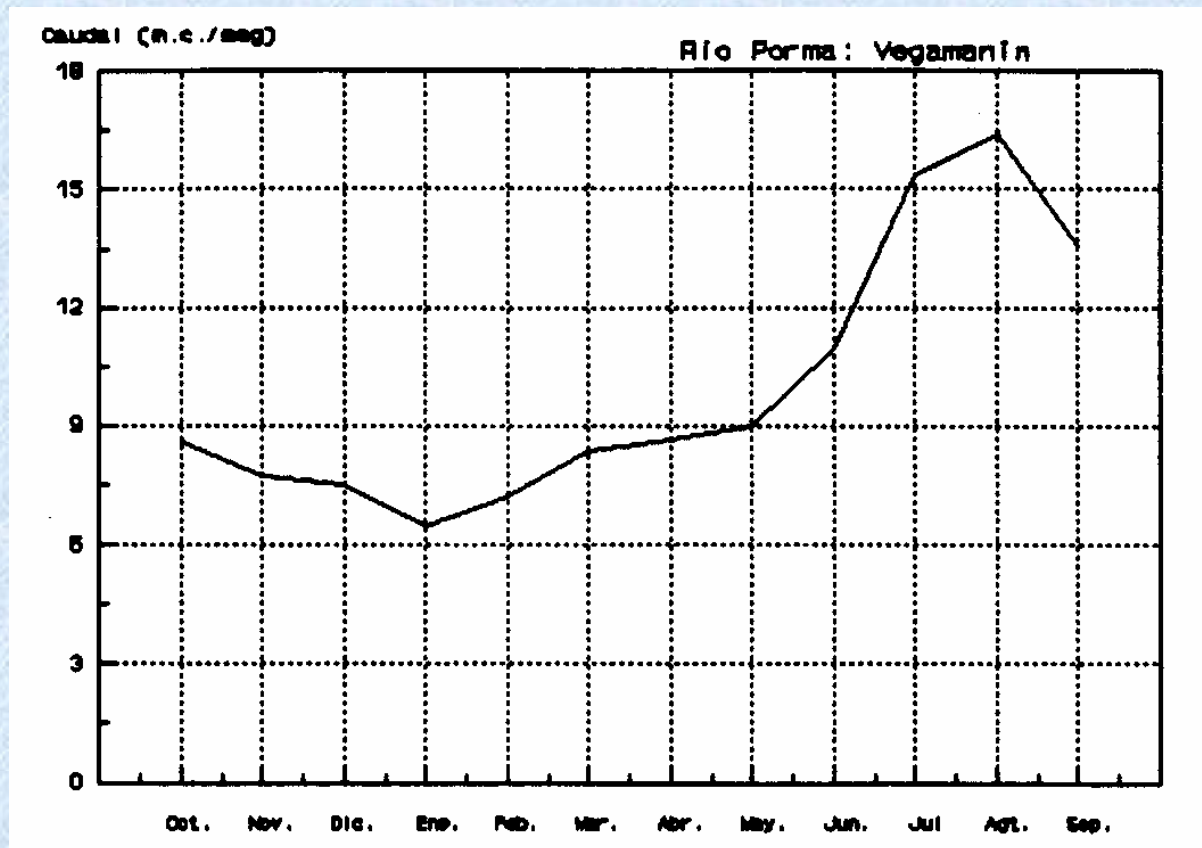
Tramo medio. Superficie vertiente: 12.740 km²



Tramo bajo. Superficie vertiente: 63.160 km²



Alteración del régimen de caudales por un embalse utilizado para regadío



- Caudales máximos durante los meses de regadío (vaciado del embalse).
- Caudales mínimos durante el periodo de lluvias y deshielo (llenado del embalse).

TIPOS DE REGÍMENES FLUVIALES EUROPEOS

Regime type	Description
Glacier	Dominant high flows in July and August, mostly caused by snowmelt in combination with precipitation
Mountain	Dominant spring flood in April–July, low flows in winter
Inland	Dominant spring flood in March–June, low flows in winter, but higher flows in the autumn
Transition	High runoff in spring and autumn, low-flow spells in both summer and winter
Maritime	High runoff in autumn and winter, with lowest flows in summer

Regimenes fluviales en el noroeste de Europa (de Gustard et al. (1989)).

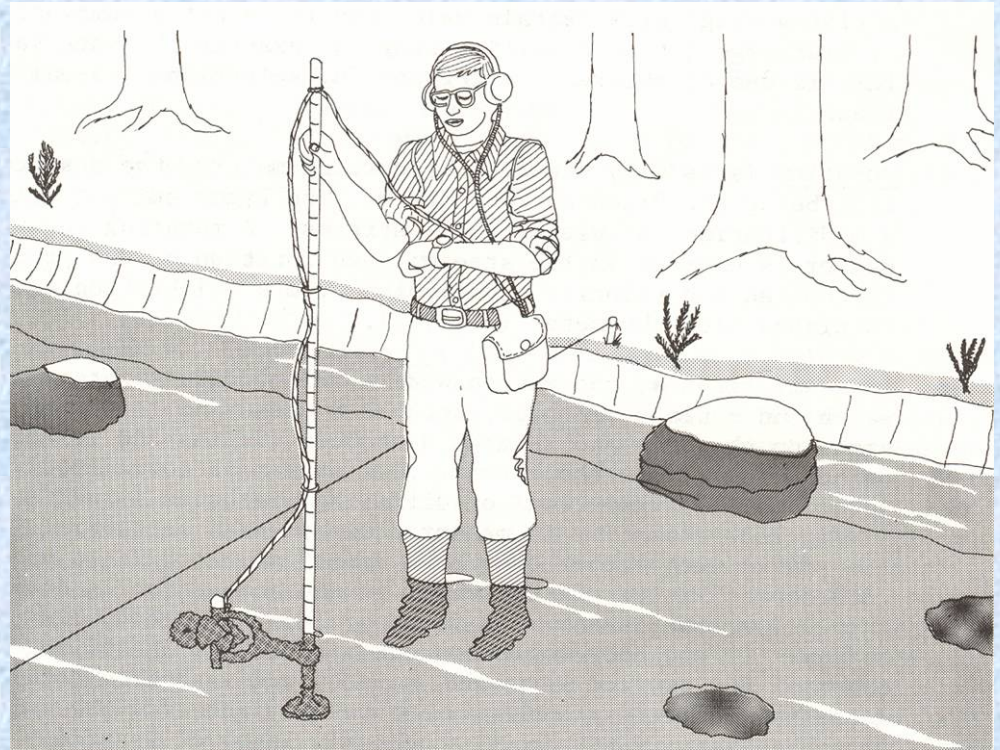


Medición de los caudales en los ríos

Caudal = Sección x Velocidad

Necesidad de medir:

- Velocidades del agua
- Sección mojada



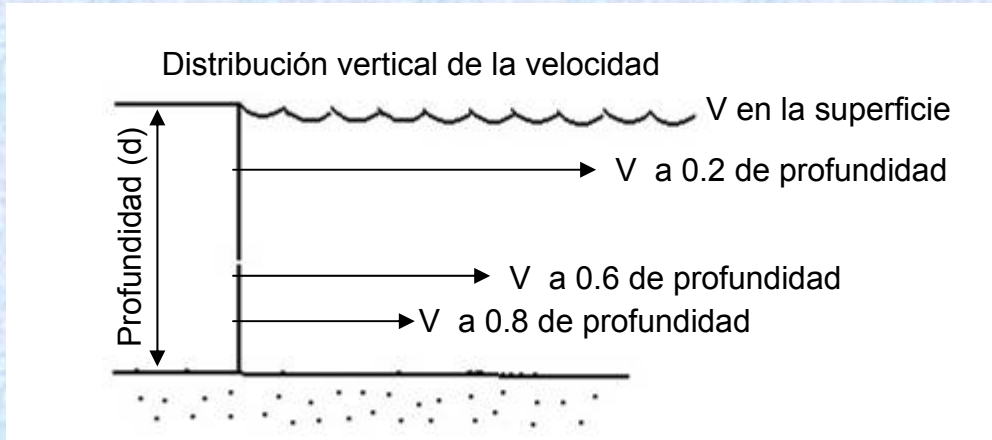
Hewlett (1982)

Procedimiento:

Se toman velocidades a diferentes profundidades, a lo largo de la sección transversal.

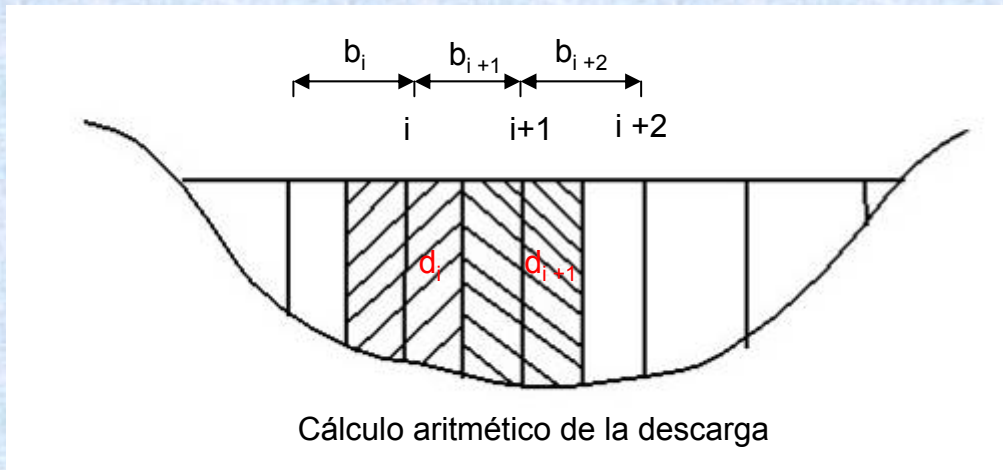
Se integra el caudal circulante, como suma de los caudales parciales de cada celda de la sección, definida por su anchura y profundidad.

Velocidad media de la columna de agua



$$\bar{V} \approx \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} \approx V_{0.6}$$

Integración de los caudales de cada celda en la sección transversal



$$q = \sum q_i = \sum d_i b_i \times v_i$$

Estaciones de aforos

Son instalaciones permanentes en los ríos, que permiten estimar el caudal circulante.

Generalmente lo que se mide de forma constante es el nivel del agua, por medio de **limnímetros** o **limnígrafos**.

A través de la “**curva de gasto**” de cada estación de aforos, a partir del dato medido de “nivel del agua”, se calcula el “caudal”.

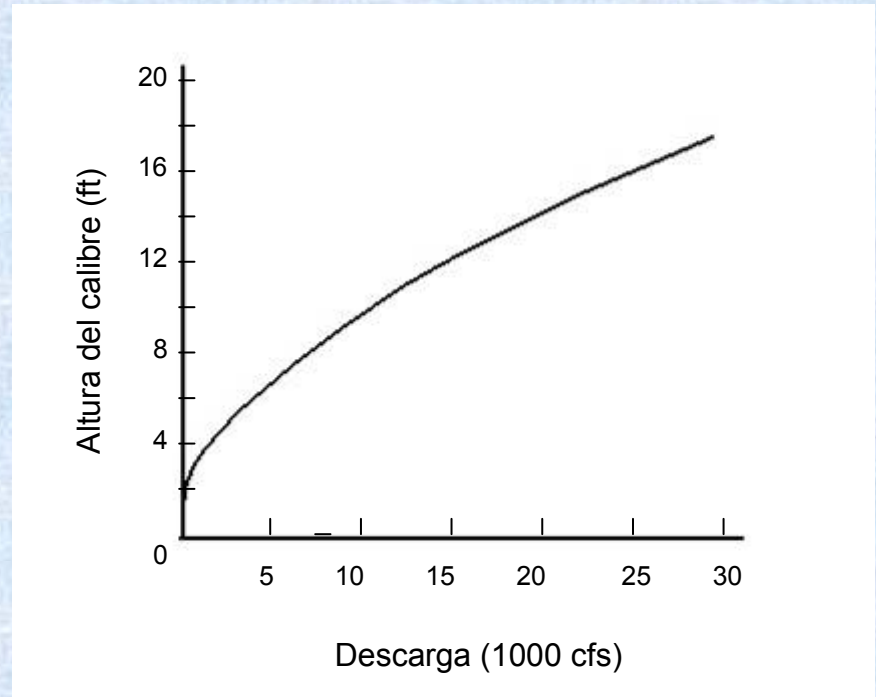
La curva de gasto se construye mediante distintos aforos realizados a diferentes niveles de agua, y debe calibrarse periódicamente.



Curva de gasto (*Rating Curve*)

Es la gráfica que relaciona el nivel del agua con el caudal circulante.

Altura del calibre (ft)	Descarga (1000 cfs)	Altura del calibre (ft)	Descarga (1000 cfs)
1.5	20	10.0	8000
2.0	131	11.0	9588
2.5	307	12.0	11300
3.0	530	13.0	13100
3.5	808	14.0	15000
4.0	1130	15.0	17010
4.5	1498	16.0	19110
5.0	1912	17.0	21340
6.0	2856	18.0	23920
7.0	3961	19.0	26230
8.0	5212	20.0	28610
9.0	6561		



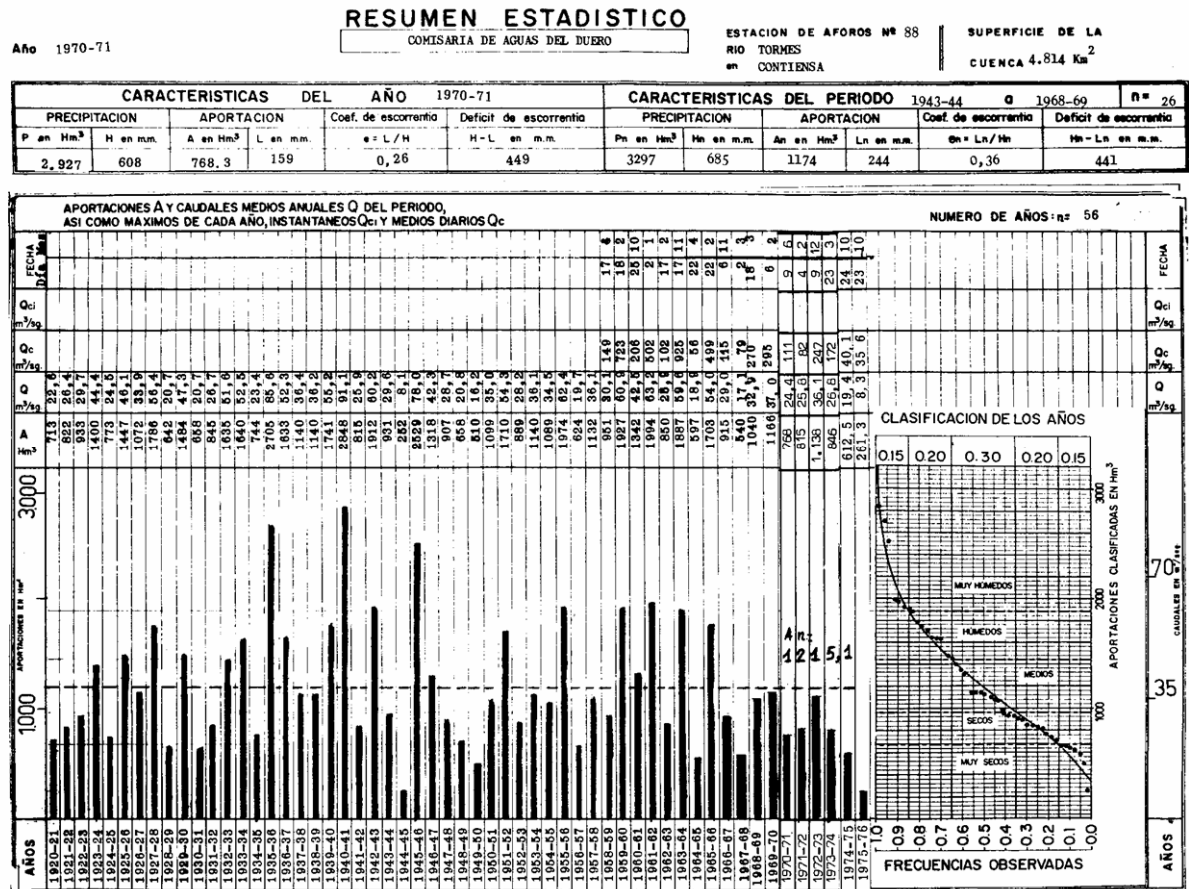
Permite transformar el dato observado de “altura de agua”, en dato estimado de “caudal”.

Cada estación de aforos tiene su curva de gasto, que debe comprobarse periódicamente, mediante aforos directos, con molinete.

DATOS DE CAUDALES DE LOS RÍOS EN ESPAÑA

Cada Confederación Hidrográfica dispone de una red de estaciones de aforos

Datos disponibles:



Datos de aforos en Cuencas españolas

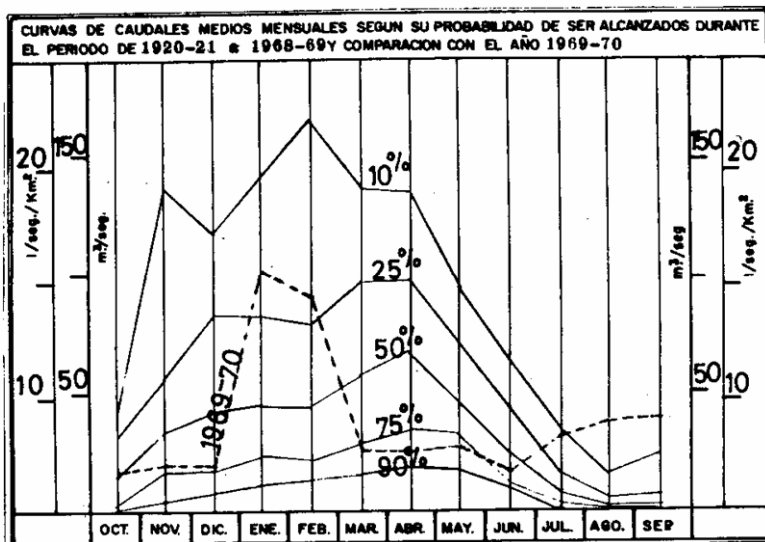


TABLA DE GASTOS

MTS	M3/SG	MTS	M3/SG
0.00	0.00	1.90	32.00
1.00	0.00	2.00	41.00
1.10	0.80	2.20	64.00
1.20	2.00	2.40	90.00
1.30	3.30	2.60	122.00
1.40	5.00	2.80	159.00
1.50	8.00	3.00	203.00
1.60	12.00	3.20	250.00
1.70	17.00	3.40	303.00
1.80	24.00		



ESTACION DE AFOROS NUM. 88 RIO TORMES EN CONTIENSA

- CARACTERISTICAS GENERALES -

SUPERFICIE CUENCA KM2		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUDES CUENCA		DESIGNACION	
ESTACION AFOROS	TOTAL RIO	L O N G. MER. MADRID	L A T. -----	COTA ESTACION	COTA MAXIMA	CLASIFICACION D E C I M A L	NUM. TRAMO CARTOGRAFIA
4814.	7257.	2-14-08 W	41-04-45 N	740.	2592.	2-01-35	***

N I V E L E S E N M E T R O S Y C A U D A L E S E N M3/SEG.

DIA	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		E N E R O		FEBRERO		M A R Z O	
	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL
1	1.44	6.20	1.46	6.80	1.73	19.10	2.07	49.05N	2.26	71.80	2.26	71.80X
2	1.44	6.20	1.49	7.70	1.73	19.10	2.14	57.10	2.21	65.30	2.21	65.30
3	1.43	5.90	1.48	7.40	1.74	19.80	2.34	82.20	2.28	74.40	2.19	62.85
4	1.41	5.30N	1.45	6.50	1.75	20.50	2.45	98.00	2.45	98.00	2.18	61.70
5	1.41	5.30	1.44	6.20N	1.75	20.50	2.31	78.30	2.42	93.20	2.19	62.85
6	1.43	5.90	1.48	7.40	1.72	18.40	2.27	73.10	2.36	84.80	2.19	62.85
7	1.43	5.90	1.49	7.70	1.71	17.70	2.23	67.90	2.26	71.80	2.18	61.70
8	1.42	5.60	1.49	7.70	1.74	19.80	2.21	65.30	2.24	69.20	2.15	58.25
9	1.42	5.60	1.50	8.00	1.71	17.70	2.20	64.00	2.20	64.00	2.15	58.25
10	1.44	6.20	1.54	9.60	1.74	19.80	2.20	64.00	2.24	69.20	2.15	58.25
11	1.44	6.20	1.69	16.50	1.74	19.80	2.19	62.85	2.30	77.00	2.15	58.25
12	1.46	6.80	1.74	19.80	1.75	20.50	2.23	67.90	2.37	86.10	2.15	58.25
13	1.44	6.20	1.96	37.40X	1.65	14.50N	2.19	62.85	2.35	83.50	2.17	60.55
14	1.43	5.90	1.90	32.00	1.75	20.50	2.27	73.10	2.31	78.30	2.17	60.55
15	1.43	5.90	1.74	19.80	1.76	21.20	2.48	102.80	2.24	69.20	2.15	58.25
16	1.44	6.20	1.76	21.20	1.77	21.90	2.50	106.00X	2.22	66.60	2.14	57.10
17	1.44	6.20	1.75	20.50	1.80	24.00	2.26	71.80	2.21	65.30	2.14	57.10
18	1.44	6.20	1.79	23.30	1.73	19.10	2.26	71.80	2.18	61.70N	2.14	57.10
19	1.44	6.20	1.77	21.90	1.80	24.00	2.22	66.60	2.20	64.00	2.14	57.10
20	1.45	6.50	1.78	22.60	1.90	32.00	2.25	70.50	2.35	83.50	2.14	57.10
21	1.45	6.50	1.78	22.60	1.93	34.70	2.34	82.20	2.49	104.40X	2.14	57.10
22	1.45	6.50	1.69	16.50	1.92	33.80	2.37	86.10	2.42	93.20	2.10	52.50
23	1.45	6.50	1.70	17.00	1.94	35.60X	2.26	71.80	2.33	80.90	2.03	44.45
24	1.44	6.20	1.72	18.40	1.85	28.00	2.22	66.60	2.28	74.40	1.85	28.00
25	1.44	6.20	1.73	19.10	1.91	32.90	2.22	66.60	2.35	83.50	1.80	24.00
26	1.44	6.20	1.73	19.10	1.94	35.60	2.22	66.60	2.27	73.10	1.84	27.20
27	1.44	6.20	1.73	19.10	1.82	25.60	2.38	87.40	2.26	71.80	1.82	25.60
28	1.45	6.50	1.73	19.10	1.80	24.00	2.36	84.80	2.21	65.30	1.82	25.60
29	1.45	6.50	1.71	17.70	1.88	30.40	2.33	80.90			1.89	31.20
30	1.46	6.80	1.70	17.00	1.84	27.20	2.29	75.70			1.79	23.30
31	1.48	7.40X			1.86	28.80	2.28	74.40			1.77	21.90N
MED. MENS.		6.19		16.52		24.08		74.14		76.55		50.52
MAX. INST.												
AP. -HM3-		16.58		42.82		64.50		198.57		185.20		135.30



DIA	A B R I L		M A Y O		J U N I O		J U L I O		A G O S T O		S E P T I E M B R E				
	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL	NIVEL	CAUDAL			
1	1.85	28.00	1.60	12.00	1.65	14.50	1.83	26.40	1.89	31.20X	1.79	23.30			
2	1.83	26.40	1.59	11.60	1.64	14.00	1.82	25.60	1.82	25.60	1.79	23.30			
3	1.80	24.00	1.58	11.20	1.66	15.00	1.84	27.20	1.79	23.30	1.79	23.30			
4	1.81	24.80	1.58	11.20	1.67	15.50	1.88	30.40	1.79	23.30	1.80	24.00			
5	1.87	29.60X	1.58	11.20	1.67	15.50	1.84	27.20	1.80	24.00	1.82	25.60			
6	1.81	24.80	1.59	11.60	1.68	16.00	1.83	26.40	1.78	22.60	1.78	22.60			
7	1.81	24.80	1.58	11.20	1.66	15.00	1.84	27.20	1.79	23.30	1.75	20.50			
8	1.82	25.60	1.63	13.50	1.63	13.50N	1.86	28.80	1.81	24.80	1.76	21.20			
9	1.83	26.40	1.60	12.00	1.63	13.50	1.90	32.00	1.79	23.30	1.77	21.90			
10	1.83	26.40	1.57	10.80	1.70	17.00	1.90	32.00	1.78	22.60	1.76	21.20			
11	1.81	24.80	1.54	9.60	1.74	19.80	1.91	32.90	1.77	21.90	1.77	21.90			
12	1.85	28.00	1.51	8.40N	1.73	19.10	1.87	29.60	1.76	21.20	1.81	24.80			
13	1.79	23.30	1.55	10.00	1.76	21.20	1.84	27.20	1.76	21.20	1.79	23.30			
14	1.76	21.20	1.58	11.20	1.71	17.70	1.82	25.60	1.77	21.90	1.78	22.60			
15	1.81	24.80	1.61	12.50	1.68	16.00	1.83	26.40	1.79	23.30	1.78	22.60			
16	1.78	22.60	1.62	13.00	1.79	23.30	1.82	25.60	1.83	26.40	1.78	22.60			
17	1.76	21.20	1.62	13.00	1.75	20.50	1.83	26.40	1.76	21.20	1.81	24.80			
18	1.72	18.40	1.61	12.50	1.72	18.40	1.86	28.80	1.74	19.80N	1.84	27.20			
19	1.70	17.00	1.60	12.00	1.73	19.10	1.86	28.80	1.74	19.80	1.93	34.70X			
20	1.63	13.50	1.63	13.50	1.72	18.40	1.79	23.30	1.78	22.60	1.80	24.00			
21	1.66	15.00	1.63	13.50	1.69	16.50	1.79	23.30	1.84	27.20	1.66	15.00			
22	1.64	14.00	1.64	14.00	1.68	16.00	1.77	21.90N	1.85	28.00	1.66	15.00			
23	1.65	14.50	1.65	14.50X	1.65	14.50	1.78	22.60	1.80	24.00	1.63	13.50			
24	1.66	15.00	1.65	14.50	1.67	15.50	1.91	32.90	1.78	22.60	1.64	14.00			
25	1.66	15.00	1.62	13.00	1.67	15.50	1.92	33.80X	1.81	24.80	1.66	15.00			
26	1.64	14.00	1.61	12.50	1.67	15.50	1.89	31.20	1.81	24.80	1.65	14.50			
27	1.61	12.50	1.61	12.50	1.66	15.00	1.83	26.40	1.79	23.30	1.61	12.50			
28	1.57	10.80N	1.61	12.50	1.74	19.80	1.85	28.00	1.79	23.30	1.58	11.20			
29	1.59	11.60	1.61	12.50	1.83	26.40	1.85	28.00	1.84	27.20	1.59	11.60			
30	1.60	12.00	1.64	14.00	1.84	27.20X	1.87	29.60	1.79	23.30	1.56	10.40N			
31			1.63	13.50			1.90	32.00	1.78	22.60					
MED. MENS.		20.33		12.23		17.50		27.98		23.69		20.27			
MAX. INST.															
AP. -HM3-		52.70		32.75		45.35		74.95		63.45		52.54			
CAUDALES CLASIFICADOS - QC=	106.00	QMC=	84.80	Q30=	71.80	Q60=	62.85	Q90=	32.90	Q120=	27.20	Q150=	24.80		
Q180=	23.30	Q210=	21.20	Q240=	19.10	Q270=	15.00	Q300=	12.50	Q330=	7.70	QME=	6.20	QE=	5.30

- DATOS DEL AÑO -

APORTACIONES Y CAUDALES

TOTALES	ESPECIFICOS
964.712 HM3.	200.397 MILIMETROS
30.6 M3/SEG.	6.4 LITROS/SEG/KM2.

CAUDALES CARACTERISTICOS

	M3/SEG.	NIVEL	FECHA
MAXIMO INSTANTANEO DEL AÑO	GCI=		
MAXIMO DE MEDIAS DIARIAS AÑO	QC=	106.00	2.50
MINIMO	ID.	5.30	1.41
	ID.		16- 1-77
	ID.		4-10-76



ANÁLISIS DE LAS SERIES HISTÓRICAS DE CAUDALES

El caudal es un valor referido a un instante (m^3/s). En las series históricas de caudales se expresa como un valor medio, relativo a un determinado tiempo (día, mes, año, periodo de años):

- **Caudal medio diario:** Valor promedio de los caudales instantáneos de cada día (para cada día).
- **Caudal medio mensual:** Valor promedio de los 30/31 caudales medios diarios (para cada mes).
- **Caudal medio anual:** Valores promedio de los 12 caudales medios mensuales (para cada año).
- **Módulo mensual:** Valor promedio de los caudales medios mensuales, para un periodo consecutivo de años.
- **Módulo anual:** Valor promedio de los caudales medios anuales, para un periodo consecutivo de años.



ANÁLISIS DE LAS SERIES HISTÓRICAS DE CAUDALES

- **Caudal máximo instantáneo:** Es el valor máximo de caudal registrado, que puede referirse a cada mes, o al año correspondiente.

Para su registro se necesitan mediciones continuas (limnógrafos).

- **Caudal máximo diario:** Es el valor máximo de los caudales medios diarios, que puede referirse a cada mes, o al año correspondiente.

Se puede registrar con mediciones una por día (limnímetros).

- **Caudales mínimos:** Se refieren a los valores mínimos de caudales, instantáneo o diario, pudiendo referirse a valores mensuales o del año.

A menudo estos caudales mínimos se refieren al valor medio de un número consecutivo de días.



Curva de duración de caudales:

Es una curva que expresa qué porcentaje de tiempo el caudal es superior a un determinado valor.

Para su obtención se ordenan todos los datos de caudales medios diarios de mayor a menor, y se van calculando los distintos puntos de la curva. En abscisas se indica el porcentaje de días en que el caudal ha sido igual o superior a un determinado valor, y en ordenadas se indica dicho valor.

El dato de caudal puede expresarse en términos absolutos, como porcentaje del módulo anual, o como caudal específico (por unidad de superficie).

Indica el rango de fluctuación de los caudales en el periodo de estudio, y en ella influye la geología, condicionando los caudales mínimos (especialmente en cuencas pequeñas).



Curva de Frecuencia de caudales: Fórmulas de probabilidad

Método	Resolver para P (X > x)	Para m = 1 y n = 10	
		P	T
California	m / n	0.10	10
Hazen	$(2m-1) / 2n$	0.05	20
Beard	$1-(0.5)^{1/n}$	0.067	14.9
Weibull	$m / (n+1)$	0.091	11
Chegadayev	$(m-0.3) / (n+0.4)$	0.067	14.9
Blom	$(m-3/8) / (n+1/4)$	0.061	16.4
Tukey	$(3m-1) / (3n+1)$	0.065	15.5

donde n = número de años del registro
m = rango



Frecuencia de avenidas: Funciones de distribución de valores extremos (ej. Distribución de Gumbel)

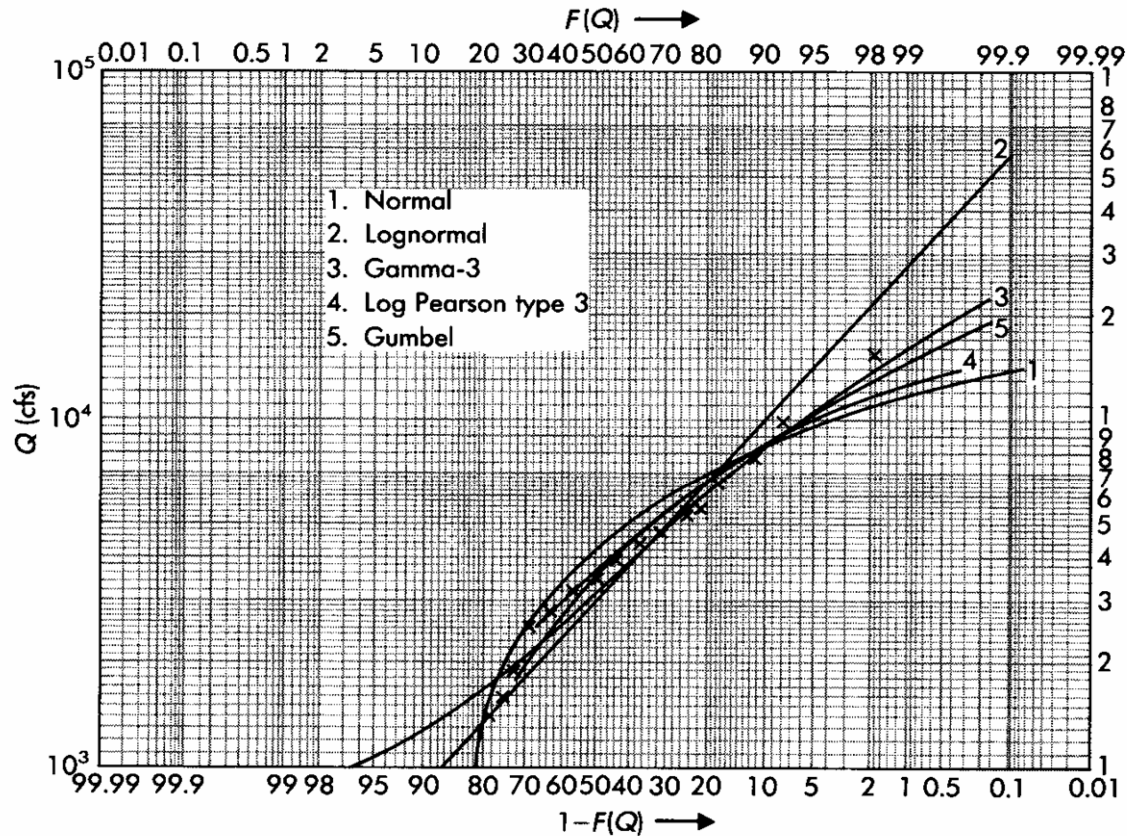


FIGURE 3.24

Comparison of five fitted cumulative density functions (CDFs) for Cypress Creek flows.

Bedient y Huber (1992)

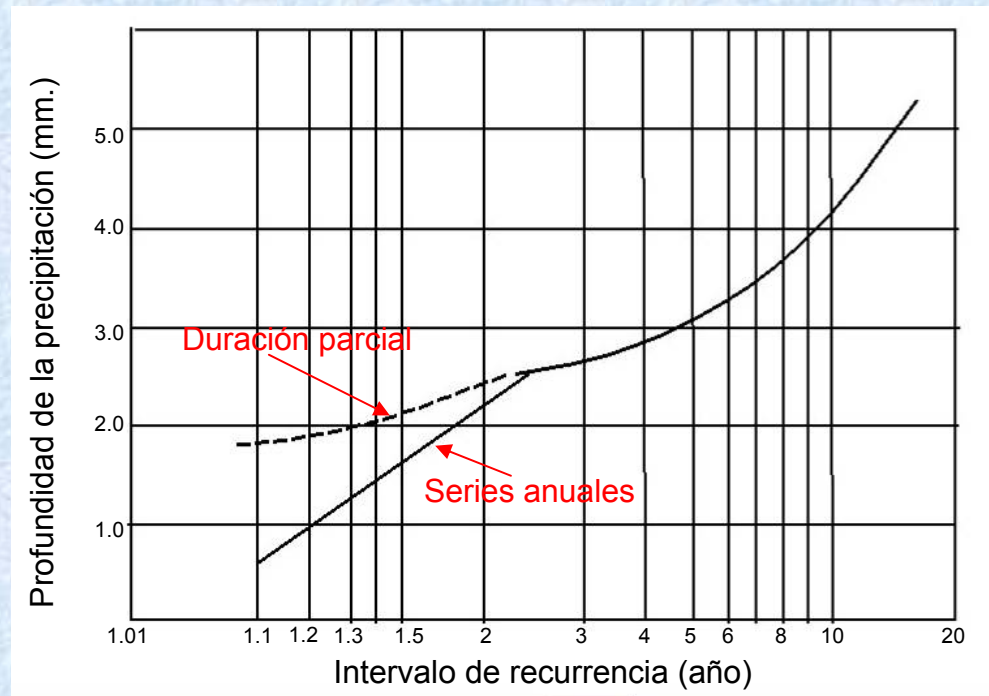


ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DE AVENIDAS: TIPOS DE SERIES

- **Series anuales:** Se toma un valor (caudal máximo) por año
- **Series de duración parcial:** Se toman los valores superiores a un determinado caudal. Puede haber años que no aporten datos a la serie, y años que aporten más de un dato de caudal.

Las mayores diferencias entre estos dos tipos de series se refieren a periodos de retorno inferiores a 10 años.

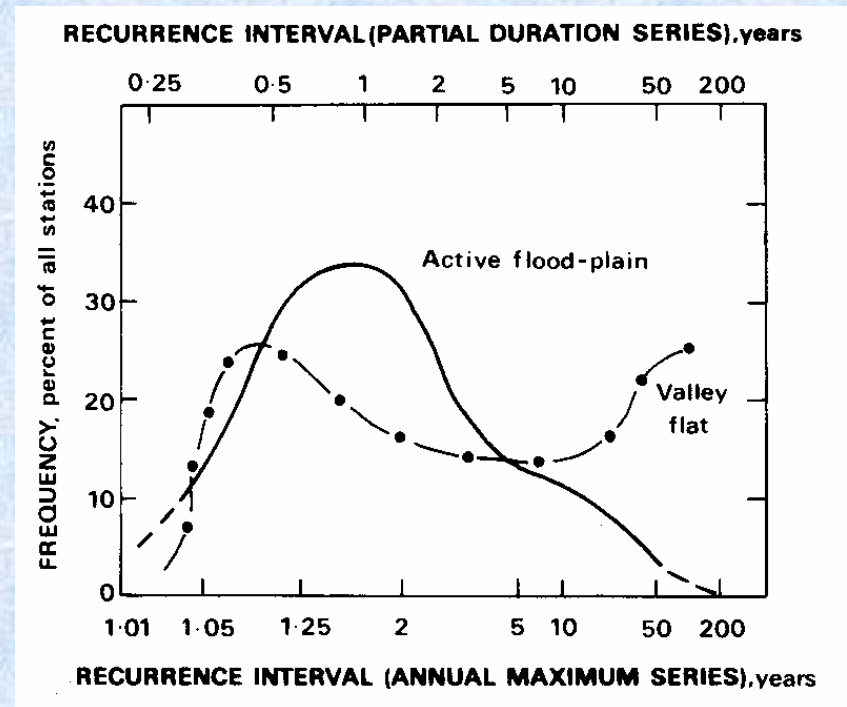
Ejemplo relativo a series de precipitación



EQUIVALENCIA ENTRE TIPOS DE SERIES

Las series de duración parcial reflejan una frecuencia mayor para periodos de retorno bajos, siendo equivalentes a las series anuales para periodos de retorno superiores a 10 años.

Relación entre las series de duración parcial y las series anuales	
Intervalo de repetición (yr)	
Series de duración parcial	Series anuales
0.5	1.2
1.0	1.6
1.5	2.0
2.0	2.5
5.0	5.5
10.0	10.5



Knighton (1984)

PREDICTIBILIDAD DEL RÉGIMEN DE CAUDALES

- **Predictibilidad:** Medida del grado de certidumbre en conocer el estado del régimen de caudales, en un determinado momento.

Integra dos conceptos:

- **Constancia:** Medida del grado en que una determinada característica del régimen de caudales (ej. avenidas) se repite año tras año.

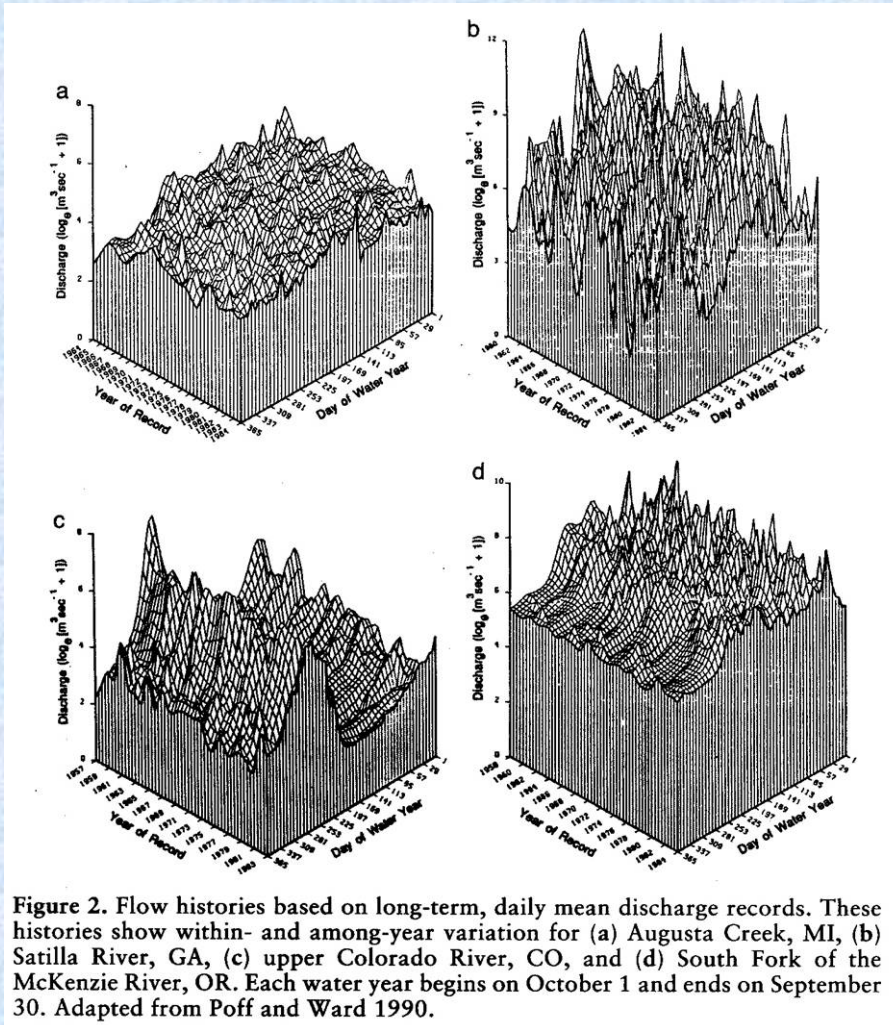
- **Contingencia:** Medida del grado de ajuste de una determinada característica del régimen de caudales (ej. avenidas), a una determinada época o momento del año.

La predictibilidad del régimen de caudales de un río tiene una gran importancia biológica, para la adaptación de los ciclos de desarrollo de sus comunidades a dicho régimen.

Esta predictibilidad es a menudo fuertemente alterada por la regulación de los caudales.

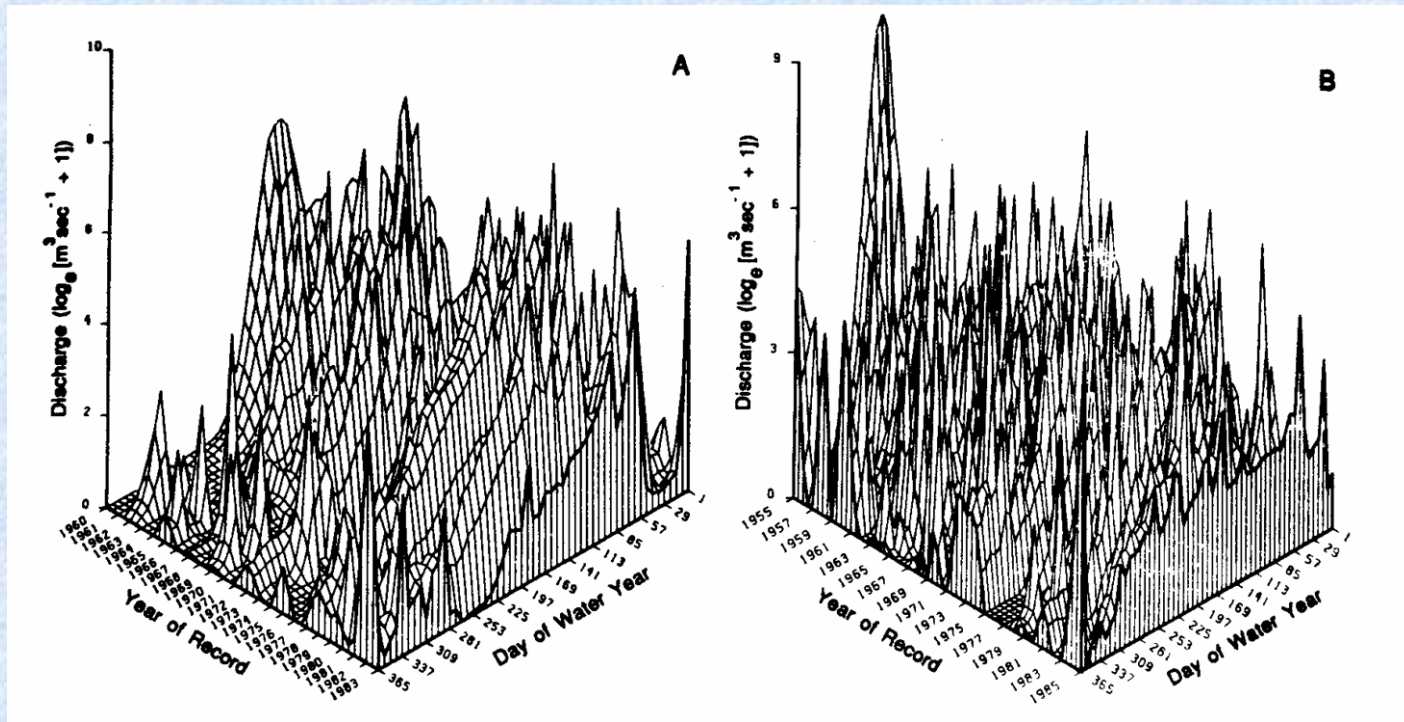


Clasificación de ríos de Estados Unidos según su tipo de régimen de caudales



- a) Régimen muy estable, con gran aporte de escorrentía subterránea.
- b) Régimen muy variable a lo largo del año.
- c) Régimen estacional, con época de deshielo, muy predecible.
- d) Régimen estacional, muy variable durante el periodo de lluvias.

Clasificación de tipos de ríos de Estados Unidos (cont.)



A) Régimen intermitente, estacional, predecible.

B) Régimen torrencial, muy variable, no predecible.

RÉGIMEN NATURAL DE CAUDALES: Principales características

- **Magnitud:**

Define la cantidad de caudal que circula por una sección, en un determinado momento.

- **Frecuencia:**

Alude a la frecuencia con que el caudal circulante supera un determinado valor en un intervalo de tiempo dado.

- **Duración:**

Es el periodo de tiempo asociado a una condición determinada de caudal.

- **Epoca o predictibilidad:**

Se refiere a la regularidad con que ocurre un determinado caudal.

- **Tasa de cambio o torrencialidad:**

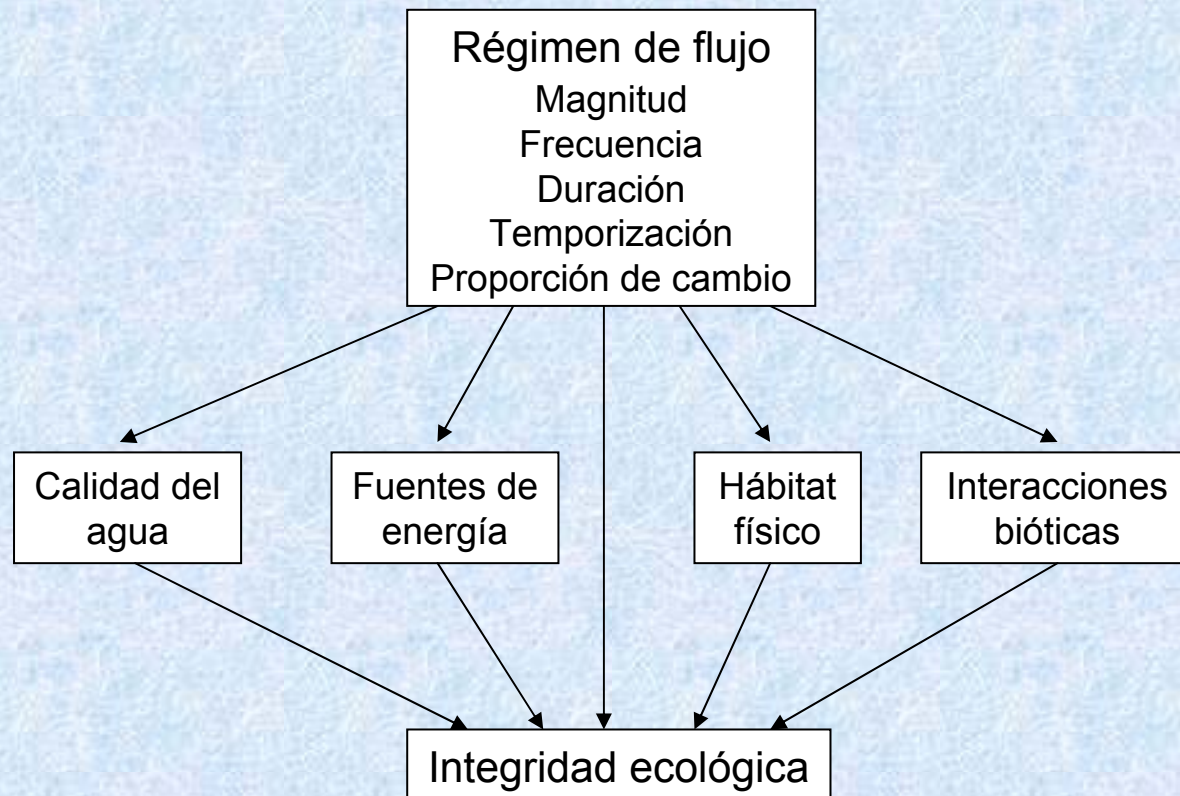
Se refiere a cómo de rápido el caudal varía de una magnitud a otra.



RÉGIMEN ECOLÓGICO DE CAUDALES

La integridad ecológica de los ríos está basada en la variabilidad del régimen natural de caudales.

El régimen “ecológico” de caudales debe conservar la variabilidad del régimen natural, manteniendo sus principales características.



INDICADORES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA (Richter, 1999)

Grupo general	Características del Régimen	Parámetros de caudal utilizados	Influencia en el ecosistema
1. Magnitud de caudales mensuales	<ul style="list-style-type: none"> - Magnitud - Epoca en que se producen 	1. Caudal medio mensual para cada mes	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de hábitat para los organismos acuáticos - Humedad del suelo para las plantas - Disponibilidad de agua para especies terrestres - Disponibilidad de alimento y refugio para micromamíferos - Acceso de predadores a lugares de nidificación - Influencia en la temperatura, oxígeno disuelto y fotosíntesis en la columna de agua.
2. Magnitud y Duración de las condiciones de los caudales extremos anuales	<ul style="list-style-type: none"> - Magnitud - Duración 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promedio anual de caudal máximo de 1 día 2. Promedio anual de caudal mínimo de 1 día 3. Promedio anual de caudal máximo de 3 días 4. Promedio anual de caudal mínimo de 3 días 5. Promedio anual de caudal máximo de 7 días 6. Promedio anual de caudal mínimo de 7 días 7. Promedio anual de caudal máximo de 30 días 8. Promedio anual de caudal mínimo de 30 días 9. Promedio anual de caudal máximo de 90 días 10. Promedio anual de caudal mínimo de 90 días 11. Número de días de caudal cero 12. Caudal mínimo de 7 días dividido por el caudal medio anual 	<ul style="list-style-type: none"> - Balance entre especies competitivas, ruderales y tolerantes al estrés - Creación de sitios para la colonización de plantas - Estructuración de los ecosistemas acuáticos por factores abióticos vs. Factores bióticos - Estructuración de la morfología del cauce y las condiciones del hábitat físico - Estrés de humedad edáfica en plantas - Deshidratación en animales - Estrés anaeróbico en plantas - Volumen de intercambio de nutrientes entre el cauce y su llanura de inundación - Duración de las condiciones de máximo estrés debidas a bajo oxígeno o concentración de compuestos químicos en el medio acuático - Distribución de las comunidades de plantas en lagos, charcas o llanura de inundación - Duración de las aguas altas para vertidos, aireación de frezaderos en los sedimentos fluviales



INDICADORES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA (Cont.)

Grupo general	Características del Régimen	Parámetros de caudal utilizados	Influencia en el ecosistema
3. Época en que se producen las condiciones de caudales extremos anuales	- Época	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fecha del año del caudal máximo anual de 1 día 2. Fecha del año del caudal mínimo anual de 1 día 	<ul style="list-style-type: none"> - Compatibilidad con ciclos biológicos de organismos - Predictibilidad o posibilidad de evitar el estrés por los organismos - Acceso a hábitats especiales durante la reproducción o para evitar la predación - Señal de freza para peces migradores - Evolución de estrategias del ciclo biológico o mecanismos de comportamiento
4. Frecuencia y Duración de los pulsos de caudales altos y bajos	<ul style="list-style-type: none"> - Magnitud - Frecuencia - Duración 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Número de pulsos altos de cada año 2. Número de pulsos bajos de cada año 3. Duración media de los pulsos altos en cada año 4. Duración media de los pulsos bajos en cada año 	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia y Magnitud del estrés de humedad para las plantas - Frecuencia y Magnitud del estrés anaeróbico para las plantas - Disponibilidad de hábitats en la llanura de inundación para organismos acuáticos - Intercambio de nutrientes y materia orgánica entre el río y su llanura de inundación - Suelo mineral disponible - Acceso de las aves acuáticas para alimentación, reposo, lugares de reproducción, etc. - Influencia en el transporte de sedimentos, granulometría del substrato y duración de la perturbación del substrato por pulsos altos.
5. Tasa /Frecuencia de cambios en el hidrograma	- Frecuencia de la tasa de variación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Promedio de todas las diferencias positivas entre caudales diarios consecutivos 2. Promedio de todas las diferencias negativas entre caudales diarios consecutivos 3. Número de veces en que el caudal fluctúa 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrés por sequía en plantas (caudales que disminuyen) - Organismos atrapados en islas, llanura de inundación (caudales que aumentan) - Estrés por pérdida de humedad en organismos de orilla de poca movilidad