



# PROPUESTA METODOLÓGICA

**ESTUDIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS,  
GENERADORES Y TASAS DE CAMBIO DE LA DEMARCACIÓN DEL EBRO**

**Mariano Cebrián del Moral**

**NTT DATA**

**18 DE MAYO DE 2023**

# Contenido

1. Caudales máximos
2. Caracterización del régimen de crecidas
3. Tasas de cambio
4. Reconocimiento en campo de avenidas
5. Contribución de los usuarios y otras personas interesadas

# Caudales máximos (1)

Definidos en el artículo IPH 3.4.1.4.1.2. *Distribución temporal de caudales máximos*

Los *caudales máximos que no deben ser superados durante la operación y gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas*. ¿Por qué?

## Alteraciones provocadas por caudales excesivos

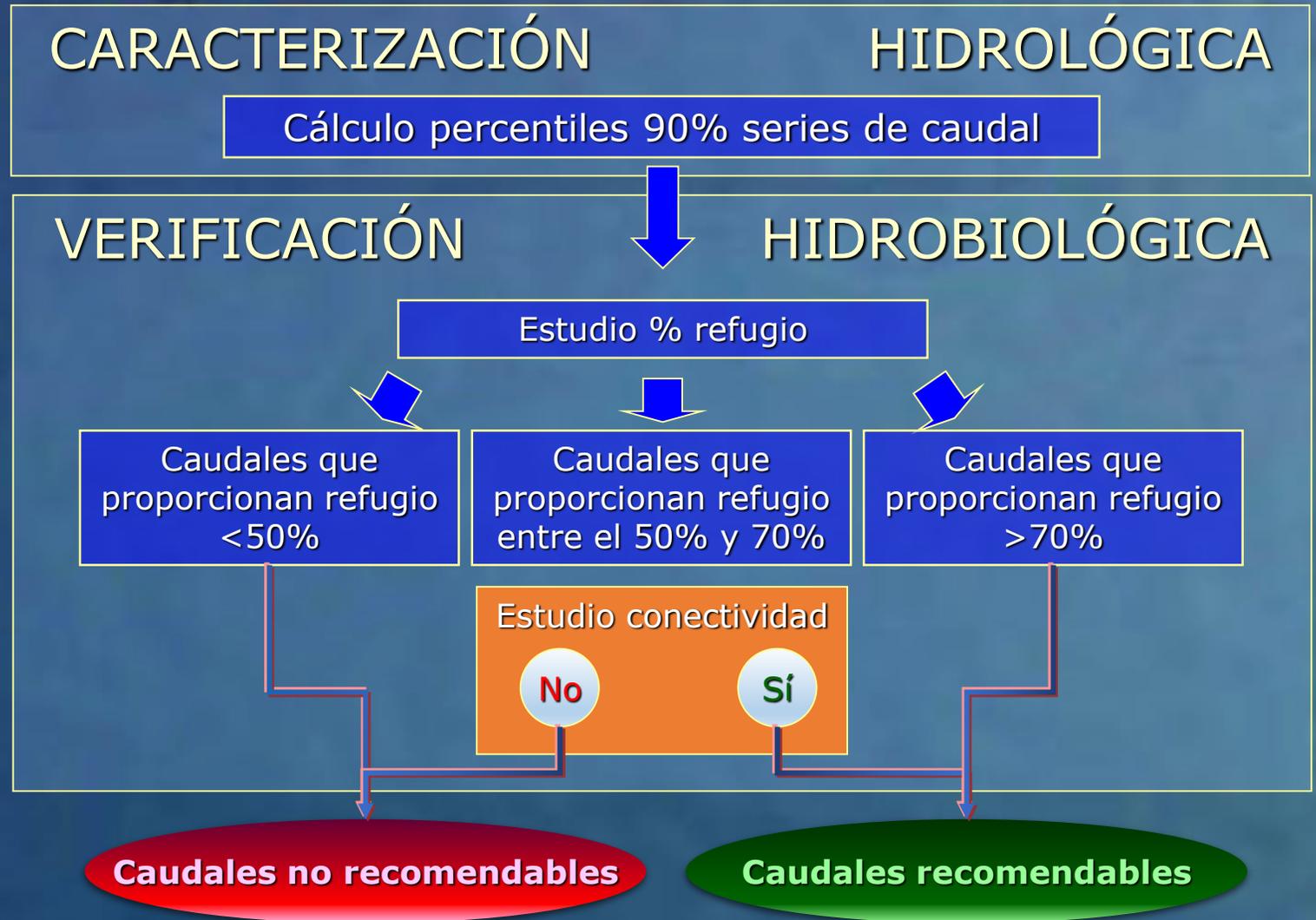
- Aumento de la velocidad
- Mayor capacidad de transporte
- Disminución de temperatura

## Efectos sobre el río

- Arrastre de la biota
- Cambios geomorfológicos
  - Incisión acelerada
  - Ampliación del cauce
  - Alteración de los rápidos y remansos
- Simplificación de la biocenosis y sustitución de especies

# Caudales máximos (2)

- Caracterización: Análisis de los percentiles de excedencia mensuales de la serie de caudales. Criterio: No superar el percentil 90 de la serie.
  - Series SIMPA de distinta longitud (corta 1940-2018 y larga 1980-2018)
  - Distintos criterios sobre el cálculo de percentiles (serie diaria, serie mensual, todos los años, años húmedos...)
- Verificación: Establece que el régimen de caudales máximos debe ser verificado mediante *modelos de hábitat* acuático



# Caudales máximos (3)

- Evaluación del hábitat de refugio: Aquellos tramos del río con una determinada profundidad de agua y cuyas velocidades no superan las velocidades máximas para las especies existentes en el tramo. Propuestas en la IPH (a falta de estudios específicos):

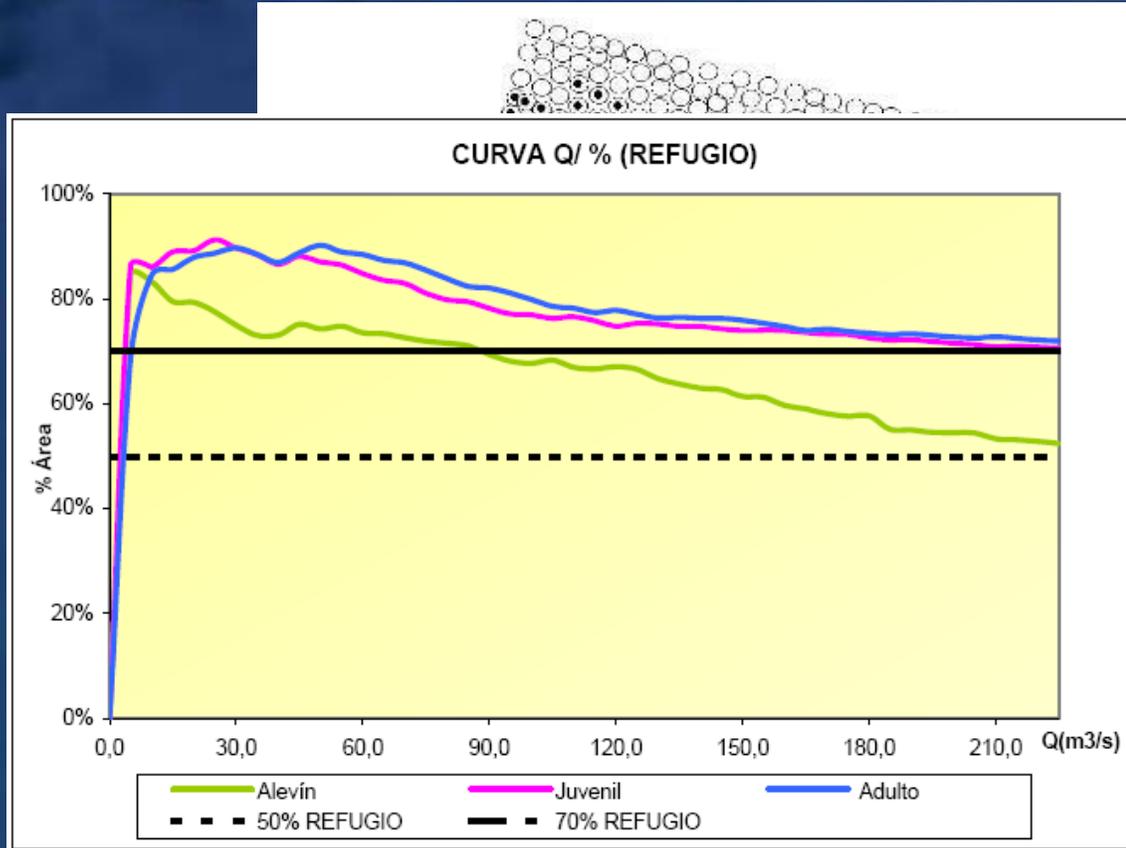
CONSIDERACIÓN DE “REFUGIO”		
ESTADIO	Velocidad máxima limitante (m/s)	Profundidad mínima limitante (m)
Alevín	1	0,1
Juvenil	2	0,15
Adulto	2,5	0,25

Se evalúa mediante modelos hidráulicos acoplados a la simulación de hábitats

Se discrimina entre tipo de río, ya que no todos los ríos deben ser aptos para todas las fases vitales. Existe una estratificación del territorio

# Caudales máximos (4)

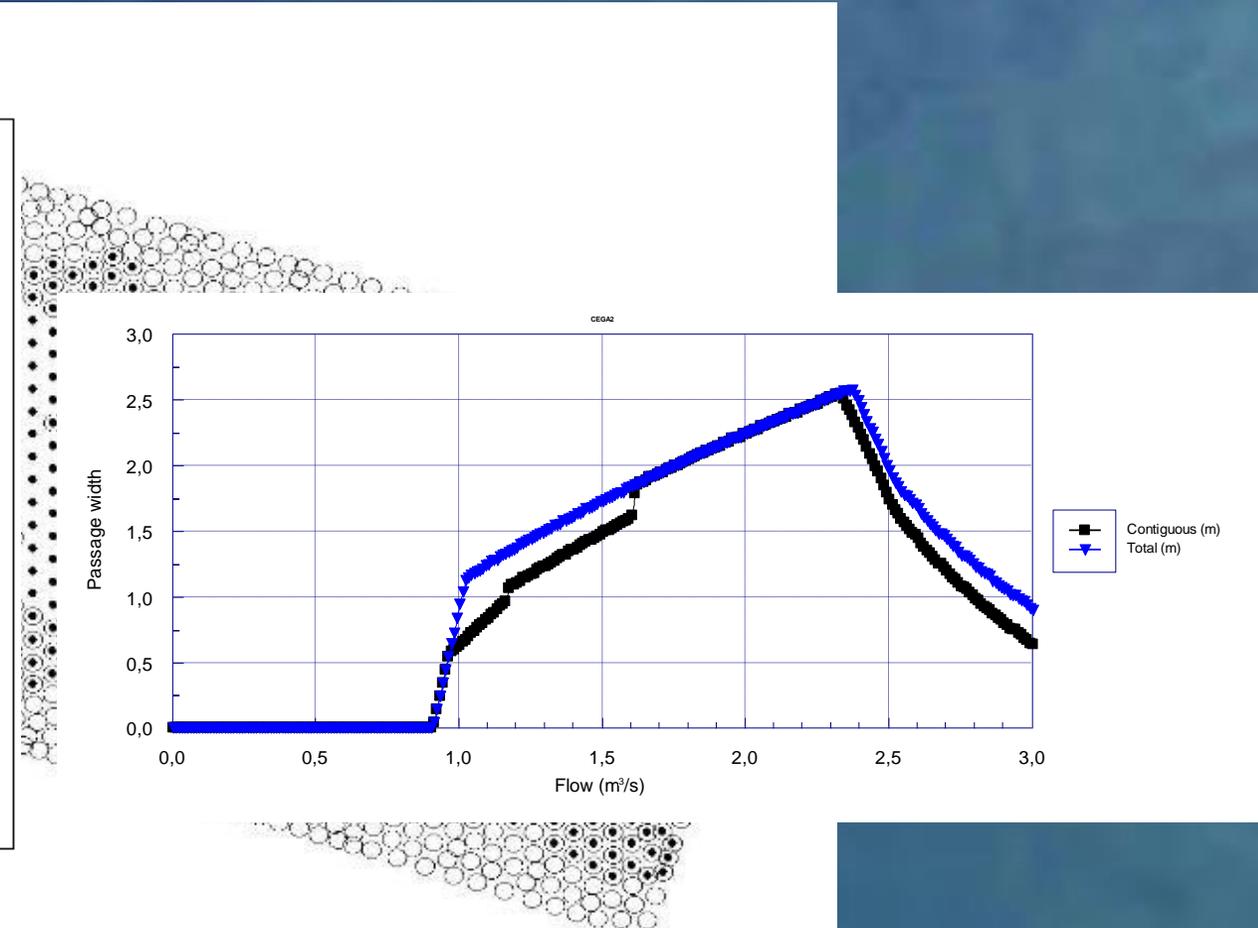
## Análisis del refugio



N.S. de Agavanzal. Q=32 m<sup>3</sup>/s

- Velocidad menor a 1 m/s
- Profundidad mayor a 0,1 m

## Análisis de la conectividad



# Caracterización del régimen de crecidas (1)

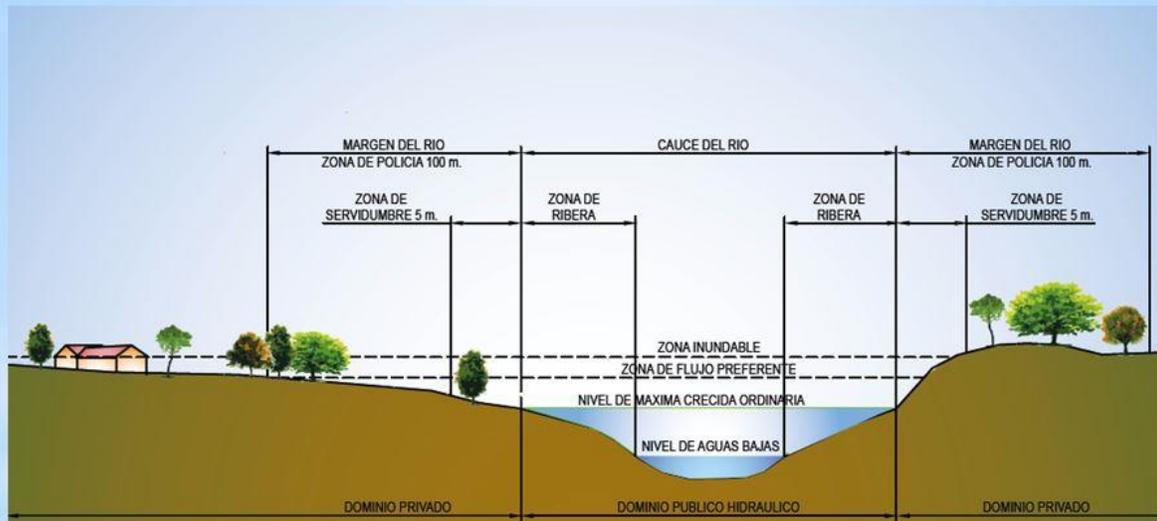
## La IPH define que se debe hacer

- Caracterizarlo en aquellos tramos situados **aguas abajo de importantes infraestructuras de regulación.**
- Los parámetros a determinar son: **Magnitud, Frecuencia, Duración, Estacionalidad y Tasas de cambio.**

## Funciones básicas

- Remueve los materiales del cauce y regenera la zona hiporreica (intersticial).
- Favorece el transporte de sedimentos y materia orgánica.
- Controla el desarrollo de los productores primarios.
- Renueva y diversifica el microhábitat y las poblaciones de zoobentos.
- Evita la presión de colonización de las riberas. Mantiene la sección fluvial (“bankfull”). Aporta las escrituras de propiedad del río.

### ZONIFICACIÓN DE LA ZONA INUNDABLE



Reset del  
ecosistema

# Caracterización del régimen de crecidas (2)

## Magnitud

- A partir de los datos del **CauMax**. Aplicación desarrollada por el CEDEX en ArcGis, donde se puede obtener la QMCO junto con los Caudales Máximos Instantáneos para los distintos periodos de retorno (T= 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años).
- Calculándolo a partir de la serie de caudales máximos anuales aplicando la ley de **distribución de frecuencias de Gumbel** para el estudio de los valores extremos.

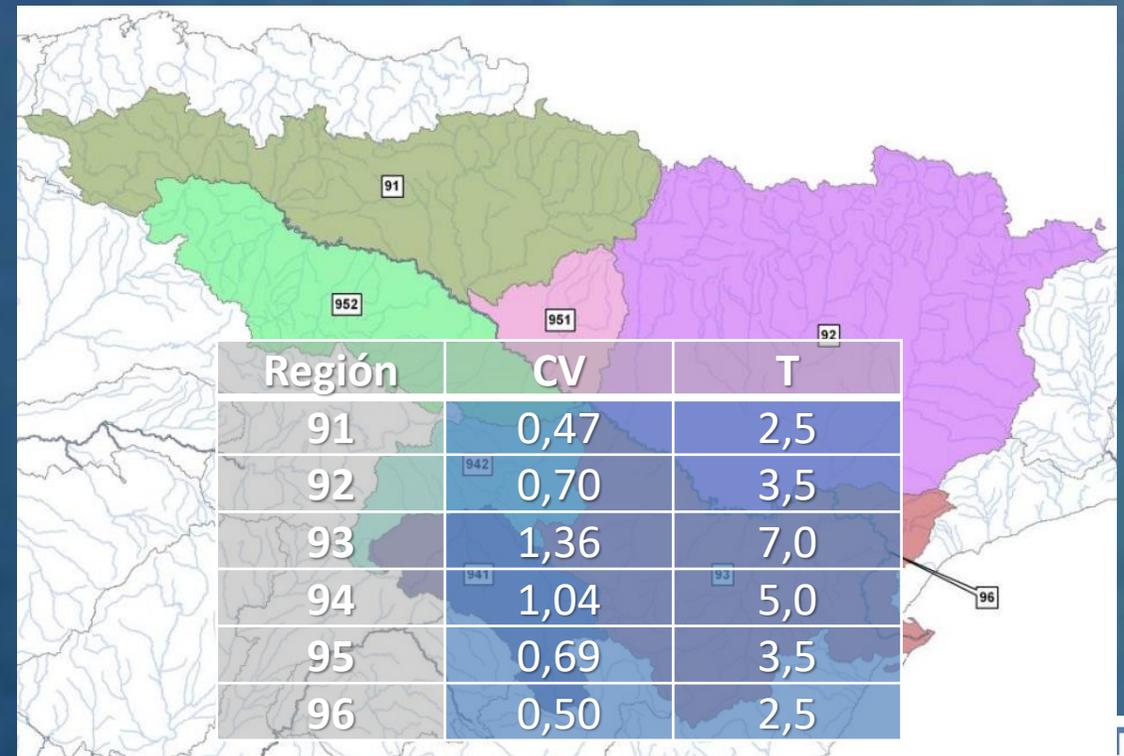
$$F(x) = e^{-e^{-b}}$$

Siendo:  $b = \alpha (x - u)$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S_x} \quad u = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

## Periodo de retorno

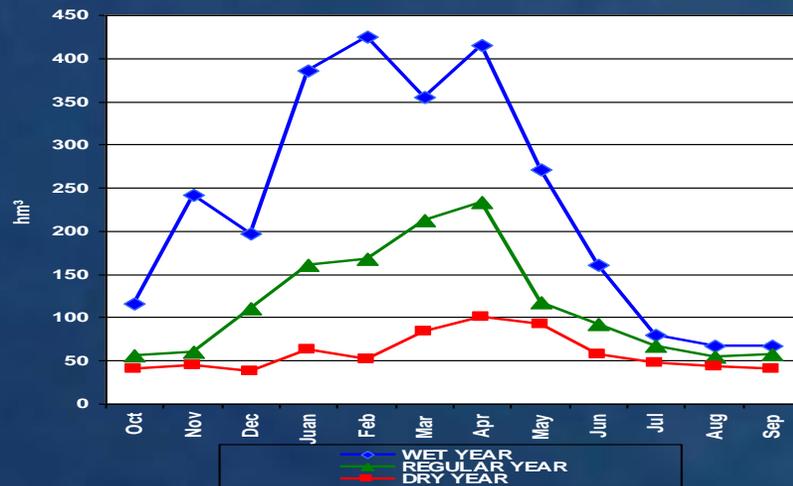
- Para determinar la periodicidad de los eventos generadores, se partirá de la regionalización dispuesta por el CEDEX en la que asigna un coeficiente de variación (Cv) según la zona estudiada, tal como se muestra:



# Caracterización del régimen de crecidas (3)

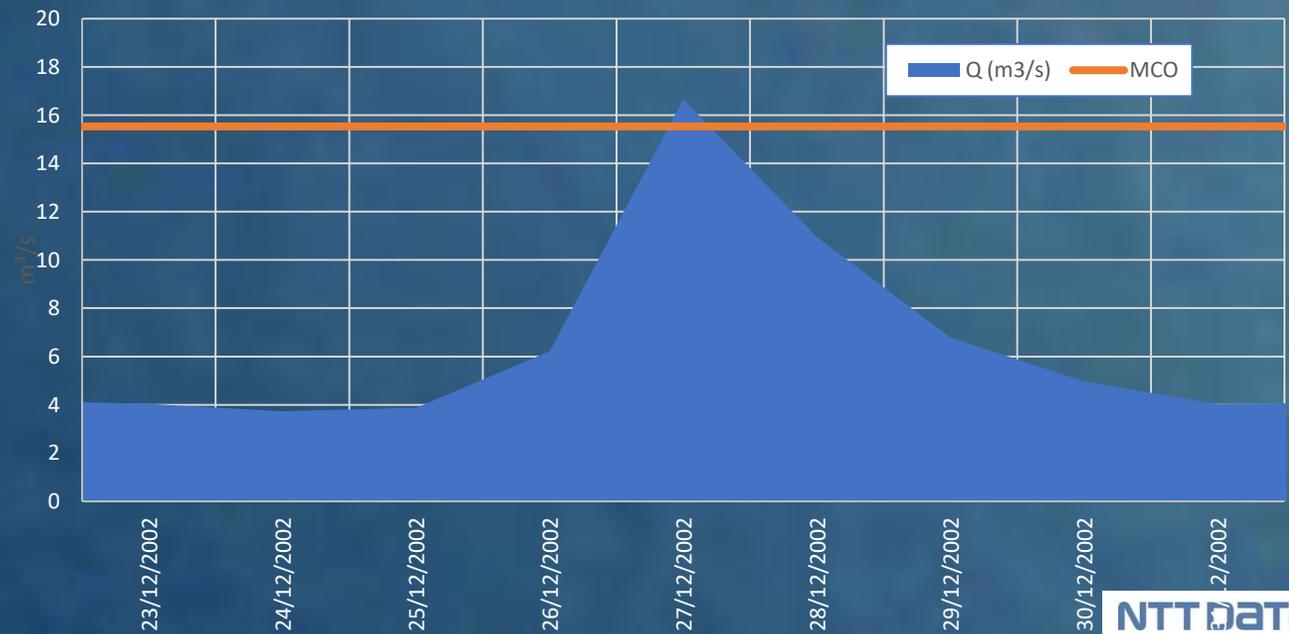
## Estacionalidad

- Periodo del año en el que se tiene que producir el elemento generador: meses de mayor probabilidad de que se produzcan este tipo de eventos de forma natural.
- Se seleccionarán los 4 meses de mayor aportación natural media.



## Duración

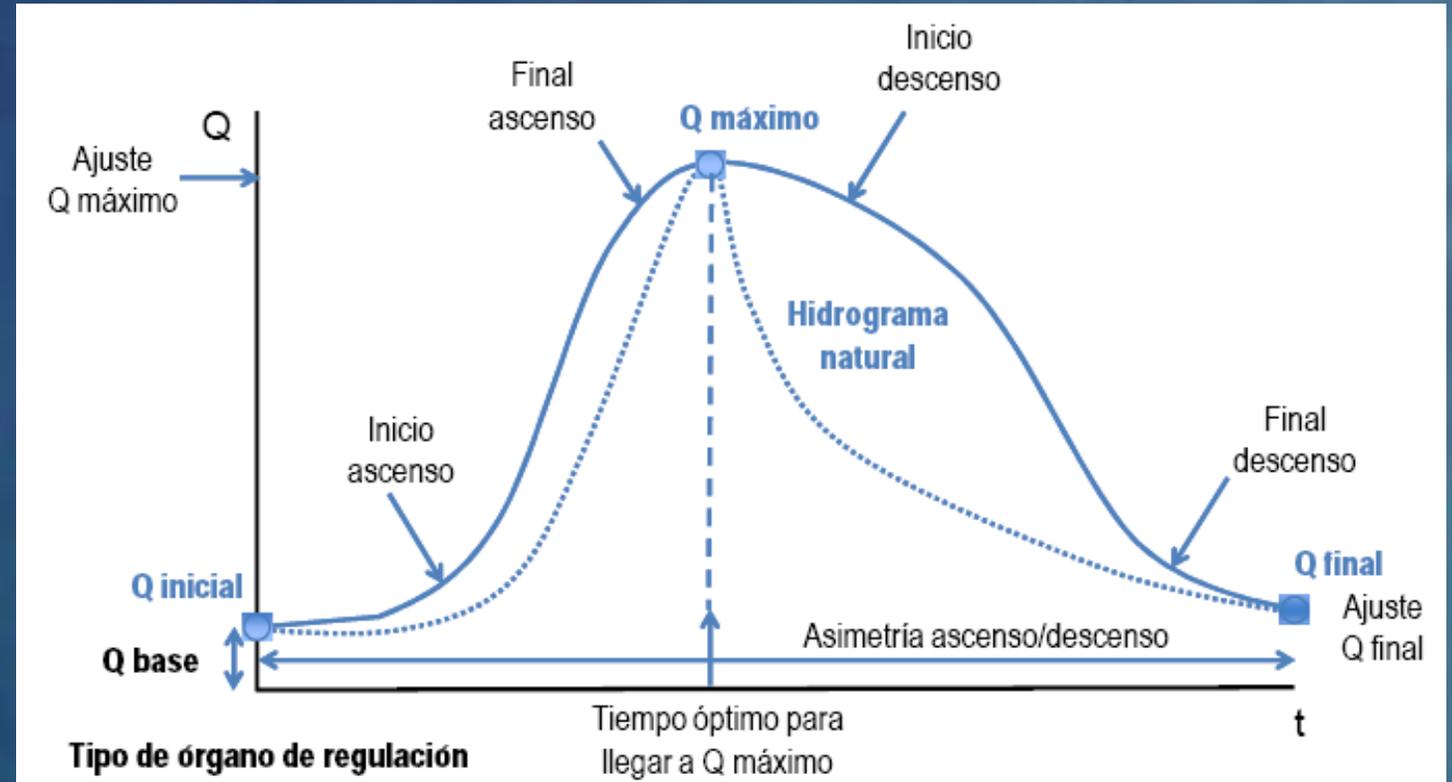
- Lapso de tiempo desde que empieza a subir el caudal hasta el momento en que se vuelve a alcanzar el caudal base.
- Asociado a las tasas de cambio



# Tasas de cambio (1)

## Efectos de las variaciones bruscas de caudal

- Fase de ascenso: arrastre de organismos
- Fase de descenso: dejar en seco a organismos: varados en orillas o aislados en charcos
- Tanto especies lóxicas como leníticas se ven desfavorecidas: no existen organismos adaptados a ellas, siendo la consecuencia general la pérdida de especies sensibles a estas variaciones



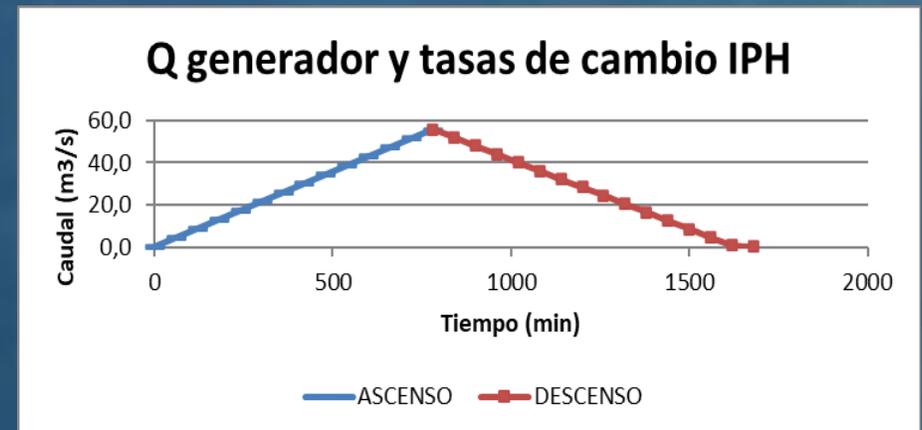
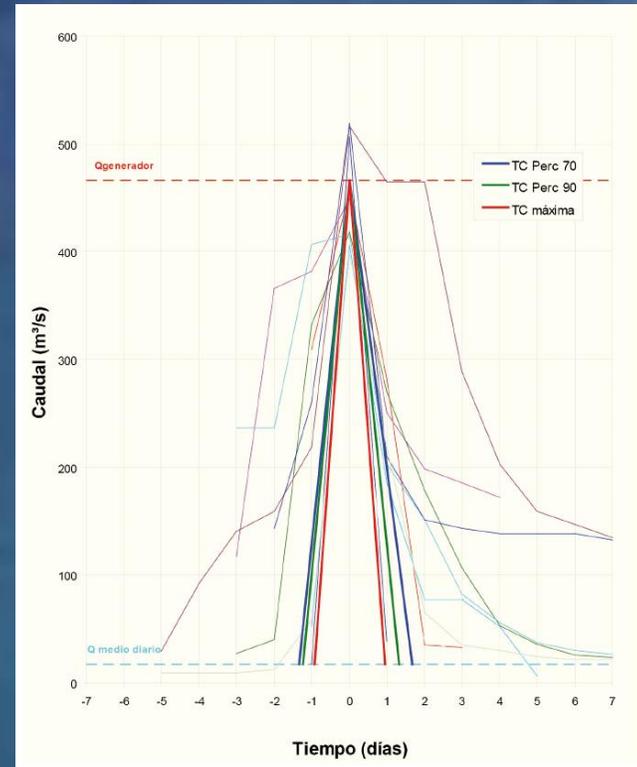
La IPH. 3.4.1.4.1.3. *Tasa de cambio* dice que su estimación tanto para el ascenso como descenso.

Son necesarias para los caudales generadores, pero también aplicables a la gestión habitual de las presas: caudales de turbinación, desagües para la gestión, etc.

# Tasas de cambio (2)

## Método IPH estricto

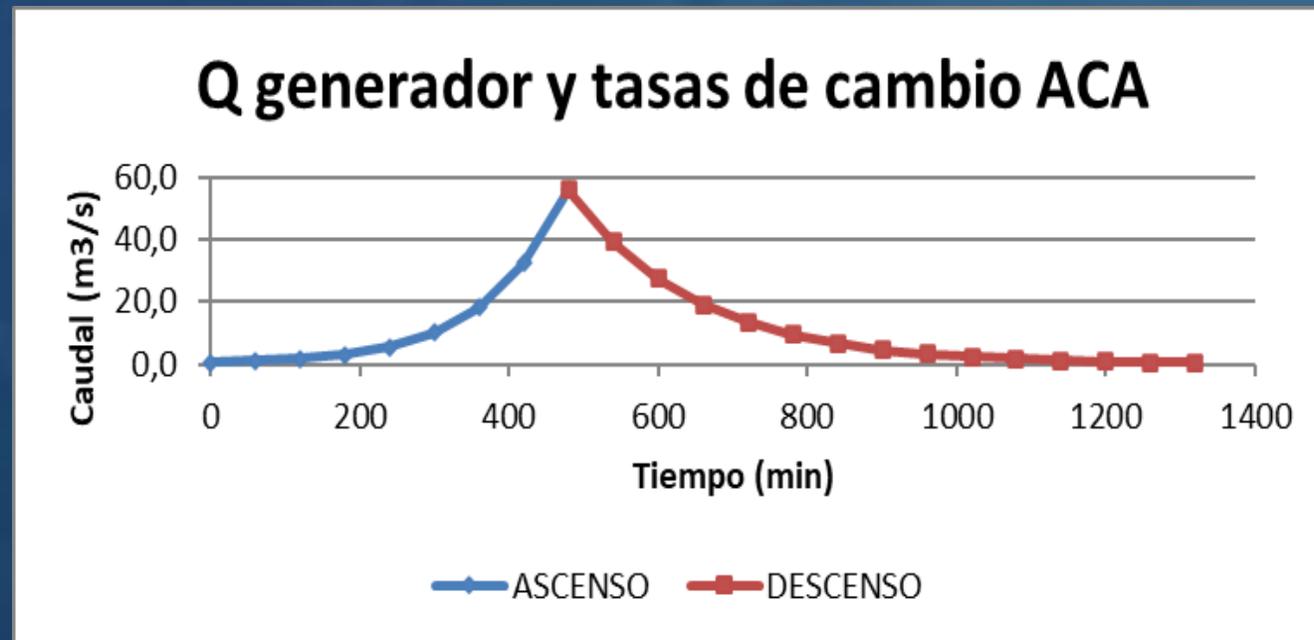
- Propuesta de la crecida a partir del análisis de datos medios diarios de crecidas precedentes
- La IPH recomienda que dicho percentil no sea superior al 90-70%, tanto en ascenso como en descenso



# Tasas de cambio (3)

## Método Agencia Catalana del Agua

- Tasa de crecimiento inducido de caudal:  $C_{t+1} (\text{máximo}) = 1,8 Q_t$
- Tasa de decrecimiento inducido de caudal:  $C_{t+1} (\text{mínimo}) = 0,7 Q_t$
- Donde “t” son intervalos de tiempo de 1 hora



# Tasas de cambio (4)

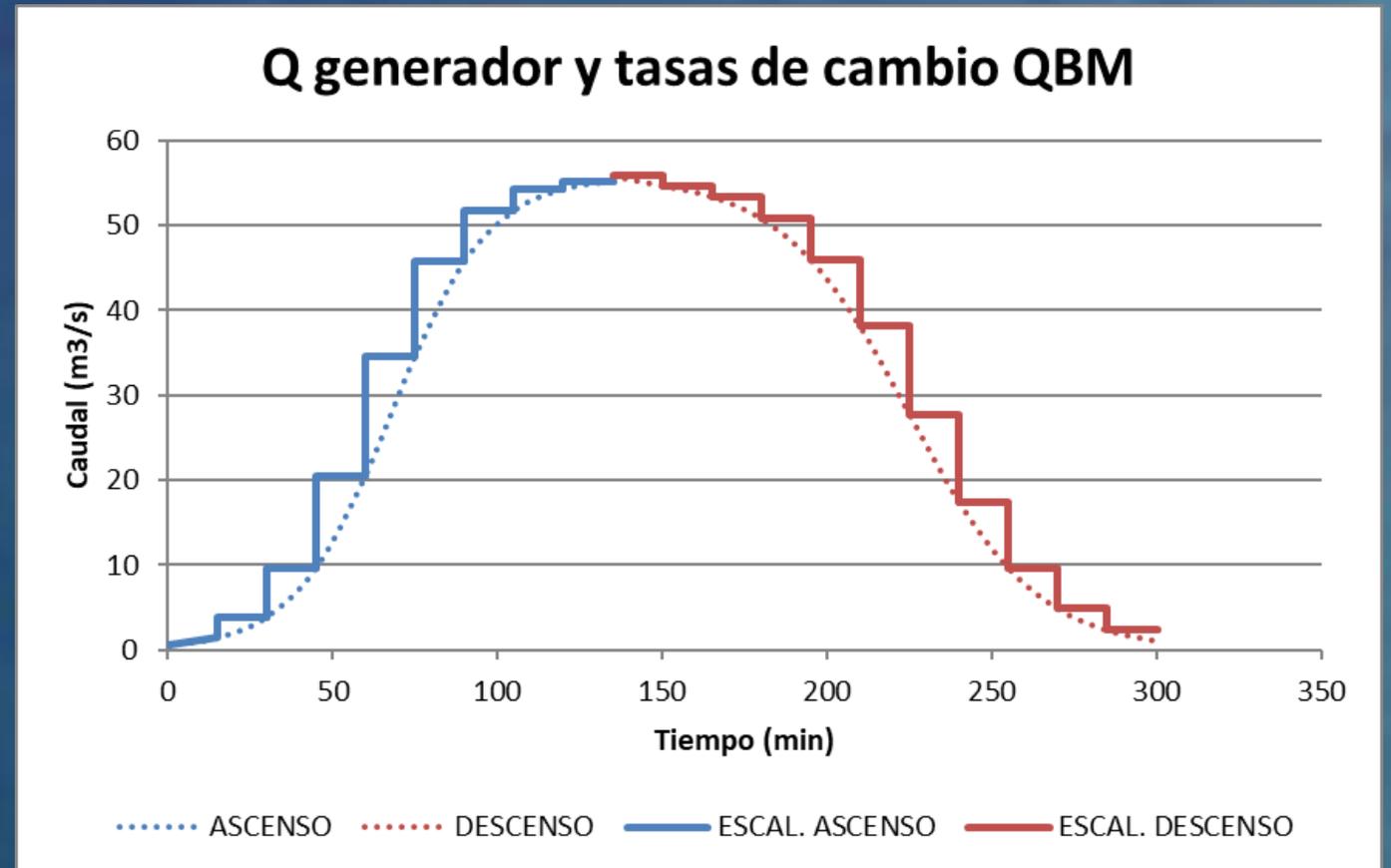
## Método del Caudal Básico de Mantenimiento QBM

- Tasa ascendente:

$$Q_t = \frac{Q_f}{1 + e^{a-rt}}$$

- Tasa descendente:

$$Q_t = \frac{Q_f}{1 + e^{rt-a}}$$



# Tasas de cambio (5)

- Comparación entre métodos

Criterio	IPH estricto	ACA	QBM
<b>Adaptado a un régimen horario</b>	No, basado en Q diarios	Sí	Sí
<b>Se ajusta exactamente a la IPH</b>	Sí	Parcialmente	Parcialmente
<b>Ajuste al Q máximo</b>	Sí	Parcialmente	Sí
<b>Ajuste al Q final</b>	Sí	Parcialmente	Sí
<b>Asimetría de las ramas</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Pendientes máximas</b>	Adecuadas	Pueden ser excesivas	Elevadas
<b>Comienzo del ascenso</b>	Brusco	Suave	Suave
<b>Final del ascenso</b>	Brusco	Brusco	Suave
<b>Comienzo del descenso</b>	Brusco	Brusco	Suave
<b>Final del descenso</b>	Brusco	Suave	Suave
<b>Volumen de agua dedicado</b>	Elevado	Elevado	Bajo
<b>Tiempo de la maniobra</b>	Elevado	Elevado	Aceptable

# Reconocimiento en campo de avenidas

- Reconocimiento en campo en caso de avenida natural o crecida controlada.

## Avenidas naturales

- Protocolo simplificado
  - Visita para tomar constancia de magnitud y efectos
  - Medidas para estimar el transporte en suspensión
  - Se representará el hidrograma para conocer la crecida

## Avenidas controladas

- Seguimiento detallado. además del simplificado se realizará:
  - Recopilación datos hidrológicos
  - Se tomarán medidas para estimar el transporte de fondo y tensión de arrastre

# Contribución de los usuarios y otras personas interesadas

- El cálculo de estos caudales no debe ser una mera aplicación de fórmulas, por muy justificadas científicamente que sean. También quiere adaptarse al territorio, escuchando a todas aquellas personas que tengan algo que decir:

Temática	Fecha
Planteamiento metodológico de los estudios para la determinación de caudales máximos, generadores y tasas de cambio de la demarcación del Ebro	18 de mayo de 2023
Reuniones técnicas para la presentación de la propuesta preliminar frente a los gestores de las infraestructuras	Mayo-Junio de 2024
Presentación de la propuesta definitiva de los regímenes de caudales máximos, generadores y tasas de cambio de la demarcación del Ebro	Agosto-Septiembre de 2024

¡Muchas gracias por su atención!