



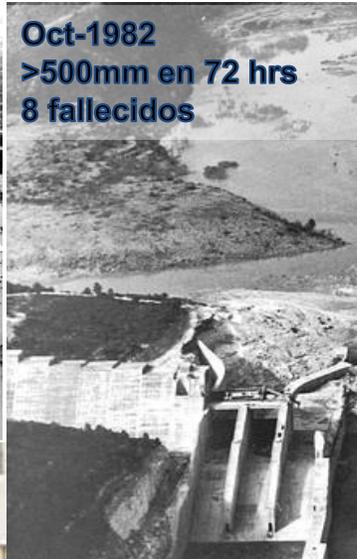
Metodología basada en generadores meteorológicos para la estimación de avenidas extremas

Carles Beneyto^a, José Ángel Aranda^a, Gerardo Benito^b y Félix Francés^a

^a*Grupo de Investigación de Modelación Hidrológica y Ambiental (GIMHA)
Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA)
Universitat Politècnica de València*

^b*Departamento de Geología, Museo Natural de Ciencias Naturales - CSIC*

□ Larga historia de inundaciones devastadoras



Oct-1982
>500mm en 72 hrs
8 fallecidos



Pantanada de Tous



Rio Segura - 2019



Carcaixent

- Cambio climático:  Frecuencia
 Magnitud

- Importancia del estudio de avenidas extremas
 - Diseño de infraestructuras hidráulicas
 - Elaboración de mapas de inundación (**Directiva 2007/60 CE**)

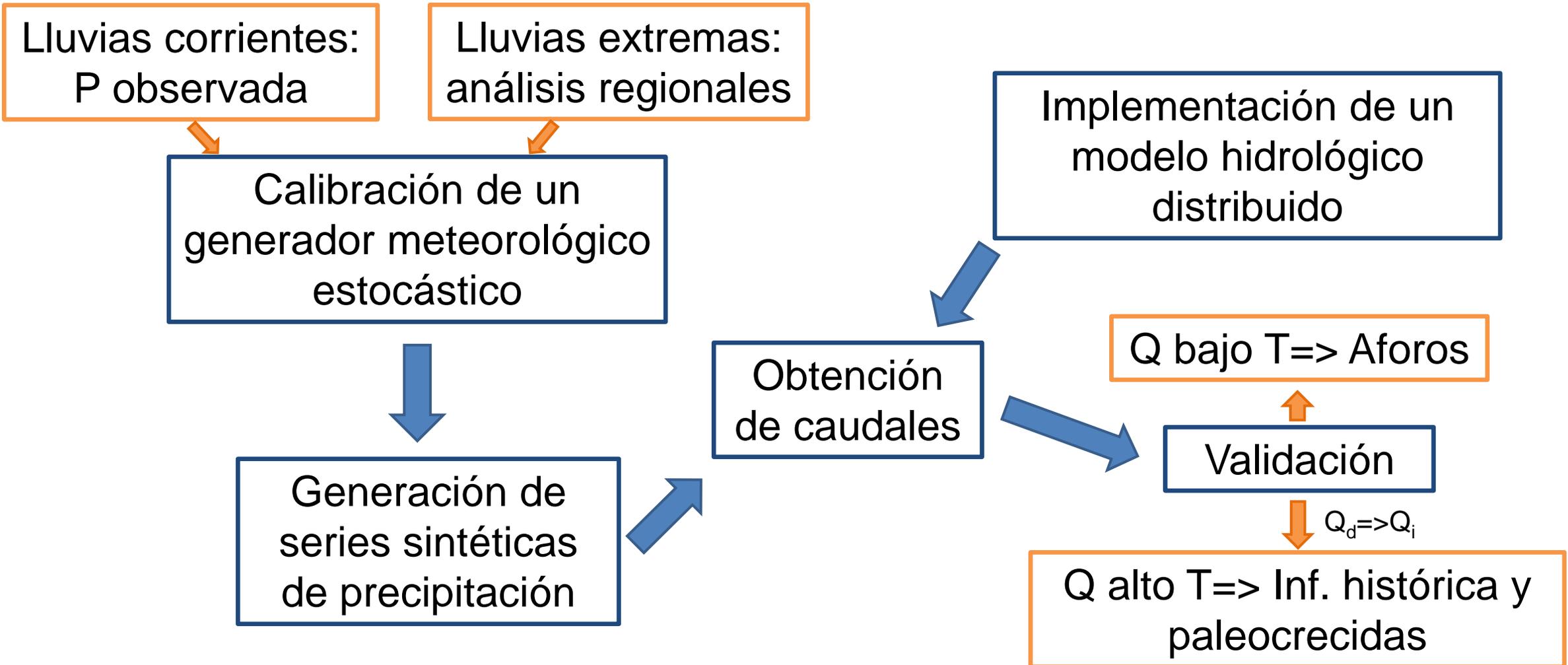
Desarrollar una nueva metodología para la mejor estimación de las avenidas extremas más allá del paradigma de la tormenta de diseño

- ❑ **Escasa longitud de registros tanto pluviométricos como de aforos**
- ❑ Tradicionalmente: empíricamente (ajuste de Q_{obs} a función de distribución)
- ❑ Generación sintética de precipitación (+ modelo hidrológico):
 - Modelos de circulación regional
 - Procesos estocásticos
 - ❖ Tormentas aisladas
 - ❖ Transposición de tormentas
 - ❖ Procesos puntuales de clúster generalizado de N-S

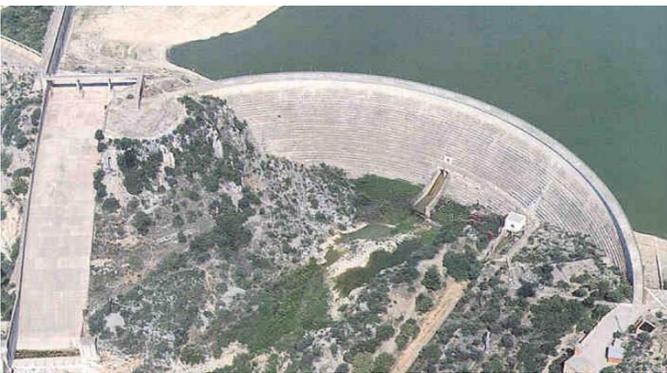
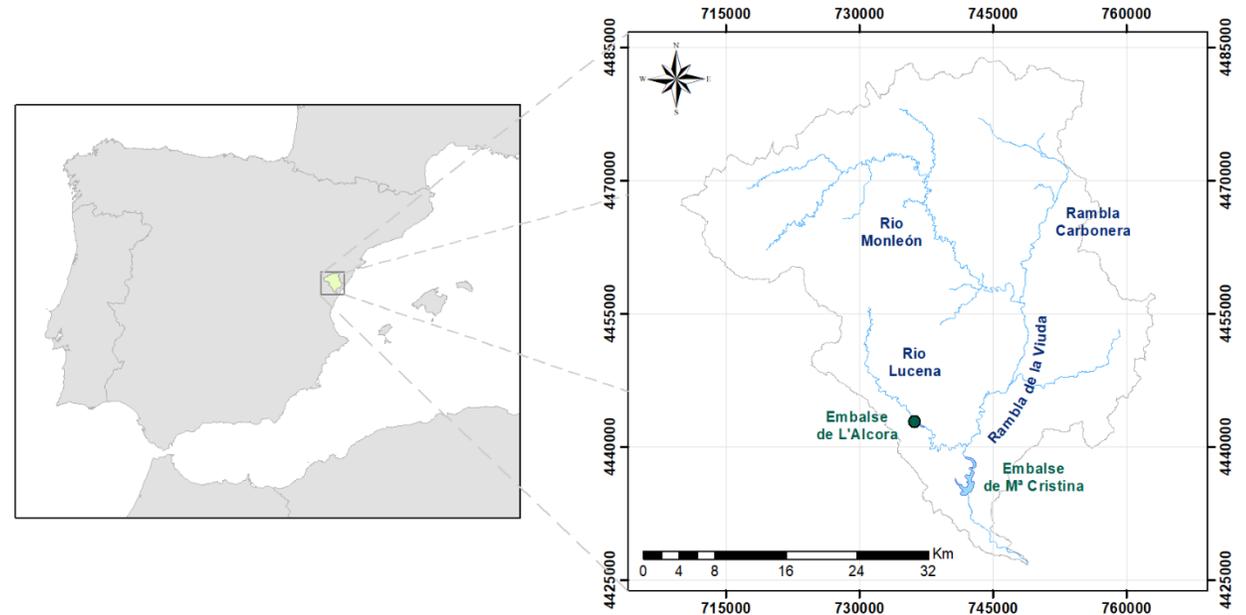
Estado inicial

Metodología basada en generadores meteorológicos estocásticos (Generador meteorológico + modelo hidrológico Distribuido + integración de información)

- Generan series sintéticas de precipitación preservando las características estacionales y los principales estadísticos de los datos observados
- Ventajas:
 - Series largas y continuas => Estado inicial
 - No es necesario su ajuste a ninguna función de distribución
 - Distribución espacio-temporal
- Inconvenientes:
 - Reproducción de extremos en condiciones normales de información disponible
 - Generadores meteorológicos subsidiarios no operativos a día de hoy y con altas exigencias de tiempo computacional



- ❑ **Rambla de la Viuda:** río efímero
- ❑ Área aproximada: 1,500 km²
- ❑ Clima semiárido
- ❑ Precipitación media anual: 615 mm
- ❑ Alta variabilidad de la precipitación
- ❑ Dos embalses (M^a Cristina y Alcora)



□ Información Hidrometeorológica

➤ Precipitación

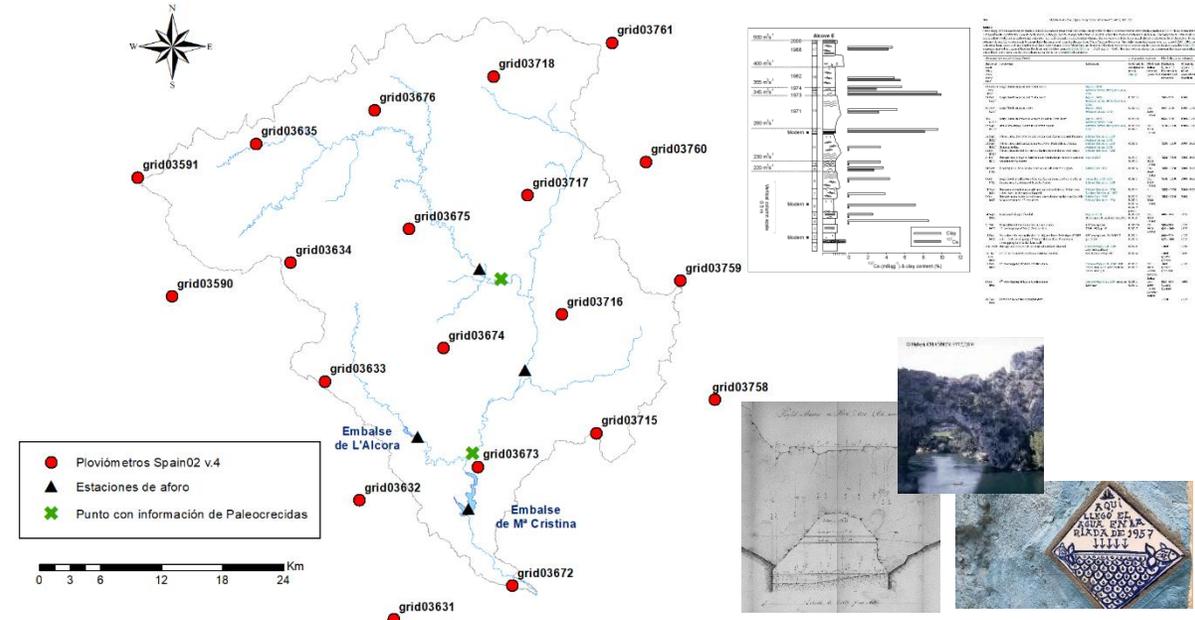
- Rejilla Spain02-v4: 20 pluviómetros + termómetros
- Análisis regional de precipitaciones máximas diarias (*CEDEX, 1994*)

➤ Aforos

- SAIH Júcar

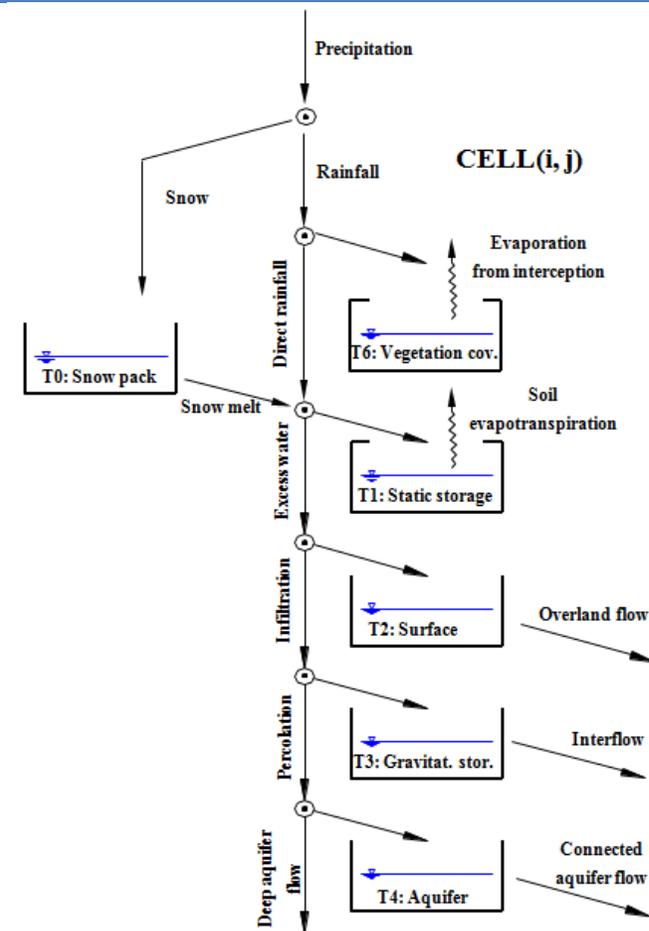
□ Información histórica y de paleocrecidas

- 2 puntos (*Machado et al., 2017*)



| | Longitud de las series (años completos) | Periodo | |
|-----------------------|--|------------|------------|
| | | Inicio | Final |
| Mª Cristina (Embalse) | 59 | 1/10/1959 | 17/12/2018 |
| Alcora (Embalse) | 56 | 1/10/1959 | 30/09/2015 |
| Vall d'Alba | 15 | 13/05/2004 | 17/12/2018 |
| Monleon | 14 | 1/11/2005 | 20/12/2018 |

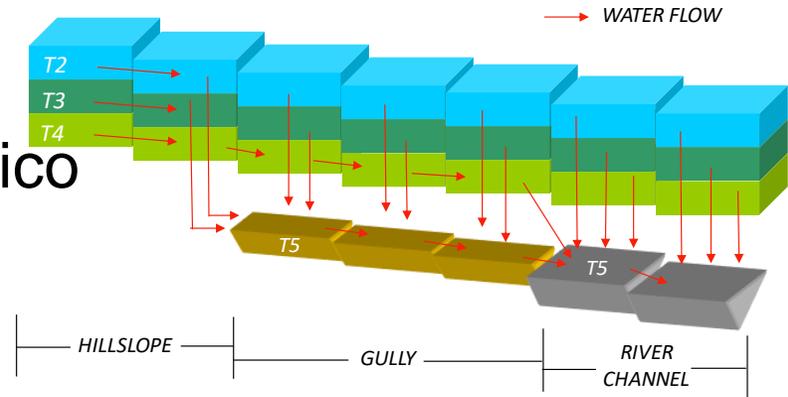
- ❑ Desarrollado por el grupo desde 1994 (versión 9 en la web)
- ❑ Modelo conceptual (estructura de tanques) y **parámetros físicamente basados**
- ❑ **Parsimonioso**: 9 parámetros a calibrar para el submodelo hidrológico
- ❑ **Modelo Integral**: recursos hídricos, inundaciones, sedimentos, vegetación dinámica, agricultura, ciclo de N-C, ... y mucho más por venir!



Esquema conceptual del modelo TETIS a escala de celda

□ Distribuido en el espacio:

- Reproduce la variabilidad espacial del ciclo hidrológico
- Utiliza toda la información espacial disponible
- Ofreciendo resultados en cualquier punto



□ Incorpora un estructura efectiva de parámetros (Benito and Francés, 1995; Francés et al., 2007)

- Reducción significativa del numero de variables a calibrar => Facilita la calibración del modelo
- Mantiene la estructura espacial de los mapas de parámetros
- Potente algoritmo de **calibración automática**

□ Calibración (escala diaria):

M^a Cristina (2003-2004)

NS = 0.930

□ Validación temporal:

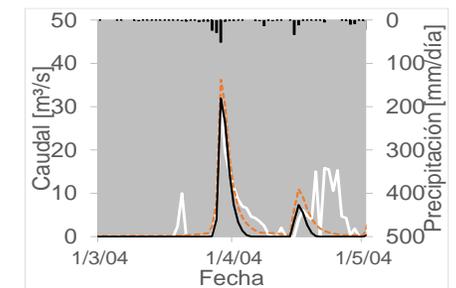
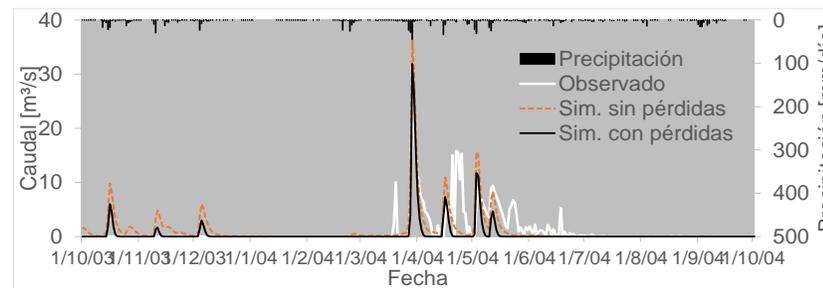
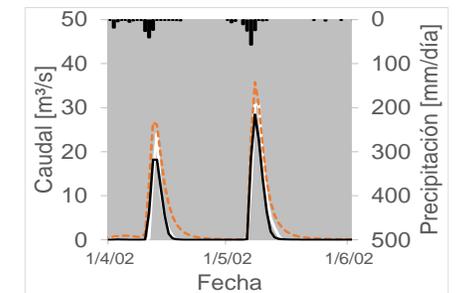
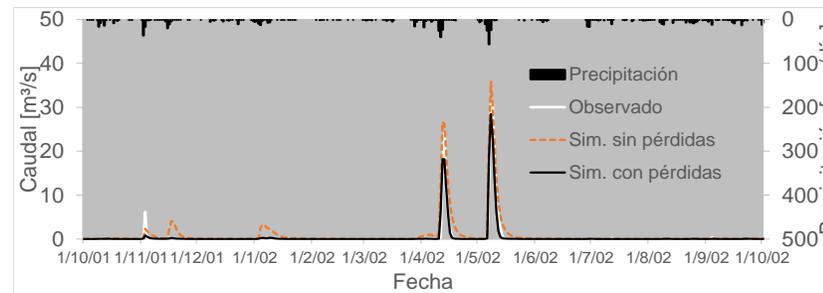
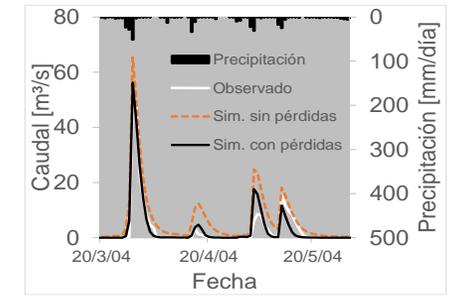
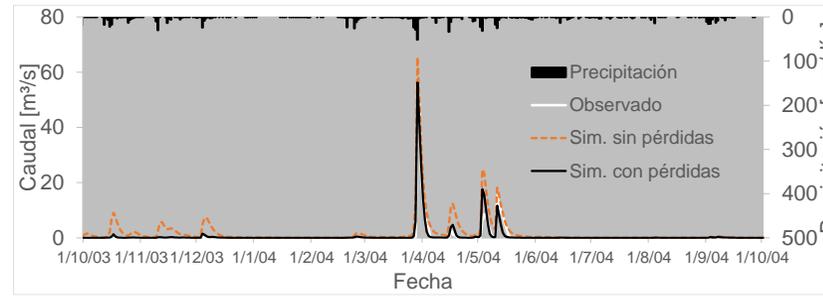
M^a Cristina (2000-2001)

NS = 0.928

□ Validación espacial:

Vall d'Alba (2003-2004)

NS = 0.428



(Corrección del desfase temporal y pérdidas)

□ Conversión de caudales diarios a instantáneos

➤ Formulación de *Fuller (1914)*

$$Q_i = \left(1 + \frac{a}{A^b}\right) Q_d$$

■ Donde:

- A es el área de la cuenca en Km²
- a, b son parámetros adimensionales

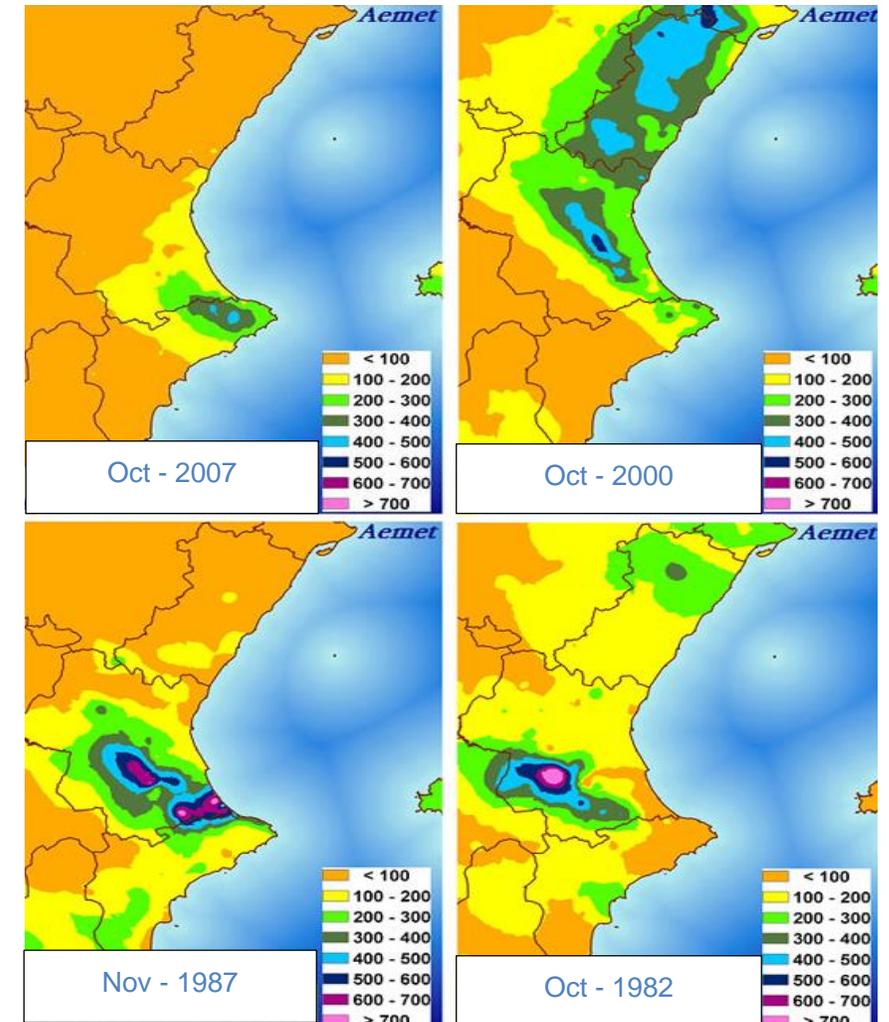
➤ Estimación inicial de los parámetros: Estudio *CEDEX (2011)*

➤ Se fijó b y se calibró a con los eventos disponibles (a=82.86, b=0.51)

| REGIÓN | a | b |
|--------------------------------|--------------|-------------|
| Miño-Sil + Galicia Costa | 1.81 | 0.23 |
| Cantábrico + C.I. País Vasco | 3.1 | 0.26 |
| Duero | 1.78 | 0.29 |
| Tajo | 5.01 | 0.38 |
| Guadiana + Guadalquivir | | |
| - Zona 1 | 35.89 | 0.72 |
| - Zona 2 | 112.82 | 0.7 |
| - Zona 3 | 11.56 | 0.42 |
| Júcar | 20.87 | 0.51 |
| Segura | 145.85 | 0.75 |
| Ebro | | |
| - Zona 1 | 2.49 | 0.36 |
| - Zona 2 | 3.39 | 0.29 |
| - Zona 3 | 37.73 | 0.55 |

Modelo hidrológico
subdiario

- ❑ Fenómenos de Gota fría (Medicanes)
 - Eventos con relativa frecuencia
 - Cada 7/8 años de media
 - Enormes cantidades de precipitación (hasta 900mm en 24h)
 - Periodos de tiempo típicamente entre 2/3 días
 - Meses de otoño (SON)
 - FENOMENOS COMPLEJOS



- Revisión del estado del arte: MuIGETS y GWEX

MuIGETS
(Chen et al., 2014)



- Modelos paramétricos
- Enfoque de Wilks
(Ocurrencia y cantidad de precipitación modelados por separado)

- Precipitación diaria ajustada a: Multi-Gamma (o Multi-Exponential)
- Escala diaria
- Matlab

GWEX
(Evin et al., 2018)



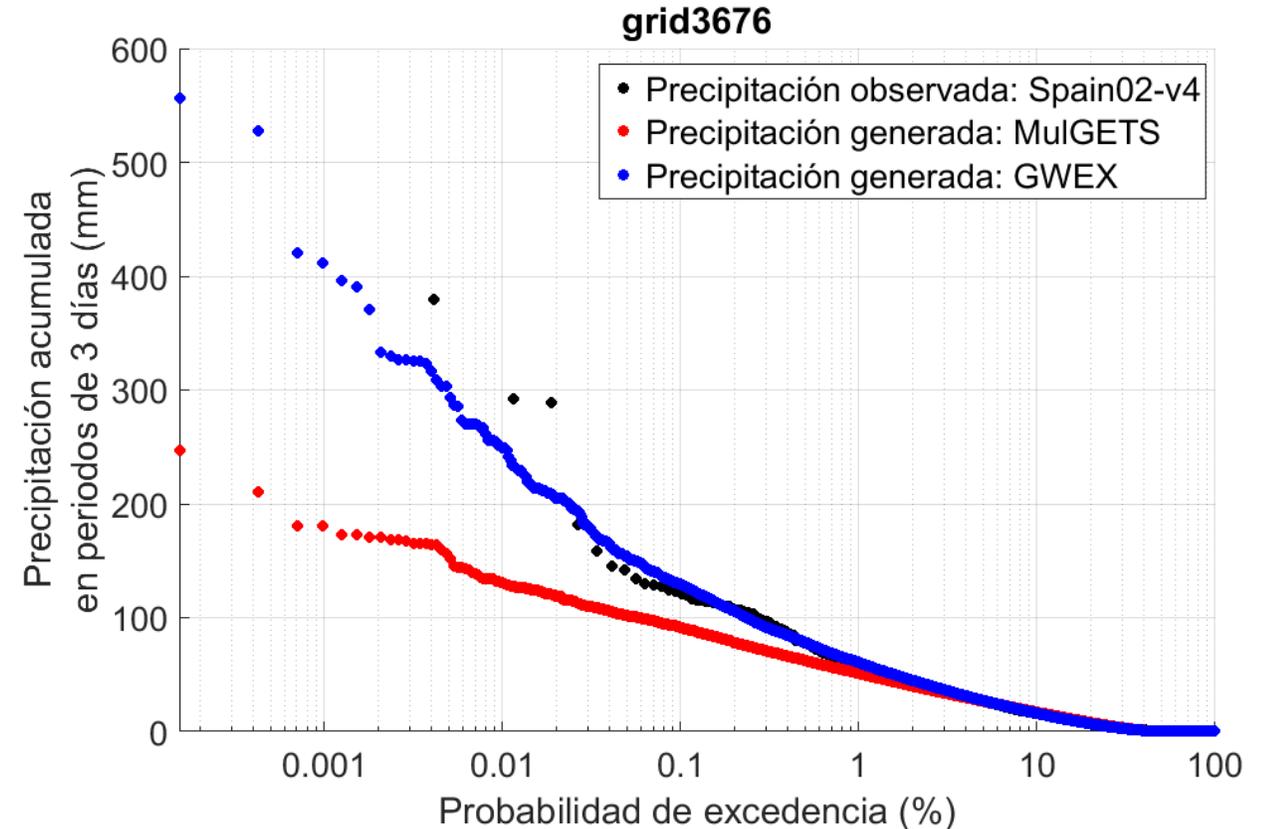
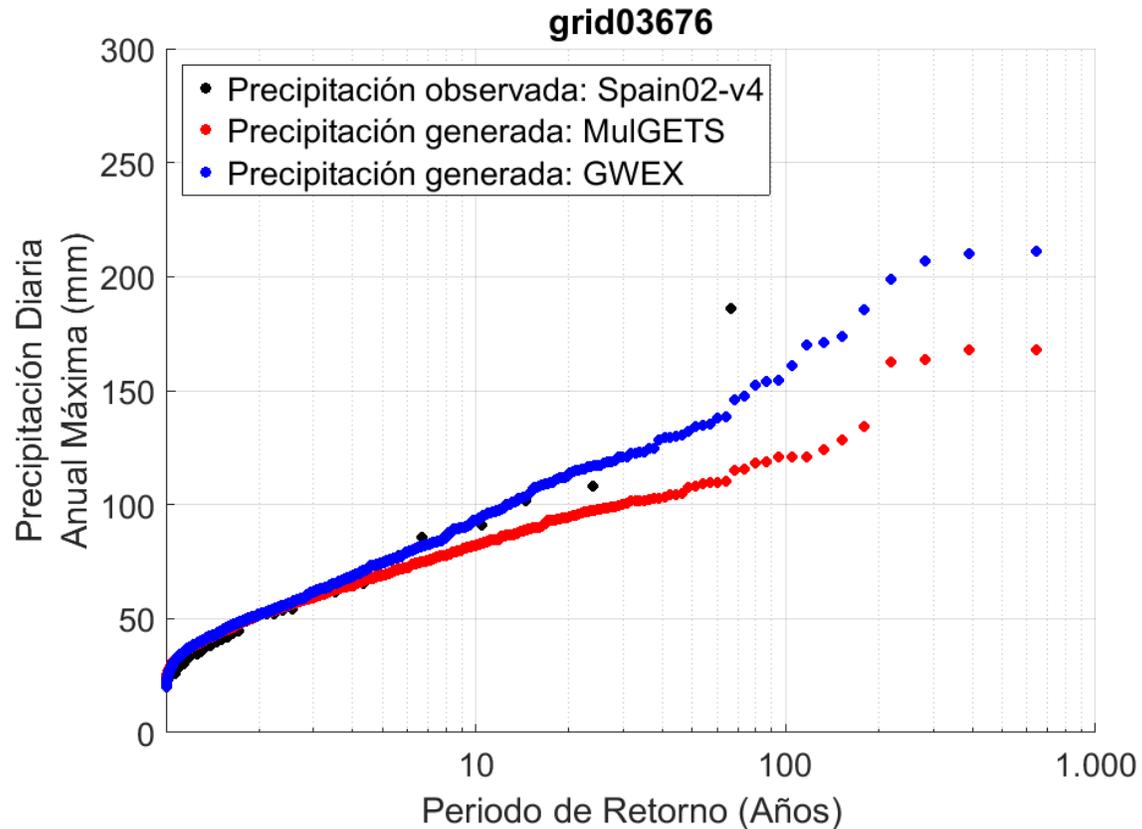
- Precipitación diaria ajustada a: Extended Generalised Pareto Distribution (E-GDP)

Estimación de parámetros

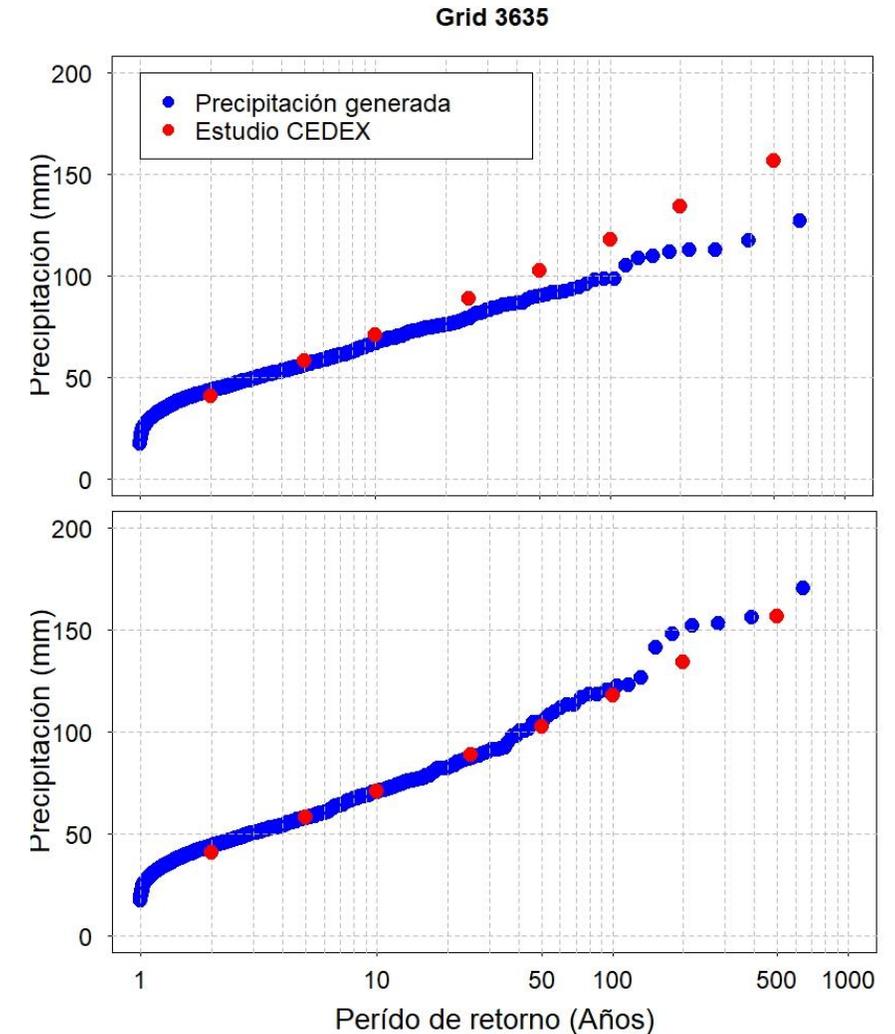
σ, κ, ξ } De observaciones

De estudios mas robustos

- Agrupación 3 días → diaria
- Implementado en R

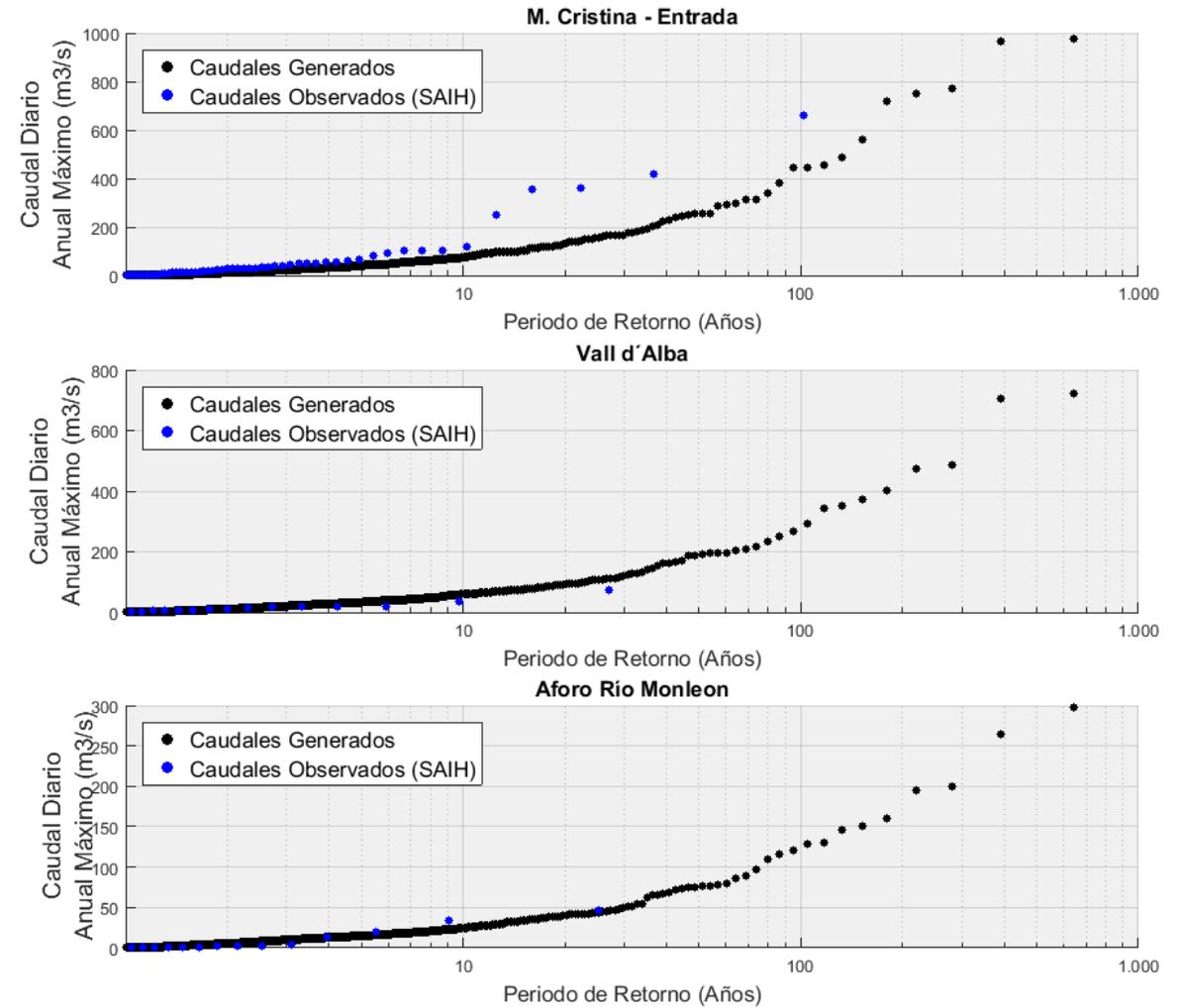


- Primera calibración => datos de precipitación observada de Spain02-v4: 37 años
 - Validación con estudio regional de precipitaciones diarias máximas (*CEDEX, 1994*)
 - Valores actualizados con las series de precipitación de Spain02-v4
- Segunda calibración => Ajuste del parámetro de forma ξ :
 - Dos poblaciones:
 - Meses de otoño (SON) => A calibrar (prueba y error)
 - Resto de meses



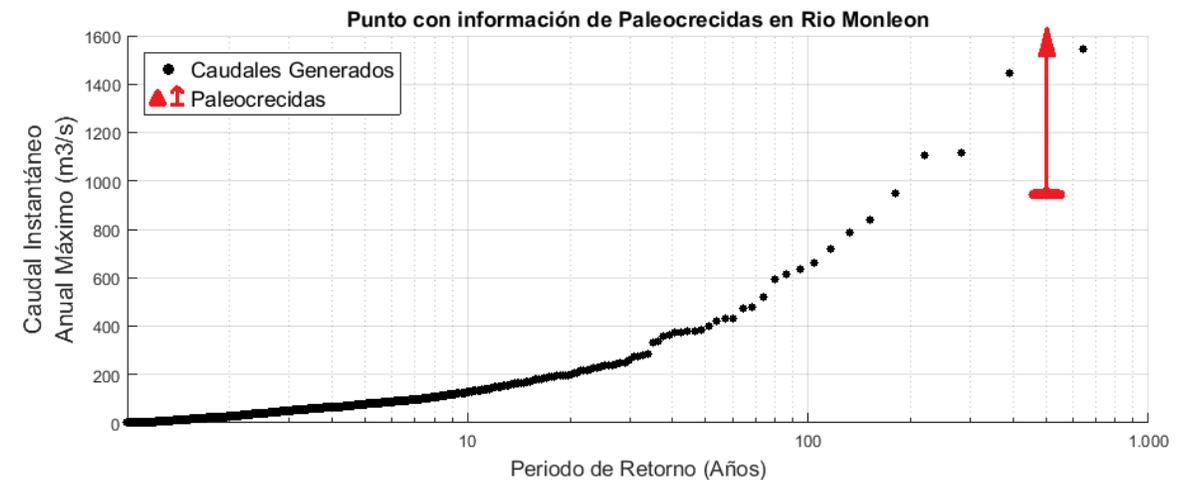
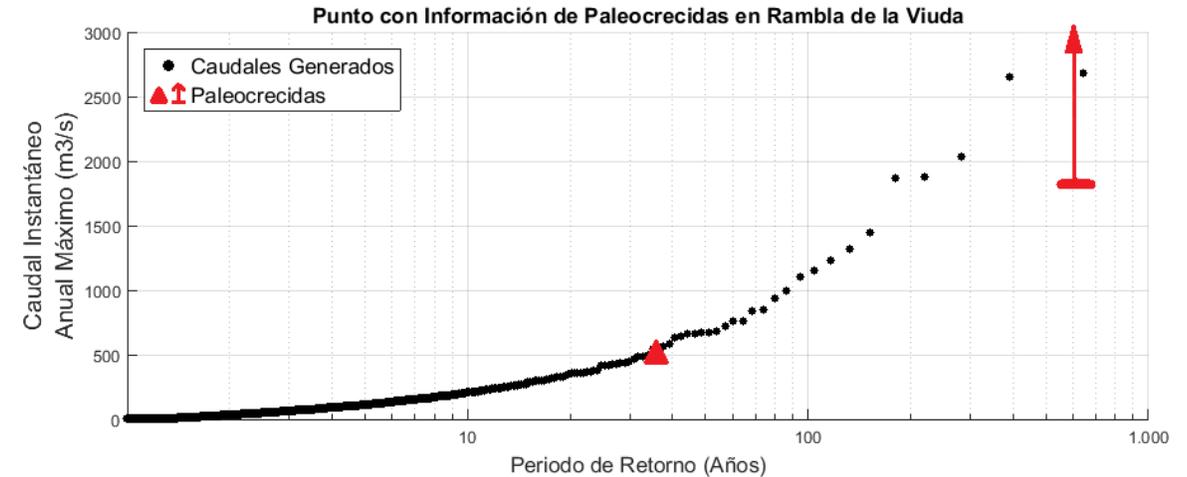
Validación caudales bajos

- Plotting positions de los caudales observados (SAIH) y los caudales simulados con las lluvias generadas con GWEX en los tres puntos de aforo



Validación caudales altos

- Plotting positions de los caudales simulados con las lluvias generadas con GWEX en los puntos con información histórica y de paleocreencias



- ❑ Es importante realizar una revisión del estado del arte y comprobar el funcionamiento de al menos dos generador meteorológicos en nuestra área de estudio. En nuestro caso, GWEX claramente reproduce mejor los extremos generados por los fenómenos de gota fría
- ❑ La integración de estudios regionales de precipitación en la calibración del generador meteorológico mejora claramente la reproducción de los fenómenos extremos
- ❑ La longitud de los registros de aforos disponibles no son ni serán suficientes por sí solos para la adecuada estimación de fenómenos extremos

- ❑ Es necesario la integración de información adicional (histórica y de paleocrecidas) para la mejor estimación de los caudales asociados a periodos de retorno altos.
- ❑ La no operatividad de los generadores meteorológicos subdiarios continuos junto con las altas exigencias de tiempo computacional tanto de éstos como de los modelos hidrológicos hace que, a día de hoy, escalas temporales inferiores a la diaria no se puedan contemplar
- ❑ Sin embargo, la metodología propuesta aquí con los resultados obtenidos en el caso de estudio presentado muestran que a escala diaria es posible obtener resultados satisfactorios



Gracias por su atención!

Grupo de investigación de modelación hidrológica y ambiental

lluvia.dihma.upv.es

Instituto de ingeniería del agua y medio ambiente

Universitat Politècnica de València

Este trabajo ha estado financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través del proyecto de investigación TETISCHANGE (RTI2018-093717-B-100), y por el proyecto EPHIMED (CGL2017-86839-C3-1-R) (cofinanciado con fondos Europeos FEDER).

