



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## *Diseño hidrológico de alto período de retorno mediante generación sintética de eventos de crecida.*



Instituto de Ingeniería del  
Agua y Medio Ambiente

F. Francés, R. García Bartual, G. Bussi, J. L. Salinas y E.  
Fernández

*Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente  
Universitat Politècnica de València*

# Hipótesis avenida de proyecto

- El concepto de “Avenida de Proyecto” se basa a su vez en una “Tormenta de Diseño”

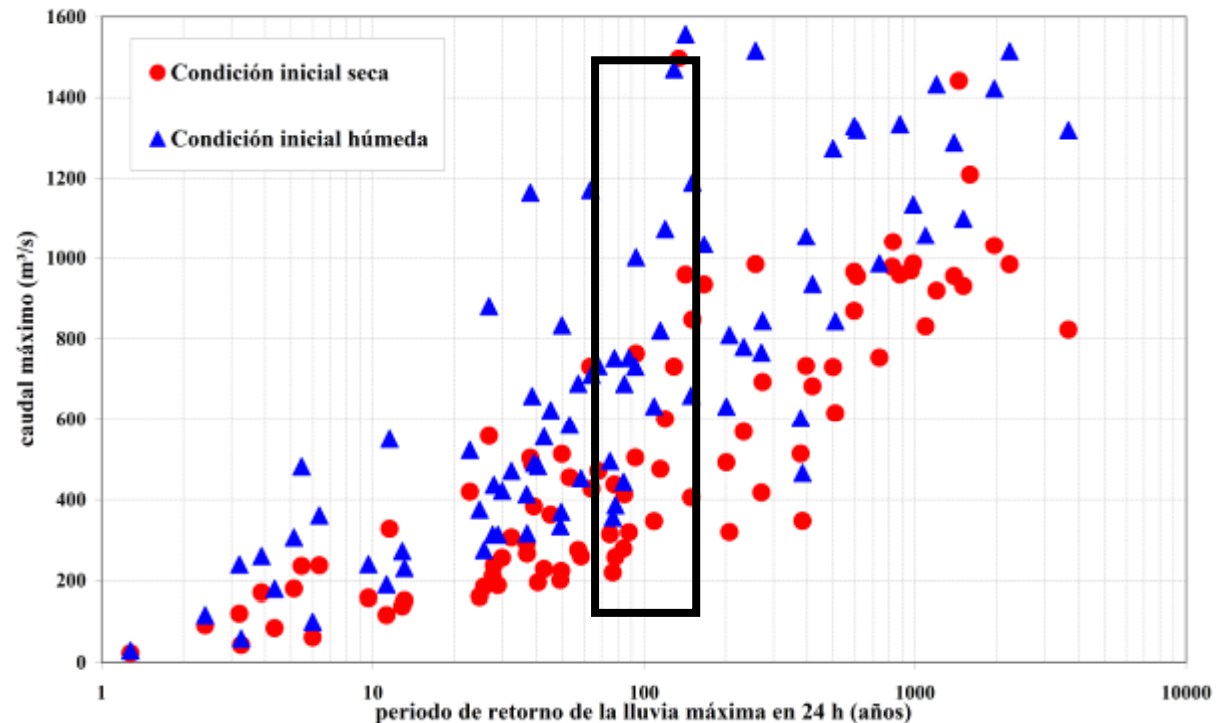
## **Análisis estadístico de $P_d \Rightarrow$ Tormenta de diseño de $T \Rightarrow$ Simulación**

- Ventaja “pírrica”: Una sola simulación (enfoque clásico)
- Inconvenientes específicos:
  - ▣ Distribución temporal y espacial de la precipitación
  - ▣ Estado inicial único
  - ▣ **¿ $Q_T$  lo genera  $P_{d_T}$ ?**

# Hipótesis avenida de proyecto

- ¿Una única tormenta uniforme en el espacio y simple en el tiempo + un estado inicial dará el resultado correcto?

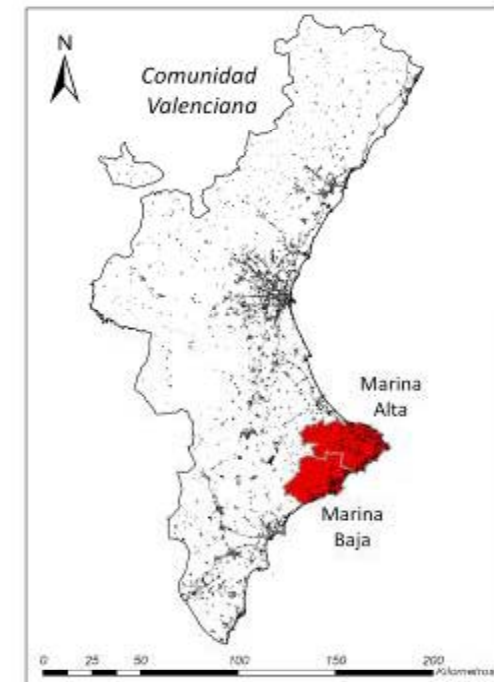
**NO!**



Distribución empírica de  $Q_{max}$  en R.Poyo en A7 situación actual con la probabilidad de la tormenta sintética

# Propuesta metodológica

- Dentro del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de las comarcas de la Marina Alta y de la Marina Baja:
  - Estimación frecuencia de las Pd máximas anuales
  - Construcción de un modelo estocástico generación sintética de un número ele
  - Implementación de un modelo hidroló
  - Análisis del estado de humedad inicia escala diaria
  - Asignación de probabilidad final mec estadístico multivariado **en más de 20**

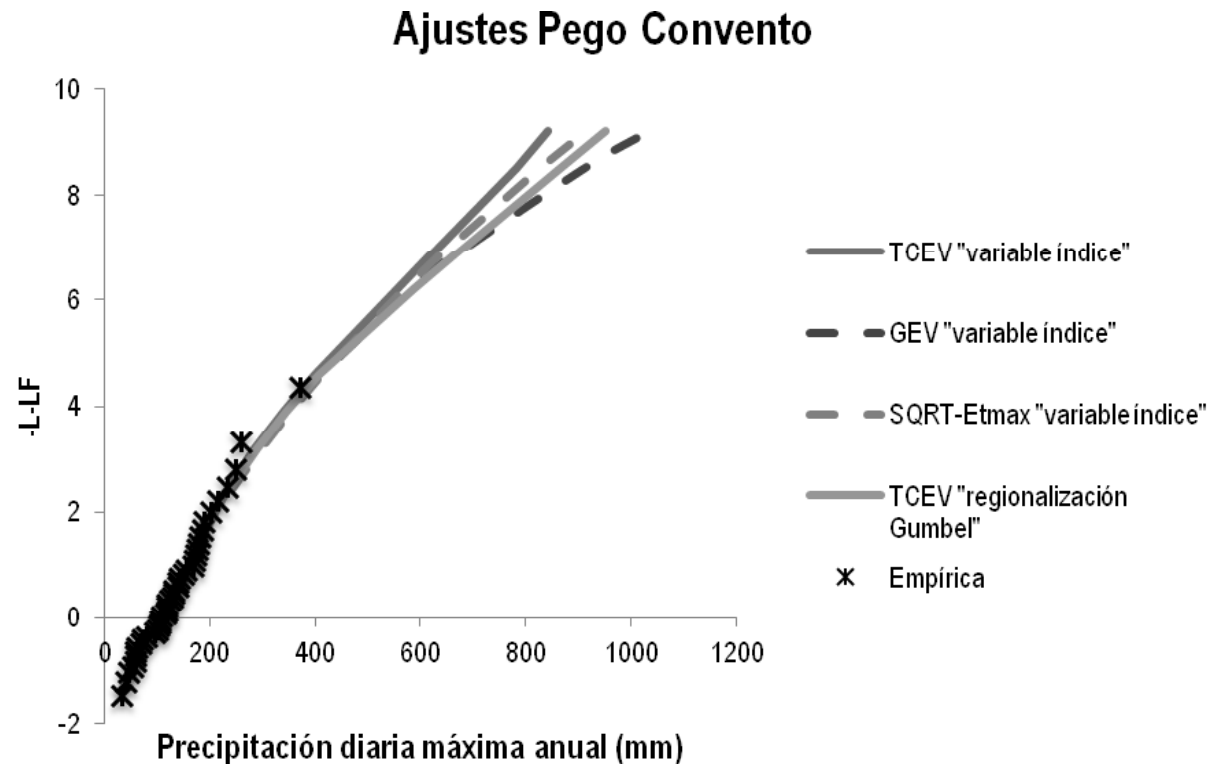
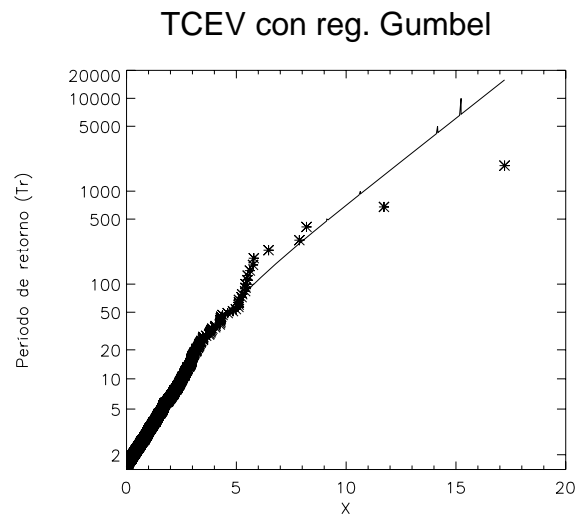


# Estudio de la Pd máxima anual

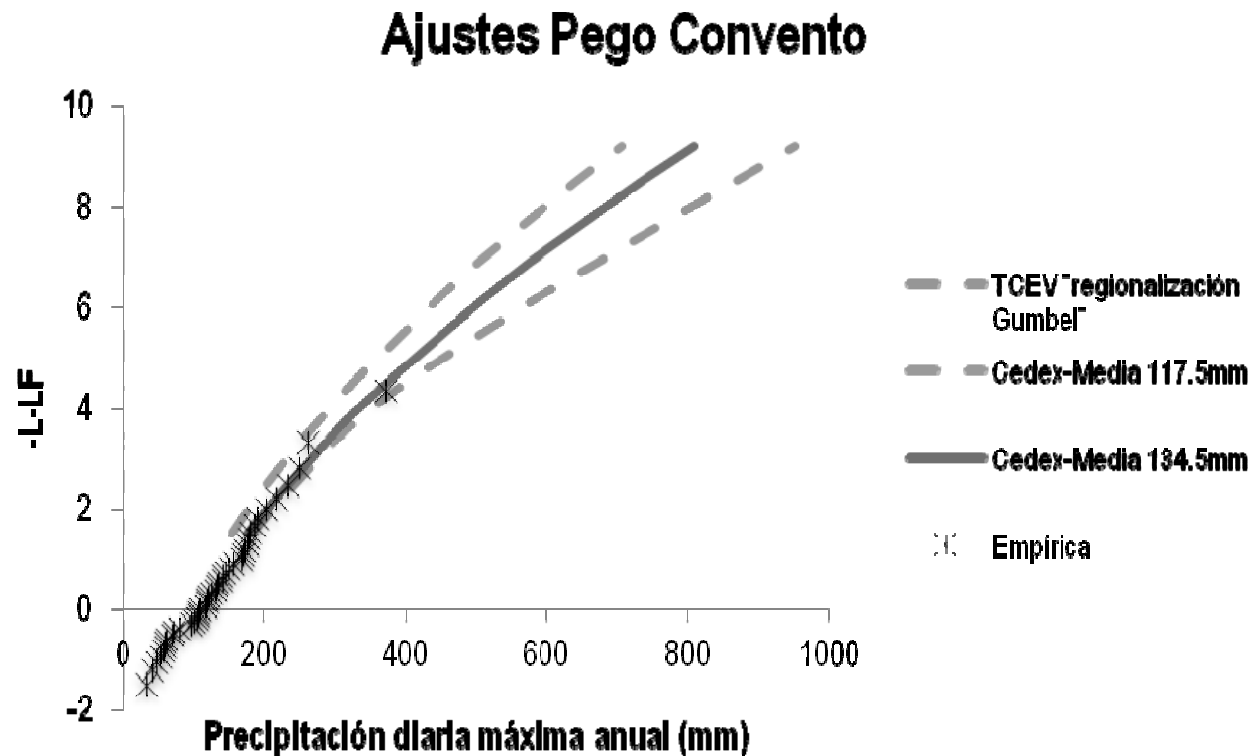
- Análisis regional con 45 estaciones AEMET y SAIH => 1054 años equivalentes
- Comprobación homogeneidad mediante test de Fisher sobre el coeficiente de variación
- Modelos:
  - ▣ Regionalización por variable índice + diversas cdfs (incluyendo con límite superior)
  - ▣ Regionalización Gumbel y ajuste TCEV

# Estudio de la Pd máxima anual

## Resultados:

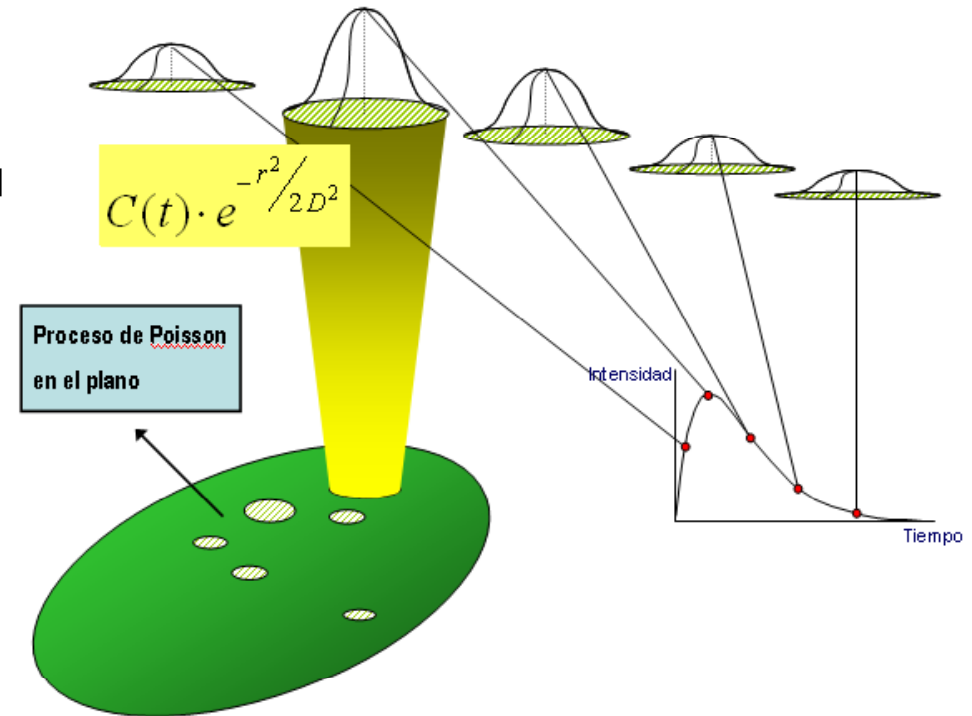


# Estudio de la Pd máxima anual



# Modelo de tormenta: RAINGEN

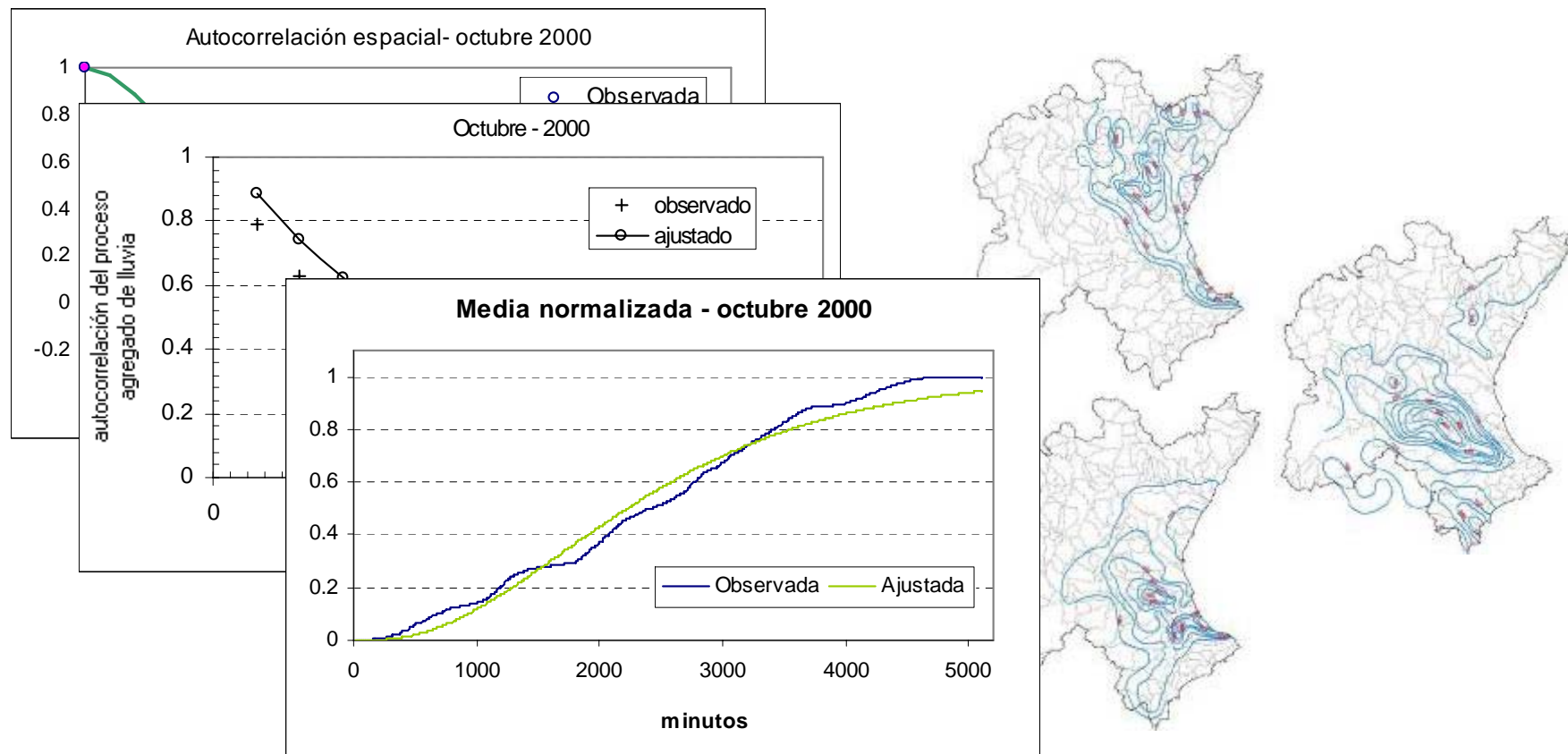
- Las tormentas son una superposición de “celdas”, cuya intensidad se determina según procesos estocásticos en el espacio y en el tiempo
- Modelo de Rodriguez-Iturbe y Eagleson (1987) pero mejorado por Salsón y García Bartual (2003)





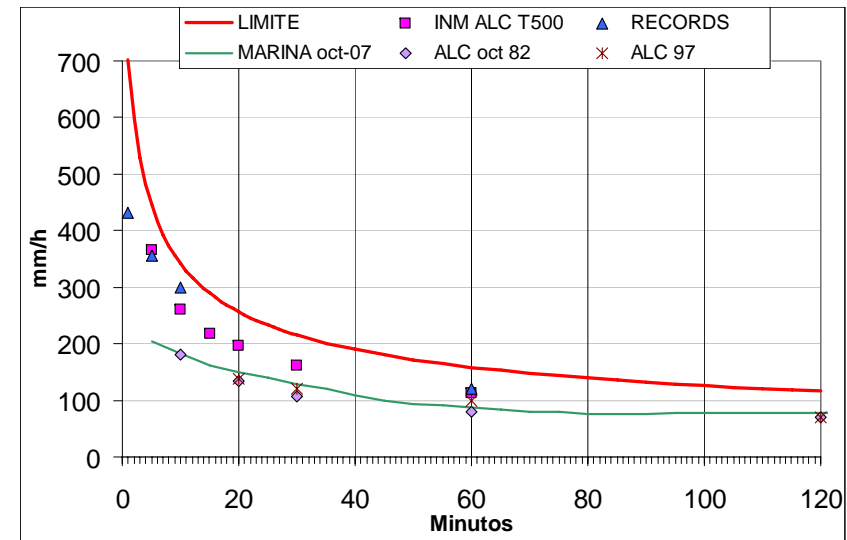
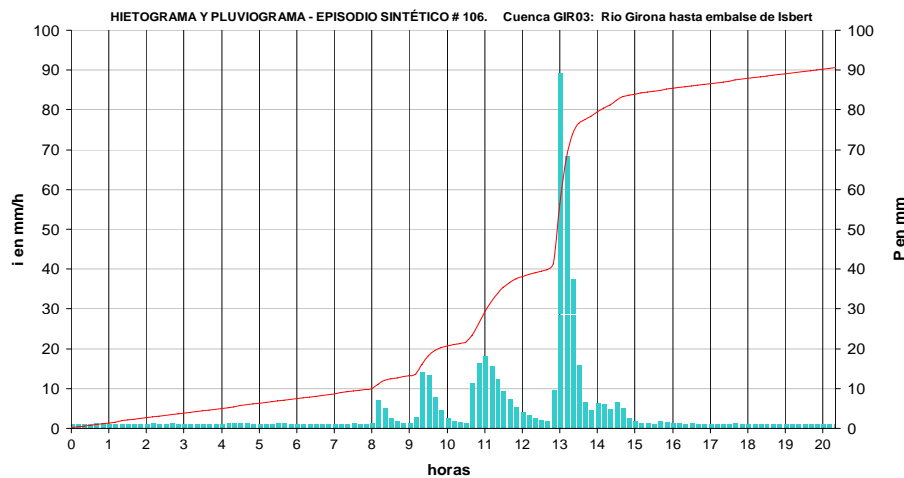
# Modelo de tormenta: RAINGEN

- Estimación de parámetros a partir de tormentas SAIH:



# Generación de tormentas sintéticas

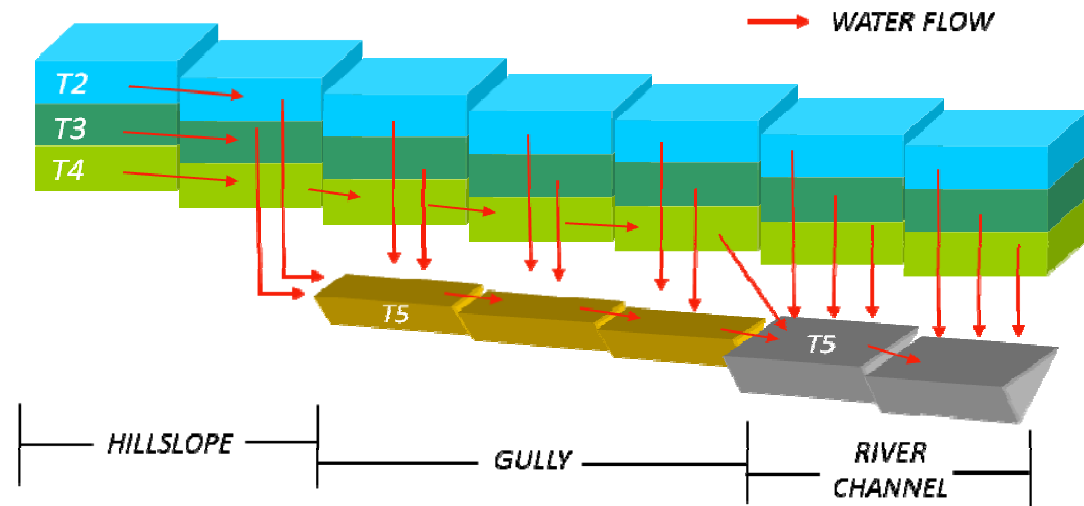
- Se generaron unas 500 tormentas sintéticas en una cuadrícula de 60x65 km con discretización de 1km y 10 min



- ... y se seleccionaron 368

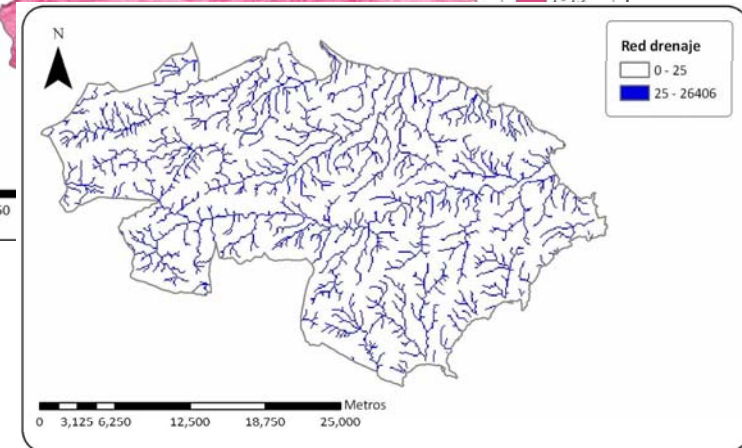
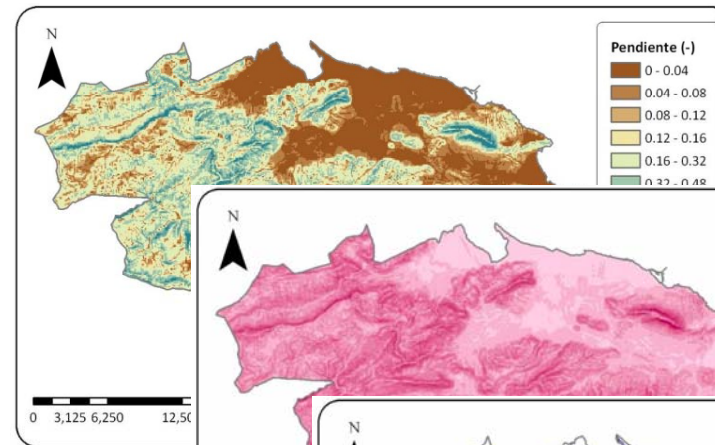
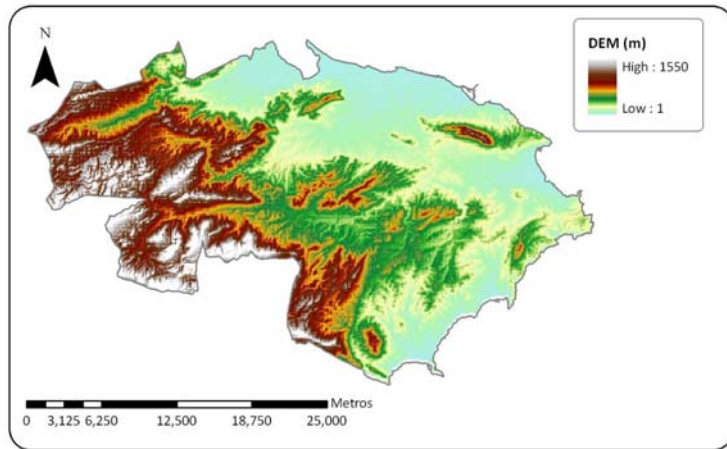
# Modelo hidrológico: TETIS v8.1

- Desarrollado por la UPV desde 1994 (v 7.3 en la web)
- Distribuido en el espacio:
  - => Reproducción variabilidad espacial del Ciclo Hidrológico
  - => Reducción del efecto de escala espacial
  - => Explotación de toda la información existente



# Modelo hidrológico: TETIS

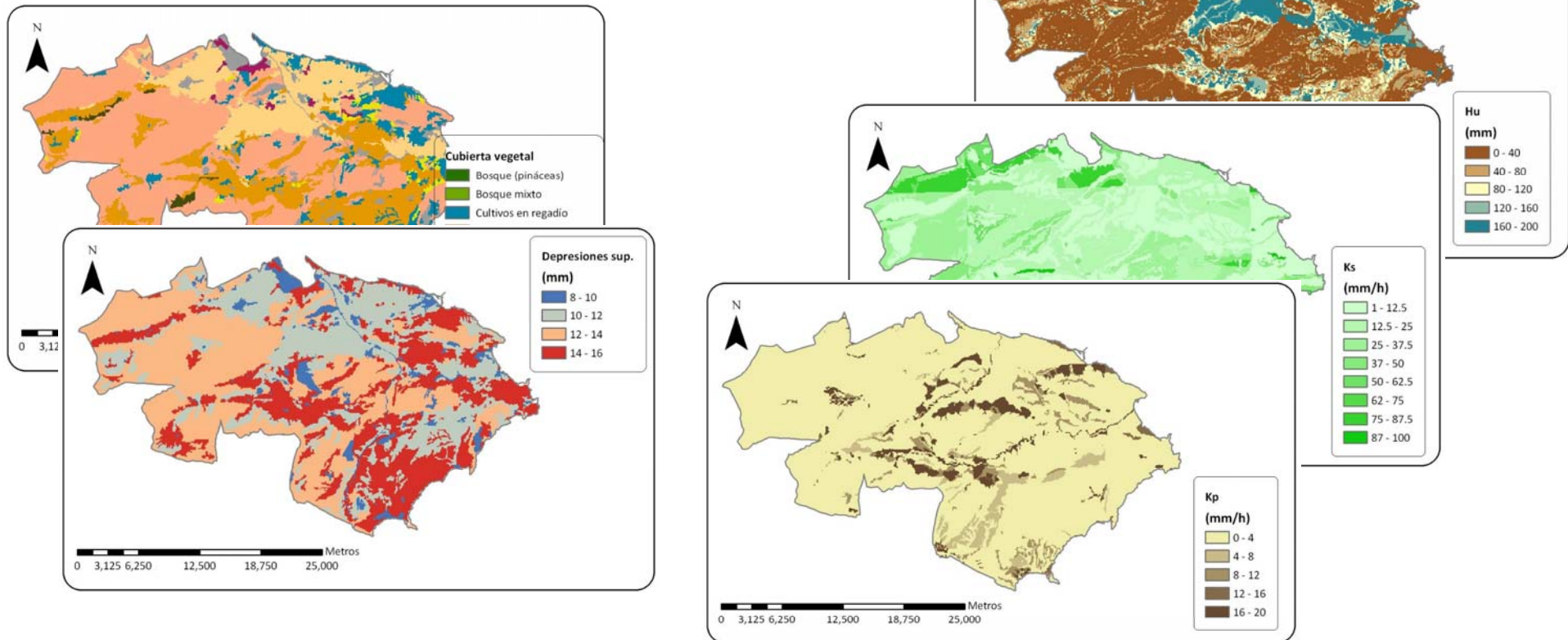
- Estimación de parámetros espaciales
  - Derivados del MED:



# Modelo hidrológico: TETIS

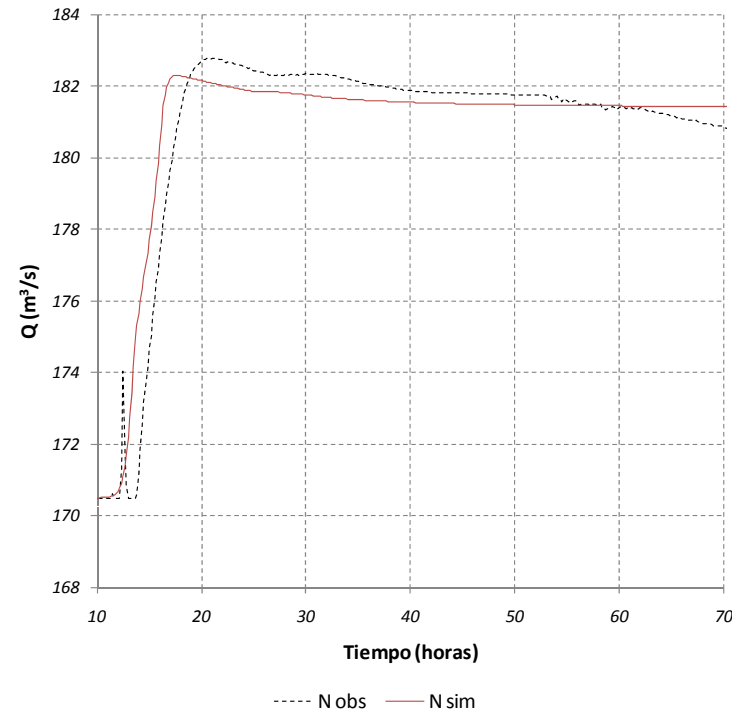
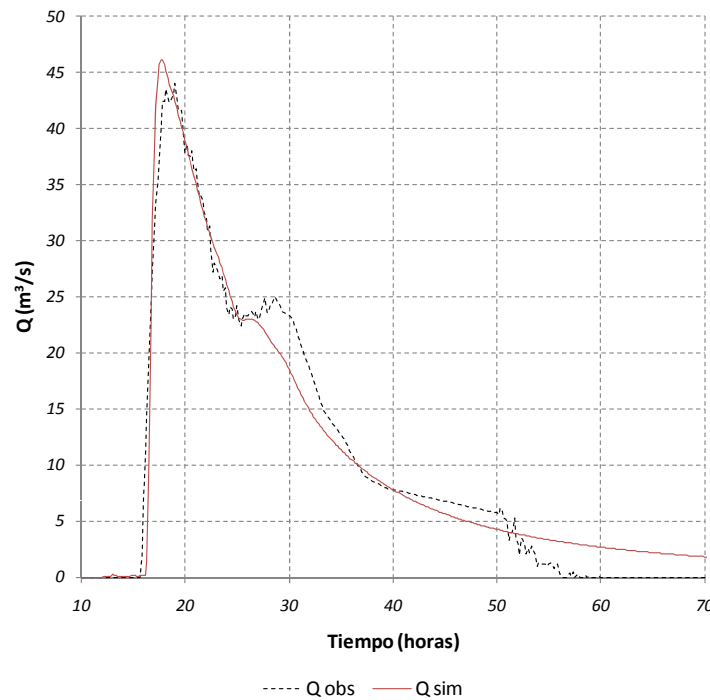
## Estimación de parámetros espaciales

### Parámetros de ladera:



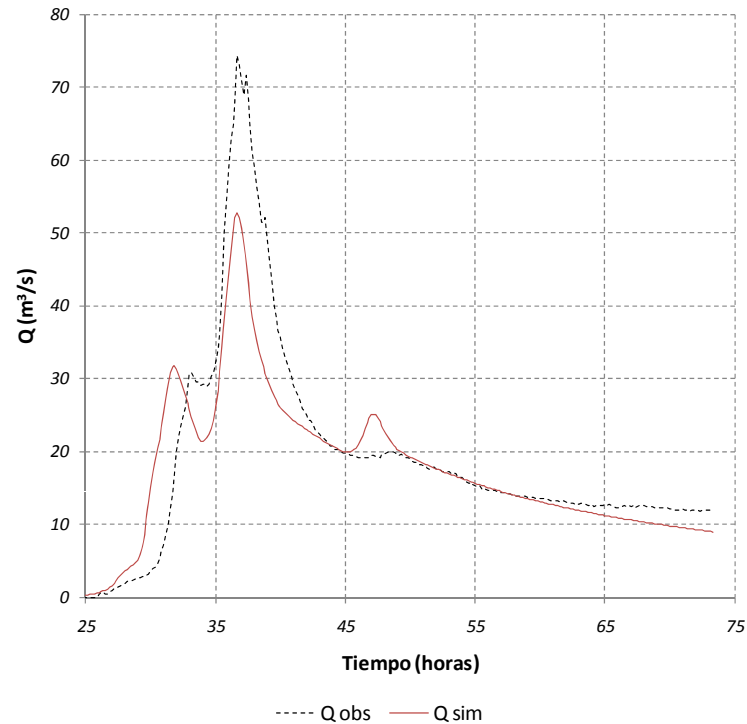
# Modelo hidrológico: TETIS

- Calibración: Caudal salida y nivel en embalse simulado y observado del evento de Abril 2003 en la estación SAIH “Isbert”

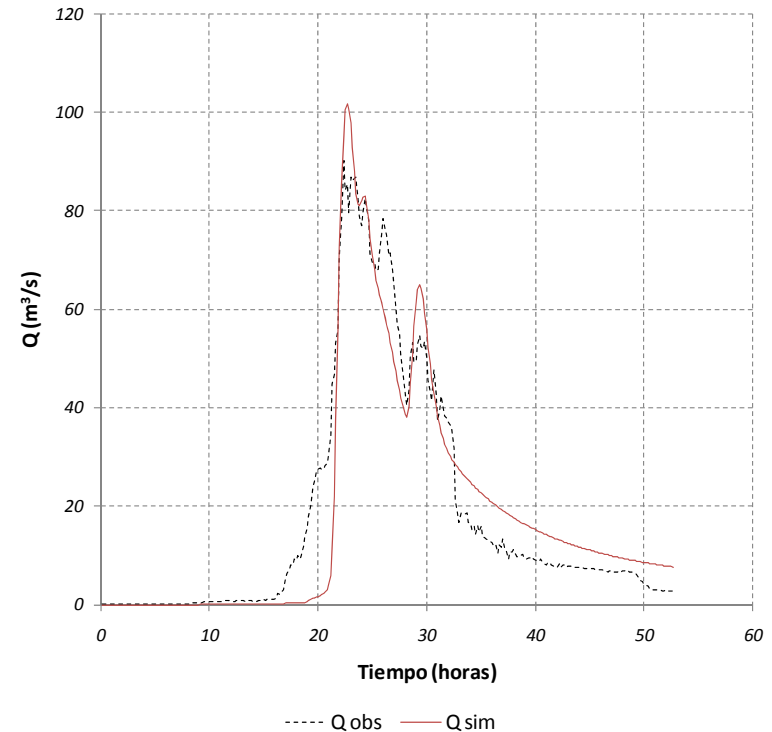


# Modelo hidrológico: TETIS

## Validación espacio-temporal



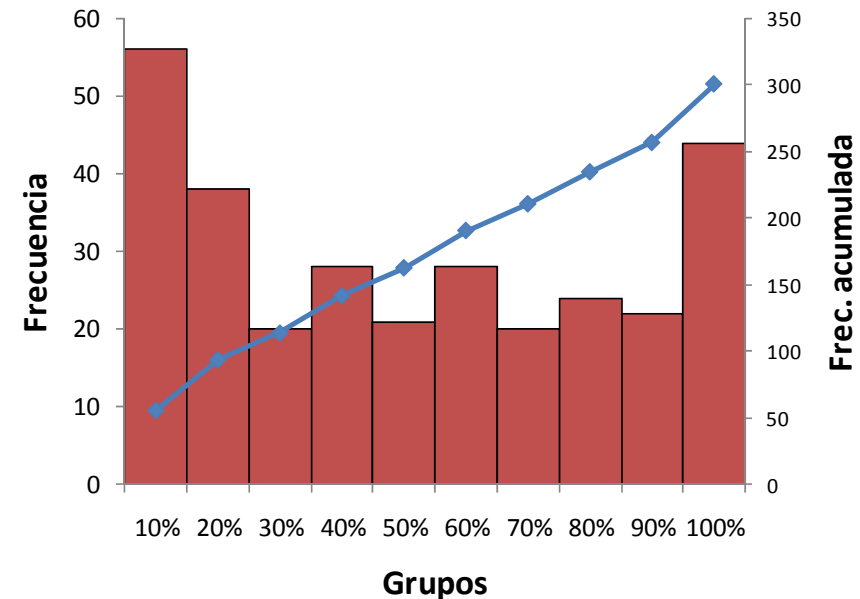
Estación de aforo de Marina Baixa, evento de Mayo 2002



Estación de aforo de Guadalest, evento de Octubre 2007

# Análisis estado humedad inicial

- Ajuste modelo diario en Rambla Gallinera
- Simulación continua 1943-2010
- Análisis frecuencia estados para  $P_d > 30\text{mm}$
- 3 estados de humedad:
  - ▣ Seco (10%)  $P = 0,3$
  - ▣ Medio (40%)  $P = 0,4$
  - ▣ Húmedo (80%)  $P = 0,3$

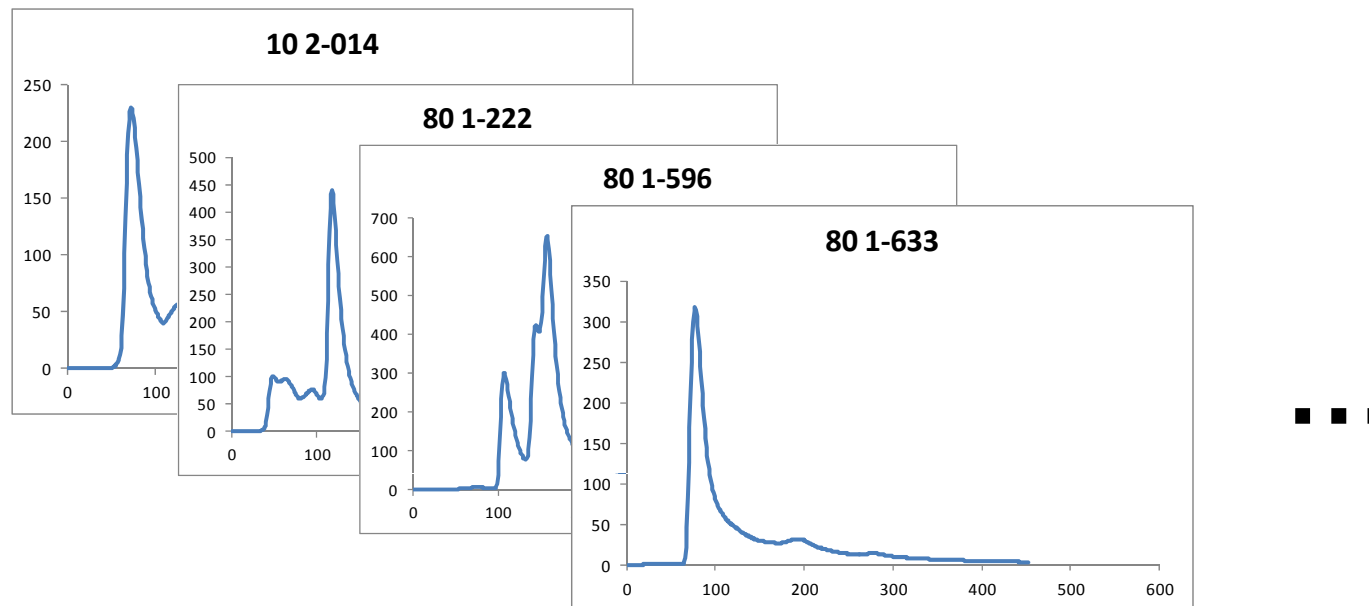


Histograma y distribución acumulada de humedad antecedente en el suelo obtenidos por simulación continua en la Rambla Gallinera



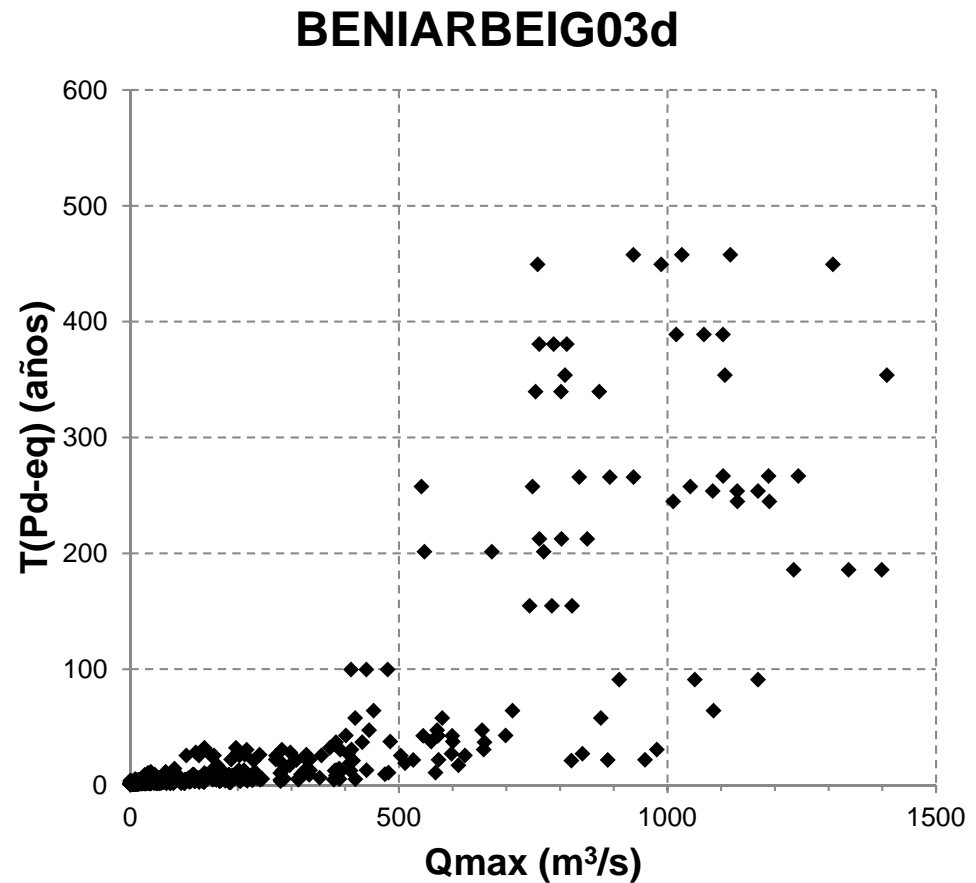
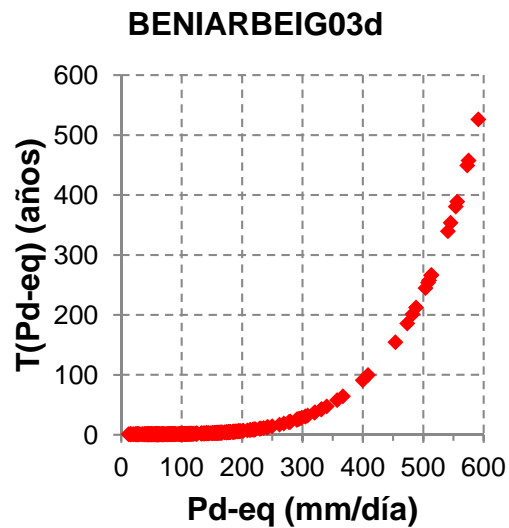
# Simulación hidrogramas sintéticos

- 368 tormentas x 3 estados de humedad = 1104 eventos
- En algunas cuencas además x escenarios futuros que afecten la hidrología



Hidrogramas generados en la desembocadura del Girona (Benairbeig03d)

# Caudales pico en función de T(Pd-eq)



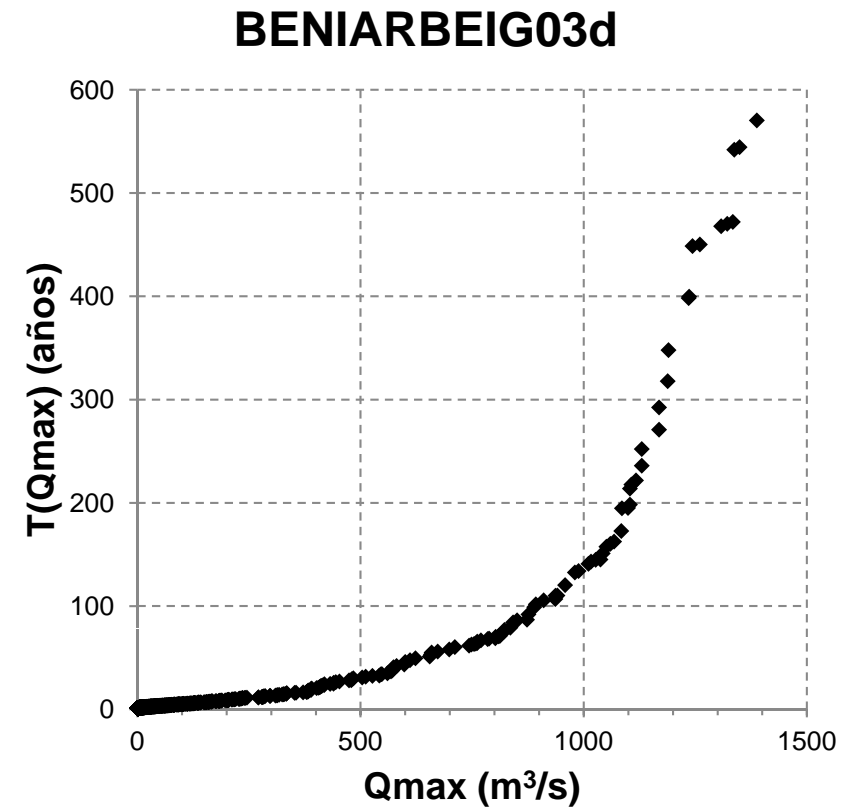
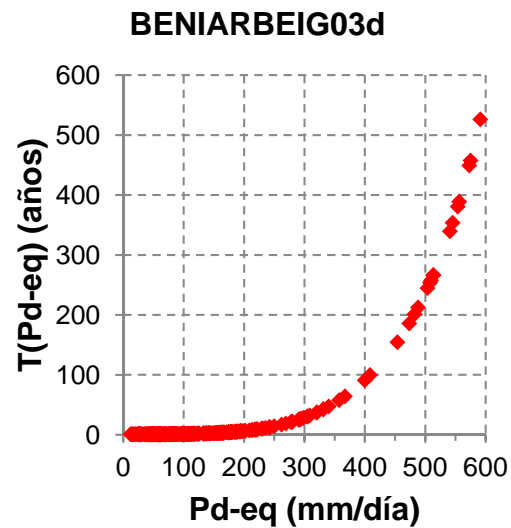
# Asignación de probabilidad

- Modelo multivariado de:
  - ▣ R = precipitación areal máxima de 24 horas
  - ▣ X = caudal pico (o variable de interés)
  - ▣ M = Estado de humedad inicial del suelo
    - Variable discreta (tres estados en este estudio)
- Finalmente la distribución empírica de X:
  - ▣ Se conocen las marginales de R y M
  - ▣ Si M es independiente de R

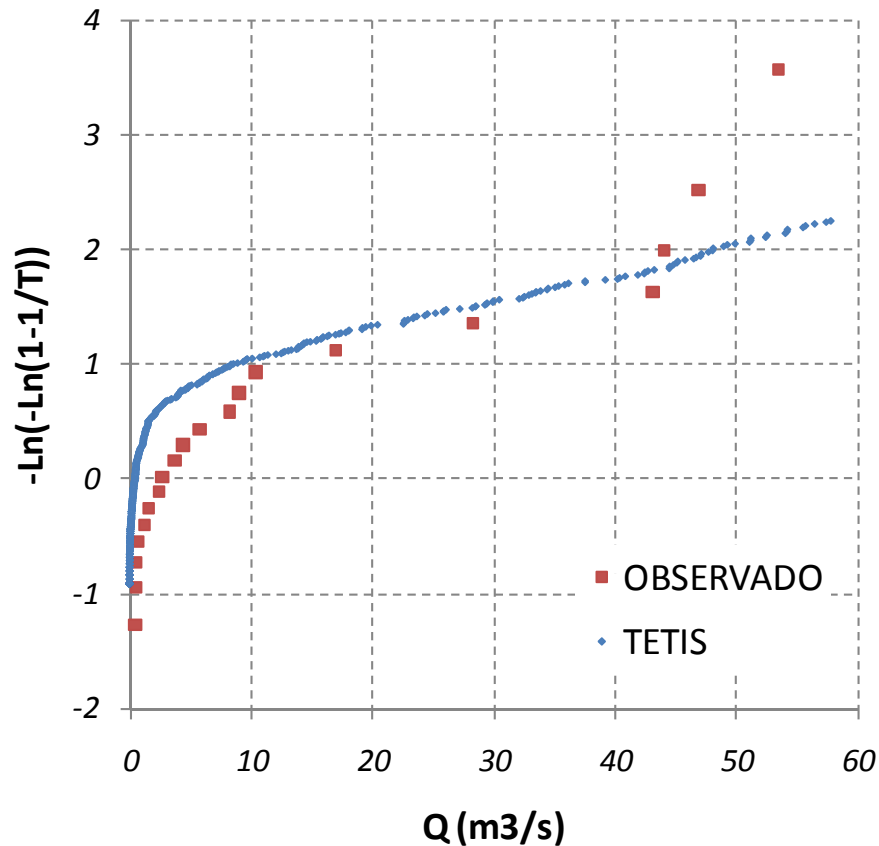
$$F_X(a) \approx \sum_{j=1}^3 \left\{ P_j \sum_{i=0}^{\infty} \frac{n_{ij}(a)}{N_{ij}} [F(R_{i+1}) - F(R_i)] \right\}$$

# Asignación de probabilidad

## Asignación de probabilidad desembocadura Girona



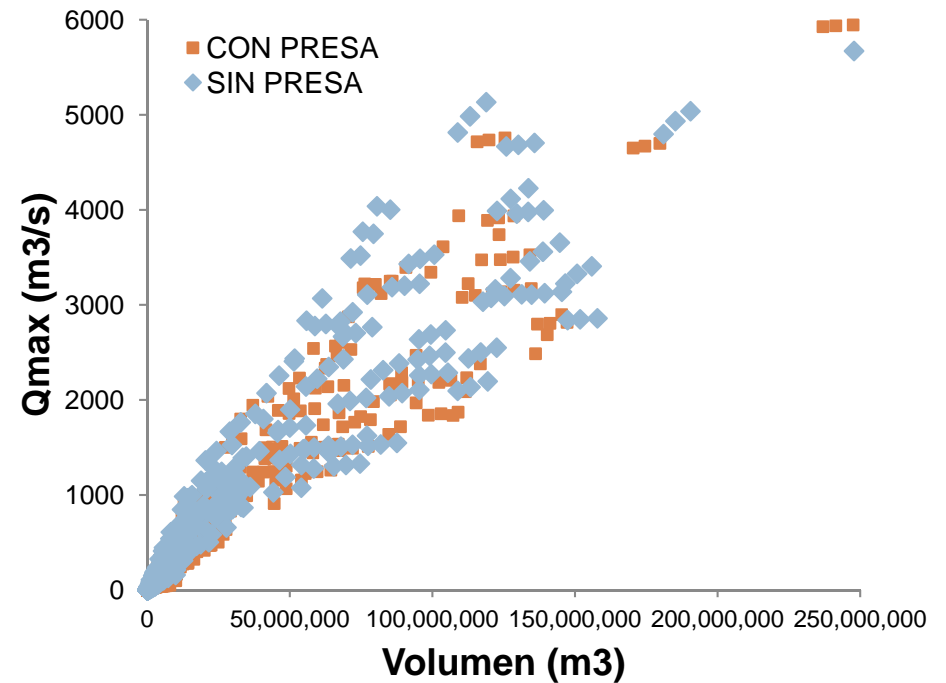
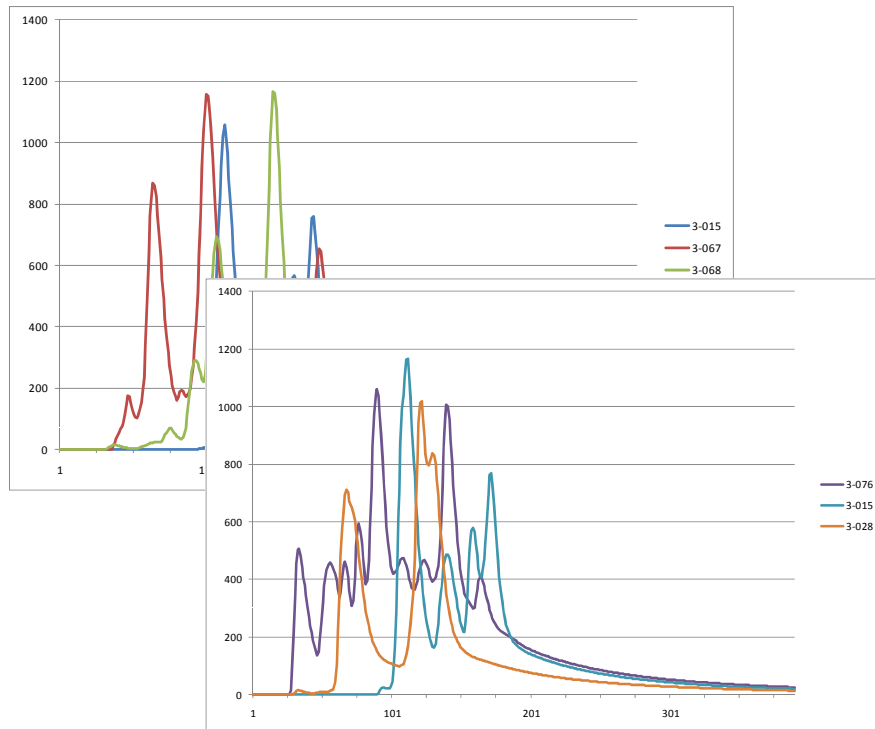
# Validación estadística



Estación de aforo de Gallinera.  
Funciones de distribución empíricas de los caudales máximos.

# Explotación resultados embalse Isbert

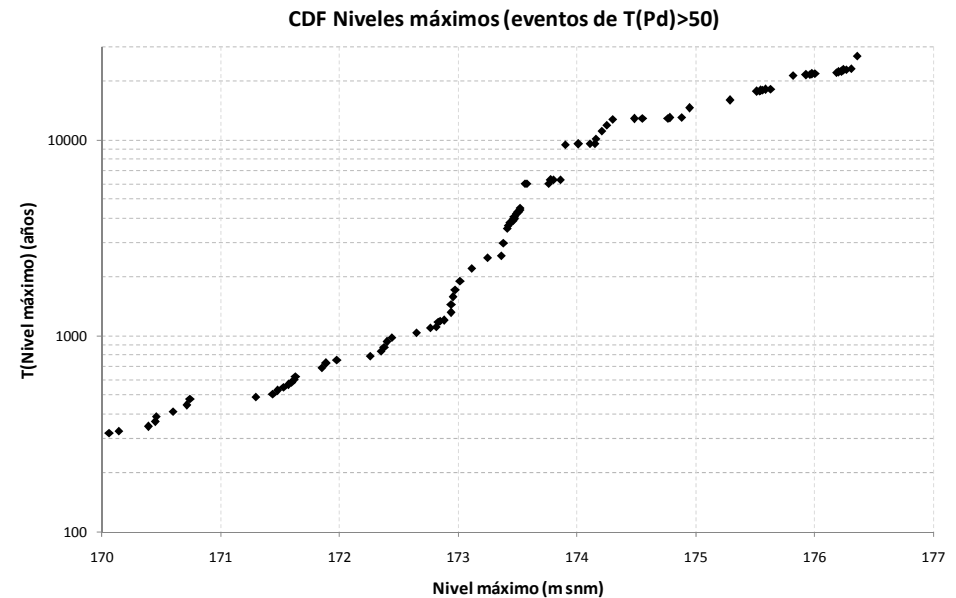
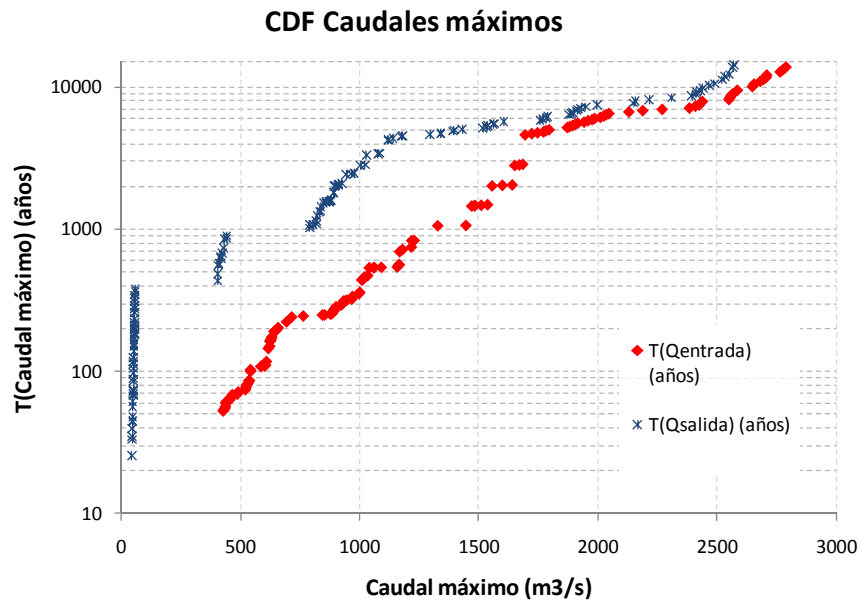
## □ Análisis eventos



Selección eventos con  $Q_p$  entre 400 y 500 años

# Explotación resultados embalse Isbert

- Análisis estadísticos variable de interés:



# Conclusiones

- Exigible la máxima precisión por sus implicaciones económicas y sociales







UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Instituto de Ingeniería del  
Agua y Medio Ambiente

## GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Prof. Félix Francés (ffrances@hma.upv.es)

*Grupo de Investigación de Modelación Hidrológica y Ambiental  
(GIMHA)*

<http://lluvia.dihma.upv.es>



F. Francés, R. García Bartual, G. Bussi, J. L. Salinas y E. Fernández. 2011. Diseño hidrológico de alto período de retorno mediante generación sintética de eventos de crecida. II Jornadas de Ingeniería del Agua. Modelos numéricos en dinámica fluvial. Barcelona, 5-6 Octubre 2011.