

Estimación de mapas de peligrosidad mediante generación de tormentas sintéticas

Gianbattista Bussi ⁽¹⁾, Félix Francés⁽¹⁾, José Luis Salinas⁽¹⁾, Rafael García-Bartual⁽¹⁾, Lucas Pujol⁽²⁾, Vicente Guna⁽²⁾, Enrique Ortiz⁽²⁾

(1) Universitat Politècnica de València

(2) Hidrogaia S.L.

- En estudios de inundabilidad es exigible la **máxima precisión** por sus implicaciones económicas y sociales



Tabasco (México), 2008



Cañete (Cuenca - España), 2011



Pakistán, 2010

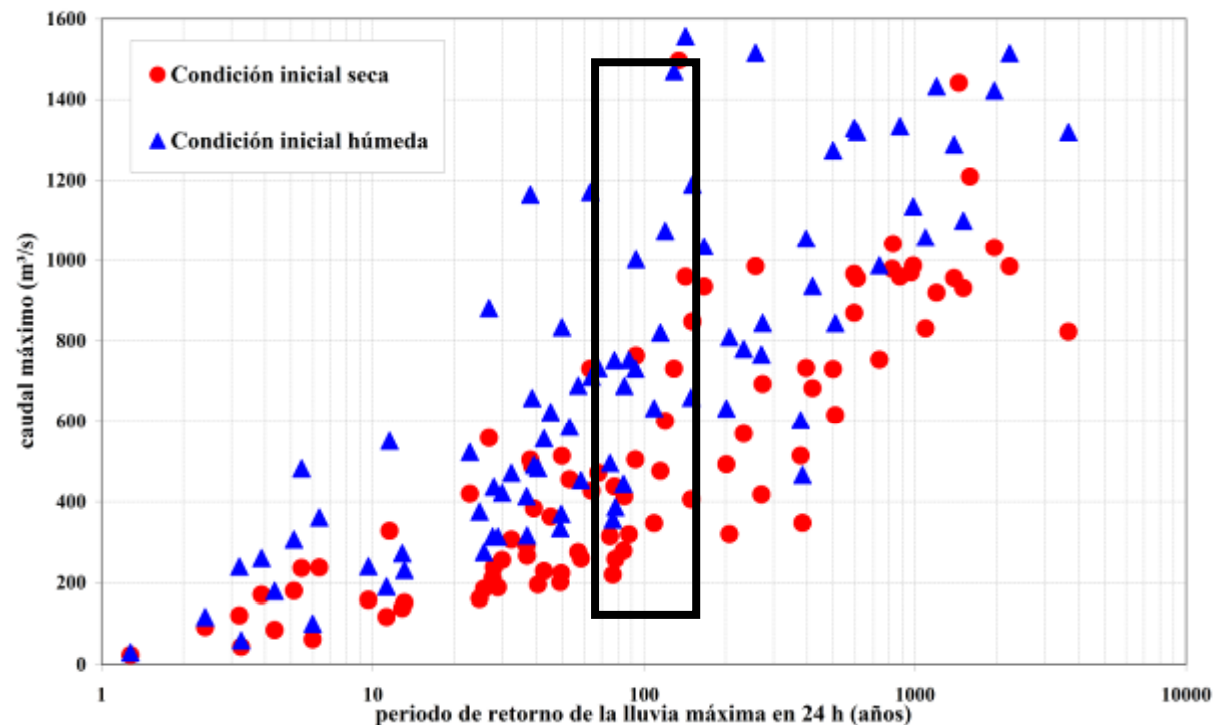
- ❑ Tradicionalmente se basa en el concepto de “Tormenta de Diseño”

Análisis estadístico de $P_d \Rightarrow$ Tormenta de diseño de $T \Rightarrow$ Simulación hidrológica

- ❑ Ventaja “pírrica”: Una sola simulación
- ❑ Inconvenientes específicos:
 - Distribución temporal y espacial de la precipitación
 - Estado inicial único
 - **Q_T lo genera P_{dT} ?**

- ¿Una única tormenta uniforme en el espacio y simple en el tiempo + un sólo 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

- 1 - Estimación **frecuencia** de las **Pd** máximas anuales
- 2 - Construcción de un modelo estocástico de **tormentas** y generación **sintética** de un número elevado de eventos
- 3 - Implementación de un modelo **hidrológico** distribuido
- 4 - Asignación de **probabilidad** final mediante un modelo estadístico multivariado
- 5 - Estimación de **calados** y velocidades

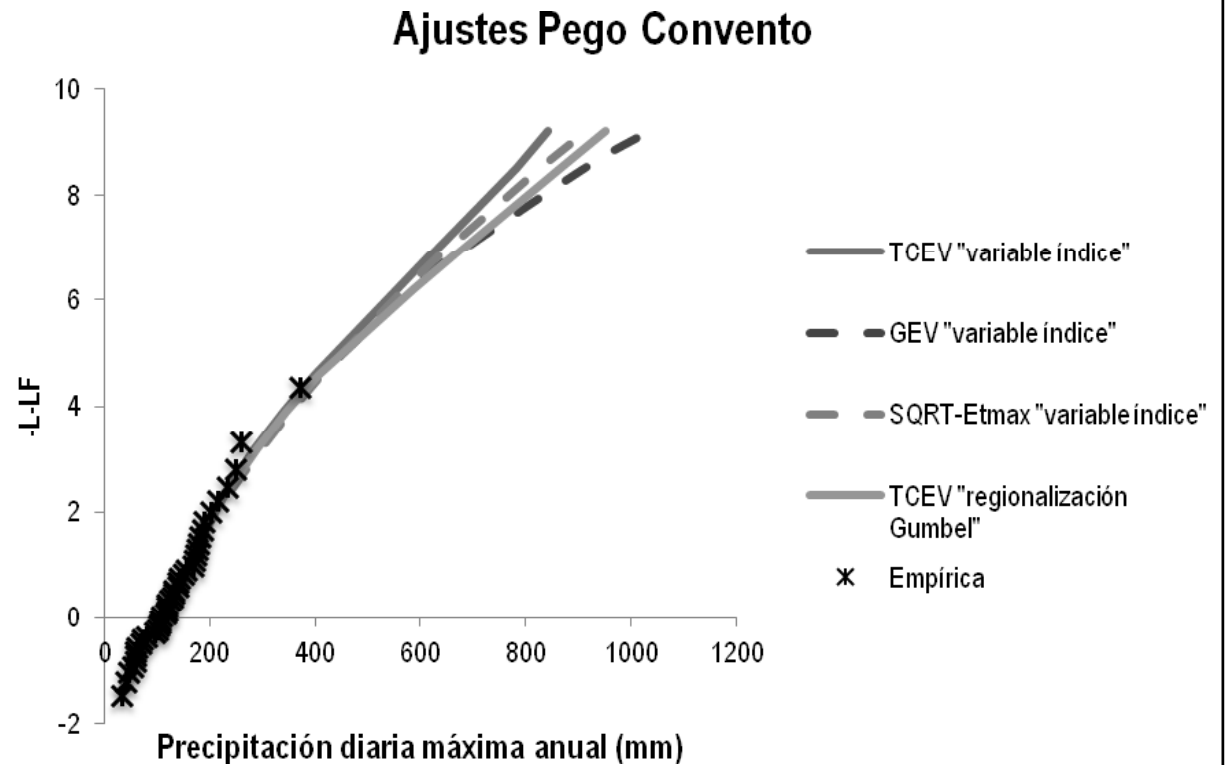
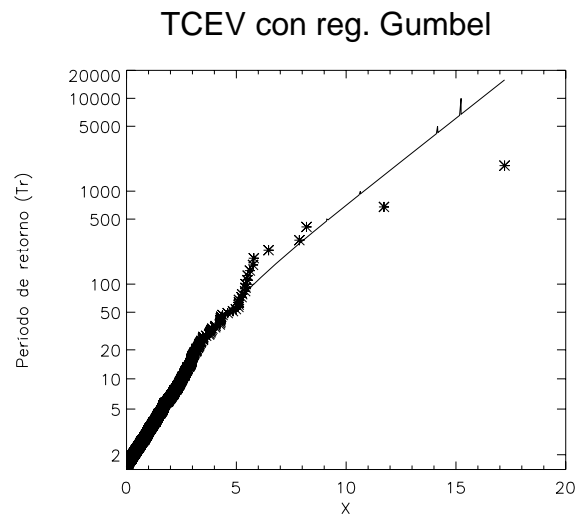
- Comarcas de la Marina Alta y de la Marina Baja (Alicante, España)
 - Más de 200 puntos analizados en 500 km²
- Plan de Gestión del Riesgo de Inundación según la Directiva Marco 2007/60 de la C.E.)
 - Sólo peligrosidad en esta presentación



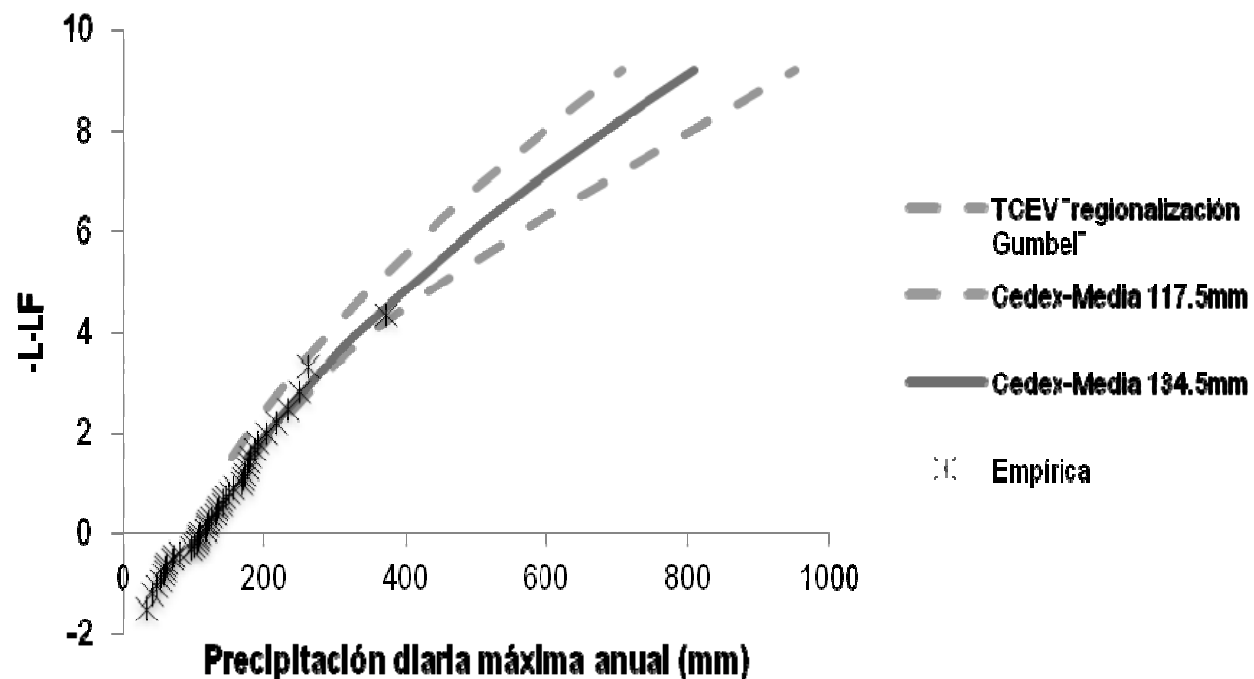
Análisis pluviométrico

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

□ Resultados:

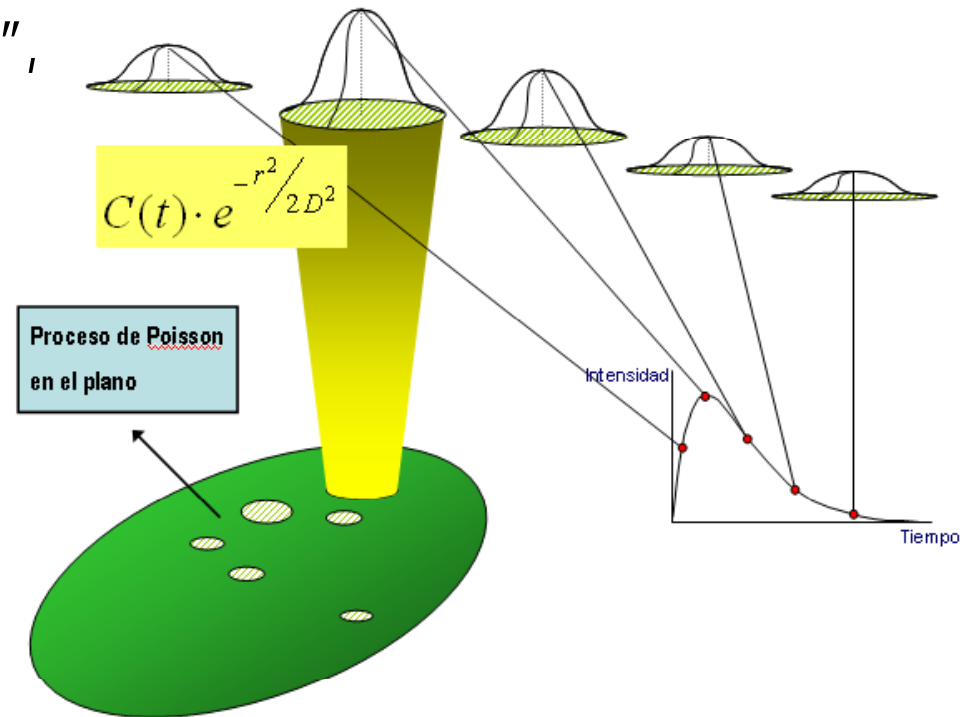


Ajustes Pego Convento



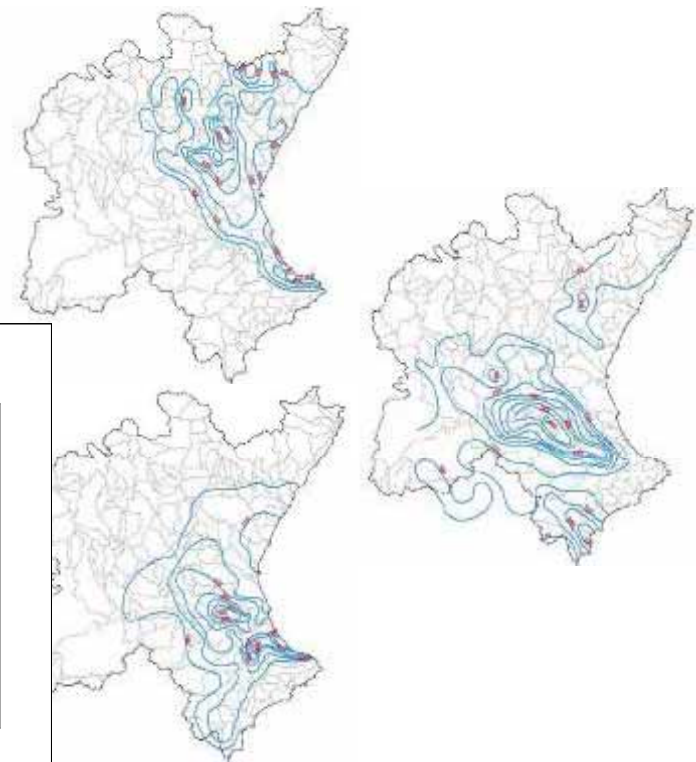
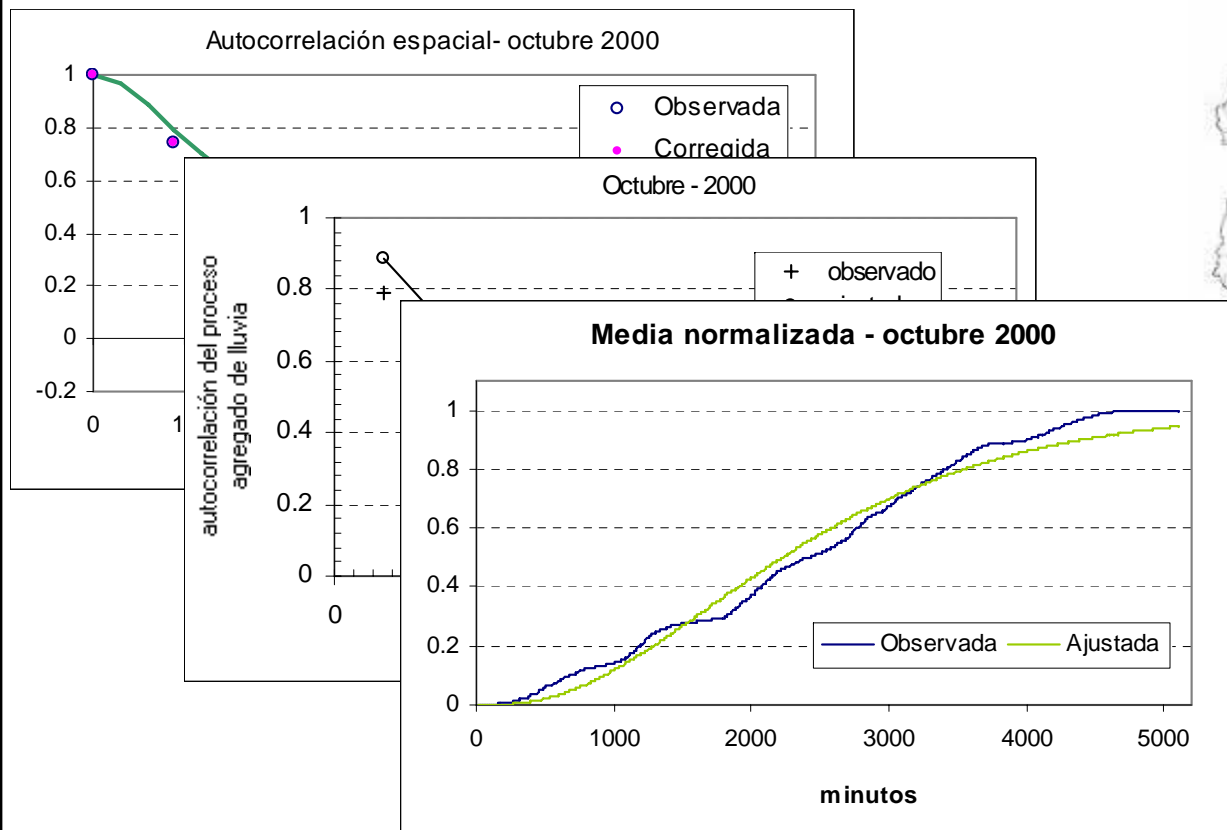
Generación de tormentas sintéticas

- 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) mejorado por Salsón y García Bartual (2003)



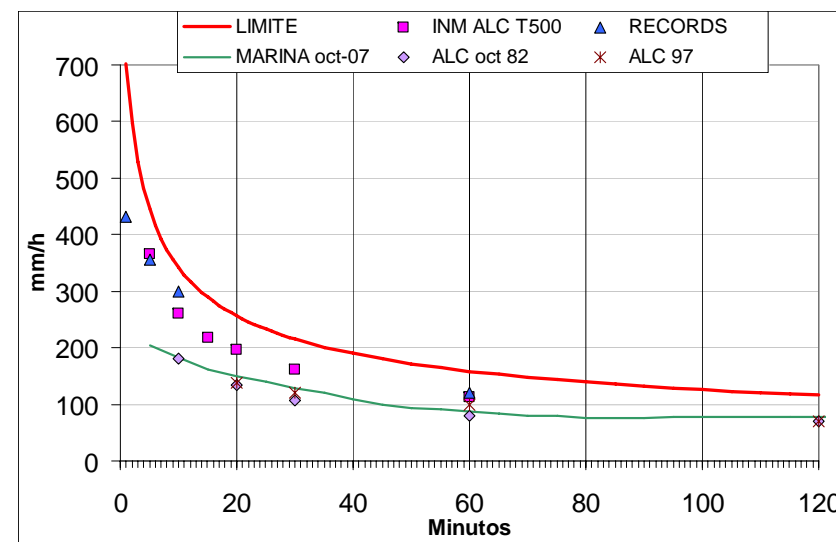
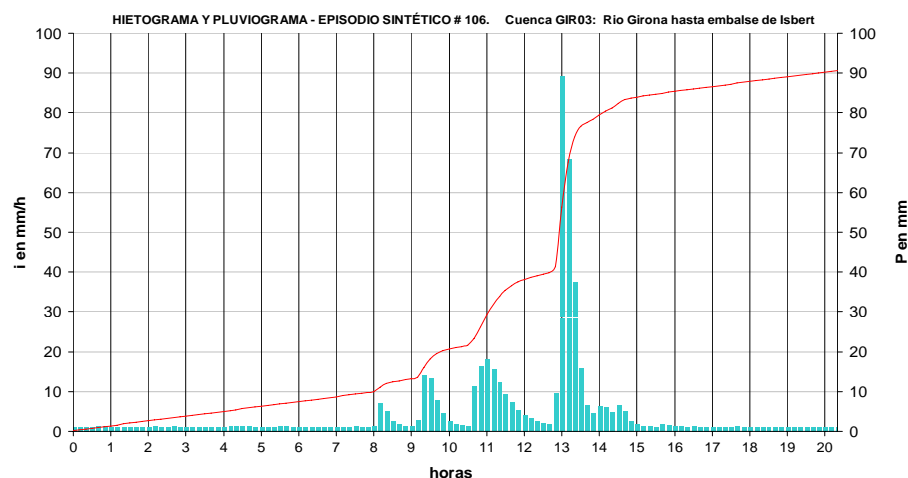
Generación de tormentas sintéticas

- Estimación de parámetros a partir de tormentas SAIH:



Generación de tormentas sintéticas

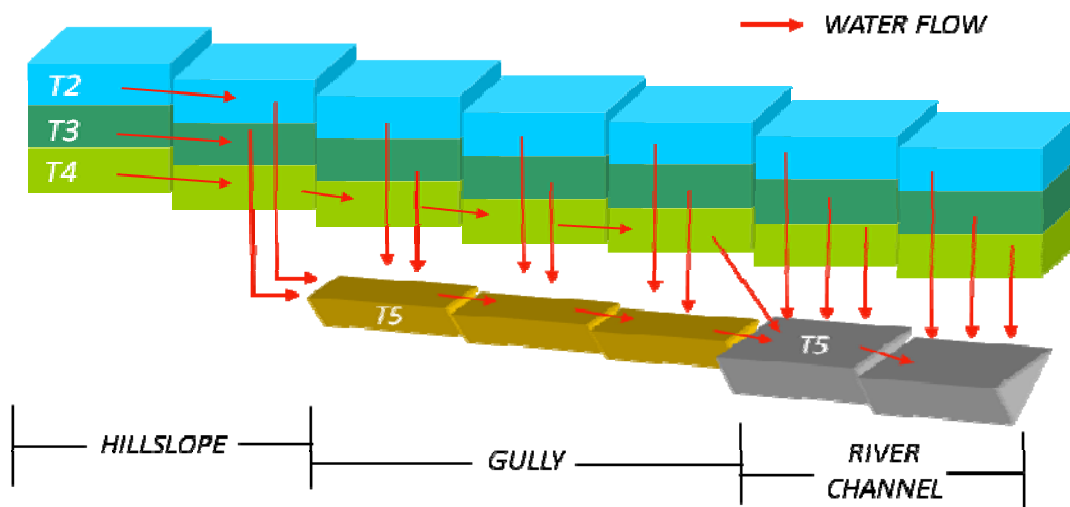
- Se generaron unas 500 tormentas sintéticas en una cuadrícula de 60x65 km con discretización de 1km y 10 min



- ... y se seleccionaron 368

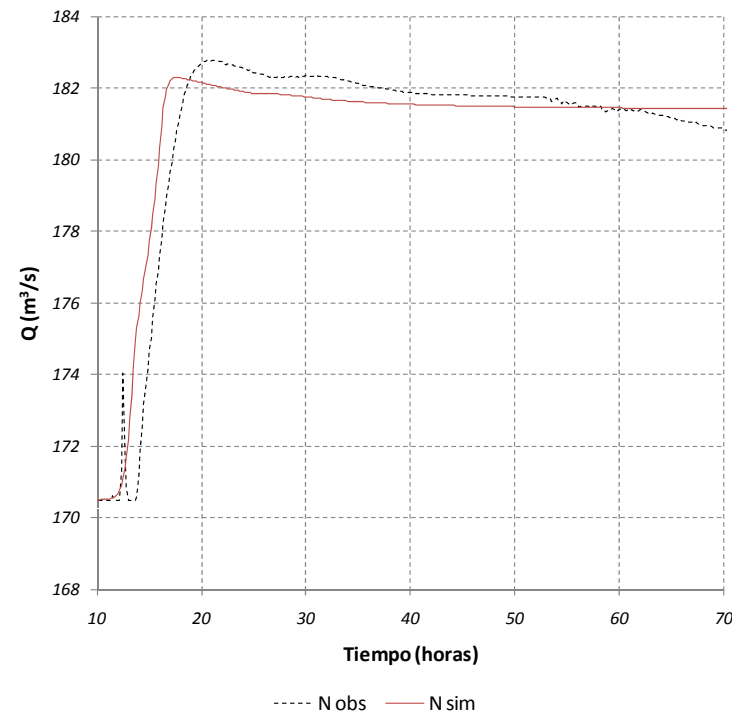
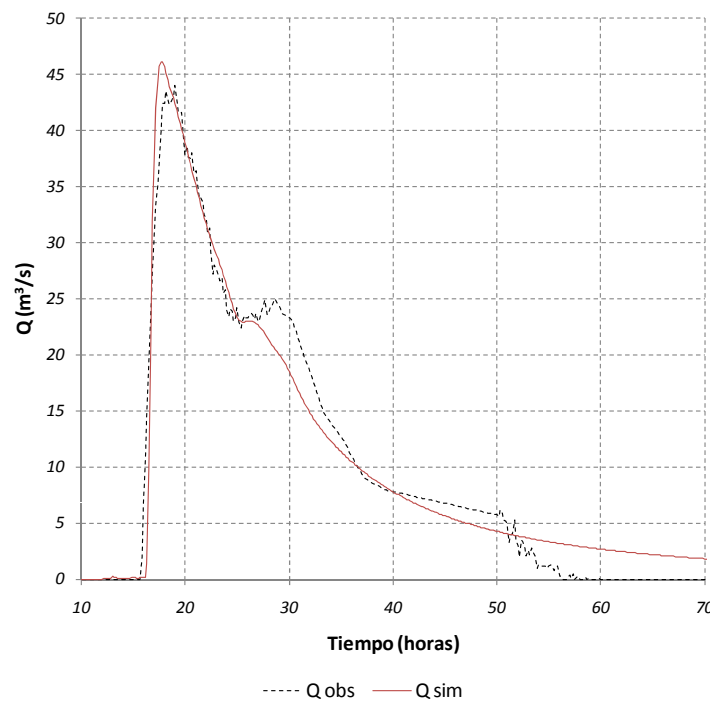
El modelo hidrológico TETIS

- Desarrollado por la UPV desde 1994 (v 8.2.4 en la web)
- Distribuido en el espacio:
 - => Reproducción variabilidad espacial del Ciclo Hidrológico
 - => Reducción del efecto de escala espacial
 - => Explotación de toda la información espacial existente



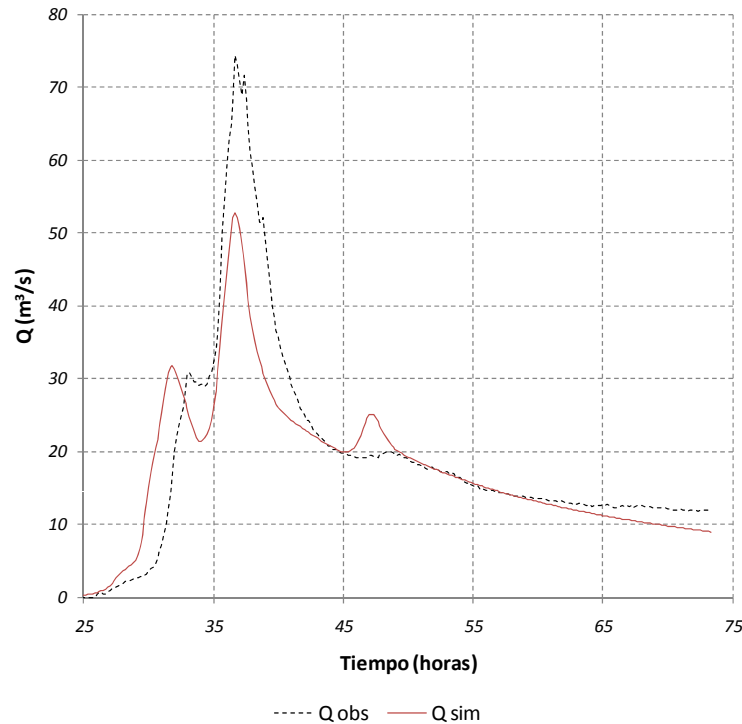
Modelación hidrológica con TETIS

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

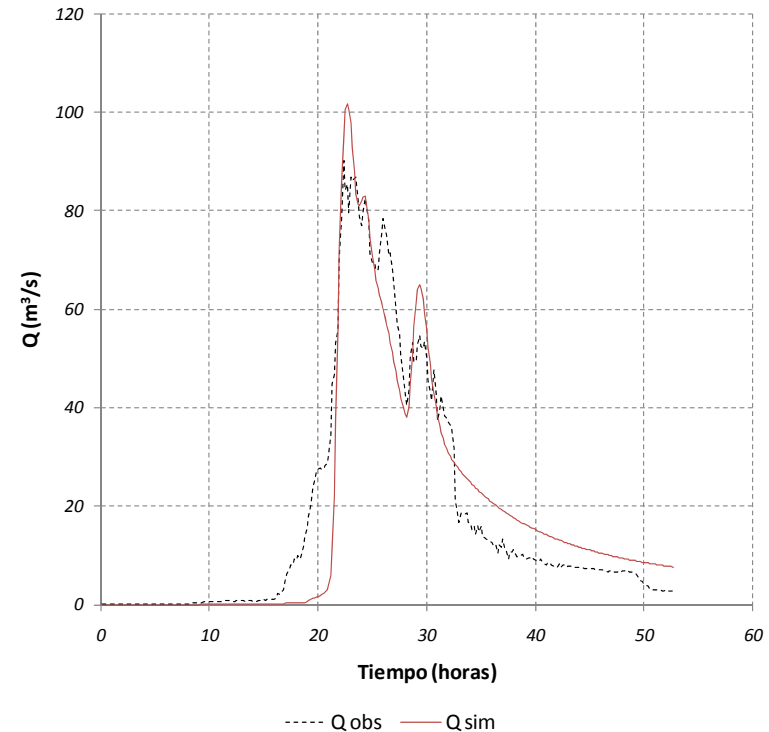


Modelación hidrológica con TETIS

Validación espacio-temporal



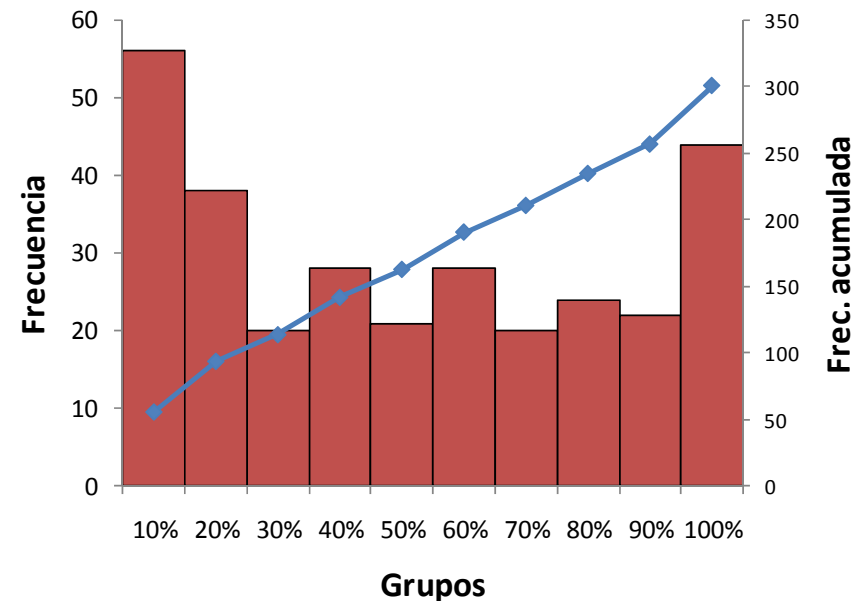
Estación de aforo de Marina Baixa, evento de Mayo 2002



Estación de aforo de Guadalest, evento de Octubre 2007

Análisis estado de humedad inicial

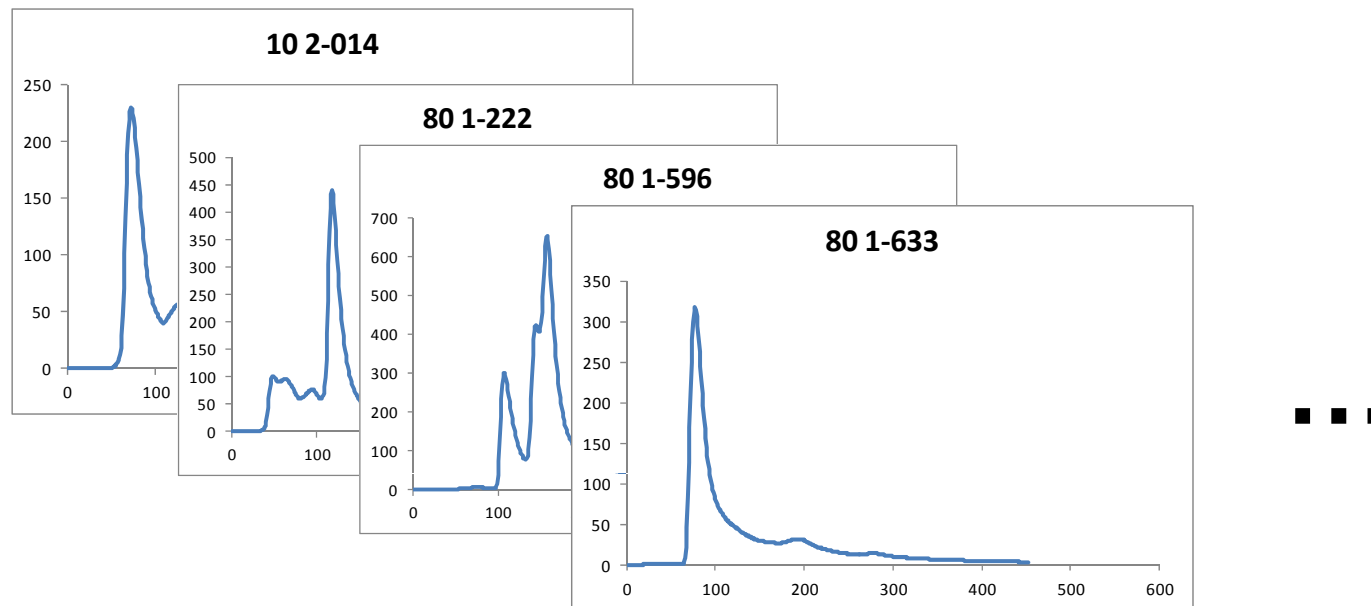
- Ajuste modelo diario en Rambla Gallinera
- Simulación continua 1943-2010
- Análisis frecuencia estados para $P_d > 30\text{mm}$
- 3 estados de humedad:
 - ▣ Seco (10%) $P = 0,3$
 - ▣ Medio (40%) $P = 0,4$
 - ▣ Húmedo (80%) $P = 0,3$



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

Simulación de hidrogramas sintéticos

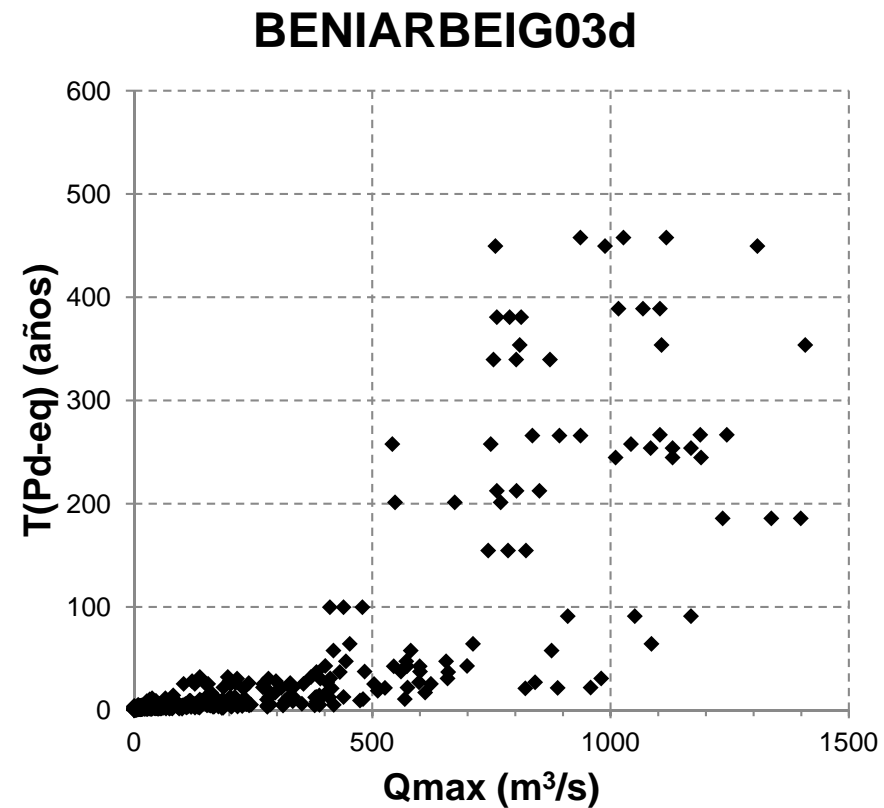
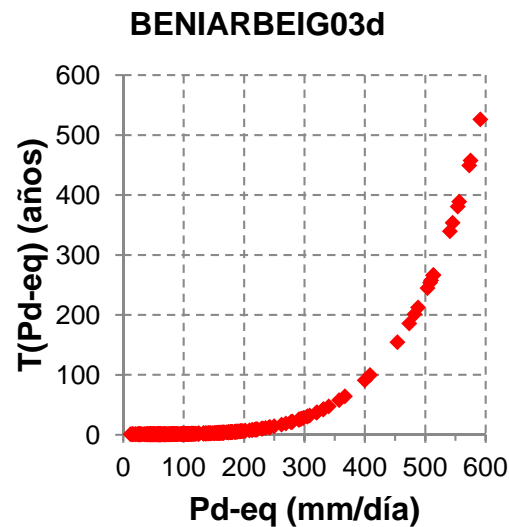
- 368 tormentas x 3 estados de humedad = 1104 eventos
- En algunas cuencas además x escenarios futuros que afecten la hidrología



Hidrogramas generados en la desembocadura del Girona (Benairbeig03d)

Caudales pico en función de T(Pd-eq)

- Resultados en la desembocadura río Girona



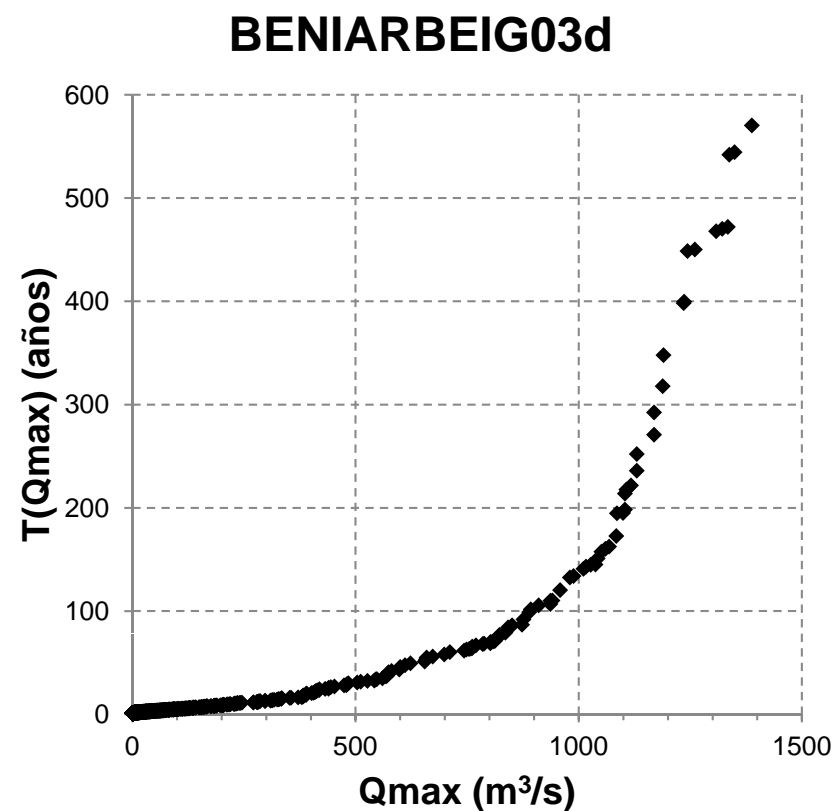
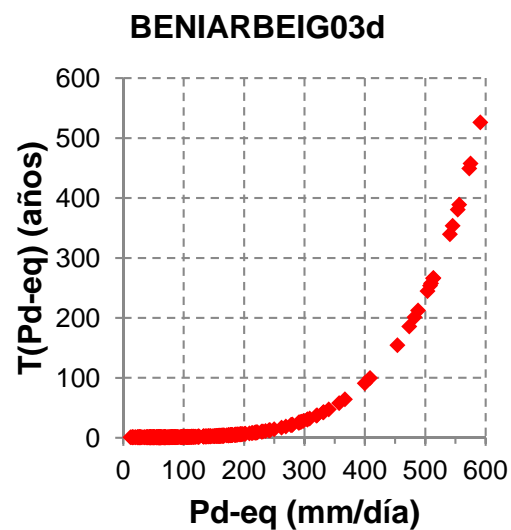
Análisis de frecuencia de los Qmáx

- 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

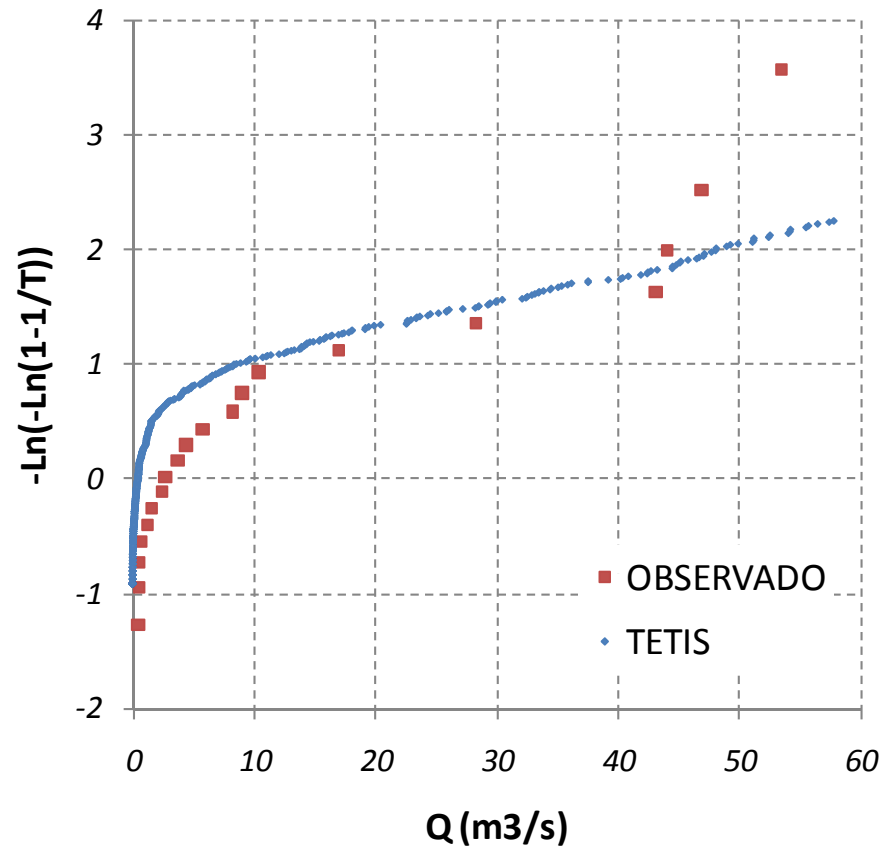
$$F_X(a) \approx \sum_{j=1}^3 \left\{ P_j \sum_{i=0}^{\infty} \frac{n_{ij}(a)}{N_{ij}} [F(R_{i+1}) - F(R_i)] \right\}$$

Análisis de frecuencia

- Asignación de probabilidad desembocadura río Girona



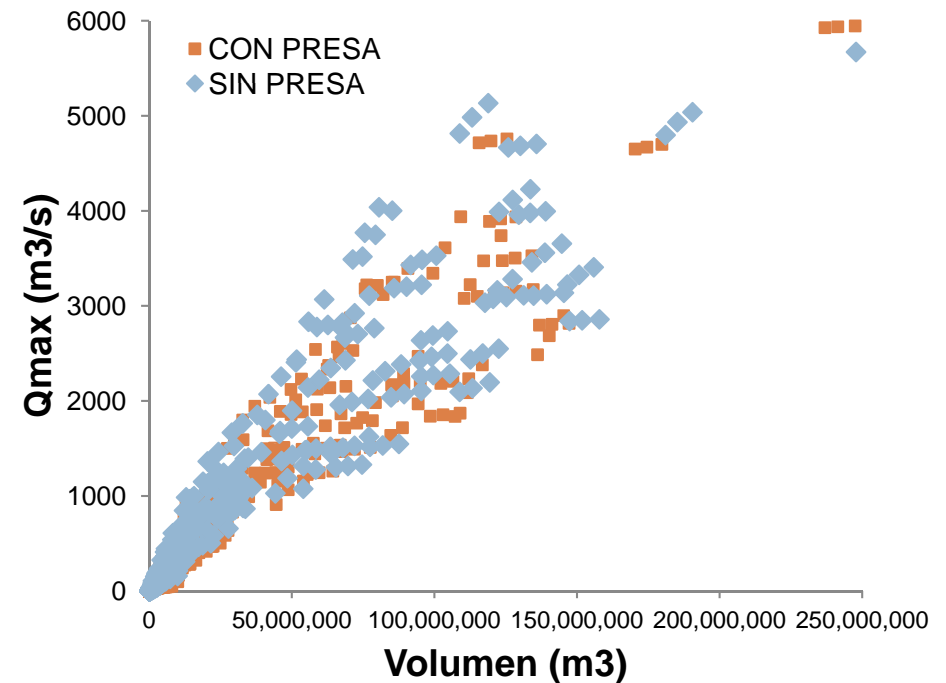
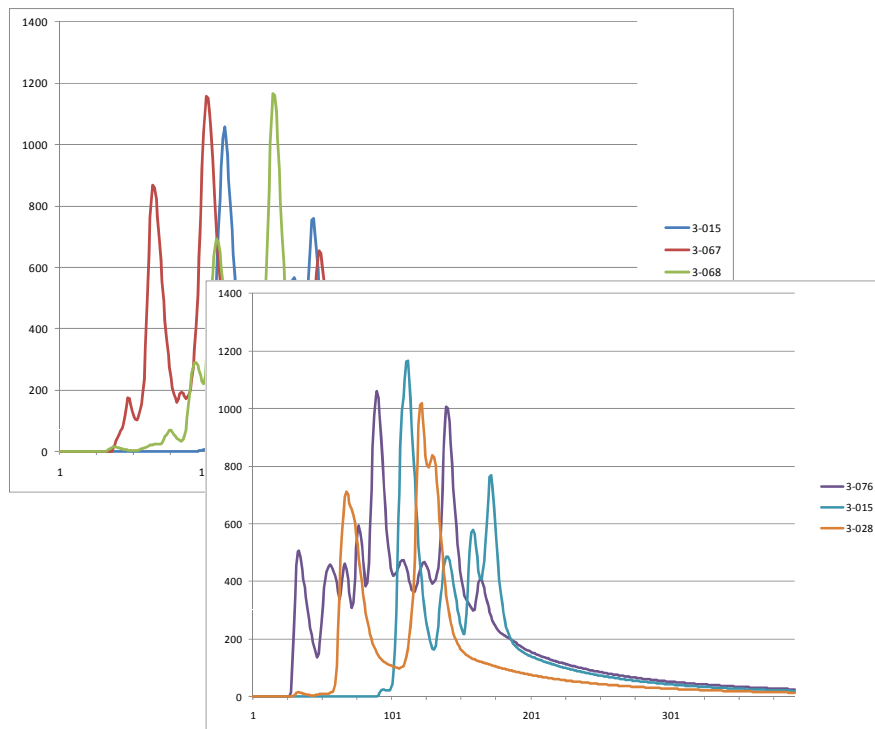
Validación estadística



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

Explotación resultados hidrología

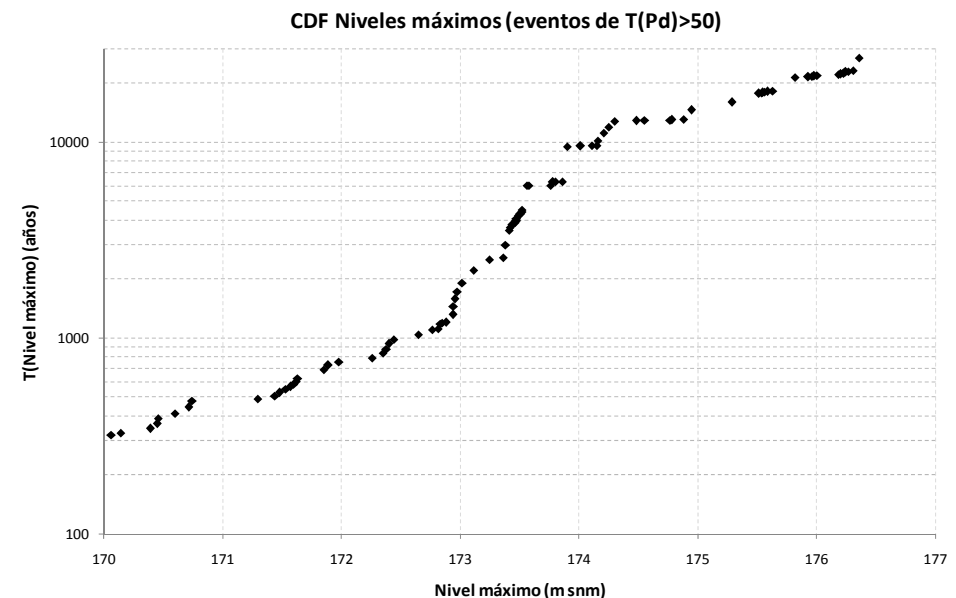
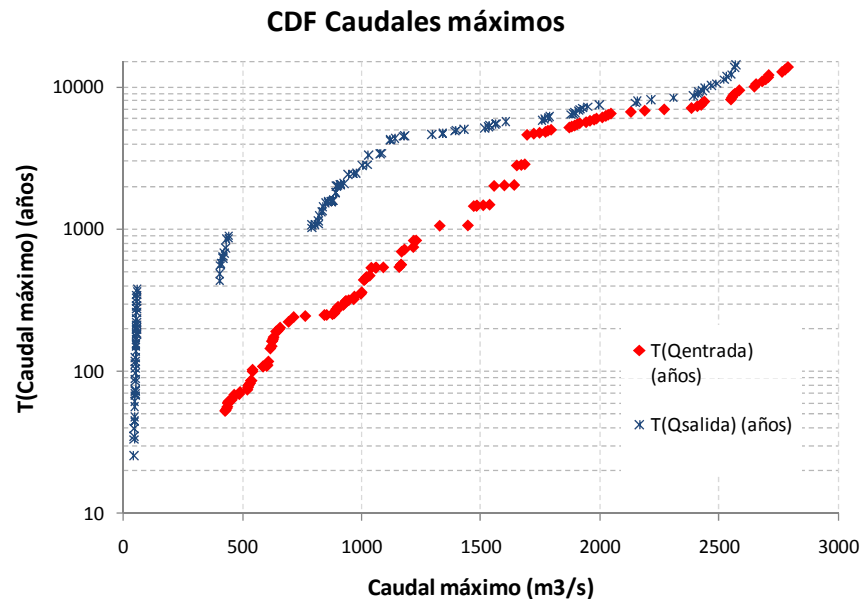
□ Análisis eventos



Selección eventos con Q_p entre 400 y 500 años

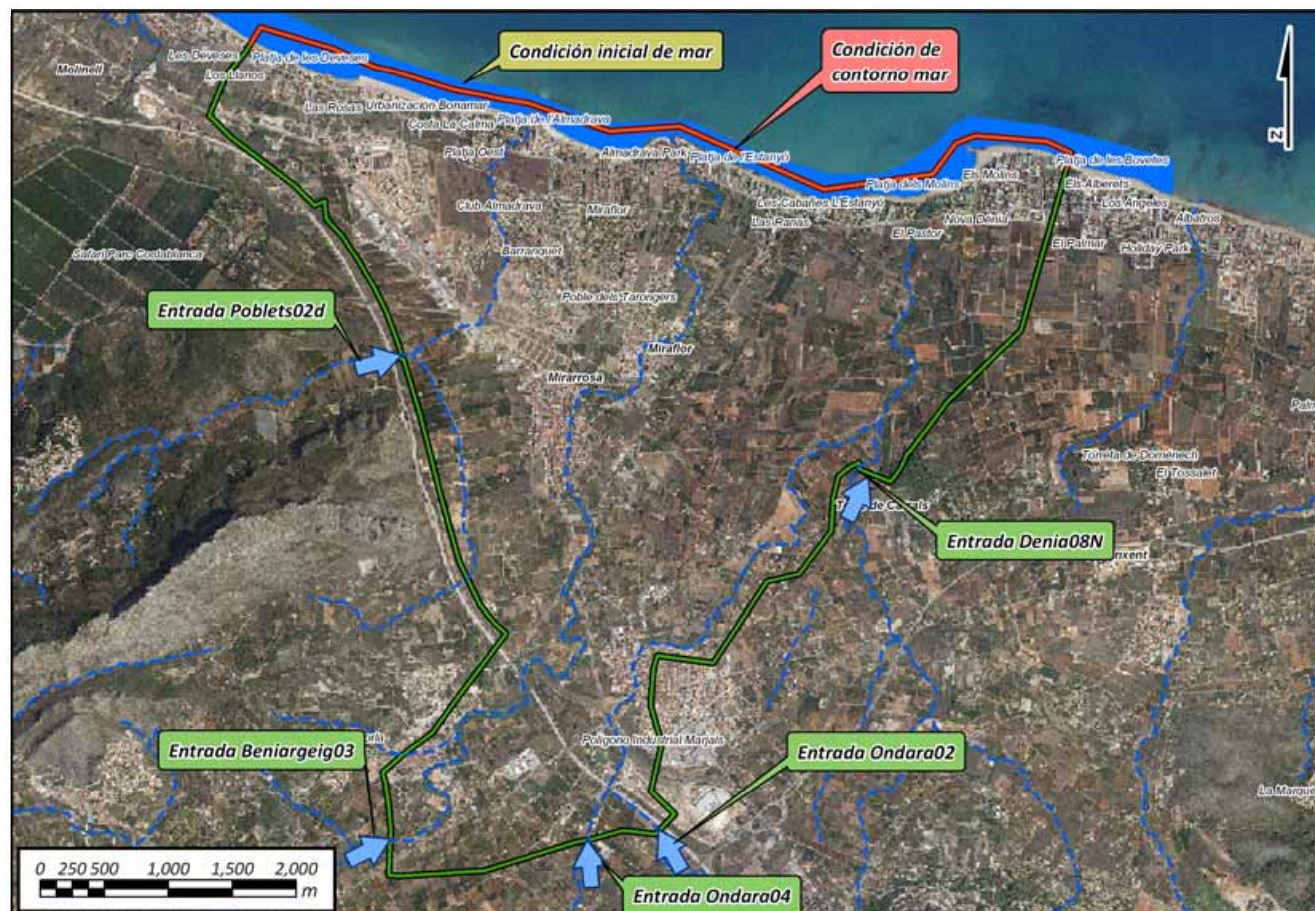
Explotación resultados hidrología

□ Análisis estadísticos variable de interés:



- **Objetivo:** calados máximos de inundación asociados a $T = 10, 25, 50, 100$ y 500 años
 - **Input:** hidrogramas de crecida de todos los periodos de retorno (modelación hidrológica), pero número limitado
 - **Output:** 5 mapas de calados máximos
- Software: Infoworks RS 2D
- MDT de partida: Lidar 1x1 m
- Rugosidad: CORINE (mapa europeo) + Ortofoto

Modelación hidráulica: Río Girona



Resultados Río Girona



- Modelación hidrológica **distribuida** permite fácilmente resultados en número elevado de puntos
- **Lidar + modelo hidráulico 2D** obtienen simulaciones de inundación confiables
- **Metodología novedosa** y alternativa al concepto de “tormenta de diseño”
 - Inclusión de **variabilidad espacio-temporal** de tormentas
 - Inclusión del estado de **humedad inicial**
 - Posibilidad eventos **muy baja frecuencia**



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>

Agradecimientos:

Confederación Hidrográfica del Júcar

Proyecto Flood-Med: Simulación y análisis de frecuencia de las crecidas con escenarios de cambios climáticos y medioambientales en cuencas mediterráneas

