



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



iiama

Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Tendencias actuales en modelación hidrológica y estadística no estacionaria para la estimación de la frecuencia de las inundaciones

Por: Félix Francés

*Research Group of Hydrological and Environmental Modelling (GIMHA)
Research Institute of Water and Environmental Engineering (IIAMA)
Universitat Politècnica de València. Spain*

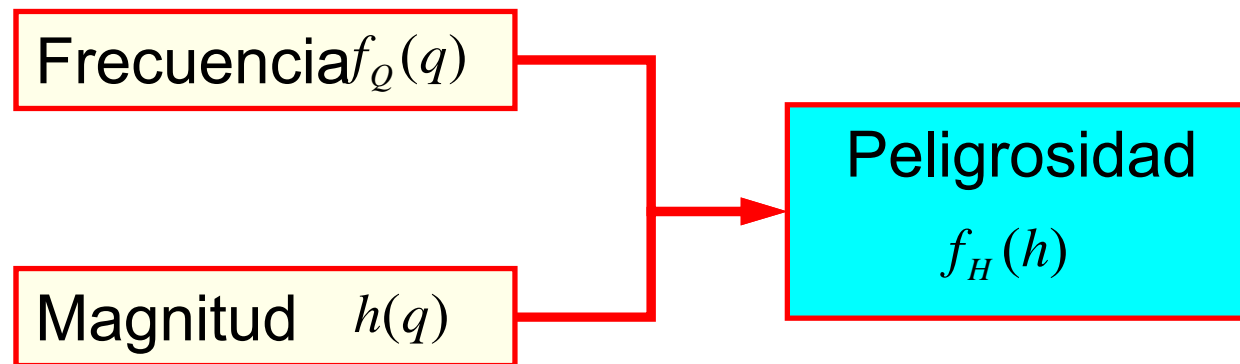


- ❑ Conceptos previos
- ❑ Metodologías posibles
- ❑ Escenarios meteorológicos de CC
- ❑ Metodología con generador climático continuo subdiario
- ❑ Resultados con generador climático continuo diario
- ❑ Conclusiones



Definición de peligrosidad

- Peligrosidad (tradicionalmente “riesgo”) de inundación en un punto = combinación de su frecuencia y magnitud:



□ Objetivo del Estudio Hidrológico:

$$f_Q(q)$$

- Cuantiles de caudales pico (siempre)
- Cuantiles de volúmenes (presas)
- Hidrogramas (modelación no estacionaria y 2D)

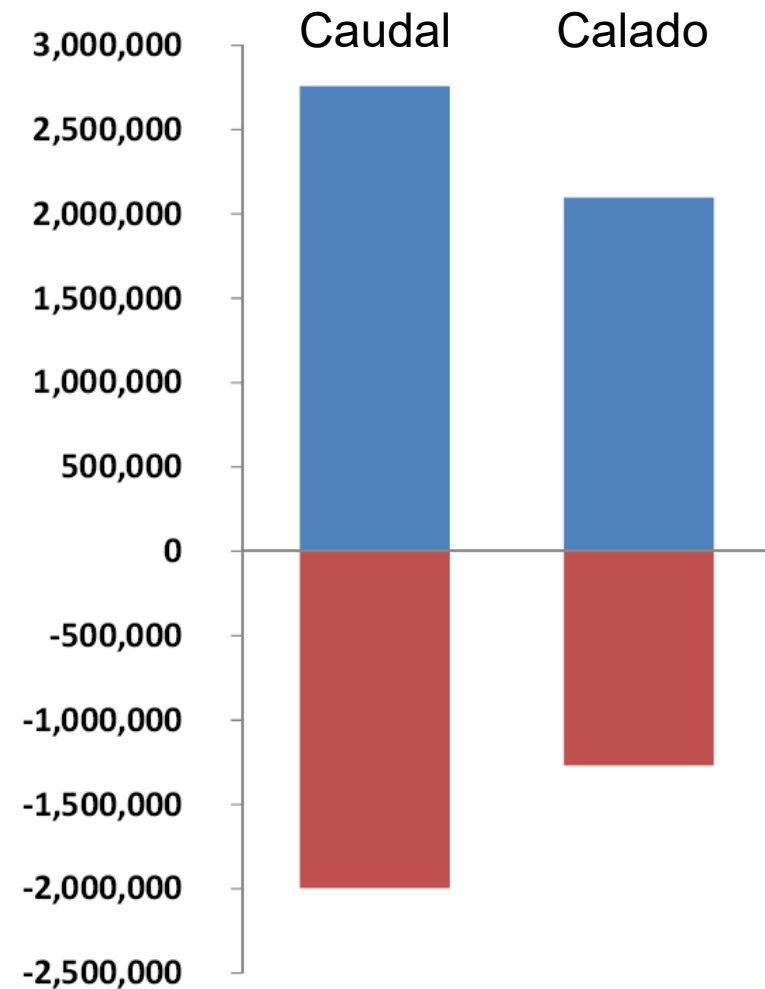
Pero: ¿qué probabilidad?

- Con estación de aforos: Análisis de Frecuencia de las Crecidas (AFC)
- Cuencas no aforadas: Análisis Hidrometeorológico
- Ambos si es posible



- ❑ Exigible la máxima precisión en función de las implicaciones económicas y sociales
 - En ZI de Rambla del Poyo, en 2006 el riesgo económico sólo por daños directos era de 7,7 millones de €/año
 - La sensibilidad a los errores es:

■ Error -20%
■ Error +20%



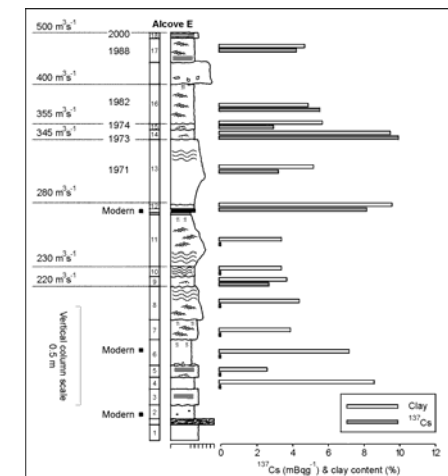
- ❑ Error en el modelo/metodología utilizados
- ❑ Errores en los datos. En el caso de las crecidas, para las mayores:
 - Extrapolación errónea de la curva de gasto
 - Destrucción de la estación
 - Características hidráulicas desconocidas (lecho móvil)
- ❑ Longitud de las series observadas mucho menor que T
- ❑ Alta variabilidad muestral (varianza y asimetría)



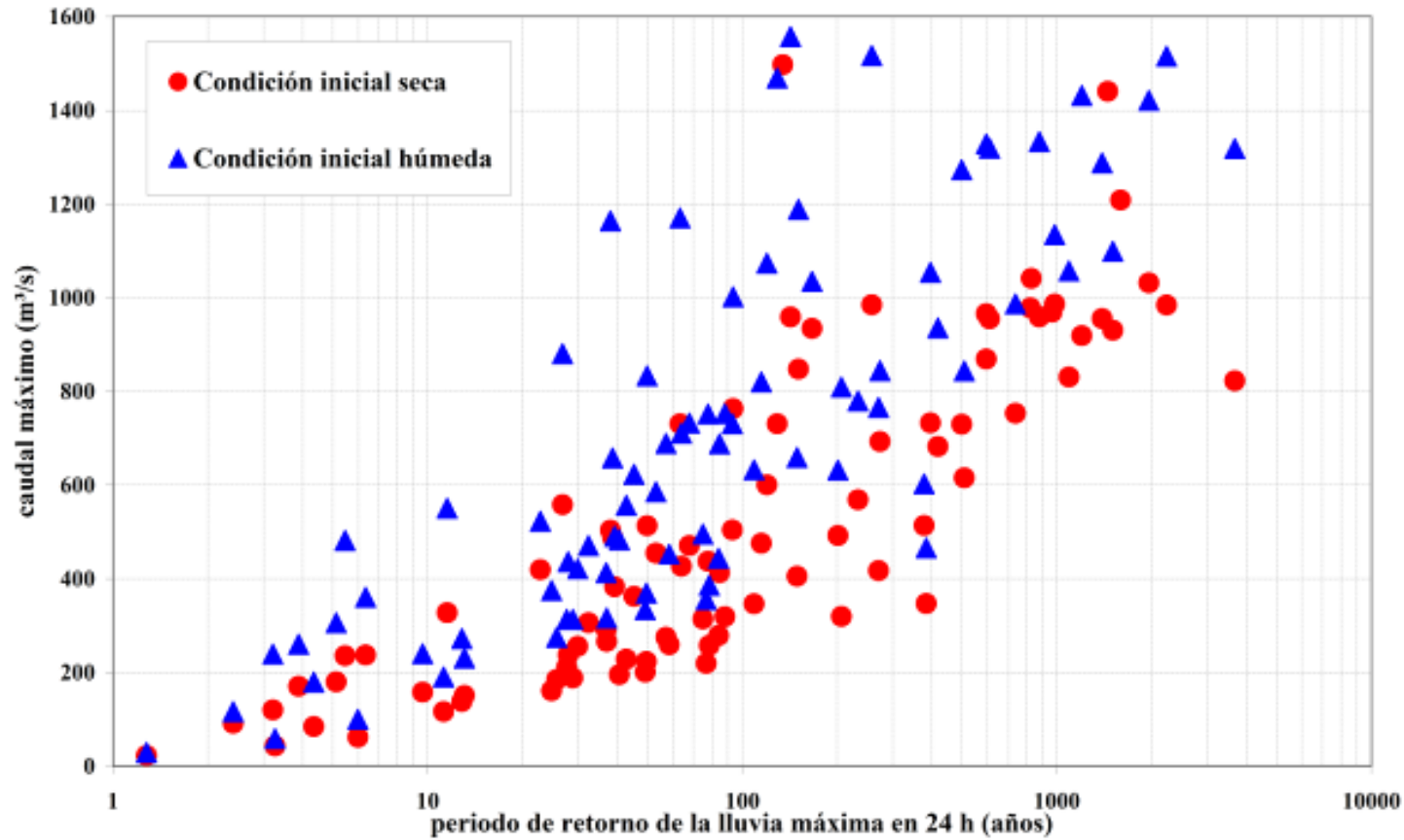
- ❑ Mejor modelo/metodología posible
- ❑ Incremento de la información utilizada:
 - Análisis regional de la Pd => actualizar estudio del CEDEX (datos hasta 1992)



- ❑ Mejor modelo/metodología posible
- ❑ Incremento de la información utilizada:
 - Análisis regional de la Pd
 - Inclusión en el AFC de información no sistemática:
 - Histórica
 - Paleocrecidas

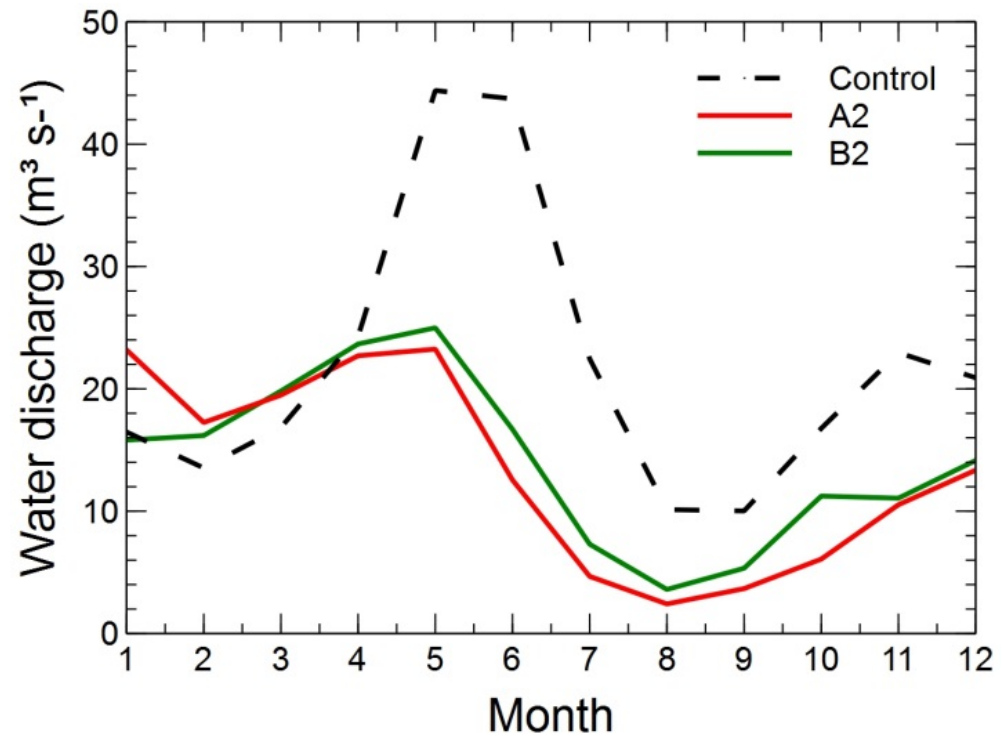
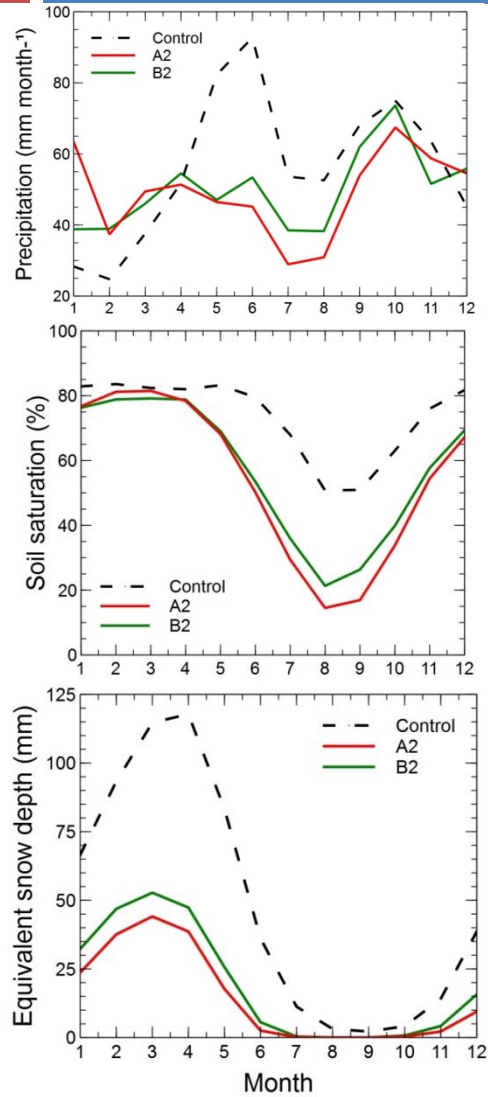


La variabilidad espacio-temporal

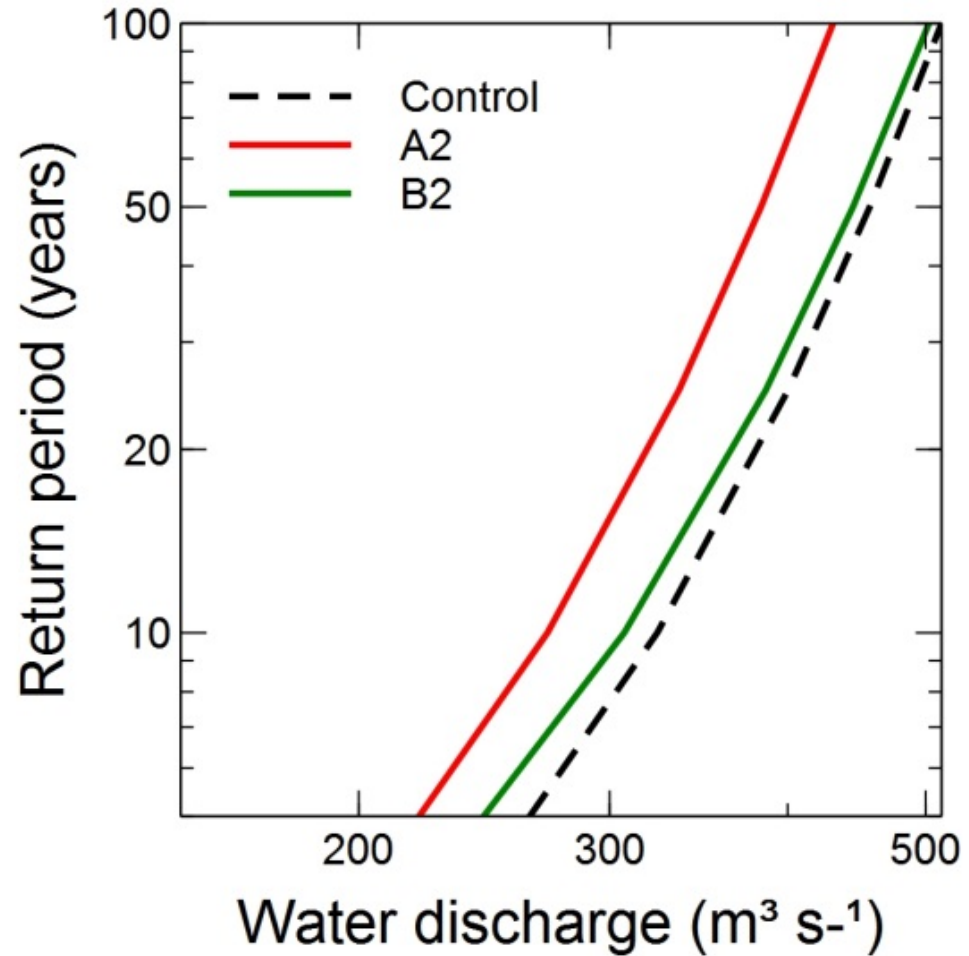
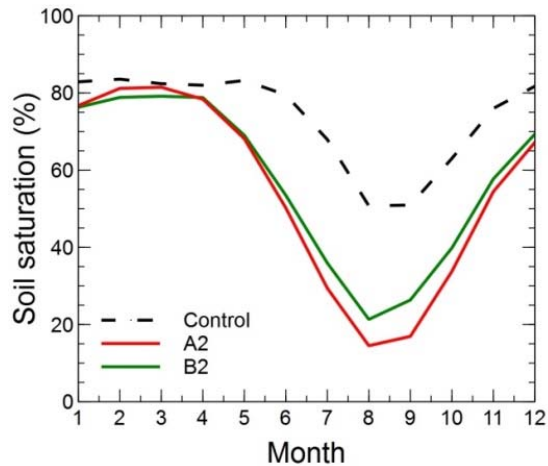
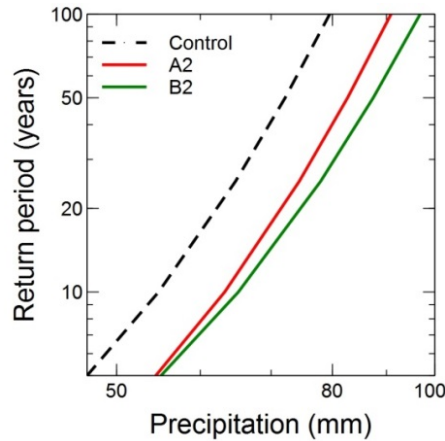


Caudales máximos en R.Poyo en A7 situación actual con 100 tormentas sintéticas y dos condiciones de humedad inicial. Asignación de probabilidad a partir de la lluvia media areal máxima de 24h





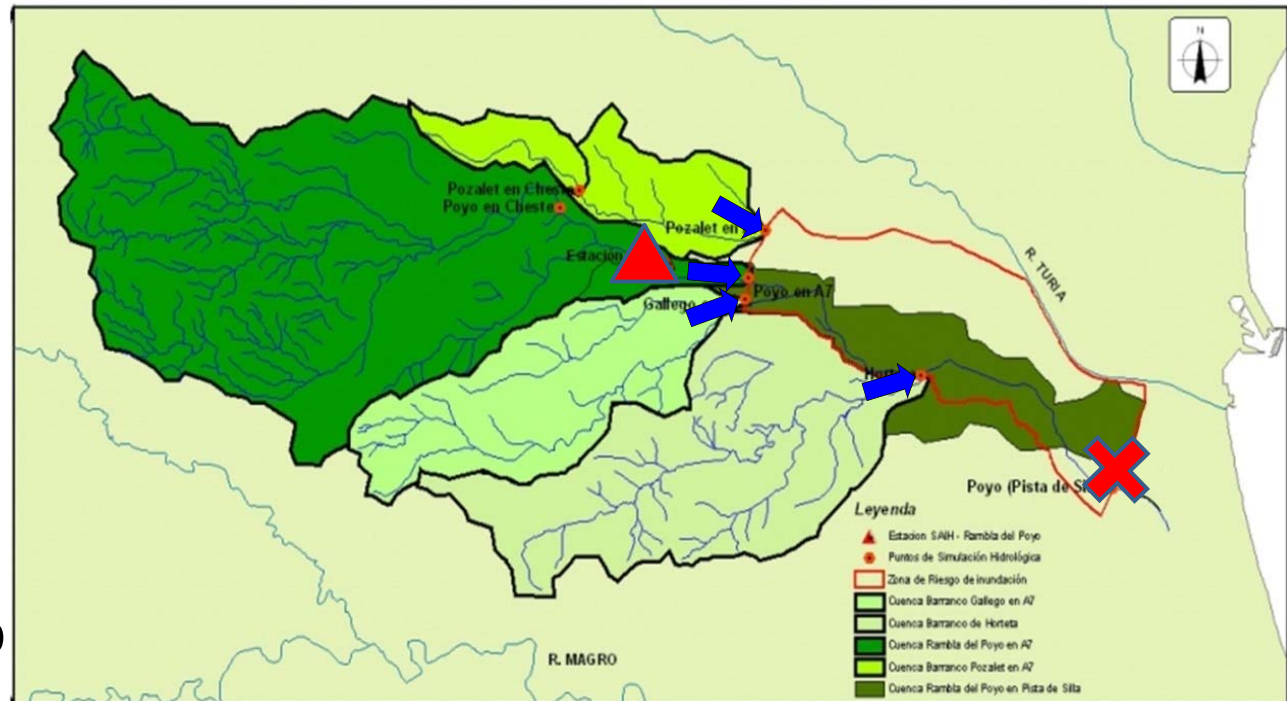
Río Ésera en embalse de Barasona. Modelo climático del AR4 (hadAM3+ARPEGE) con corrección de sesgo por comparación con Spain02.



Río Ésera en embalse de Barasona. Modelo climático del AR4 (hadAM3+ARPEGE) con corrección de sesgo por comparación con Spain02.

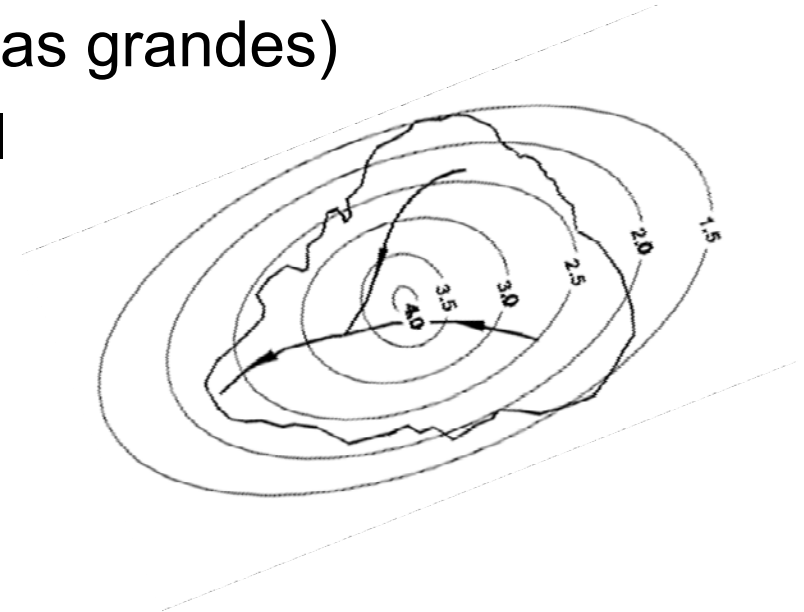


- ❑ Zona de inundación ZI
- ❑ Cuenca vertiente
- ❑ Punto de interés PI (a efectos de asignación probabilidad)
- ❑ Estación de aforo (EA) para:
 - El AFC estadístico
 - Calibración/validación modelo hidrológico
- ❑ Puntos de generación de hidrogramas (PGs)



Metodologías hidrometeorológicas posibles

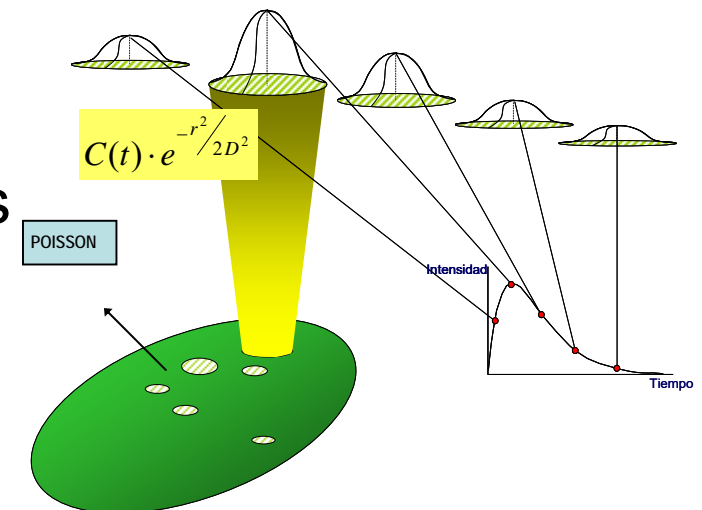
- ❑ Serie histórica
- ❑ Tormenta de diseño (no en cuencas grandes)
 - Hietograma de bloques puntual
 - Distribución espacial
 - Humedad inicial



- ❑ Serie histórica
- ❑ Tormenta de diseño (no en cuencas grandes)

- ❑ Generador de clima continuo (t y P)
 - Δt fino (subdiario)
 - Diario (no en cuencas pequeñas)

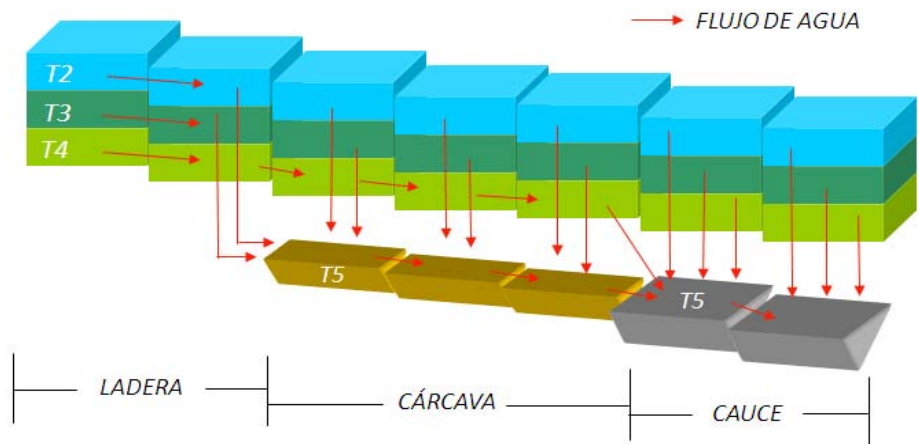
- ❑ Generador de tormentas individuales
 - Humedad inicial



- Para generadores climáticos:
 - Datos diarios P y T de AEMET y Spain02
 - Estudio regional de cuantiles Pd
 - Datos SAIH y ¿radar?
- Para tormenta de diseño:
 - Estudio regional de cuantiles Pd
 - Estudios curvas IDF existentes:
 - CEDEX 1990 (actualizar y dudas por debajo de la hora)
 - AEMET de 2003 en capitales de provincia
 - ETSI Montes UPM de 2007 Software MAXIN
 - Estudios curvas ARF existentes:
 - CEDEX 1990 función sólo del área (¿regionalizar y actualizar?)



- Reproduce la variabilidad espacial del ciclo hidrológico:
 - Inputs (lluvia y temperatura para fusión de nieve)
 - Parámetros
- Resultados en cualquier punto
 - Posibilidad de transferencia de la calibración
 - Mismo modelo para múltiples ZIs



- ❑ Reproduce la variabilidad espacial del ciclo hidrológico
- ❑ Resultados en cualquier punto
- ❑ Suelen ser modelos integrales
 - Con balance de humedad para el estado inicial en las tormentas
 - Válido para diario y para eventos
- ❑ Suelen tener parámetros con base física
 - Mayor facilidad de estimación
 - Cambios de uso del suelo posibles

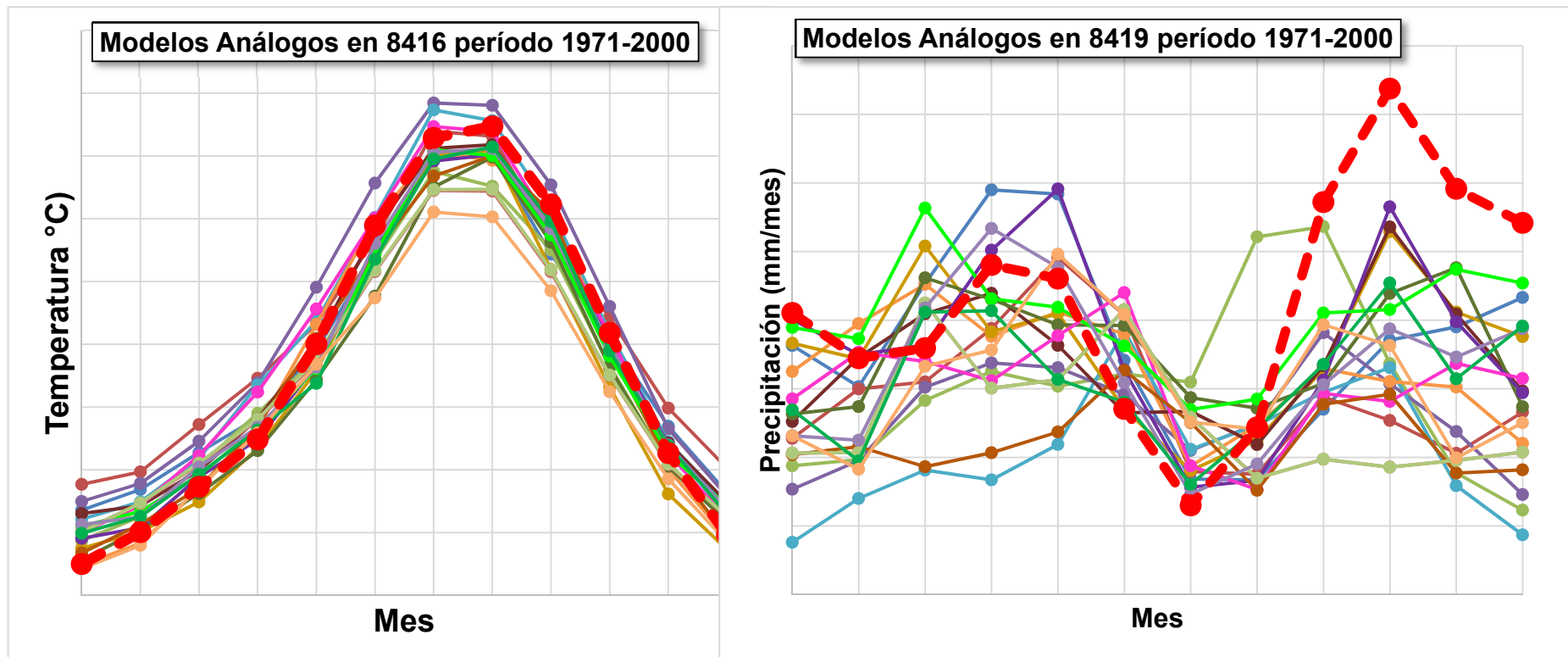


Escenarios de CC

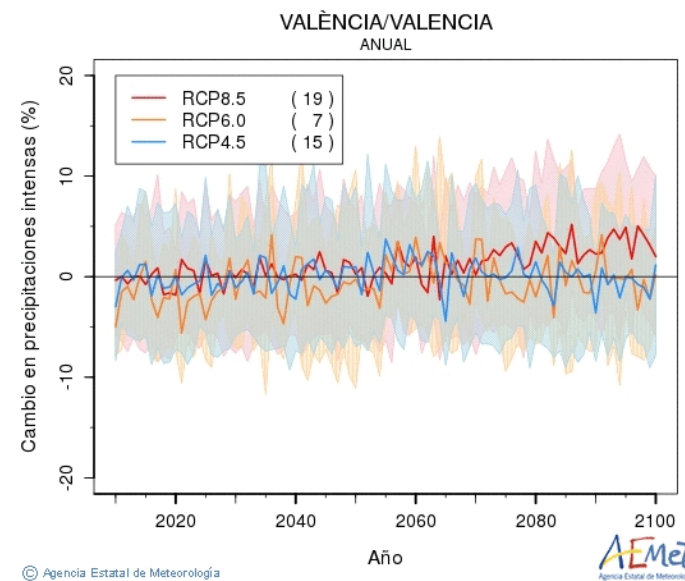
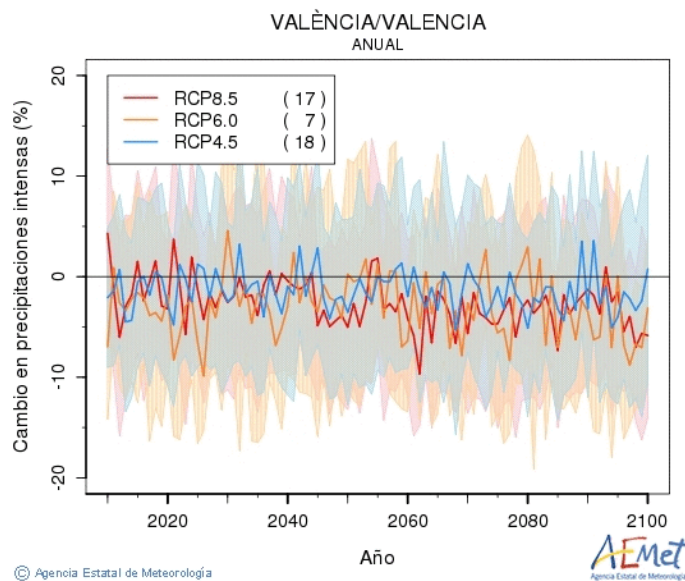
- Selección del escenario de emisiones (probablemente RPC4.5 y 8.5)
 1. Series climáticas T y Pd en período de control y futuras
 - con corrección de sesgo
 - diarias
 2. Modificaciones en:
 - Temperatura media mensual => ET0 y nieve
 - Precipitación media mensual (junto con ET0 afecta al estado de humedad inicial)
 - Severidad: cambios en los cuantiles de Pd
 - ¿Torrenciaalidad (id/i1)?



- Problemas series de CC:
 - Incertidumbre de los modelos actuales del AR5
 - Comparación con observados diarios en período de control



- ❑ No es recomendable usar directamente series de CC por:
 - Incertidumbre de los modelos actuales del AR5
 - Comparación con observados diarios en período de control
 - Comparación entre modelos climáticos

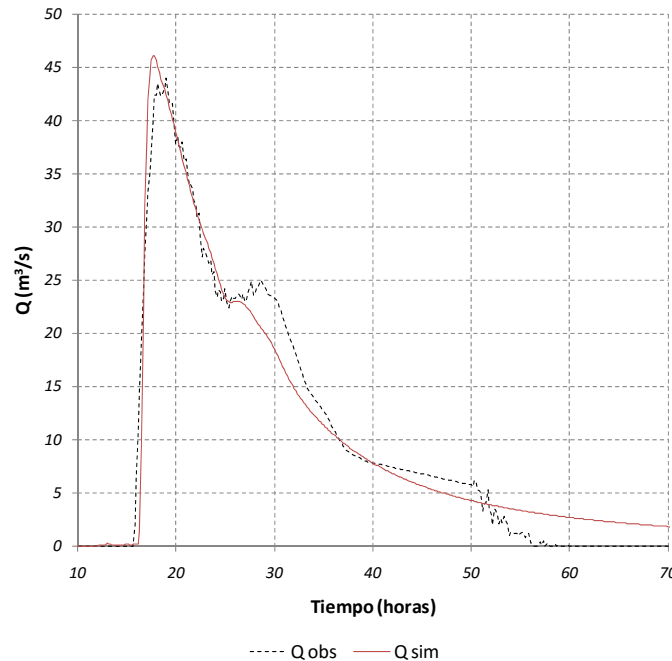


- Cortas (2006-2100) para T=500

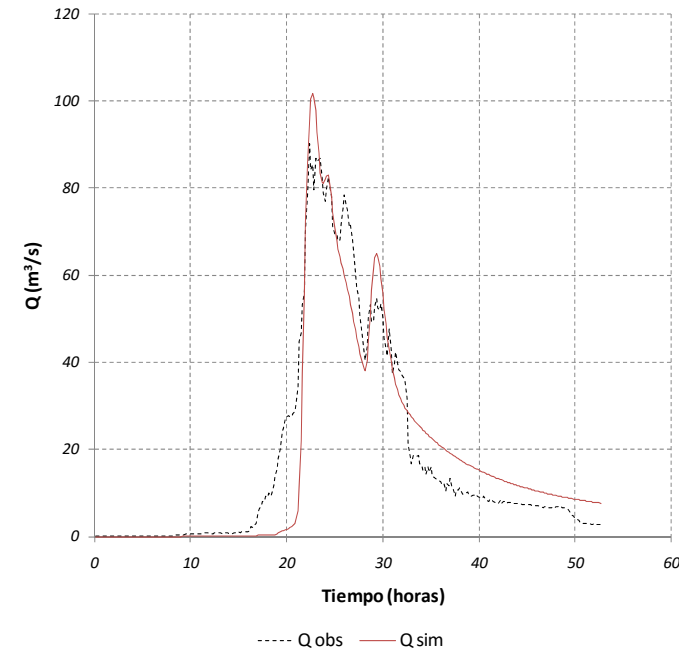


Con generador de clima Δt fino

- Estimación mapas de parámetros
- **Calibración y validación modelo hidrológico** en estación de aforos con datos SAIH Δt fino



Calibración: evento de Abril 2003 en la estación SAIH “embalse de Isbert”

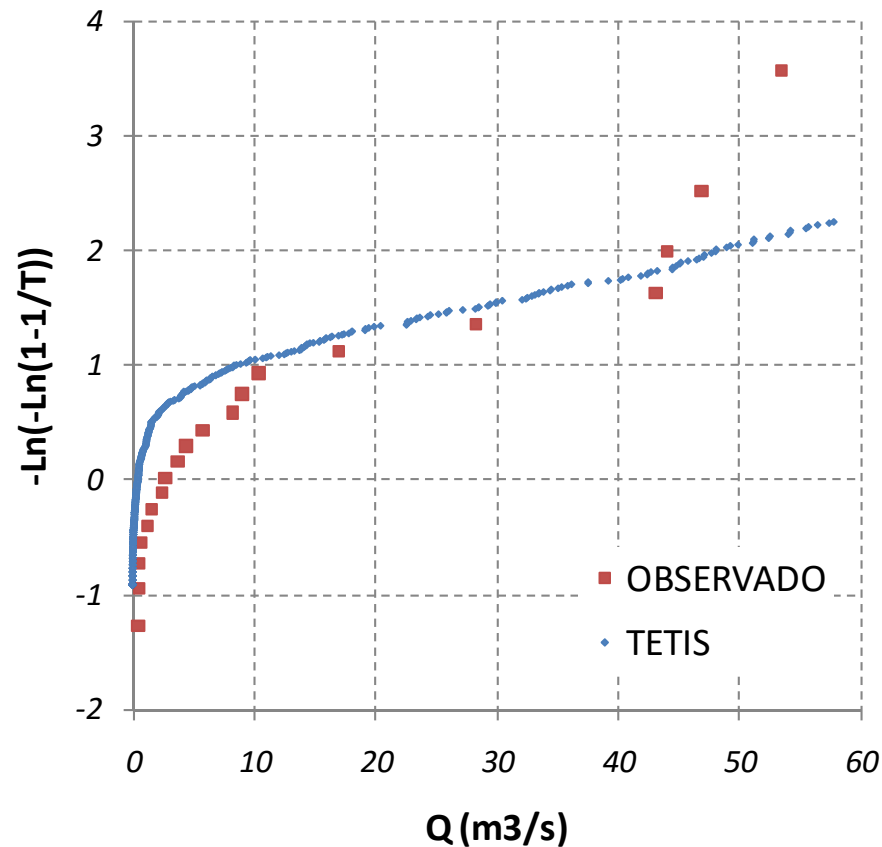


Estación de aforo de Guadalest, evento de Octubre 2007



- ❑ Generación de serie larga (al menos 1000 años) de P y T
- ❑ Simulación hidrológica Δt fino
- ❑ **Validación en AFC** => corrección metodología (si fuera necesario)
 - Tener en cuenta la fiabilidad del AFC (longitud datos)
 - Uno o varios AFCs

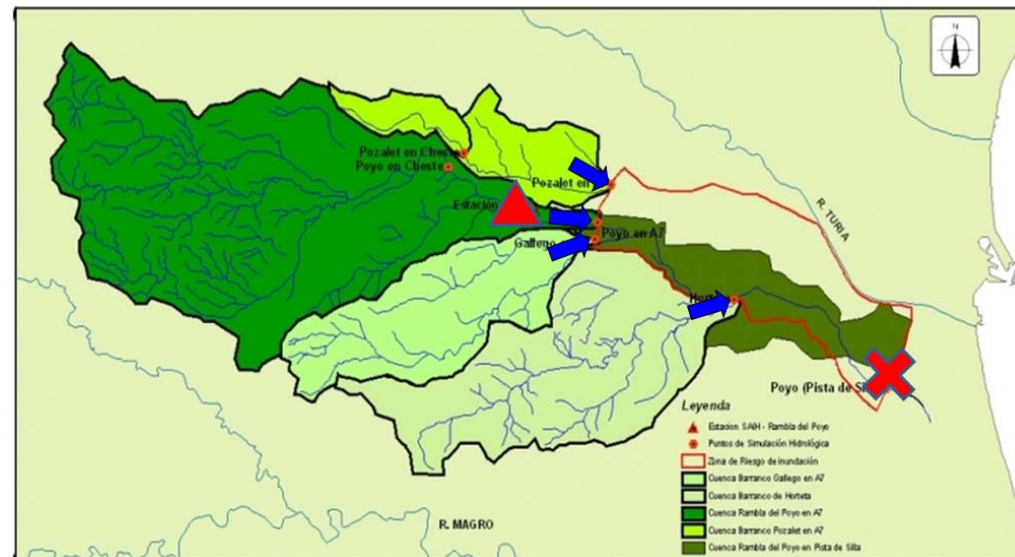




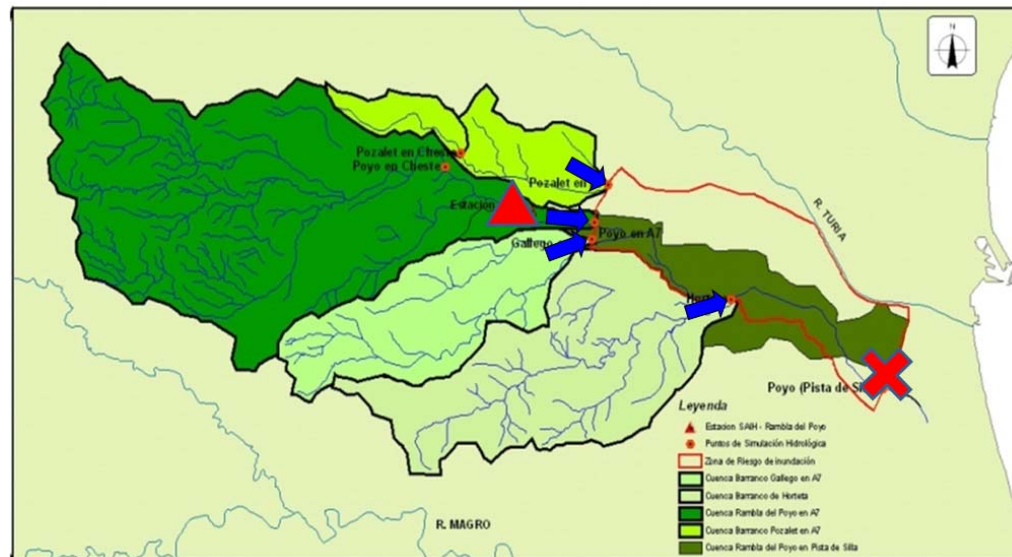
Estación de aforo de Gallinera.
Funciones de distribución empíricas de los caudales máximos



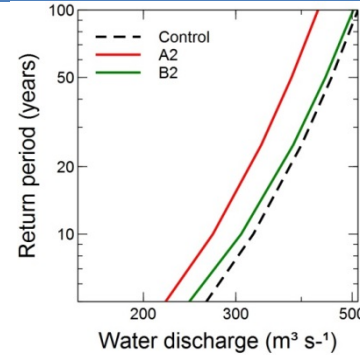
- ❑ Cuantiles en PI con clima actual
- ❑ Selección de **número limitado** de eventos en los PGs para cada T en PI
 - ¡Por problemas tiempo de computación en modelo hidráulico!
 - Para cada T, peligrosidad definida por la ζ envolvente?



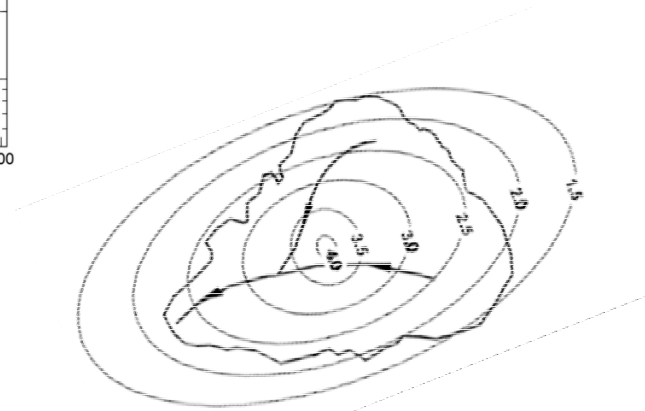
- ❑ Modificar generador de clima
- ❑ Generación de serie larga (al menos 1000 años) de P y T
- ❑ Simulación hidrológica Δt fino
- ❑ Cuantiles en PI con clima futuro
- ❑ Selección de **número limitado** de eventos en los PGs para cada T en PI



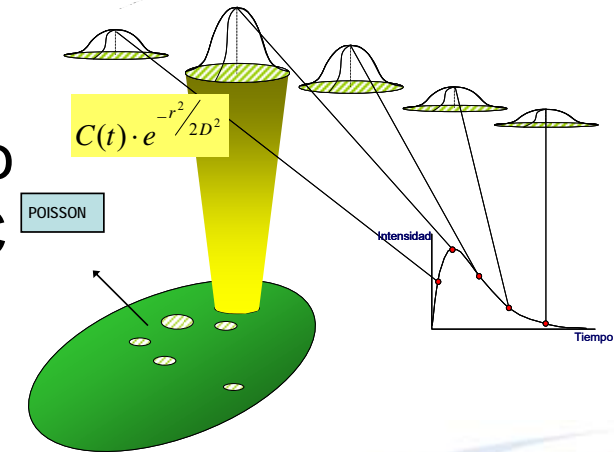
□ Series histórica y futura



□ Tormenta de diseño (no en cuencas grandes) sin/con CC



□ Generador clima continuo (t y P) diario (no en cuencas pequeñas) sin/con CC

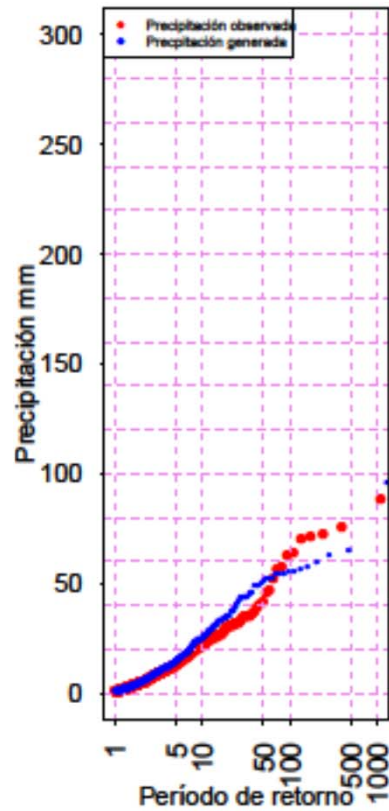


- Multitud de modelos y programas libres: RMAWGEN, RGLIMCLIM, MuIGETS, etc...
 - Multivariado diario de Tmax, Tmin y P

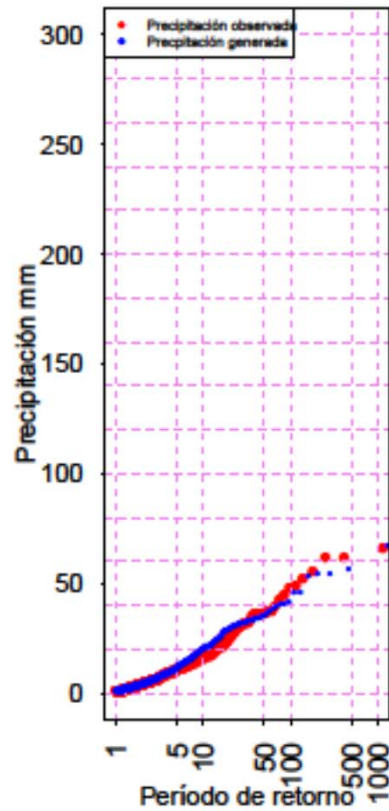
- MuIGETS:
 - **Cadena de Markov** de dos estados primer orden
 - Distribución **gamma** para la cantidad de precipitación
 - Las temperaturas se generan con un **modelo autorregresivo lineal** de primer orden



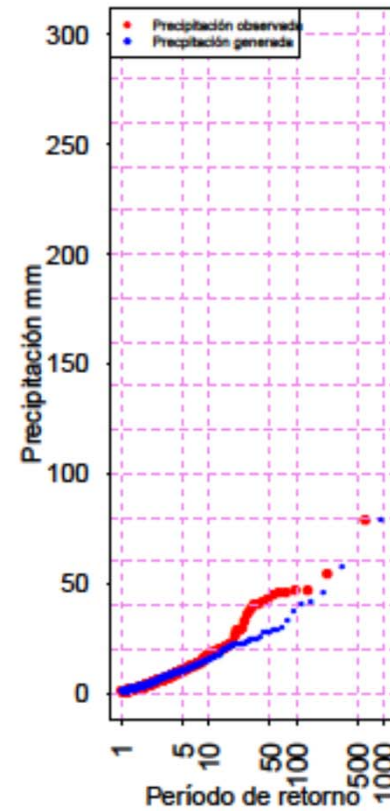
Lluvia diaria. Estación DJF



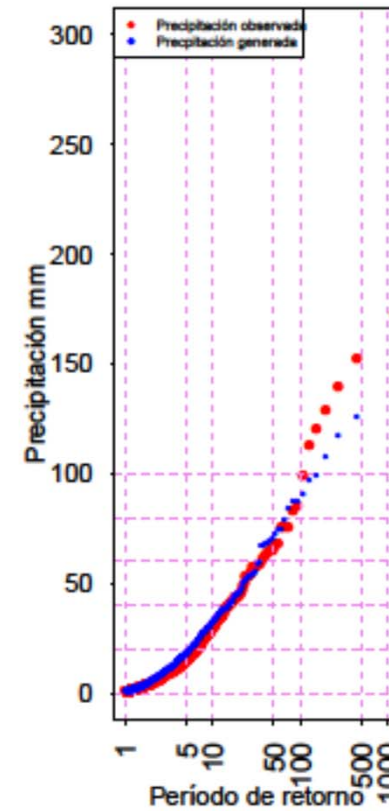
Lluvia diaria. Estación MAM



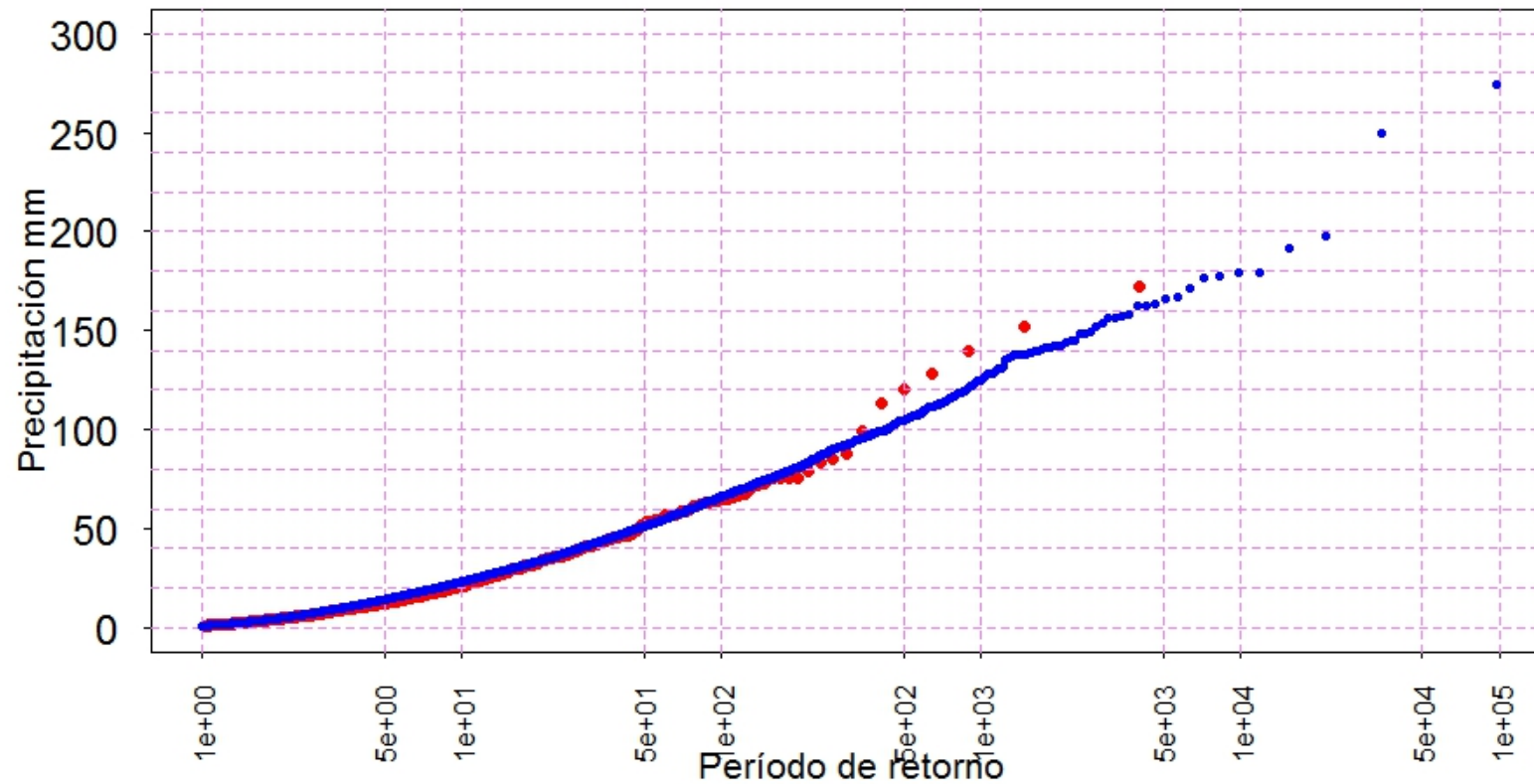
Lluvia diaria. Estación JJA



Lluvia diaria. Estación SON



Lluvia diaria



- Mejorar la precisión hidrológica (actualmente no es coherente con la precisión hidráulica):
 - Actualizar estudio regional Pd
 - Incluir información no sistemática en el AFC
 - Calibrar siempre modelo hidrológico => extrapolación
 - Validar la metodología en el AFC
 - Problemas con tormenta de diseño en grandes cuencas (variabilidad de la lluvia) o múltiples inputs a la ZI (variabilidad de los hidrogramas)

=> Modelación distribuida



- Inclusión del CC:
 - No sobrevalorar innecesariamente
 - Atención a las interacciones con humedad inicial
 - No es suficiente usar las series de CC
- => Definir los cambios con CC



Muchas gracias por su atención

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

Grupo de investigación en Modelación Hidrológica y Ambiental

lluvia.dihma.upv.es

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente

Universitat Politècnica de València

