

# *Incorporación de datos históricos-geomorfológicos en estudios de la peligrosidad en el contexto del cambio climático*

Gerardo Benito

*Museo Nacional de Ciencias Naturales,  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid  
benito@mncn.csic.es*



## **Dificultad de identificar efectos generalizados del cambio climático en aforos de ríos**

- Dificultad de distinguir entre cambios debidos a la variabilidad natural del clima y la inducida por el cambio climático antropogénico (Calentamiento G.)
- Cambios en las inundaciones pueden estar relacionados con factores climáticos y no climáticos, los cuales pueden ser difíciles de diferenciar en el registro instrumental.
- Los registros de aforos son cortos. Resulta importante volver atrás en el tiempo para entender los cambios en las inundaciones a largo plazo.

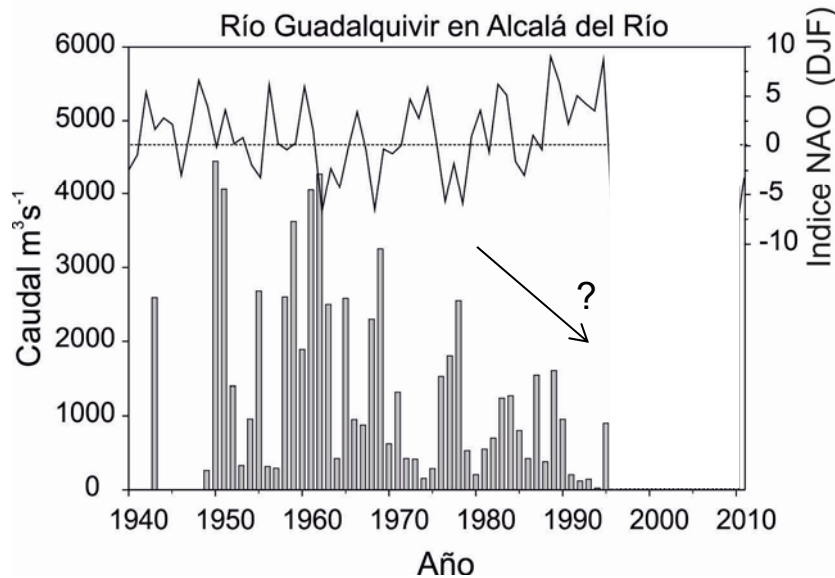
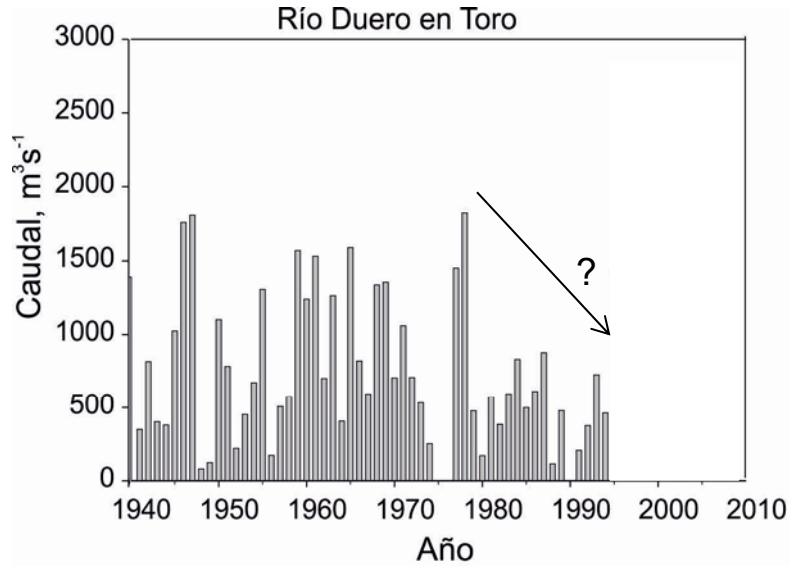
## Cambio Climático y Ambiental en los mapas de peligrosidad y riesgo

Metodología	1° ciclo Directiva	2° ciclo Directiva
Hidrología	Análisis estadísticos	Análisis de tendencias
	Simulación P-E	Cambios de uso del suelo
Hidráulica	Geometría lecho fijo	Evolución geomorfológica Cambios en rugosidad
	Flujo agua sin carga sedimentaria	Transporte sedimentos y carga flotante
Geomorfológicas	Morfometría fluvial	Morfodinámica
	Cauce histórico y zona inundable	Incisión y agradación
Históricas	Documentales	Paleoinundaciones: - Evidencias sedimentarias - Botánicas (dendro) - Archivo documental
	Fotografías	

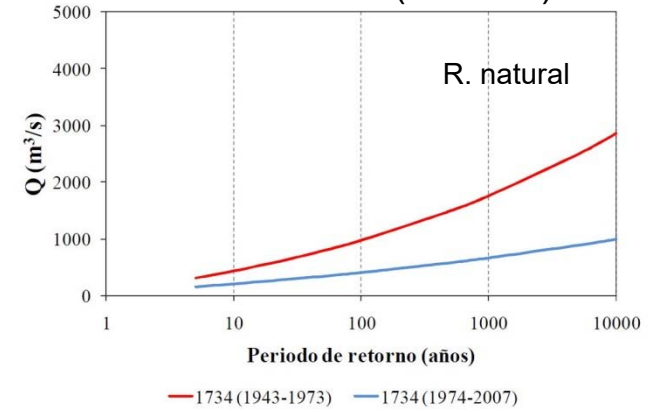
## Análisis de tendencias

Influencia de la longitud de las series:

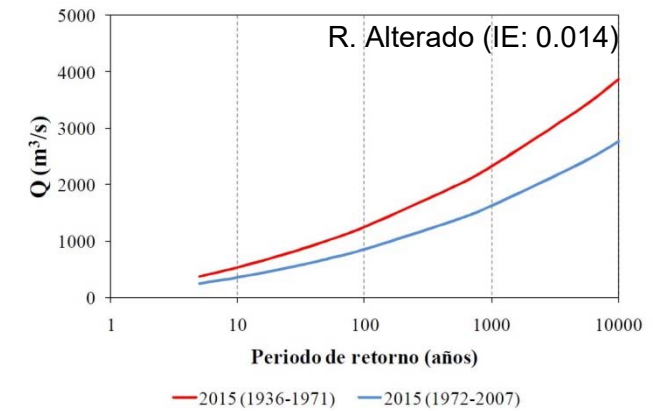
- Relaciones variabilidad clima-caudal
- Cambios en las leyes de frecuencia



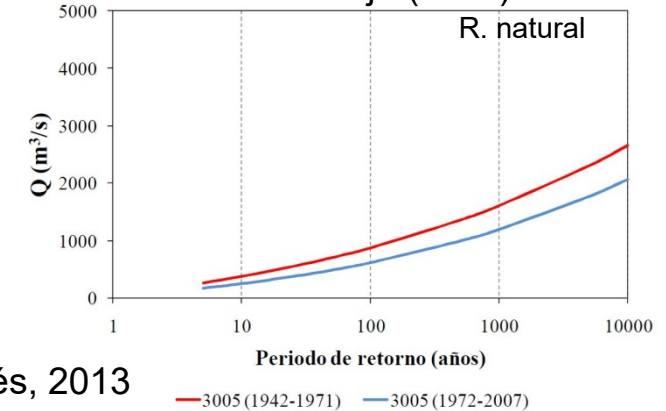
Río Cabrera (Miño-Sil)



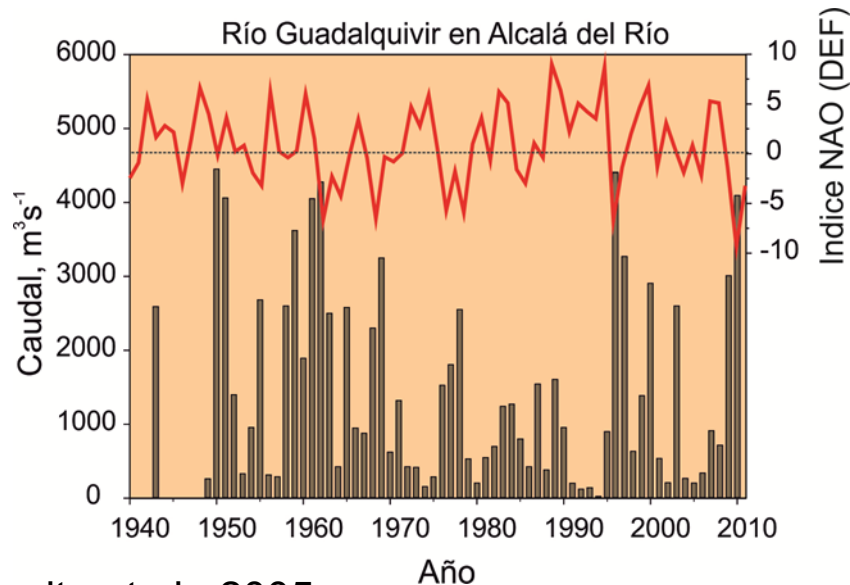
Río Duero (Tudela de Duero)



Río Tajo (Trillo)



# Modo negativo de la Oscilación del Atlántico Norte relacionado con las inundaciones en ríos Atlánticos

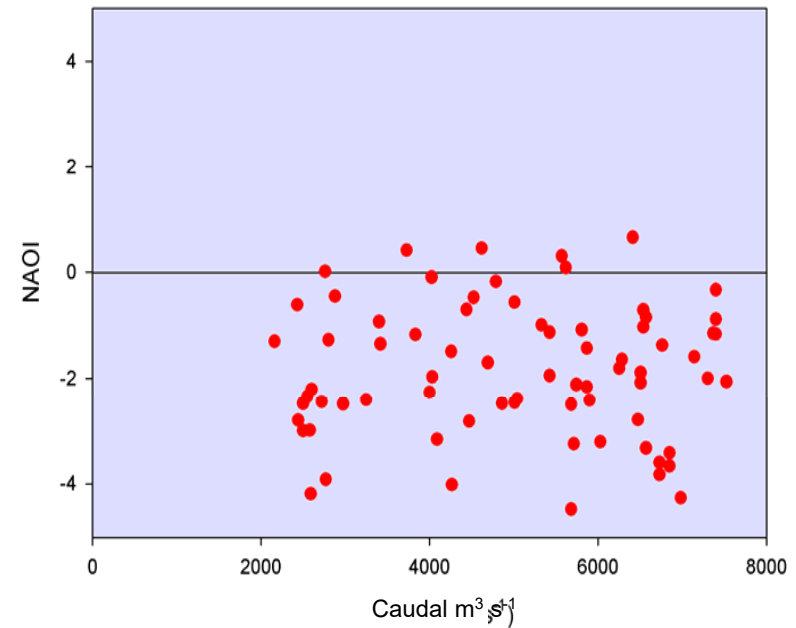
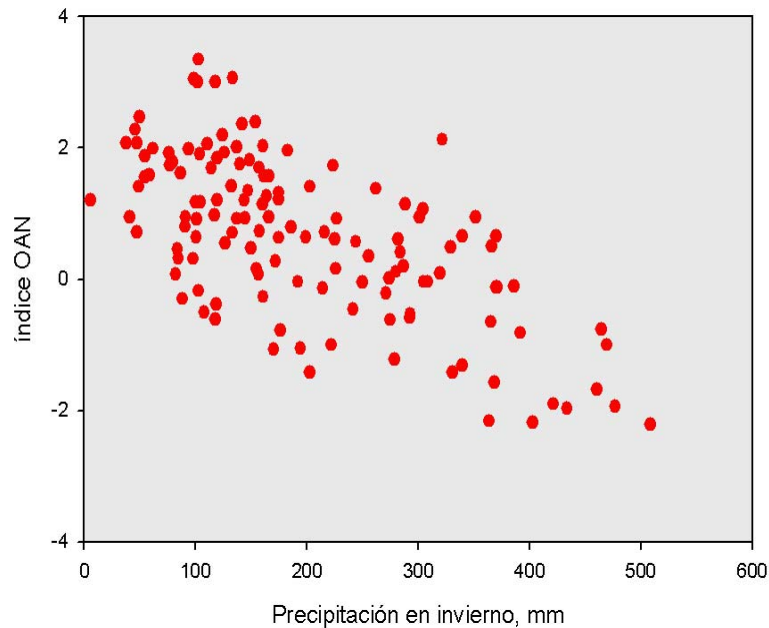


Región	NAOI(DEFM)
Noroeste	-0,43
Norte	-0,51
Noreste	-0,59
Centro-Norte	-0,62
Centro-Sur	-0,72
Levante	-0,45
Canarias	-0,42

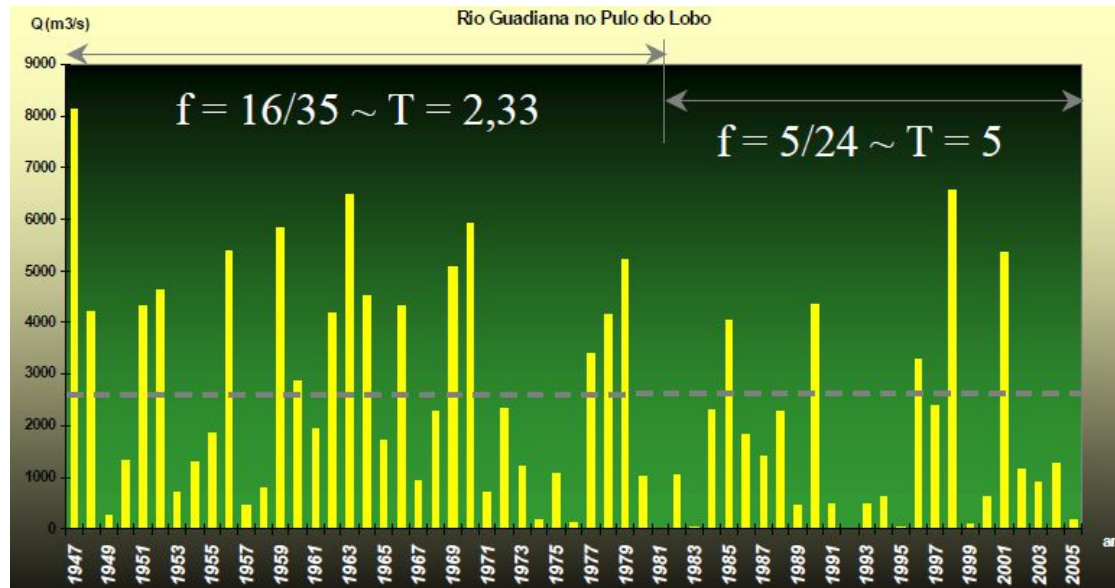
Según Barrera, 2004)

Benito et al., 2005

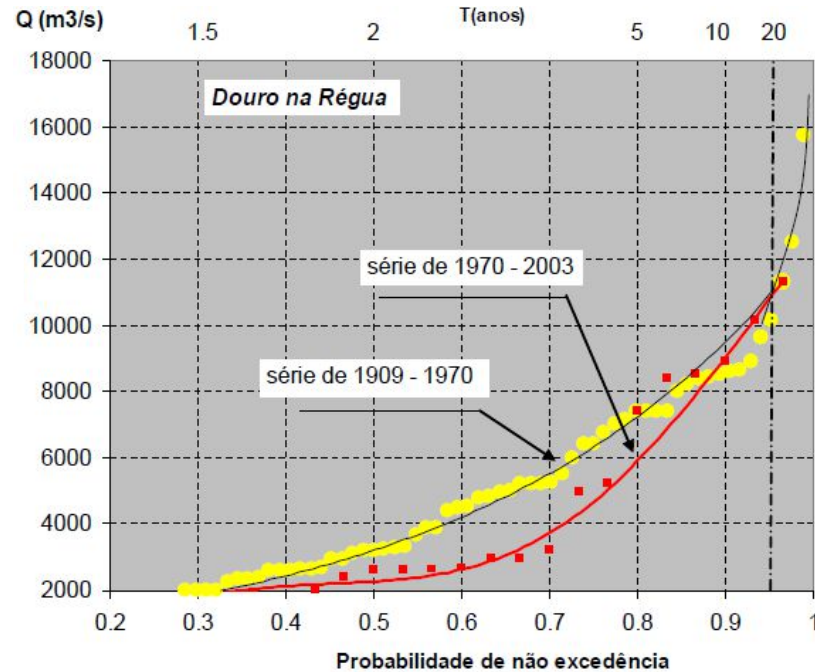
Caudales máximos anuales, Río Guadalquivir



# Efecto de los Embalses en Caudales Máximos



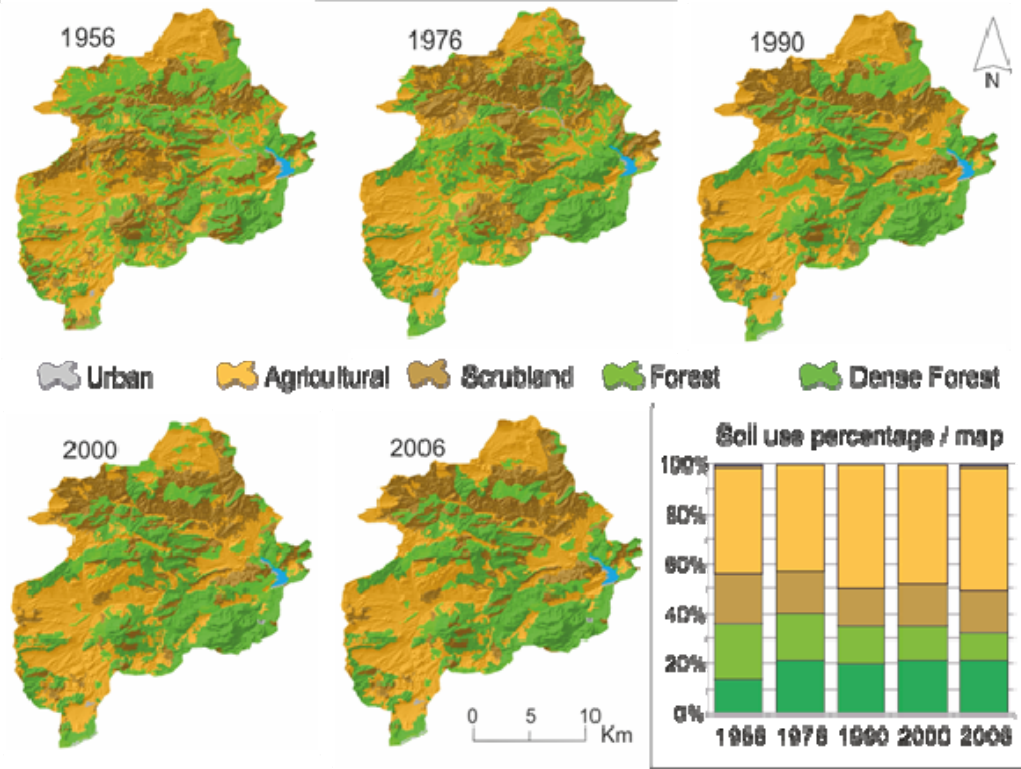
Río Guadiana,  
Pulo do Lobo (Portugal)



Rio Douro,  
Régua (Portugal)

Rui Rodrigues, SNIRH

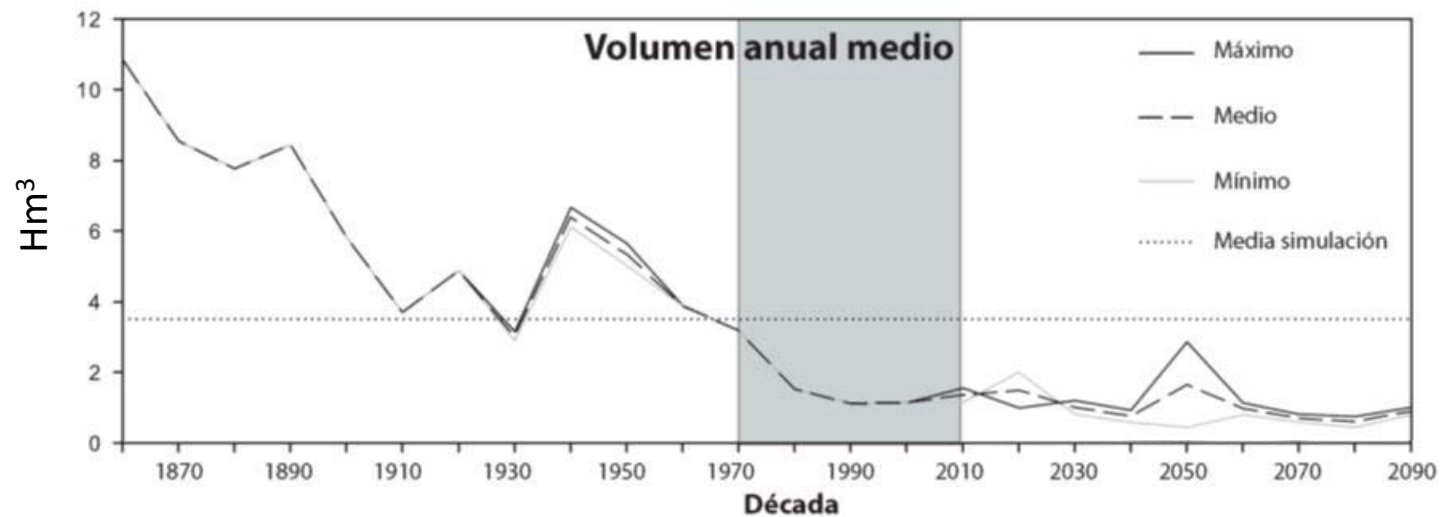
## Cambios ambientales



## Cambios de uso del suelo

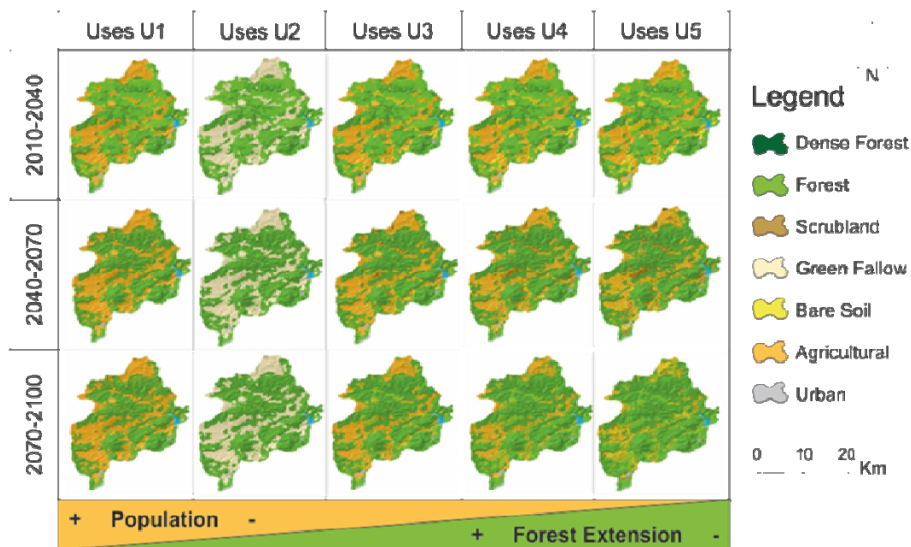


Alto Guadalentín  
Rodríguez, Corella, Benito, 2017



# Cambios ambientales

Land use Config.	Population	Agricultural land	Scrubland	Forest	Comments
<b>Uses U1</b>	Increase	+5% each 30 years; managed after CAP rules	-5% each 30 year for agriculture	Forest become dense forest in P2 & P3	Agriculture on slopes <3%, <5%, and <6% each 30-years
<b>Uses U2</b>	Stable	Stable with conservation practices (Green Fallow)	Scrubland become forest in later period	Forest become dense forest in later period	CAP rules with green fallow (EEA, 2013)
<b>Uses U3</b>	Decrease	- 10% each 30-yr period	Abandoned land become scrubland and forest in later period	Stable	Abandon crop land with slope >16%, 12% and 10% in P1, P2 and P3
<b>Uses U4</b>	Decrease	- 20% each 30-yr period	Abandoned land become scrubland and forest in later period	Stable	Abandon crop land with slope >12%, 8% and 6% in P1, P2 and P3
<b>Uses U5</b>	Decrease	- 30% each 30-yr period	Abandoned land become scrubland and forest in later period	Stable	Abandon crop land with slope >10%, 6% and 3% in P1, P2 and P3



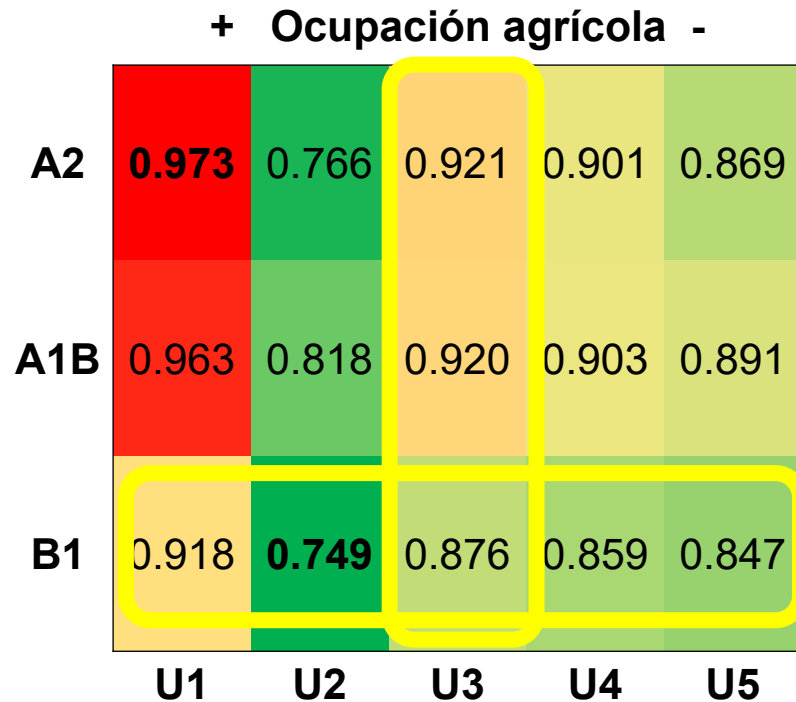
## Escenarios de uso del suelo: Sensibilidad $Q_{max}$

Rodríguez-Lloveras et al., 2016

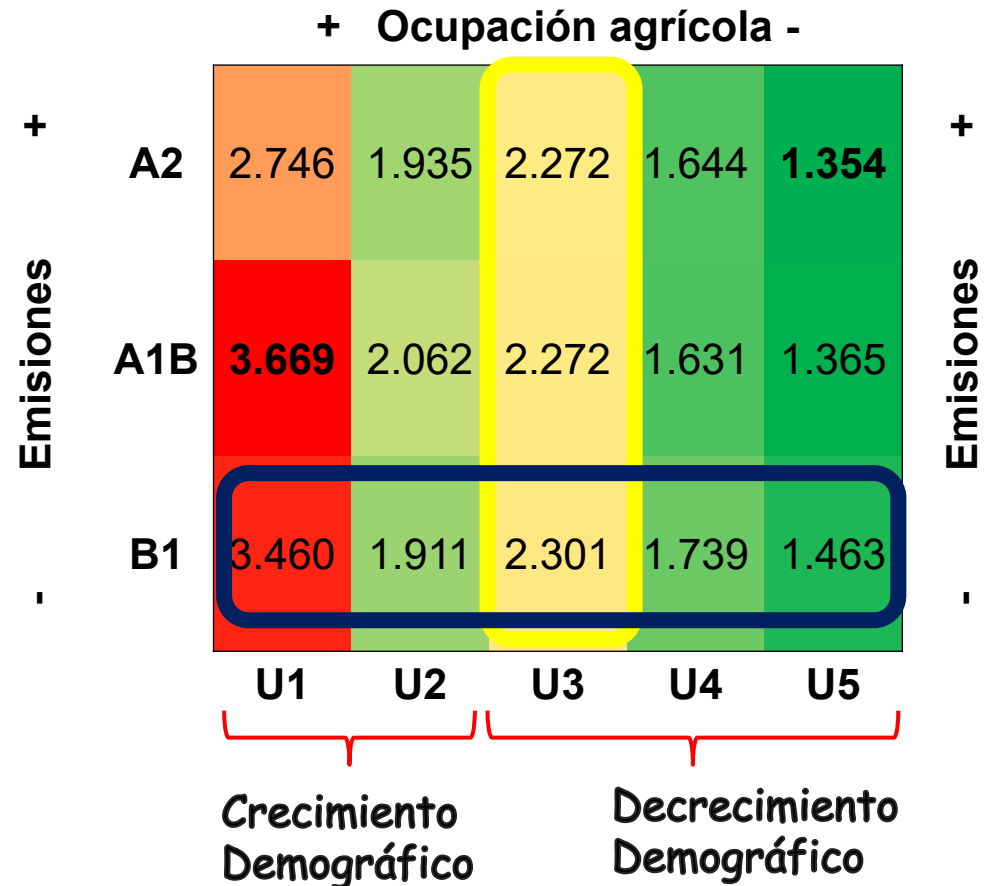


# Hidrología muy sensible a cambios de uso del suelo: Manejo de cuenca instrumento de adaptación

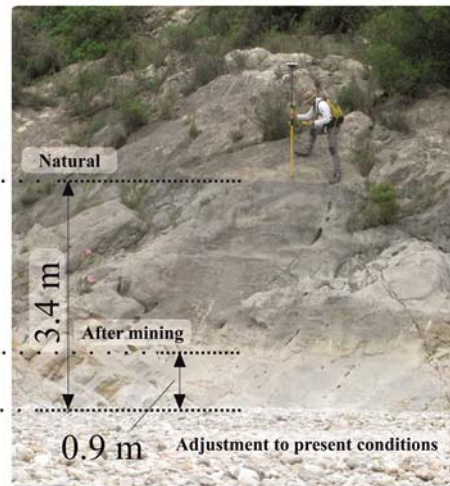
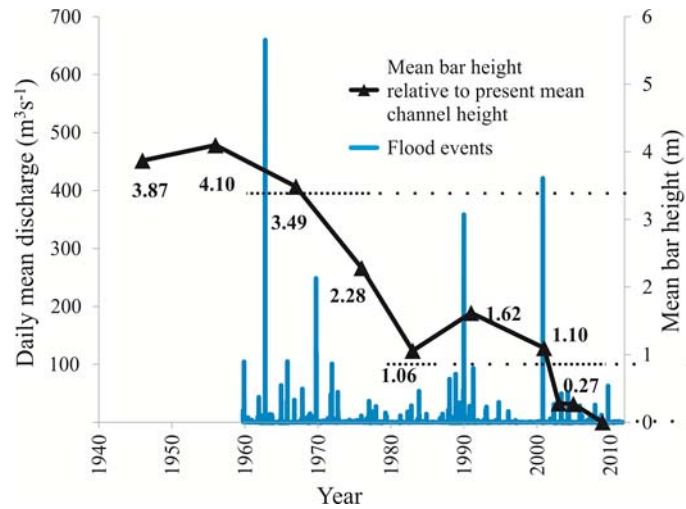
Aporte hidrológico anual (Hm<sup>3</sup>)



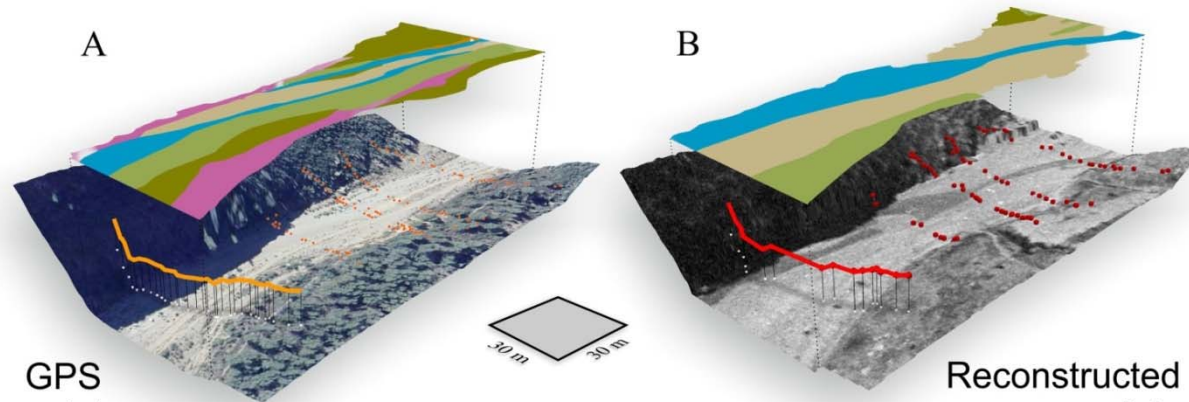
Erosión media anual (t/Ha)



# Incisión en cauces aluviales afectados por minería de gravas



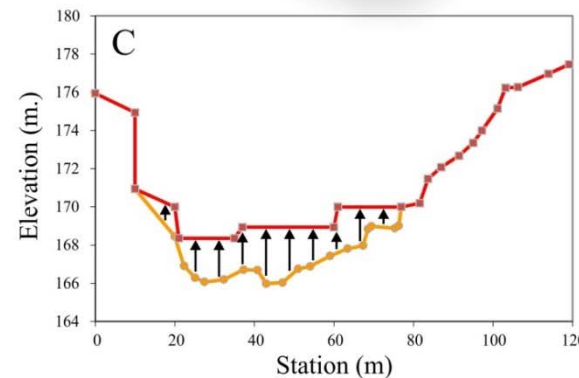
Calle et al., 2017



GPS points  
Survey 2011

- Channel
- Low Active Bars
- Scant Vegetated Bars
- Vegetated Bars
- Older Exhumed Gravel

Reconstructed points  
1956



Machado et al., 2017



Estrechamiento via flujo preferente, Río Garona, Artíés

## Reducción de sección en cauces

Arenys de Mar, sedimentación en cauce

Arrastres de flotantes, Río Llobregat, año 2000



## Crecidas relámpago posterior a grandes incendios

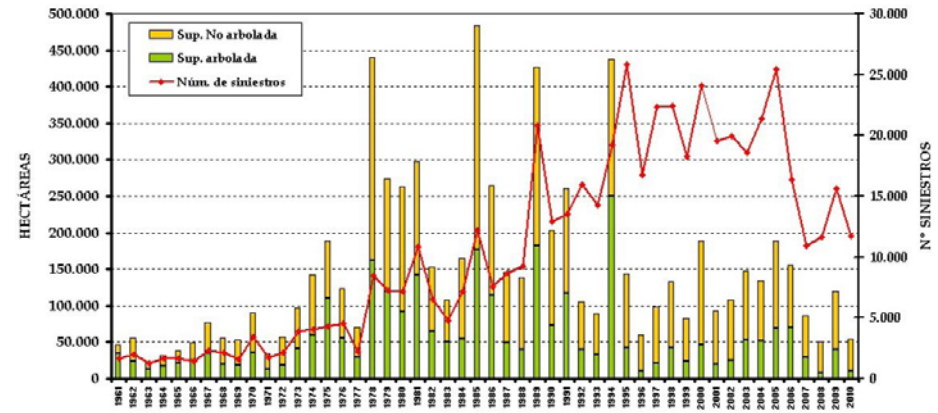


GRÁFICO 0: EVOLUCIÓN DE SINIESTROS Y SUPERFICIES AFECTADAS EN EL PERIODO 1981-2010

La villa de Cee fue afectada por 4 inundaciones/ mes de Septiembre de 2006.

Detritos de ceniza y carbón vegetal en cauces y costa Gallega, September 2006

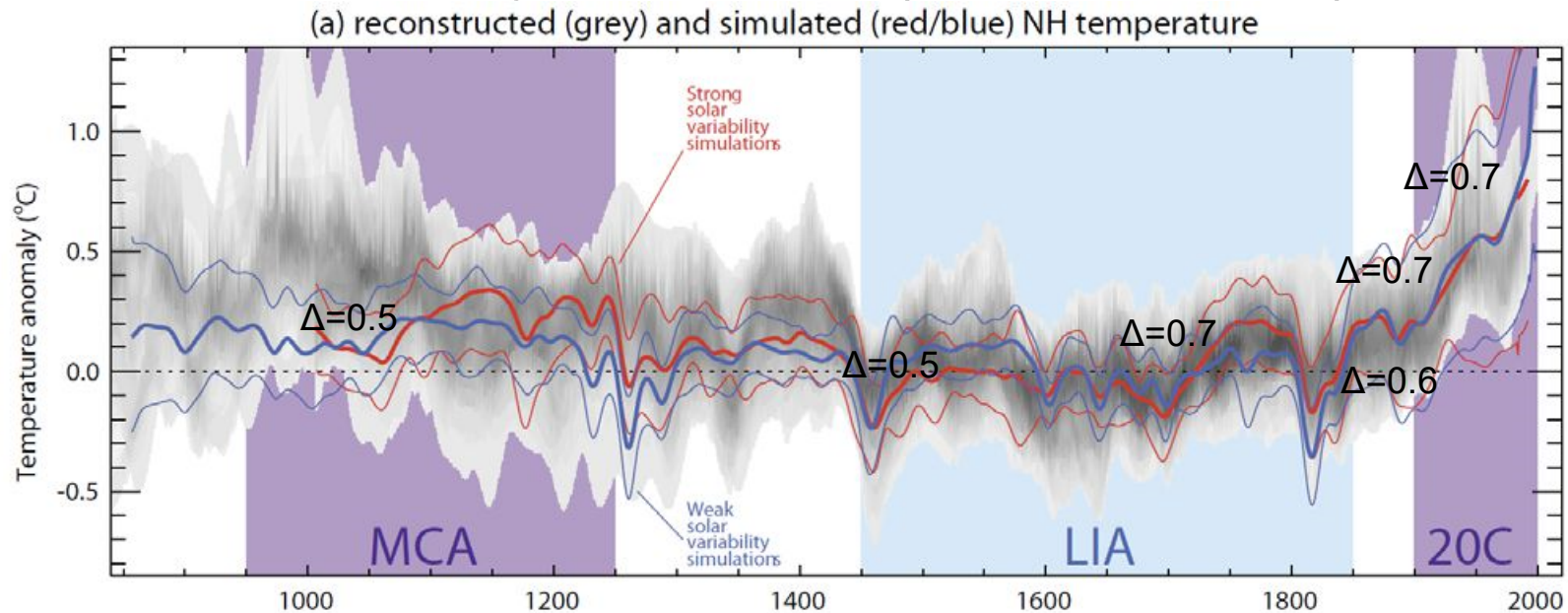


# Inundaciones pasadas y peligrosidad

- 1.- Entender el funcionamiento hidro-climático desencadenante de inundaciones en episodios cálidos pasados y sus tendencias regionales
- 2.- Aumentar la longitud de las series de caudales máximos, con objeto de mejorar el cálculo de la distribución de probabilidad bajo modelos estacionarios y no estacionarios.

# Método de paleo-inundaciones

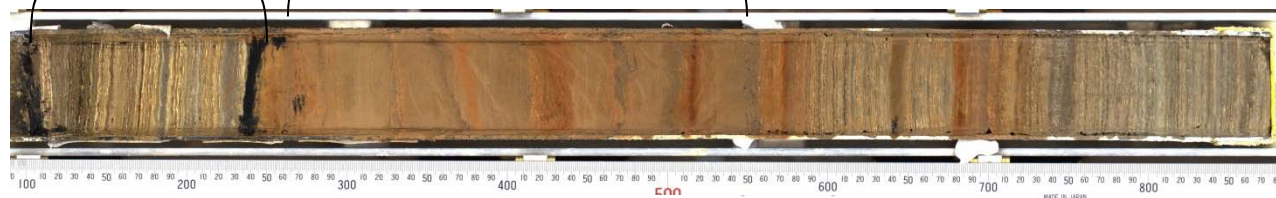
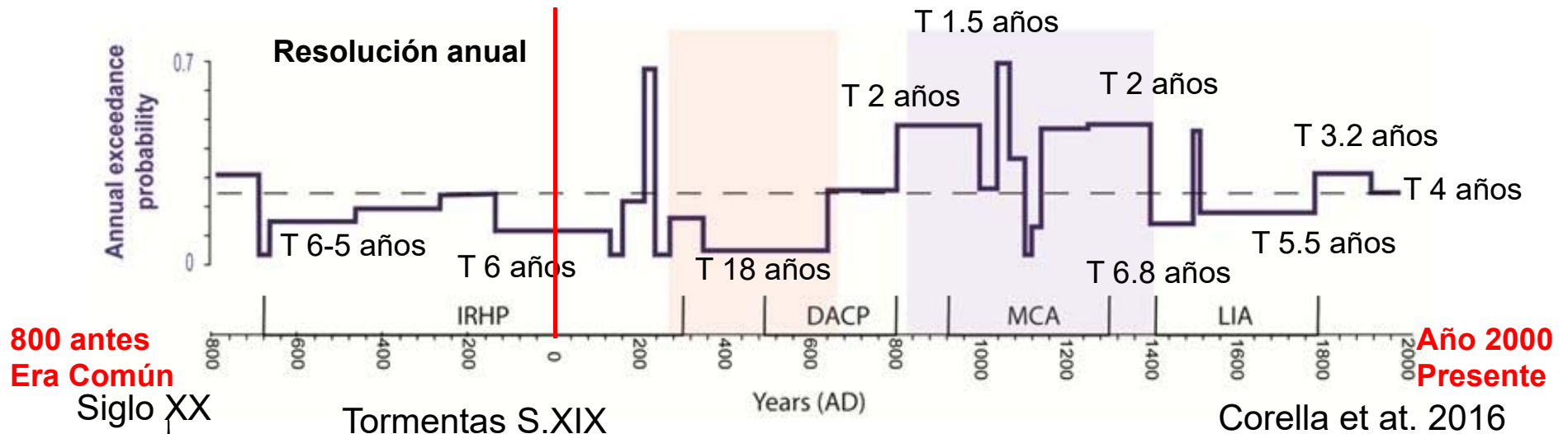
- Estimar caudales de inundaciones históricas en periodos pasados de calentamiento en el clima (Anomalía Climática Medieval (AD 900-1300) y/Oscilación Maldá (AD 1750-1810))
- Reducir incertidumbres en proyecciones y contrastar estimaciones Q baja frecuencia (p.e. T500 años).



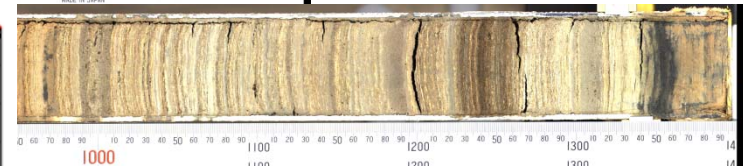
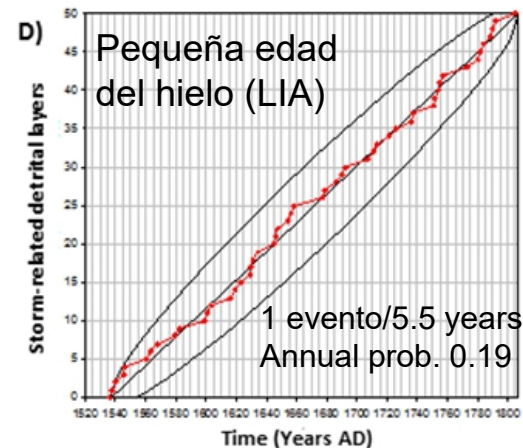
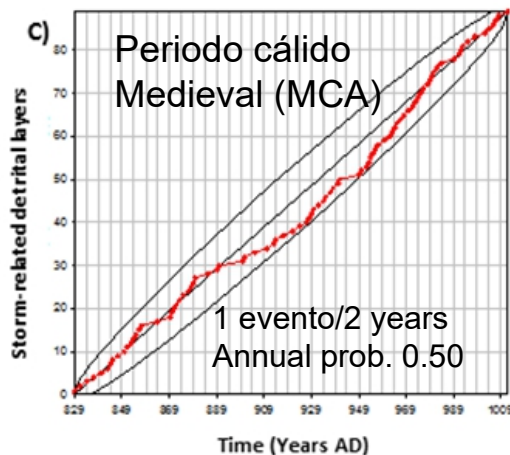
IPCC, 2013

Periodos con tendencia al calentamiento en el Hemisferio Norte

# Probabilidad de excedencia de lluvias con intensidad >90mm/día (Lago de Moncortés, Lleida)



Inundaciones de:  
1726 1617

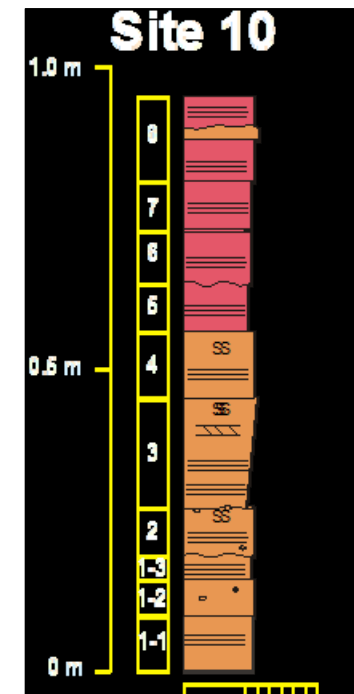
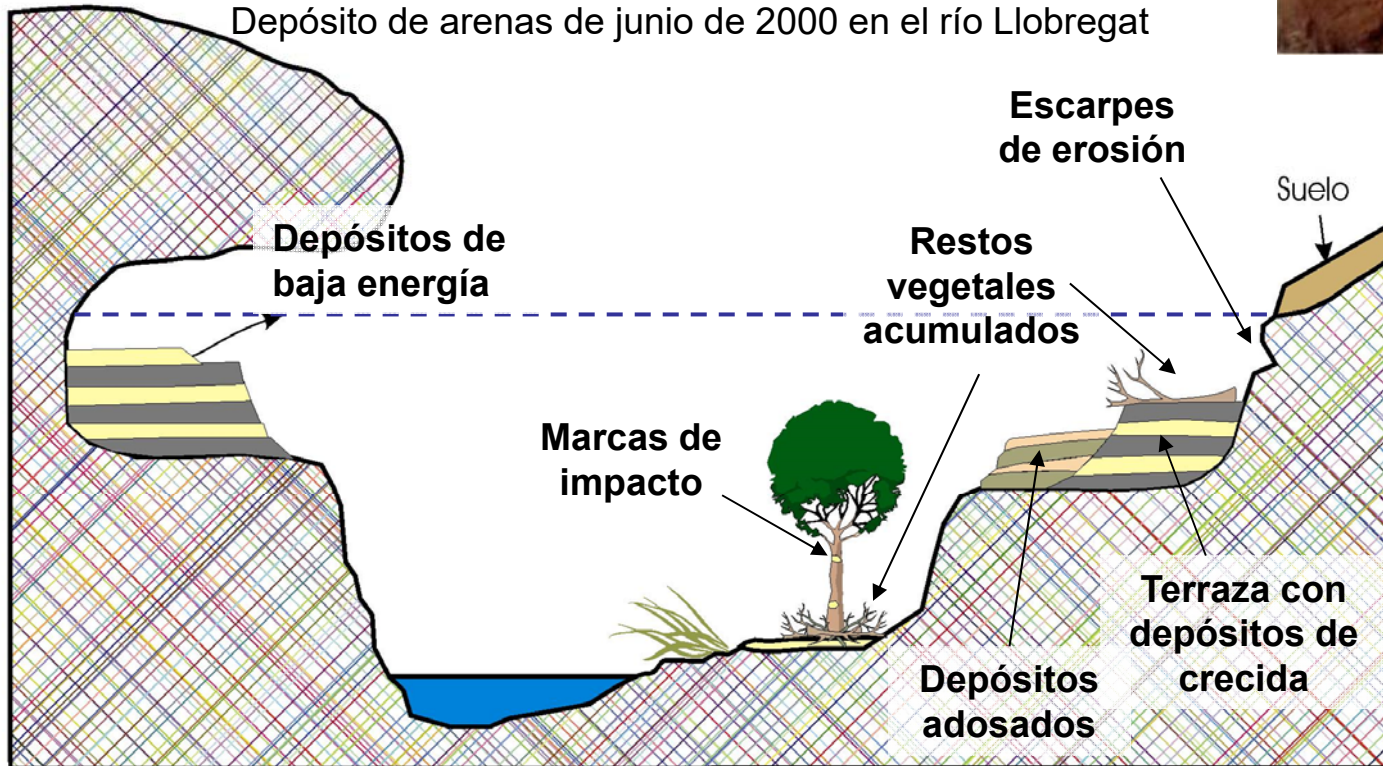


- Barro detrítico } Lámina de tormentas
- Materia Orgánica } Varvas: Láminas anuales
- Calcita Endogénica }

# Paleocrecidas en ríos

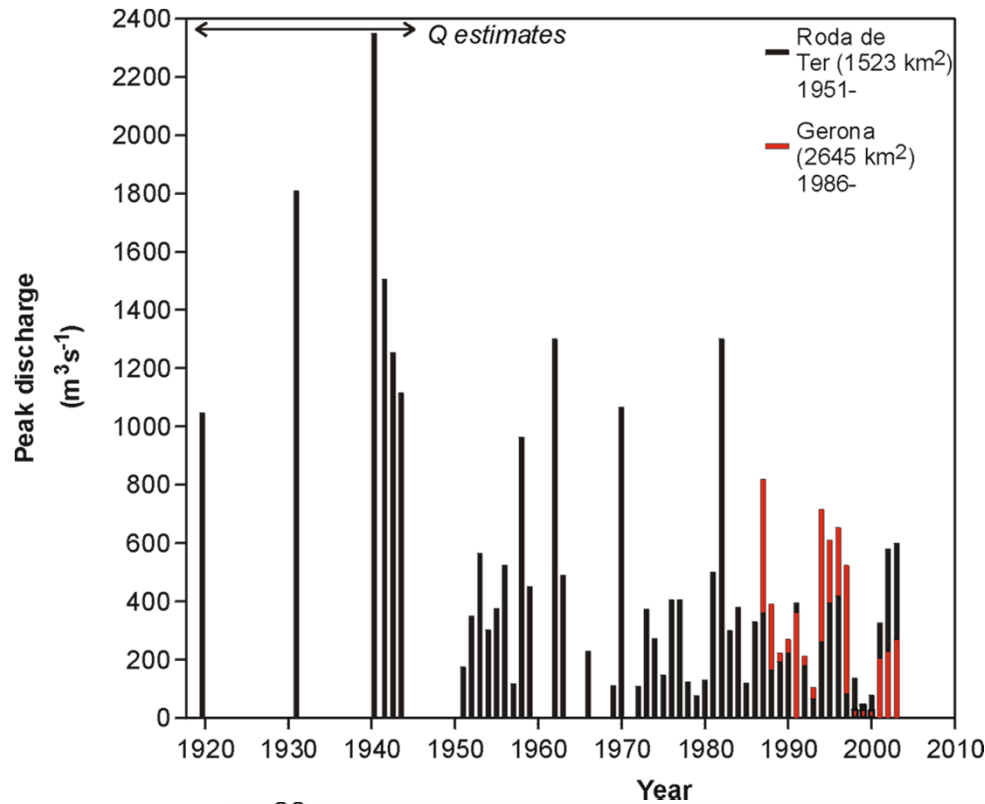


Depósito de arenas de junio de 2000 en el río Llobregat

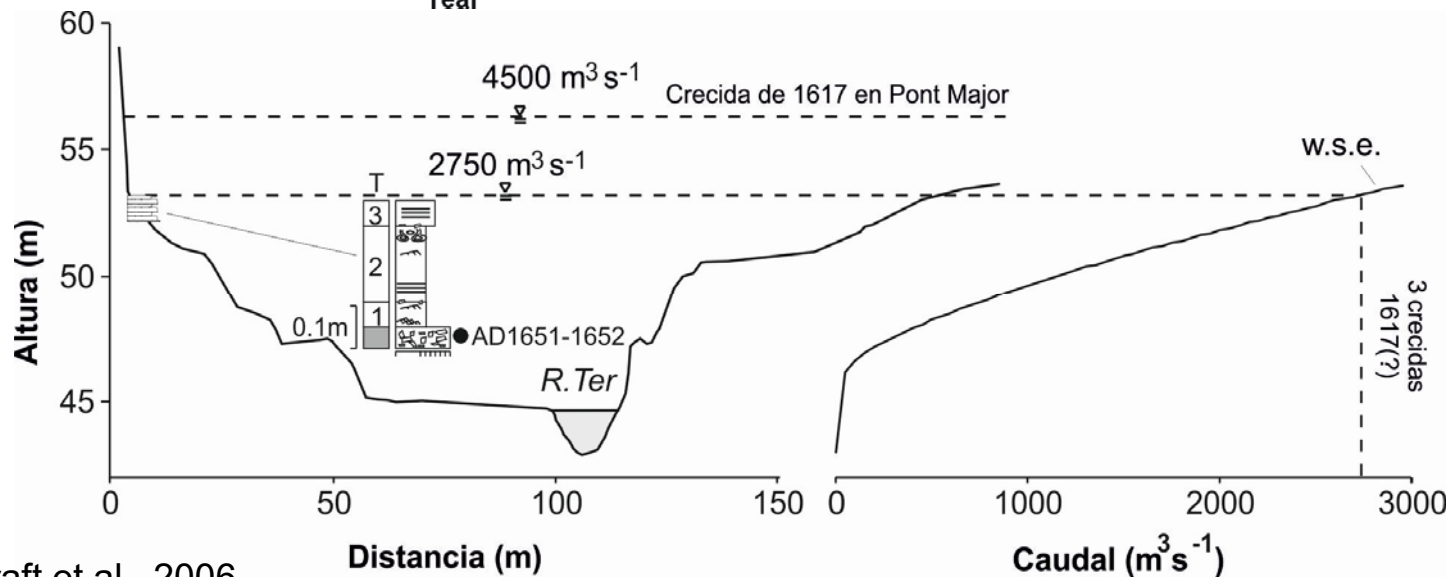




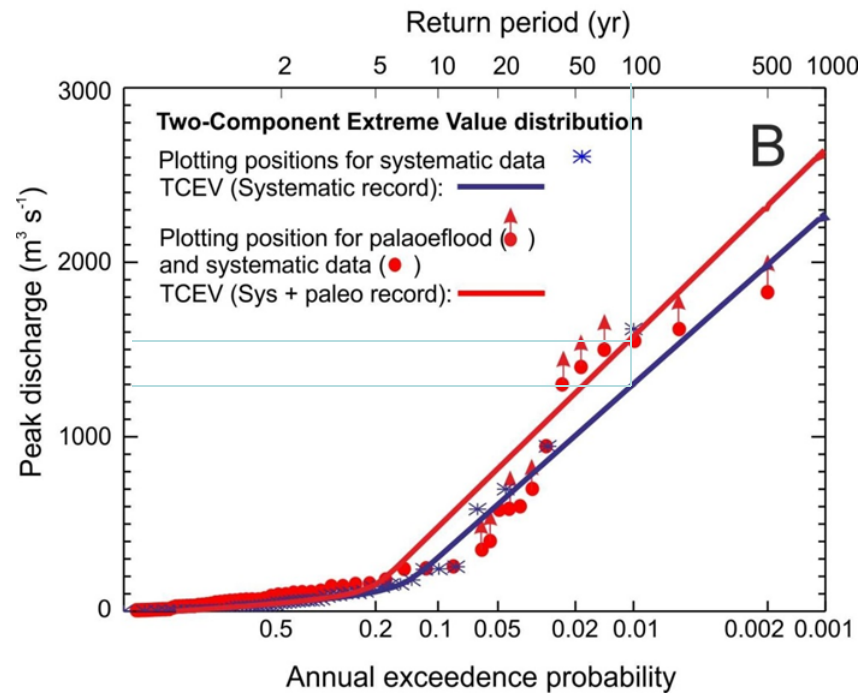
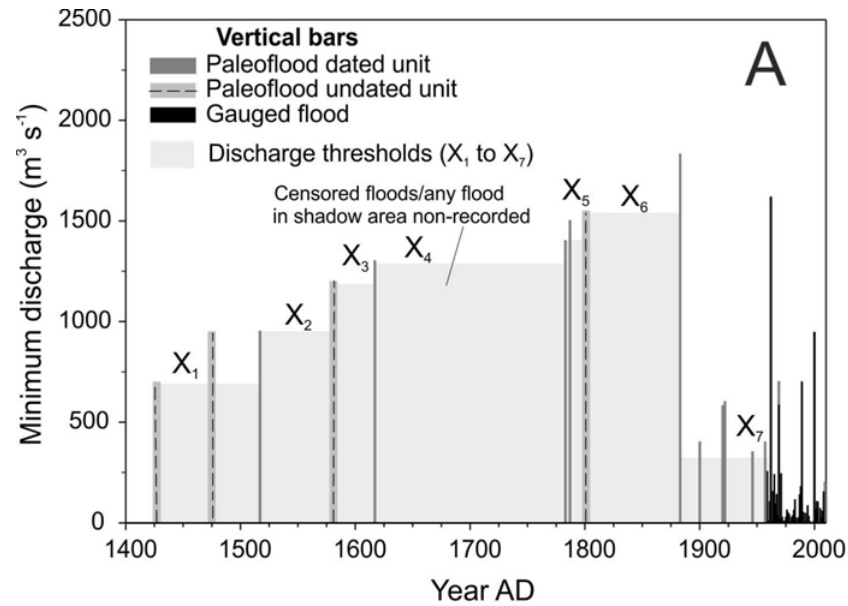
# Riu Ter en Girona: Datos instrumentales y de paleocrecidas



3 crecidas >  $2750 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$   
1 crecida ~  $4500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



# Rambla de la Viuda-Río Mijares

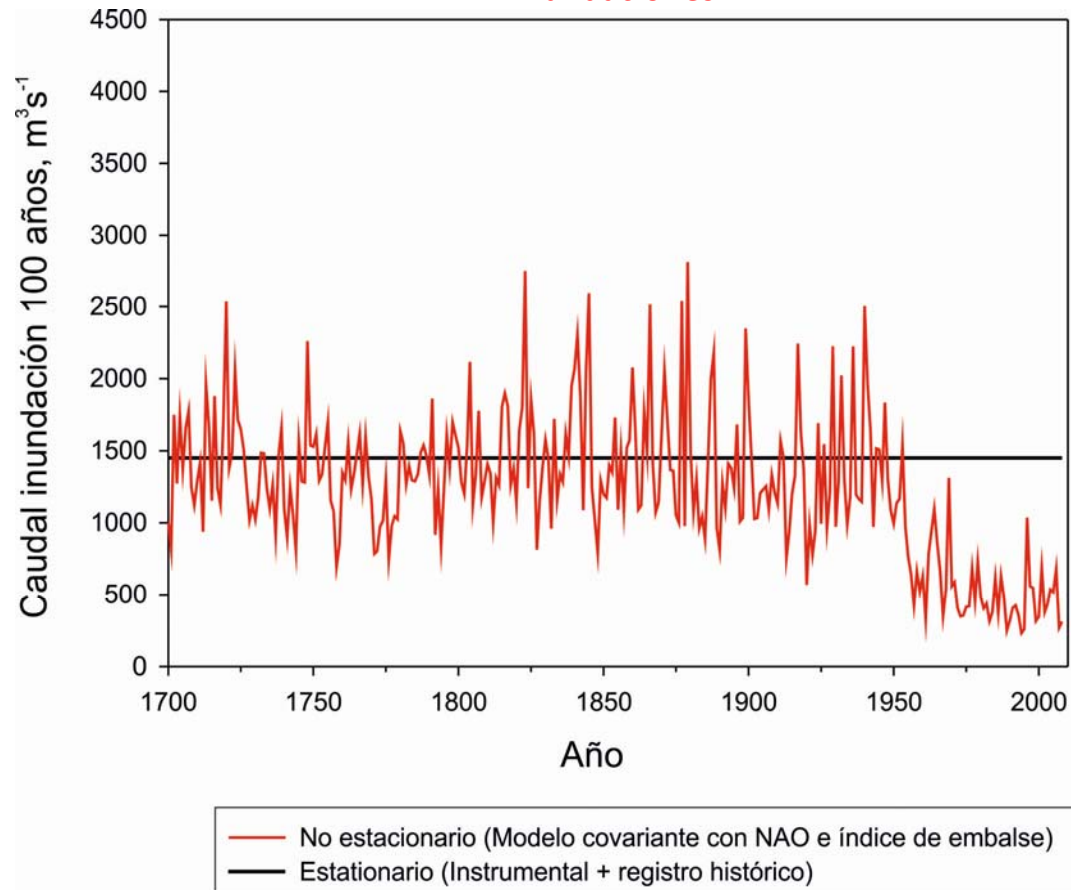


Probab. excedencia (%)	Periodo de retorno Años	Caudal aforos [ $m^3 s^{-1}$ ]	Paleo-inundaciones [ $m^3 s^{-1}$ ]	% Cambio de caudal máximo	Caumax [ $m^3 s^{-1}$ ]
20	5	110	155	30	400
10	10	305	480	36	522
4	25	710	920	22	790
2	50	1000	1250	20	
1	100	1300	1570	17	2547
0.2	500	1975	2305	14	5837
0.1	1000	2250	2615	14	



# Modelo no estacionario para el río Tajo (200 años de registro histórico y 100 años de aforos)

Cambio temporal en la peligrosidad de las inundaciones



Modelo no estacionario de la inundación T 100 años basada en la dependencia de los parámetros de la distribución con covariantes asociadas externas (índice NAO de invierno e índice de embalse) (Machado et al., 2014)

# Consideraciones finales

- Se necesita mejorar el análisis de tendencias en registros instrumental, histórico y de paleoinundaciones.
- Considerar posibles escenarios de cambio ambiental (aforestación, agrícolas, incendios) y sus impactos en cauces (incisión, agradación) y llanuras de inundación. Implicación en prevención y planeamiento.
- Completar un análisis (cualitativo y cuantitativo) sobre los principales mecanismos de cambio a escala regional.
- Incorporar datos de inundaciones pasadas (históricas y paleoinundaciones) ocurridas durante episodios de calentamiento relativo.

Gracias por su atención



Río Ebro en Zaragoza. Riada del 2015

[benito@mncn.csic.es](mailto:benito@mncn.csic.es)